



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 361 286**

51 Int. Cl.:

F03B 13/24 (2006.01)

F03B 13/06 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08857582 .4**

96 Fecha de presentación : **16.10.2008**

97 Número de publicación de la solicitud: **2217803**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54

Título: **Turbina Wells con desplazamiento de pala del rotor pasivo.**

30

Prioridad: **06.12.2007 DE 10 2007 059 038**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
15.06.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
15.06.2011

73

Titular/es: **VOITH PATENT GmbH**
Sankt Pöltener Strasse 43
89522 Heidenheim, DE

72

Inventor/es: **Arlitt, Raphael;**
Bronowski, Helmut;
Weilepp, Jochen;
Engelhardt, Michael y
Starzmann, Ralf

74

Agente: **Morales Durán, Carmen**

ES 2 361 286 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

Turbina Wells con desplazamiento de pala del rotor pasivo

- 5 La invención se refiere a una turbina Wells con desplazamiento de pala del rotor pasivo, especialmente para su uso en una central eléctrica movida por las olas del mar.

Se conocen turbinas Wells, para ello se remite a modo de ejemplo al documento de patente estadounidense US 5191225 A. Este documento da a conocer además una central eléctrica de OWC, en la que está incorporada una
 10 turbina Wells de dos fases. En una central eléctrica de OWC se obtiene energía a partir de una columna de agua oscilante (*Oscillating Water Column*, OWC). Para ello se prevé una cámara de olas que presenta un abertura de corriente afluyente que se encuentra por debajo del nivel del agua. Si una ola rompe contra la pared exterior de la cámara de olas, entonces tiene lugar una afluencia de agua de mar en la cámara, mediante lo cual se eleva el nivel
 15 del agua que se encuentra en la misma. De manera correspondiente disminuye el nivel del agua en caso de una ola que sale, de modo que resulta un movimiento de oscilación de la columna de agua en la cámara de olas de manera correspondiente a la frecuencia de olas. Por encima del nivel del agua está incluida una masa de aire en la cámara de olas, que está comunicada con la atmósfera circundante mediante un canal de ventilación limitado. De manera correspondiente al movimiento de oscilación del cuerpo de agua en la cámara de olas se somete la masa de aire que se encuentra sobre la misma a una fluctuación de presión, de modo que se produce para compensar la presión
 20 en el canal de ventilación una corriente de aire bidireccional que cambia constantemente de alta velocidad que puede usarse para obtener energía eléctrica.

El documento US 2005/0271508 A1 se considera como estado de la técnica siguiente.

25 Para aprovechar una corriente de entrada bidireccional se usa una turbina que conserva su dirección de rotación para una corriente de entrada de dos direcciones. Además de las turbinas de impulsión se tienen en cuenta para ello especialmente las turbinas Wells mencionadas anteriormente. A este respecto se conocen turbinas Wells con palas del rotor fijas. Éstas presentan para la corriente de entrada bidireccional un perfil simétrico, cuya configuración es en forma de gota. El perfil NACA 0012 representa un posible trazado de perfil. Este perfil determina un contorno de
 30 perfil con un grosor del 12% con respecto a la longitud de la cuerda. A este respecto se extiende la cuerda de perfil y con ello la línea de simetría del perfil de manera paralela al plano de rotación de la turbina. En caso de funcionamiento de la turbina Wells, existe un ángulo de corriente de entrada eficaz frente al perfil de las respectivas palas de turbina, que resulta mediante la adición de vectores de la velocidad periférica y de la velocidad de corriente de entrada de la corriente de aire impulsora. Normalmente, los ángulos de corriente de entrada son pequeños de
 35 modo que el perfil simétrico actúa en el sentido de un ala y las fuerzas que actúan en el centro aerodinámico presentan una componente parcial en dirección tangencial con respecto al núcleo de rodete de la turbina Wells que sirve a la propulsión. Las fuerzas aerodinámicas adicionales de manera perpendicular a esta dirección tangencial pueden amortiguarse mediante el cojinete de la turbina.

40 Para las turbinas Wells, además del problema de una alta emisión de ruido y el mal comportamiento en el arranque resulta la dificultad de que con ángulo de corriente de entrada creciente, normalmente a partir de 13°, puede tener lugar en las palas de la turbina un desprendimiento de corriente. Un ángulo de corriente de entrada grande de este modo puede producirse entonces cuando debido a una corriente de aire que varía fuertemente existe un aumento
 45 rápido de la velocidad de corriente de entrada y el aumento de la velocidad periférica de la turbina Wells no tiene lugar de manera suficientemente rápida, o ésta continúa ya en su velocidad nominal. Pueden producirse comportamientos de este tipo especialmente en las centrales eléctricas de OWC descritas anteriormente, de modo que para este campo de aplicación se desarrollaron turbinas Wells que están dotadas de un dispositivo para modificar el ángulo de incidencia de las palas del rotor. Por el ángulo de incidencia se entiende a continuación el
 50 ángulo entre la cuerda de perfil de una pala del rotor y el plano de rotación de la turbina Wells.

El ajuste del ángulo de incidencia mencionado anteriormente puede tener lugar mediante una guía activa, colocándose de manera giratoria las palas del rotor en un núcleo de rodete de la turbina Wells y previéndose un dispositivo de ajuste que ajusta las palas del rotor de manera correspondiente a la velocidad periférica actualmente
 55 existente y las respectivas razones de corriente de entrada con respecto al ángulo de incidencia. Según esto es necesario adicionalmente prever un dispositivo de regulación. Éste tiene normalmente no sólo el objetivo de provocar un ajuste de la pala del rotor de modo que se impida un desprendimiento de corriente, sino que se realiza de manera adicionalmente ventajosa un ajuste de la pala del rotor para lo que se consigue el grado óptimo de acción para los coeficientes de flujo existentes. A este respecto se conoce que para coeficientes de flujo mayores se produce un aumento del grado de acción en caso de un paso de las palas del rotor con un ángulo de incidencia de
 60 varios grados. Para el funcionamiento típico de una turbina Wells en una central eléctrica de OWC es ventajoso por tanto poder realizar ángulos de incidencia en un orden de magnitud de al menos 6°. Se prefieren por motivos de eficacia ángulos de incidencia aún superiores de al menos 8° y más. Además, el ajuste activo del ángulo de incidencia puede favorecer el arranque de una turbina Wells que generalmente tiene lugar mediante un accionamiento motriz del generador.

65 El documento US 2005/0271508 A1 da a conocer una turbina con palas flexibles. A este respecto se evita el

aumento del grado de acción. Para la solución se usan palas que presentan una zona rígida así como una flexible.

Es desventajoso en un dispositivo que actúa de manera activa para reajustar el ángulo de incidencia de las palas del rotor, el gasto de construcción que es necesario para la configuración de los dispositivos de ajuste y dispositivos de regulación. Para evitar este problema se propuso un ajuste de la pala del rotor pasivo, para ello se remite al documento JP 63219801 A. Este documento describe palas del rotor acopladas mediante articulación de manera giratoria a un núcleo de rodete de una turbina Wells, que pueden oscilar entre dos ajustes de ángulo de incidencia predeterminados mediante topes. Esta disposición mejora las propiedades de autoarranque de la turbina Wells en caso de producción de un desprendimiento de corriente. Sin embargo, con los desplazamientos de pala del rotor pasivos conocidos no es posible ajustar un ángulo de incidencia suficientemente grande de este modo de las palas del rotor durante el funcionamiento normal, ya que se optimiza el grado de acción dependiendo de los coeficientes de flujo de la corriente de entrada y de la velocidad de rotación.

La invención se basa en el objetivo de configurar un desplazamiento de pala del rotor pasivo para una turbina Wells de modo que éste sirve para mejorar el grado de acción, especialmente en caso de coeficientes de flujo grandes, y para el funcionamiento en velocidades nominales más bajas. Además, el dispositivo debe ser adecuado para ampliar la zona de trabajo de la turbina Wells, es decir para aumentar la zona del ángulo de corriente de entrada disponible sin desprendimiento de corriente. Además se caracteriza el dispositivo por la simplicidad constructiva y de producción.

El objetivo en el que se basa la invención se soluciona mediante las características de la reivindicación independiente.

Para configurar un desplazamiento de pala del rotor pasivo para turbinas Wells se ha descubierto que puede ajustarse por un lado el eje de giro de las palas del rotor en una razón adecuada con respecto al centro aerodinámico. Por otro lado pueden minimizarse, o al menos compensarse en parte, los momentos de fuerza centrífuga de las palas del rotor que repulsan al plano de rotación, de modo que un ajuste del ángulo de incidencia que resulta del equilibrio de fuerzas entre fuerzas aerodinámicas y fuerzas centrífugas conduce al ángulo relativo suficientemente grande deseado entre el plano de simetría de las palas del rotor y el plano de rotación. En detalle según esto se adoptan las siguientes medidas según la invención:

Las fuerzas aerodinámicas que actúan en las palas del rotor conducen en primer lugar a un momento de cabeceo aerodinámico que puede despreciarse sin embargo debido al ángulo de corriente de entrada pequeño. Según esto, la parte principal de las fuerzas aerodinámicas responsables de la salida por rotación deseada de las palas del rotor del plano de rotación surge mediante la adición de vectores de la resistencia de corriente y la fuerza ascensional en el perfil simétrico que actúa en el sentido de un ala. Si ahora se coloca el eje de giro para una pala del rotor de modo que para cada sección de perfil el punto de enfilado, en el que el eje de giro corta la cuerda de perfil, se encuentra en una zona entre la nariz de perfil y el centro aerodinámico del perfil, entonces se produce un momento de giro alrededor del punto de enfilado, que es tanto más grande, cuanto más se desplace éste hacia la nariz de perfil. De esto resulta un primer requisito para la disposición del eje de giro. Éste se encuentra según esto en una zona entre la nariz de perfil y el centro aerodinámico del perfil, que se encuentra normalmente en la zona de $c_b/4$, representando c_b la longitud de cuerda.

Adicionalmente actúan momentos de fuerza centrífuga en las palas del rotor giratorias, generando éstos un momento de giro para un punto de giro que se selecciona tal como se describió anteriormente en la parte delantera de la sección de perfil, que atribuye las palas del rotor movidas al plano de rotación, mediante lo cual se minimiza el momento de inercia de superficie. Las palas del rotor usadas según el estado de la técnica de material macizo de aluminio conducen para el caso de funcionamiento típico de una turbina Wells en una central eléctrica de OWC a un equilibrio de momentos entre el momento aerodinámico y el momento de fuerza centrífuga en las palas del rotor, a partir del que resultan ángulos de incidencia en el orden de magnitud de $\leq 0,5^\circ$. Éstos son demasiado pequeños para el aumento de la eficacia deseado y el aumento de la zona de trabajo de una turbina Wells.

Por tanto se ha descubierto que para un desplazamiento de pala del rotor pasivo para turbinas Wells deben cumplirse las medidas preventivas que compensen o reduzcan el momento de fuerza centrífuga que se atribuye al plano de rotación en las palas del rotor. Para ello se proponen distintas medidas según la invención que cumplen individualmente o en combinación el objetivo mencionado anteriormente.

Una medida consiste en reducir la masa de las palas del rotor especialmente en las zonas separadas de manera longitudinal a la cuerda de perfil con respecto al eje de giro. Para ello se prefiere usar, en lugar de la configuración que corresponde al estado de la técnica de las palas del rotor de aluminio, que presenta una densidad de 2700 kg/m^3 , un material que es más ligero o usa en lugar de un perfil macizo un perfil que está configurado de manera hueca al menos en zonas parciales. Esto puede realizarse por ejemplo por medio de un material compuesto reforzado con fibras, especialmente de un material compuesto que contiene fibras de vidrio o de carbono.

Para comparar las palas del rotor según la invención con configuraciones convencionales se introduce para la siguiente aplicación el término de una "densidad promedio" de las palas del rotor. Por esto se entiende sacar el

promedio de la densidad a través de una sección de perfil de modo que es posible comparar palas del rotor que presentan cavidades o están compuestas por una estructura compuesta con una pala del rotor que se fabrica de manera correspondiente al estado de la técnica por un material macizo, normalmente aluminio. De manera especialmente preferible se selecciona la densidad promedio de las palas del rotor más pequeña que el valor correspondiente para un material macizo de aluminio de 2700 kg/m^3 .

Para una medida según la invención adicional se adapta dentro de un contorno de perfil predeterminado la distribución de masas, de modo que se reduce el momento centrífugo de superficie. Para ello tiene lugar para la distribución de masas a lo largo de la cuerda de perfil una concentración local alrededor del eje de giro. Según esto, cada una de las zonas, que están separadas en dirección a la cuerda de perfil por el eje de giro, se configuran a modo de construcción ligera. De manera correspondiente pueden preverse zonas aguas arriba y aguas debajo de la pala del rotor de un material de densidad más baja o cavidades. Para la disposición mencionada anteriormente del punto de enfilado en un intervalo en la cuerda de perfil entre la nariz de perfil y el centro aerodinámico del perfil se ofrece la configuración de una cavidad en la zona aguas abajo, dado que allí la distancia que se contrae de manera cuadrática en el cálculo del momento centrífugo de superficie con respecto al eje de giro es especialmente grande.

Para una tercera medida según la invención se reduce el momento centrífugo de superficie de las palas del rotor mediante fuerzas centrífugas que actúan de manera opuesta. Esto se logra mediante una extensión de la distribución de masas a lo largo del eje de giro de manera transversal a la cuerda de perfil. Alternativa o adicionalmente pueden preverse pesos de equilibrado que se colocan fuera de la parte aguas arriba de la pala del rotor y con ésta están unidos de manera fija en el sentido del giro. Según una configuración ventajosa están dispuestos los pesos de equilibrado en la pieza de base de las palas del rotor y se encuentran dentro del núcleo de rodete de la turbina Wells. De manera correspondiente puede resultar la disposición de los pesos de equilibrado mediante el diseño y/o la distribución de material de la pieza de base. Para otra configuración preferida se prevén dentro del núcleo de rodete cuerpos de peso separados, por ejemplo bolas de plomo, que presentan perpendicularmente a la cuerda de perfil una distancia r_A al punto de giro. Estos cuerpos de peso se prevén por pares, es decir, están dispuestos de manera simétrica a la cuerda de perfil.

A continuación se describe la invención de manera más precisa por medio de ejemplos de realización en relación con las representaciones de figuras, en las que se representa en detalle lo siguiente:

La figura 1 muestra una sección parcial con una pala del rotor de una turbina Wells según la invención como vista en planta en el plano de rotación.

La figura 2 muestra una sección A-A de la figura 1.

La figura 3 muestra una sección B-B de la figura 1 para la pieza de base de una pala del rotor según la invención.

La figura 4 muestra una sección C-C de la figura 1 para una configuración de la pala del rotor según la invención con contrapesos incorporados en el núcleo de rodete.

A partir de la representación trivial de la figura 2 se representan las razones de corriente de entrada para una turbina Wells giratoria por medio de una sección de perfil para la pala del rotor 1. Se muestra el vector de corriente de entrada w eficaz que resulta de la adición de vectores de la velocidad de la corriente de aire c y la velocidad de rotación u negativa de la pala del rotor 1 y el ángulo de corriente de entrada δ eficaz asociado con ello, que es pequeño de manera característica para turbinas Wells.

La fuerza F_R aerodinámica que resulta mediante el efecto del ala en el perfil simétrico actúa en el centro aerodinámico AC, que se encuentra normalmente en un cuarto de la longitud de la cuerda de perfil 11. Esta fuerza F_R aerodinámica puede fragmentarse vectorialmente en una componente de fuerza tangencial F_{tang} y en una componente de fuerza transversal F_y , sirviendo la componente de fuerza tangencial F_{tang} a la propulsión y pudiéndose amortiguar la componente de fuerza transversal F_y en caso de una pala del rotor fijada mediante el cojinete de la turbina Wells.

En el presente caso se usa un dispositivo de ajuste de palas del rotor pasivo. Éste comprende, según una configuración ventajosa, una pieza de base 3 configurada en forma circular normalmente que se encuentra radialmente hacia dentro en la pala del rotor 1 y que está encastrada en un hueco 13 conformado como pieza contrapuesta en el núcleo de rodete 2. Esta pieza de base 3 comprende de manera ventajosa un pivote 4, que determina el eje de giro 5 de la pala del rotor 1 y que sirve además de manera ventajosamente para el anclaje en dirección radial.

De manera correspondiente a la representación en la figura 1, el eje de giro 5 se encuentra aguas arriba con respecto al trazado del centro aerodinámico 6. Esto es de nuevo evidente a partir de la representación en sección en la figura 2. Ésta muestra una disposición del punto de corte del eje de giro 5 con la cuerda de perfil 11 en un punto que a continuación se designa como punto de enfilado R. Este punto de enfilado R se encuentra lo más próximo posible a la nariz de perfil 12 y aguas arriba del centro aerodinámico AC, para generar un momento que saca por

rotación la pala del rotor 1 del plano de rotación 21 alrededor del eje de giro 5.

Un momento centrífugo de superficie que actúa de manera opuesta al momento aerodinámico resulta del trazado de perfil alargado para el caso de una salida por rotación de la pala del rotor del plano de rotación 21, de modo que según una medida según la invención, con la conservación del contorno exterior del perfil se adapta la distribución de masas en el interior del perfil de modo que en la dirección longitudinal predeterminada por el trazado de la cuerda de perfil 11 se obtiene una concentración de masas alrededor del punto de enfilado R. Adicionalmente se extiende preferiblemente la distribución de masas en la zona del eje de giro 5 de manera transversal a la cuerda de perfil 11. Una configuración de una distribución de masas de este tipo dentro de las palas del rotor 1 se representa en las figuras 1 y 2.

Se muestra el uso de un perfil hueco en lugar del perfil macizo usado según el estado de la técnica. Según la representación trivial, la pala del rotor 1 está dotada de una cavidad 8 aguas arriba, que se encuentra por delante del eje de giro 5, y una cavidad 9 aguas abajo, dispuesta detrás del eje de giro 5. Para realizar un perfil hueco de este tipo pueden usarse materiales compuestos que contienen fibras de vidrio o de carbono. Esta medida conduce por un lado a una masa reducida de la pala del rotor 1 y con ello a una reducción general de las fuerzas centrífugas de superficie. Por otro lado se produce la concentración de masas deseada de manera longitudinal a la cuerda de perfil 11 y la extensión reforzada de la distribución de masas en la zona del eje de giro 5 de manera transversal a la cuerda de perfil 11. Esto último se logra debido a que un alma transversal 16 está colocada dentro del perfil que incorpora el eje de giro 5 y que está configurada de manera maciza en las zonas con distancia transversal al punto de giro. Éste presenta una orientación esencialmente perpendicular a la cuerda de perfil 11. Mediante la distribución de masas en forma de haltera que resulta de esto de manera perpendicular a la cuerda de perfil 11 con el eje de giro 5 como centro se produce una contribución giratoria al momento de fuerza centrífuga para un ángulo de incidencia α no mínimo de la pala del rotor en caso de rotación.

Esta contribución puede aumentarse mediante la colocación de un primer peso adicional 19 y un segundo peso adicional 20 dispuesto simétricamente de un material de densidad superior, por ejemplo plomo, en las zonas de extremo del alma transversal 16. Para comparar una distribución de masas según la invención del perfil con un perfil de un material macizo se introduce en la presente solicitud el término de una "densidad promedio en dirección transversal a lo largo de la cuerda de perfil". Esto indica un promedio de la densidad de masas respectivamente de manera perpendicular a la cuerda de perfil 11. A lo largo de la cuerda de perfil 11 se reduce entonces este valor cuando al menos en una parte de la extensión transversal se usan cavidades o materiales de construcción ligera de manera perpendicular a la cuerda de perfil 11. De manera generalizada una medida prevista según la invención consiste según esto en que se reduce la densidad promedio en dirección transversal a lo largo de la cuerda de perfil 11 en las zonas separadas por el eje de giro 5 longitudinalmente, es decir paralelamente a la cuerda de perfil 11. A este respecto es especialmente eficaz reducir la densidad promedio a lo largo de la cuerda de perfil en los extremos de perfil aguas arriba y aguas abajo. En lugar de usar cavidades, también es posible combinar materiales de construcción ligera, por ejemplo un material esponjado, con materiales que garantizan la resistencia estructural. Además pueden preverse refuerzos en las cavidades para reforzar.

Las medidas según la invención descritas anteriormente en cuanto a la distribución de masas dentro del perfil de las palas del rotor 1 se limitan normalmente mediante los requisitos en la resistencia de estructura y resistencia a la flexión, de modo que en multitud de ocasiones no es posible una compensación completa del momento centrífugo de superficie que se atribuye al plano de rotación 21. Según esto se prevé como medida según la invención adicional que puede usarse de nuevo como alternativa o adicionalmente a las medidas mencionadas anteriormente para la realización de la invención, fijar pesos adicionales en la pieza de base 3 de la pala del rotor 1 que equilibran los momentos centrífugos de superficie de la pala del rotor 1.

Para ello se muestra en la representación en sección de la figura 3, que muestra la sección a lo largo de la línea B-B de la figura 1, una vista en planta sobre una configuración según la invención de este modo. Puede observarse el contorno circular de la pieza de base 3. Para una mejor comprensibilidad se representan de manera rayada partes de la pala del rotor 1 que se encuentran por encima y por debajo de la sección B-B. Éstas son la parte superior de las palas del rotor 1 que forman las superficies de corriente de entrada y el pivote 4 que continua radialmente hacia el interior de la pieza de base.

A partir de la figura 3 resulta la medida según la invención de una disposición por pares de un primer peso de equilibrado 10.1 y un segundo peso de equilibrado 10.2, que presentan respectivamente una distancia r_A al eje de giro 5. Según esto resulta una disposición perpendicular de los pesos de equilibrado 10.1, 10.2 a la cuerda de perfil 11. De esto resulta con la rotación de la pala del rotor 1, en caso de un ángulo de incidencia no mínimo, un momento centrífugo M_A giratorio, que actúa frente al momento centrífugo de superficie. De manera especialmente preferida, los pesos de equilibrado son cuerpos de masa que están encastrados en una estructura compuesta de la pieza de base. Estos cuerpos de masa deben ser de densidad superior, por ejemplo pueden usarse para esto cuerpos de plomo. Además se prefiere ajustar el momento de giro M_A giratorio, mediante la disposición y dimensionamiento de los pesos de equilibrado 10.1, 10.2, de modo que el momento centrífugo de superficie se compensa al menos hasta un 85%. Se prefiere una compensación extensa de al menos el 90% y de manera especialmente preferida de al menos el 95%.

La figura 4 muestra una alternativa de configuración adicional con contrapesos. Se representa la vista en planta sobre el plano de sección C-C de la figura 1, a partir de lo cual resulta el uso de un primer peso de equilibrado 14 separado y un segundo peso de equilibrado 15 separado. Éstos pueden estar configurados por ejemplo como bolas de plomo y pueden estar fijados por medio de un primer travesaño 17 y un segundo travesaño 18 al pivote 4. Según esto, los pesos de equilibrado 14, 15 separados están dispuestos en huecos preferiblemente dentro del núcleo de rodete 2.

Las medidas según la invención se usan para ajustar un desplazamiento de pala del rotor pasivo para una turbina Wells, que permite un ajuste del ángulo de incidencia de al menos 5° en la zona de coeficientes de flujo superiores y en caso de lograr el número de revoluciones de funcionamiento. Se prefieren ángulos de incidencia mayores que aumentan aún adicionalmente el grado de acción. Esto se logra mediante una compensación de manera lo más extensa posible de la totalidad de los momentos de fuerza centrífuga que actúan en una pala del rotor 1. Esto se logra ampliamente si se prevén topes adicionales en la turbina Wells que limitan el ángulo de incidencia condicionado por el momento aerodinámico.

Lista de números de referencia

1	pala del rotor
2	núcleo de rodete
3	pieza de base
4	pivote
5	eje de giro
6	trazado del centro aerodinámico
8	cavidad aguas arriba
9	cavidad aguas abajo
10.1	primer peso de equilibrado
10.2	segundo peso de equilibrado
11	cuerda de perfil
12	nariz de perfil
13	hueco
14	primer peso de equilibrado separado
15	segundo peso de equilibrado separado
16	alma transversal
17	primer travesaño
18	segundo travesaño
19	primer peso adicional
20	segundo peso adicional
21	plano de rotación
α	ángulo de incidencia
δ	ángulo de corriente de entrada eficaz
AC	centro aerodinámico
c	velocidad de corriente de aire
F_R	fuerza aerodinámica
F_{tang}	componente de fuerza tangencial
F_y	componente de fuerza transversal
M_A	momento centrífugo giratorio
r_A	distancia perpendicular al punto de giro
R	punto de enfilado
S	centro de gravedad
u	velocidad de rotación negativa
w	vector de corriente de entrada eficaz

REIVINDICACIONES

1. Turbina Wells, que comprende

- 5 1.1 un núcleo de rodete (2), que tiene una pluralidad de palas del rotor (1) con un perfil simétrico configurado en forma de gota partiendo de una nariz de perfil; **caracterizándose** la turbina Wells **porque**
- 1.2 las palas del rotor (1) están fijadas al núcleo de rodete (2) de manera giratoria por medio de una pieza de base (3) de modo que puede variar su ajuste del ángulo de incidencia (α) con respecto al plano de rotación (21), cortando los ejes de giro (5) asociados la cuerda de perfil (11) para cada sección de perfil en un punto de
- 10 enfilado (R), que se encuentra en una zona entre la nariz de perfil (12) y el centro aerodinámico (AC) del perfil;
- 1.3 el ajuste del ángulo de incidencia (α) tiene lugar de manera pasiva mediante el equilibrio que aparece con el funcionamiento de la turbina Wells entre los momentos aerodinámicos que actúan en las palas del rotor (1) y los momentos de fuerza centrífuga, seleccionándose la densidad promedio de las palas del rotor (1) inferior a
- 15 2700 kg/m^3 y/o estando configurada la distribución de masas dentro del perfil de modo que se reduce el momento centrífugo de superficie de las palas del rotor (1) con respecto a un perfil de un material macizo y/o se compensa el momento centrífugo de superficie de las palas del rotor (1) al menos parcialmente por pesos de equilibrado (10.1, 10.2, 14, 15) que están dispuestos en una distancia (r_A) con respecto al punto de giro y perpendicularmente a la cuerda de perfil (11).
- 20 2. Turbina Wells según la reivindicación 1, **caracterizada porque** las palas del rotor (1) están compuestas al menos parcialmente por un perfil hueco.
3. Turbina Wells según la reivindicación 2, **caracterizada porque** el perfil hueco está relleno al menos en zonas parciales por un material cuya densidad es menor a la del material de pared del perfil hueco.
- 25 4. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las palas del rotor (1) están fabricadas por un material compuesto reforzado con fibras, especialmente por un material compuesto que comprende fibras de carbono y/o fibras de vidrio.
- 30 5. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** una pala del rotor (1) comprende una cavidad (8) aguas arriba que se encuentra por delante del eje de giro (5), y/o una cavidad (9) aguas abajo dispuesta detrás del eje de giro (5).
- 35 6. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los pesos de equilibrado (10.1, 10.2, 14, 15) están dispuestos por pares en o sobre la pieza de base (3) a ambos lados de la cuerda de perfil.
7. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los pesos de equilibrado (10.1, 10.2, 14, 15) están configurados mediante la distribución de forma y/o de material en la pieza de base (3).
- 40 8. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la pieza de base (3) forma una estructura compuesta, en la que están incorporados cuerpos de peso para la configuración de los pesos de equilibrado (10.1, 10.2).
- 45 9. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en la pieza de base (3) están fijados pesos de equilibrado (14, 15) separados que están dispuestos dentro del núcleo de rodete (2) de la turbina Wells.
10. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** dentro del contorno del perfil de una pala del rotor (1) están dispuestos pesos adicionales (19, 20) perpendicularmente a la cuerda de perfil (11) y con distancia transversal al eje de giro (5).
- 50 11. Turbina Wells según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** en la zona del eje de giro (5) está colocada un alma transversal (16) con distribución de masas en forma de haltera y un trazado perpendicular a la cuerda de perfil (11).

Fig. 3

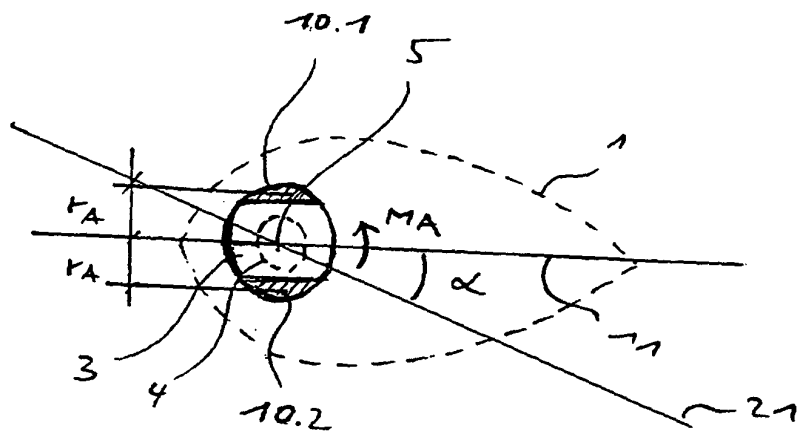


Fig. 4

