

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 793 725**

51 Int. Cl.:

**F01D 5/16**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2011 PCT/DE2011/001964**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.05.2012 WO12065595**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2011 E 11808152 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2640935**

54 Título: **Conjunto de paletas del rotor para una turbina**

30 Prioridad:

**16.11.2010 DE 102010051529  
08.02.2011 EP 11153621**

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

**16.11.2020**

73 Titular/es:

**MTU AERO ENGINES GMBH (100.0%)  
Dachauer Strasse 665  
80995 München, DE**

72 Inventor/es:

**HARTUNG, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

**SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio**

**ES 2 793 725 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

Conjunto de paletas del rotor para una turbina

5 La invención se refiere a un conjunto de paletas del rotor para una turbina, en particular una turbina de gas, con una cavidad en la que se coloca una masa móvil, una turbina con dicho conjunto de paletas del rotor y un método para diseñar dicho conjunto de paletas del rotor.

10 Las paletas del rotor de las turbinas, en particular de las turbinas de gas, tienden a vibrar debido a su elasticidad y excitación, en particular por el líquido de trabajo que fluye a través de ellas y las vibraciones mecánicas. Si en el proceso las frecuencias naturales de las paletas del rotor se excitan, la resonancia puede provocar daños en la turbina, especialmente en las paletas del rotor, y por tanto reducir la vida útil.

15 La patente de los Estados Unidos núm. US 2,862,686 propone proporcionar bolas móviles dentro de las paletas huecas. Durante el funcionamiento, la fuerza centrífuga presiona las bolas en su paso en cuña radialmente hacia afuera, donde forman un nervio y por lo tanto, endurecen la paleta. Si la paleta se expande como resultado del calentamiento, las bolas se deslizan en la pared interior de la cavidad de la paleta y de esa manera se ajustan. Las bolas están diseñadas exclusivamente en función del efecto de refuerzo.

20 La patente alemana núm. DE 10 2009 010 185 A1 del solicitante describe un conjunto de paletas de acuerdo con el concepto general de la reivindicación 1. Aquí, cuerpos amortiguadores en forma de disco, colocados con movimiento libre en las cavidades de las paletas, contactan por fricción entre sí y con la pared interior y de esa manera disipan la energía de vibración del sistema. En este caso, los cuerpos amortiguadores están diseñados en función de su efecto de amortiguación.

25 El objetivo de la presente invención es mejorar el comportamiento de vibración de las turbinas.

30 Para lograr este objetivo, se mejoran las características de un conjunto de paletas de acuerdo con el concepto general de la reivindicación 1. La reivindicación 7 protege una turbina con un conjunto de paletas de acuerdo con la invención, la reivindicación 8 un método para diseñar dicho conjunto de paletas. En las reivindicaciones dependientes se muestran las mejoras ventajosas.

35 La presente invención se basa en el hecho de que las frecuencias naturales de un sistema se determinan, en particular, por su masa o su distribución de masa. Por lo tanto, si una o más de las masas de un sistema se desacoplan poco antes de alcanzar una frecuencia natural de masas acopladas entre sí o, por el contrario, si se acoplan una o más masas, las frecuencias naturales del sistema, cuya estructura se ha modificado de esta manera, cambian repentinamente de modo que la frecuencia natural del sistema original se puede atravesar sin resonancia. Después de atravesar esta frecuencia, las masas que se acoplaron o desacoplaron para desintonizar las frecuencias naturales se pueden acoplar o desacoplar de nuevo y el sistema puede funcionar en un estado operativo por encima de la frecuencia natural que ha atravesado.

40 Un conjunto de paletas del rotor de acuerdo con la presente invención comprende una o más paletas de rotor unidas entre sí de manera desmontable o no desmontable, en particular integradas. Para una representación más compacta, en este documento por lo general se hace referencia a una sola paleta del rotor como un conjunto de paletas del rotor en el sentido de la presente invención. Los llamados grupos de paletas del rotor, es decir, dos o más paletas del rotor interconectadas, así como toda la red del rotor, en particular los llamados BLISK ("discos integrados a las paletas"), también se denominan conjunto de paletas del rotor.

45 El conjunto de paletas del rotor tiene una o más cavidades, que pueden ser abiertas o cerradas. En particular, se pueden formar una o más cavidades en una hoja de paleta de una paleta del rotor o en una, varias o todas las hojas de paletas de paletas del rotor interconectadas. Además o alternativamente, se pueden formar una o más cavidades en un anillo interno y/o un anillo externo de una o varias hojas interconectadas. De manera especialmente ventajosa, una o más cavidades, preferentemente comunicadas entre sí, se forman al menos parcialmente, en y/o bajo la llamada plataforma de una o más paletas interconectadas. En este sentido, un conjunto de paletas del rotor de acuerdo con la presente invención también puede comprender una parte de un rotor, a la que se fija un conjunto paletas del rotor y en la que se forman, al menos parcialmente, una o más de las cavidades. El conjunto de una o más cavidades, al menos parcialmente, bajo la plataforma de una o varias paletas puede ser ventajoso, en particular en lo referente a la terminación y el mantenimiento.

50 En una o más de las cavidades mencionadas se colocan una o más masas de sintonización. Las masas de sintonización se pueden colocar sin ataduras, es decir, con movimiento libre y sueltas, en la cavidad correspondiente. Asimismo, pueden ser guiadas al menos en una dirección, preferentemente en dirección axial y/o circunferencial, de modo que, por ejemplo, solo puedan moverse en dirección radial. En particular, una guía se puede formar por arrastre de forma, por ejemplo por uno o más canales, en particular radiales, en los que las masas de sintonización son guiadas en movimiento. De la misma manera, una o más masas de sintonización también se pueden alojar elásticamente en la cavidad correspondiente, por ejemplo, si se funden, o sea, se fijan de forma desmontable o no desmontable a la cavidad con una o más estructuras elásticas, por ejemplo, resortes laminados. En una mejora preferida se combinan dos o más de los aspectos mencionados,

65

en donde, por ejemplo, una masa de sintonización, que es guiada por arrastre de forma por un canal radial, se aloja o se fija además elásticamente en la dirección radial con una estructura similar a un resorte de compresión o tensión.

5 De acuerdo con la invención, como se explica en la introducción, ahora se prevé, de acuerdo con un primer aspecto, que una o más de estas masas de sintonización, que están en contacto con una pared interior de la cavidad correspondiente durante el funcionamiento de la turbina a consecuencia de la fuerza centrífuga, se desprendan de la pared interior poco antes de alcanzar una frecuencia natural predeterminada del conjunto de paletas con la masa de sintonización o las masas de sintonización en contacto, al menos brevemente y en particular abruptamente, y de esa forma desintonice la frecuencia natural del conjunto de paletas, al menos hasta que vuelva a descansar contra la pared interior. Además, o  
10 alternativamente, de acuerdo con un segundo aspecto, se prevé que una o más de estas masas de sintonización, que durante el funcionamiento de la turbina, en particular debido a su alojamiento elástico, se separan de la pared interior de la cavidad correspondiente, se apoyen, al menos brevemente y en particular de forma brusca, contra la pared interior poco antes de que se alcance una frecuencia natural predeterminada del conjunto de paletas con una o más masas de sintonización separadas como resultado de la fuerza centrífuga, y así, a su vez, desintonicen la frecuencia natural del  
15 conjunto de paletas, al menos hasta que se suelten de la pared interior.

Para ello, la(s) masa(s) de sintonización, la cavidad y/o un alojamiento elástico de la(s) masa(s) de sintonización se sintonizan de tal manera que la masa de sintonización descansa contra una pared interior de la cavidad en un primer estado operativo predeterminado de la turbina y se desprende de la pared interior en un segundo estado operativo  
20 predeterminado de la turbina, al menos temporalmente. Preferentemente, el primer o el segundo estado operativo es adyacente a una frecuencia natural del conjunto de paletas del rotor con una o más masas de sintonización que descansan contra o se separan de la pared interior. Por estado operativo adyacente se entiende, en particular, el funcionamiento de la turbina que se encuentra en el rango de 0,9 a 0,99 veces la frecuencia natural correspondiente.

25 Para sintonizar una masa de sintonización de acuerdo con la invención, en particular su masa, su forma, su superficie, se pueden especificar adecuadamente en particular su coeficiente de fricción y/o su dureza y/o rigidez superficial, su centro de gravedad y/o su tensor de inercia. En una modalidad preferida, una masa de sintonización tiene forma esférica. La pared interna de una cavidad puede coincidir en particular en cuanto a su forma y/o superficie, por lo que resulta ventajoso hacer coincidir la masa de sintonización y la pared interna en cuanto a su forma y/o superficie. Si una masa de  
30 sintonización se aloja o se fija elásticamente en la cavidad, en correspondencia, preferentemente también se sintoniza este alojamiento o fijación.

La sintonización de la masa de sintonización, la pared interior y, si es necesario, el apoyo elástico del conjunto de paletas del rotor, en particular de sus frecuencias naturales, y de los estados operativos de la turbina se puede realizar tanto  
35 numéricamente, en particular mediante simulación, como empíricamente mediante ensayos. En una modalidad preferida de un método de acuerdo con la invención, se introducen sucesivamente varias masas de sintonización en una cavidad y se prueban durante el funcionamiento de la turbina para determinar si logran la desintonización deseada de la frecuencia natural. Para ello, resulta particularmente ventajoso que la(s) masa(s) de sintonización pueda(n) eliminarse de forma no destructiva en una modalidad preferida, por ejemplo, después de retirar la plataforma de paletas del rotor de una cavidad  
40 formada entre el rotor y la plataforma.

La liberación de una masa de sintonización puede ser causada en particular por las vibraciones que ocurren durante el funcionamiento poco antes de que se alcance la frecuencia natural del conjunto de paletas del rotor con la masa de sintonización adherida. En ese caso, la fuerza centrífuga impulsa de nuevo la masa de sintonización hacia la pared interior,  
45 que la contacta en una o más colisiones totalmente elásticas o parcialmente plásticas. En una modalidad preferida, la masa de sintonización y la cavidad se sintonizan en consecuencia, en particular debido a la correspondiente forma de la superficie.

Una paleta de rotor de acuerdo con la invención se puede utilizar en particular en una (etapa de) turbina o un compresor  
50 o una etapa de compresión de una turbina de gas, en particular en un motor de avión. Preferentemente se utiliza en las etapas de baja presión.

Otras características y ventajas se pueden apreciar en las reivindicaciones dependientes y el ejemplo de modalidad. Para ello se muestra, en parte esquemáticamente:

55 En la Figura 1 la plataforma de una paleta de rotor con una masa de sintonización de acuerdo con una modalidad de la presente invención en sección axial.

La Figura 1 muestra una sección axial de la plataforma 1.1 de una paleta de rotor 1 mostrada solo parcialmente de acuerdo con una modalidad de la presente invención. Esta está unida a un rotor 4, que también se muestra solo parcialmente, por lo que no se muestra en detalle. Entre la plataforma 1.1 y el rotor 4, es decir, en el anillo interior de la paleta del rotor formado por la plataforma 1.1, se forma una cavidad cerrada 3. Esta cavidad está definida por la cara exterior del rotor 4 y la cara interior de la plataforma 1.1 y puede abrirse retirando la paleta 1 del rotor 4.  
60

En la cavidad 3 se coloca una masa de sintonización esférica 2, que se mueve libremente. La forma de la cavidad 3 y la masa de sintonización 2 están sintonizan entre sí de manera que durante el funcionamiento de la turbina, es decir, cuando el rotor 4 está girando, la masa de sintonización es presionada por la fuerza centrífuga contra la pared interior radialmente  
65

exterior 3.1 de la cavidad 3 y se desplaza axialmente en un extremo (a la derecha en la Figura 1) debido a la pared interior en forma de cuña.

5 Si la velocidad del rotor se aproxima a cierta frecuencia natural de la paleta del rotor 1 con la masa de sintonización 2 en  
contacto con la parte inferior de la plataforma 3.1 debido a la fuerza centrífuga, por ejemplo la primera frecuencia natural  
de flexión o torsión, entonces se producen vibraciones de la paleta 2. La masa de la masa de sintonización 2 está ahora  
sintonizada o predeterminada o seleccionada de tal manera que, como resultado de estas vibraciones, la masa de  
10 sintonización se suelta bruscamente, es decir, brevemente en cada caso, de la parte inferior de la plataforma 3.1 de la  
paleta 1 antes de que la fuerza centrífuga la impulse de nuevo hacia allí. Al soltar la masa de sintonización, esta se  
desacoplará de la paleta 1, de modo que las frecuencias naturales de la paleta, ahora sin la masa de sintonización en  
contacto o acoplada, cambian abruptamente. De esta manera, la frecuencia natural de la paleta del rotor 1 se puede  
15 atravesar con la masa de sintonización 2 acoplada, sin que haya una resonancia continua y por lo tanto peligrosa. Para  
la presente invención, no resulta perjudicial que haya una resonancia temporal, en el ejemplo de modalidad anterior  
aproximadamente siempre que la masa de sintonización 2 contacte de nuevo la parte inferior de la plataforma 3.1, después  
de la colisión, debido a que se libera de allí de nuevo, al menos durante un corto tiempo, por las vibraciones como  
consecuencia de su correspondiente masa seleccionada e impide así una acumulación o aumento excesivo de la  
resonancia.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Conjunto de paletas del rotor de una turbina, en particular de una turbina de gas, que tiene al menos una paleta de rotor (1), en donde el conjunto de paletas del rotor tiene al menos una cavidad (3) en la que se dispone de forma móvil al menos una masa de sintonización (2), en donde la masa de sintonización y/o la cavidad están adaptadas de manera que la masa de sintonización descansa contra una pared interior (3.1) de la cavidad en un primer estado operativo predeterminado de la turbina y se aleja de la pared interior, al menos temporalmente, en un segundo estado operativo predeterminado de la turbina, **caracterizado porque** el primer o el segundo estado operativo predeterminado es adyacente a una frecuencia natural del conjunto de paletas del rotor que tiene una masa de sintonización que descansa en o se distancia de la pared interior, en donde el estado operativo adyacente está en el rango de 0,9 a 0,99 veces dicha frecuencia natural del conjunto de paletas del rotor.
- 15 2. Conjunto de paletas de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** una masa, forma, superficie, centro de gravedad y/o tensor de inercia de la masa de sintonización y/o una forma y/o superficie de la pared interior de la cavidad se adaptan de manera que la masa de sintonización descansa contra la pared interior en el primer estado operativo y se aleja de la pared interior, al menos temporalmente, en el segundo estado operativo.
- 20 3. Conjunto de paletas de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la masa de sintonización se aloja elásticamente en la cavidad, en donde la masa de sintonización y su alojamiento elástico se adaptan de manera que la masa de sintonización descansa contra la pared interior en el primer estado operativo y se separa de la pared interior, al menos temporalmente, en el segundo estado operativo.
- 25 4. Conjunto de paletas de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la masa de sintonización y/o la cavidad se adaptan de manera que la masa de sintonización colisiona con la pared interior en el estado operativo predeterminado de la turbina.
- 30 5. Conjunto de paletas de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se forma una cavidad (3) en o sobre un anillo interior o exterior de al menos una paleta del conjunto de paletas, en particular bajo una plataforma (1.1) de al menos una paleta (1) del conjunto de paletas.
- 35 6. Conjunto de paletas de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se forma una cavidad en una hoja de paleta de una paleta del conjunto de paletas.
- 40 7. Turbina, en particular una turbina de gas, que tiene al menos un conjunto de paletas del rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
8. Método para diseñar un conjunto de paletas de rotor de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 6, **caracterizado porque** al menos una masa de sintonización (2) y/o la cavidad (3) que recibe dicha masa de sintonización se adaptan de manera que la masa de sintonización descansa contra la pared interior (3.1) en el primer estado operativo predeterminado de la turbina y se aleja de la pared interior, al menos temporalmente, en el segundo estado operativo.

Fig. 1

