

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 640 141**

51 Int. Cl.:

**F03D 3/06** (2006.01)

**F03D 7/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/AU2012/000792**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO13000041**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12803545 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2769089**

54 Título: **Turbina eólica de eje vertical con mecanismo de paso variable**

30 Prioridad:

**29.06.2011 AU 2011902557**

**25.06.2012 AU 2012902671**

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

**31.10.2017**

73 Titular/es:

**AXOWIND PTY. LTD. (100.0%)**

**Suite 16, 4 Station Street**

**Fairfield NSW 2165, AU**

72 Inventor/es:

**RADOVICH, WALTER;**  
**HUANG, RICKY, ZHONG;**  
**RUDLEY, BJORN y**  
**TAN, JING, K.**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 640 141 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 eólica de eje vertical con mecanismo de paso variable

5 La presente invención se refiere a turbinas eólicas de eje vertical (VAWT).

Antecedentes

10 La importancia de cosechar energía renovable continúa creciendo junto con las preocupaciones sobre las emisiones de carbono y la amenaza de graves cambios climáticos como resultado de la generación de energía a partir de combustibles fósiles y el transporte. Un importante contribuyente a la mezcla de fuentes de energía renovable es el de la energía eólica que ha llevado al desarrollo de generadores de energía eólica cada vez más eficientes y mayores.

15 Sin embargo, los generadores de energía con turbinas eólicas de eje horizontal de tres aspas, montados en torres grandes, sólo son adecuados para instalaciones rurales. Se han realizado numerosos intentos para desarrollar y mejorar la eficiencia de máquinas de eje vertical más compactas que se prestan más fácilmente a instalaciones urbanas, y son particularmente adecuadas para condiciones de viento fluctuantes, turbulentas.

20 El rendimiento de las máquinas VAWT puede mejorarse significativamente si se puede optimizar el paso de las aspas en relación con el intervalo de velocidad del viento en el que es posible la extracción máxima de potencia. El control se complica por las cargas variables que se colocan sobre las aspas, ya que presentan ángulos variables al viento durante la rotación, induciendo una tendencia a "oscilar" con la vibración, ruido y desgaste consiguientes. Adicionalmente, el sistema debe ser capaz de soportar fuertes vientos y mantener la potencia máxima de salida, mientras que no permite que la velocidad de rotación exceda la que se puede acomodar dentro de las limitaciones mecánicas de la estructura de la turbina, la transmisión y el generador eléctrico.

25 Es un objeto de la presente invención tratar o al menos mejorar algunos de los problemas anteriores.

30 El documento de patente US 4430044 describe una máquina VAWT de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1. El documento de patente WO 2003/102413 A1 describe un método para controlar una máquina VAWT de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 15.

Notas

35 El término "que comprende" (y sus variaciones gramaticales) se usa en esta descripción en el sentido inclusivo de "tener" o "incluir", y no en el sentido exclusivo de "que consiste solamente en".

40 La discusión anterior del estado de la técnica en los antecedentes de la invención no es una admisión de que cualquier información descrita en ella sea citable de la técnica anterior o parte del conocimiento general común de los expertos en la técnica en cualquier país.

Breve descripción de la invención

45 En consecuencia, en una primera forma amplia de la invención, se proporciona una turbina eólica de eje vertical; dicha turbina incluye un eje central vertical y una pluralidad de aspas verticales; cada una de dichas aspas verticales está soportada por al menos un brazo de soporte radial que se extiende desde dicho eje central; en donde la disposición angular de cada una de dichas aspas con relación a su dicho al menos un brazo de soporte radial respectivo, se controla por un mecanismo de control; dicho mecanismo incluye al menos dos elementos diferencialmente elásticos y un elemento amortiguador; caracterizado porque dicho mecanismo de control incluye un brazo de articulación giratorio; un extremo exterior de dicho brazo de articulación giratorio se conecta de forma giratoria a un pivote primario de dicha aspa; dicho brazo de articulación giratorio soporta un primer elemento elástico de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad; un extremo exterior de dicho primer elemento elástico está conectado de forma giratoria a dicha aspa hacia delante de dicho eje primario.

55 Preferentemente, las secciones horizontales de cada una de dichas aspas tienen forma de perfil aerodinámico.

Preferentemente, cada una de dichas aspas es giratoria alrededor de un eje de giro vertical; dicho eje de giro vertical pasa a través de un pivote primario situado en un extremo exterior de cada brazo de soporte radial.

60 Preferentemente, el centro de gravedad de cada una de dichas aspas queda entre dicho pivote primario y el borde delantero de dicha aspa.

Preferentemente, el centro de gravedad de cada una de dichas aspas se encuentra entre dicho pivote primario y el borde de salida de dicha aspa.

65 Preferentemente, dicha disposición angular de cada una de dichas aspas con relación a su brazo de soporte radial varía

debido a las fuerzas aerodinámicas cuando dicha turbina es impulsada en movimiento de rotación; la rotación hacia fuera de dicha aspa aumenta con la velocidad de rotación creciente de dicha turbina.

5 Preferentemente, dicha disposición angular de cada una de dichas aspas con respecto a dicho brazo de soporte radial varía debido a una combinación de fuerza centrífuga y dichas fuerzas aerodinámicas generadas por dicha forma de perfil aerodinámico de dichas aspas; la rotación hacia fuera de dicha aspa aumenta con la velocidad de rotación creciente de dicha turbina.

10 Preferentemente, un primer elemento elástico de dichos al menos dos elementos diferencialmente elásticos controla las variaciones en la disposición angular de dichas aspas para un primer intervalo de velocidad del viento; un segundo elemento elástico de dichos elementos elásticos controla una variación adicional en dicha disposición angular de dichas aspas para restringir la máxima velocidad de rotación de dicha turbina; dicho primer intervalo de velocidad del viento se encuentra entre valores predeterminados V1 y V2.

15 Preferentemente, dicho mecanismo de control se soporta por una subestructura montada rígidamente en dicho extremo exterior de cada uno de dichos brazos de soporte; dicha subestructura incluye tres cojinetes de giro que comprenden dicho pivote primario, un segundo cojinete de giro para el segundo de dichos elementos diferencialmente elásticos y un tercer cojinete de giro para un extremo de dicho elemento de amortiguación.

20 Preferentemente, dicho mecanismo de control incluye además un brazo de articulación giratorio; un extremo exterior de dicho brazo de articulación giratorio se conecta de forma giratoria a dicho pivote primario; dicho brazo de articulación giratorio soporta de forma giratoria dicho primer elemento elástico en un primer cojinete de giro de dicho brazo de articulación giratorio; un extremo exterior de dicho elemento elástico se conecta de forma giratoria a dicha aspa hacia delante de dicho pivote primario.

25 Preferentemente, dicho segundo elemento elástico se conecta de forma giratoria a dicho segundo cojinete de giro de dicha subestructura; un extremo exterior de dicho segundo elemento elástico se conecta de manera giratoria a un segundo cojinete de giro de dicho brazo de articulación giratorio.

30 Preferentemente, dicho elemento de amortiguación proporciona resistencia a cambios rápidos en dicha disposición angular de dicha aspa; dicho elemento de amortiguación conectado de forma giratoria entre dicho tercer cojinete de giro de dicha subestructura y un cojinete de giro próximo al extremo de arrastre de dicha aspa; dicho elemento de amortiguación se dispone de manera que permite una rotación hacia fuera sin restricción de dicha aspa, pero con una restricción de amortiguación en la rotación hacia dentro.

35 Preferentemente, cada uno de dichos elementos elásticamente diferenciales comprende un conjunto de un eje alargado y un resorte de compresión; dicho eje alargado se desliza libre a través de un bloque de cojinete de eje situado en los puntos de giro respectivos de dichos elementos elásticos; dicho muelle de compresión se instala entre dicho bloque de cojinete de eje y un elemento de retención en el extremo exterior de dicho eje; dicho elemento de retención es ajustable para calibrar la fuerza de resorte instalada de dichos resortes de compresión.

40 Preferentemente, cuando se instala para su uso, dicho resorte de compresión de dicho primer elemento elástico tiene una velocidad de resorte relativamente mayor con una precarga menor que dicho resorte de compresión de dicho segundo elemento elástico cuando se instala; dicho resorte de compresión de dicho segundo elemento elástico tiene una relación de elasticidad relativamente menor con mayor precarga cuando se instala, que dicho resorte de compresión de dicho primer elemento elástico.

45 Preferentemente, la rotación de dichas aspas alrededor de un eje central de dicha turbina se transfiere a un generador eléctrico montado en un pilón de soporte de dicha turbina.

50 En otra forma amplia de la invención, se proporciona un método para controlar una turbina eólica de eje vertical; dicho método incluye controlar la disposición angular de las aspas de dicha turbina con respecto a los brazos de soporte radiales de dichas aspas; dicho método incluye las etapas de:

- 55 (a) conectar de manera giratoria dichas aspas en los extremos exteriores de dichos brazos de soporte radiales respectivos,  
 (b) controlar los cambios en dicha posición angular alrededor de un eje vertical de dicha aspa por al menos dos elementos elásticamente diferenciales de un mecanismo de control,

60 en donde un primer de dichos al menos dos elementos elásticamente diferenciales controla dicha disposición angular en una primera etapa para la velocidad de rotación de dicha turbina entre cero y una velocidad de rotación máxima deseada; un segundo de dichos al menos dos elementos diferencialmente elásticos controla en una segunda etapa una disposición angular adicional que tiende a la parada aerodinámica de dichas aspas, caracterizado porque: dicho método incluye además la etapa de (c) controlar cambios rápidos en dicha disposición angular por un elemento de amortiguación, y dicho mecanismo de control incluye un brazo de articulación giratorio; un extremo exterior de dicho brazo de articulación giratorio conectado de forma giratoria a un pivote primario de dicha aspa; soportando dicho brazo de articulación giratorio un primer elemento elástico de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad; un

extremo exterior de dicho primer elemento elástico conectado de forma giratoria a dicha hoja hacia delante de dicho pivote primario.

5 Preferentemente, dicho mecanismo de control, en dicha primera etapa controla la variación en dicha disposición angular para producir una curva de producción de potencia que oscila entre una primera salida de potencia  $P_1$  y una segunda salida de potencia  $P_2$  para un intervalo predeterminado de velocidad del viento entre  $V_1$  y  $V_2$ .

10 Preferentemente, dicho mecanismo de control en dicha segunda etapa mantiene el pico de potencia a aproximadamente  $P_2$  para las velocidades del viento anterior  $V_2$ .

En otra forma amplia de la invención, se proporciona un método para mantener la potencia máxima de salida de una turbina eólica de eje vertical en condiciones de viento a alta velocidad; dicho método incluye las etapas de:

- 15 (a) controlar la disposición angular de las aspas de dicha turbina alrededor de un eje vertical por medio de al menos dos elementos diferencialmente elásticos,
- (b) calibrar un primer de dichos elementos elásticos para permitir la rotación hacia fuera de dichas aspas para producir una curva de potencia en la que la potencia generada aumenta a una tasa de reducción a medida que se aproxima a la potencia de pico,
- 20 (c) calibrar un segundo de dichos elementos elásticos para permitir una rotación hacia fuera adicional de dichas aspas; ángulo de ataque de dichas aspas que tiende a la parada aerodinámica; velocidad de rotación de dicha turbina mantenida a dicha potencia pico para velocidades de viento que exceden la velocidad del viento a dicha potencia de pico.

#### Breve descripción de los dibujos

- 25 Las modalidades de la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos acompañantes en donde:  
 La Figura 1 es una vista en perspectiva de a turbina eólica de eje vertical de acuerdo con la invención,  
 La Figura 2 es una vista en perspectiva parcialmente seccionada de uno de las aspas de la turbina de la Figura 1 que muestra una modalidad preferida de un mecanismo de control del paso de acuerdo con la invención,  
 La Figura 3 es una vista ortogonal del mecanismo de control de la Figura 2 montada en el extremo exterior de a brazo  
 30 de soporte radial de la turbina de la Figura 1, en una posición neutral,  
 La Figura 4 es una vista ortogonal del mecanismo de control de las Figuras 2 y 3 en una primera etapa de respuesta a las fuerzas centrífugas y aerodinámicas,  
 La Figura 5 es una vista ortogonal del mecanismo de control de las Figuras 2 y 3 en una segunda etapa de respuesta a las fuerzas centrífugas y aerodinámicas,  
 35 La Figura 6 es una gráfica de una curva de salida de potencia proyectada por la turbina eólica de las Figuras 1 a 5.

#### Descripción detallada de las modalidades preferidas

40 Con referencia a la Figuras 1 a 5, en una modalidad preferida de la invención, un generador de energía de la turbina eólica de eje vertical 10 está compuesto por una pluralidad, preferentemente tres, aspas sustancialmente verticales 12 montadas en brazos de soporte radiales 14 que se extienden desde un cubo central 16. La rotación de las aspas 12 proporciona una entrada rotativa a un generador de energía eléctrica (no mostrado) montado en el pilón de soporte 18.

45 En la disposición ilustrativa para una turbina eólica mostrada en la Figura 1, cada aspa 12 se soporta por un único brazo de soporte 14, pero se comprenderá que las aspas pueden estar soportadas por más de un brazo de soporte radial.

50 Las aspas 12 se montan en los brazos de soporte 14 de manera que son giratorias alrededor de un eje de giro vertical 20 (ver Figura 2) de modo que varían el paso o la disposición angular de las aspas con respecto a sus brazos de soporte. De nuevo, en la disposición ilustrativa de la modalidad preferida, el centro de gravedad de un aspa se encuentra entre el punto de giro 22 del aspa (el pivote primario) situado en el extremo exterior del brazo de soporte 14 y el borde delantero 24 del aspa. Las aspas 12 son de forma de perfil aerodinámico en sección de manera que cuando giran en respuesta al flujo de aire del viento, cada aspa se somete a fuerzas tanto centrífugas como aerodinámicas.

55 En la presente disposición, con el centro de gravedad delante del punto de articulación primario 22, y con un perfil aerodinámico "cóncavo" (con respecto al eje de rotación de la turbina), ambas fuerzas tienden a cambiar el paso del aspa, girando hacia afuera; es decir, como se indica por las flechas en las Figuras 4 y 5, la distancia del borde delantero 24 del aspa con respecto al eje central del cubo 16 aumenta con el aumento de la velocidad de rotación del aspa.

60 El cambio de paso de las aspas 12 se controla para optimizar el par de salida de la turbina de acuerdo con las dimensiones de la máquina y la capacidad del generador eléctrico. El extremo exterior de cada brazo de soporte 14 se proporciona con un mecanismo de control 30 como se muestra en las Figuras 2 a 5 montado en una subestructura 32, conectada rígidamente al brazo de soporte 14. El mecanismo de control 30 incluye al menos dos elementos diferencialmente elásticos, en este caso, dos elementos elásticos 34 y 36, así como un elemento de amortiguación 38.

65 También se incluye en el mecanismo de control 30 un brazo de articulación giratorio 40. Un primer punto de giro del brazo de articulación 42 soporta de forma giratoria el primer elemento elástico 34.

Un extremo exterior 44 del brazo articulado de giro 40 se conecta de forma giratoria al pivote primario 22 del aspa 12. El pivote primario 22 en este extremo exterior del brazo articulado 40, proporciona una rotación angular del aspa 12 y del brazo articulado 40. Así como también el eje principal 22, se proporcionan otros dos puntos de giro 48 y 50 sobre la subestructura 32. El primero de estos dos puntos de giro 48, soporta de forma giratoria el segundo elemento elástico 36, con el segundo punto de giro 50 que ancla un extremo del elemento amortiguador 38.

Los elementos diferencialmente elásticos 34 y 36 del mecanismo de control 30 de la invención pueden tomar diversas formas, incluyendo resortes de elastómero y neumático, pero preferentemente cada elemento es un conjunto de un eje alargado 52/54 y un resorte de compresión 56/58. Los ejes se deslizan libremente a través de los bloques 60 y 62 de los cojinetes de los ejes, montados de forma giratoria en los puntos de giro 42 y 48 que soportan los elementos elásticos 34 y 36. Los resortes de compresión 56/58 se sitúan sobre los ejes alargados 52/54 y se retienen entre los respectivos bloques de cojinete de eje 60 y 62 y los elementos de retención 64 y 66 en los respectivos extremos exteriores de los ejes. Estos elementos de retención 64 y 66 proporcionan un ajuste para precargar los resortes de compresión, por ejemplo, en forma de un bloque roscado que se extiende sobre una sección roscada del eje.

Los otros extremos de los ejes alargados 52/54 se proporcionan de accesorios de horquilla 68 y 70, respectivamente. En el caso del primer elemento elástico 34, este accesorio de horquilla 68 se conecta de forma giratoria a la hoja 12 en un punto delante del pivote primario 22, mientras que en el caso del segundo elemento elástico 36, el accesorio de horquilla 70 se conecta de forma giratoria a un segundo punto de giro del brazo de articulación 72 en el otro extremo exterior del brazo de articulación 40.

Los elementos elásticos 34 y 36 son diferenciales porque la tasa de resorte del primer resorte de elemento elástico 56 es relativamente mayor y con una precarga menor en comparación con el segundo elemento elástico 36, cuyo resorte 58 tiene una velocidad de resorte relativamente más baja pero más alta precarga.

Preferentemente, el elemento de amortiguación 38 puede tener la forma de un accionador neumático o hidráulico de acción simple, un accesorio de horquilla 74 en el extremo de la barra del cual se conecta a un punto de giro 76 próximo a un extremo trasero del aspa 12. La única acción del elemento de amortiguación 38 se dispone de manera que la rotación hacia fuera del aspa 12 no se restringe, pero la rotación hacia dentro es retardada por la reacción del actuador minimizando la oscilación del aspa y maximizando el ángulo de paso a lo largo del ciclo de rotación de la turbina.

#### Durante el uso

Durante el uso, la geometría del mecanismo de control y las características ajustables de los dos elementos elásticos y del elemento de amortiguación, proporcionan un control de paso de las aspas en dos etapas. En una primera etapa, el primer elemento elástico 34 permite una rotación gradual hacia afuera del aspa 12 proporcional a una velocidad de viento creciente. Con referencia a la Figura 6, la rotación hacia fuera de las aspas comienza a una velocidad de viento inicial predeterminada ( $V_1$ ), cuando las fuerzas combinadas centrífugas y aerodinámicas superan la precarga calibrada del primer resorte de elemento elástico 56. La rotación hacia afuera progresa gradualmente a medida que la velocidad del viento aumenta hasta un punto en el que la precarga calibrada del resorte 58 del segundo elemento elástico 36 se excede a una velocidad de viento nominal predeterminada ( $V_2$ ).

Como puede observarse en la Figura 4, hasta este punto, no se ha producido ninguna rotación giratoria del brazo articulado 40. A pesar de que se somete al momento sobre el pivote primario 22, la precarga del muelle 58 del segundo elemento elástico 36 era suficiente para impedir la rotación del brazo de articulación.

Como se indica por la curva de potencia de rendimiento de la turbina mostrada en la Figura 6, la potencia de salida entre  $P_1$  y  $P_2$  aumenta con la velocidad del viento entre  $V_1$  y  $V_2$ , pero la tasa de aumento se reduce gradualmente a medida que la velocidad del viento se aproxima a  $V_2$ .

Cuando la velocidad del viento se aproxima a  $V_2$ , la pretensión del resorte 58 del segundo elemento elástico 36 es superada por las fuerzas que actúan sobre el aspa, lo que permite la rotación del brazo de articulación 40 y un aumento rápido adicional consiguiente de la rotación hacia afuera del aspa 12, tendiendo hacia la parada aerodinámica. En la rotación máxima permitida por la combinación de los dos elementos elásticos, el paso de las aspas es tal que los aumentos adicionales en la velocidad del viento no se traducen en una velocidad de rotación significativamente mayor de la turbina, que continúa girando dentro de un máximo predeterminado dentro de la capacidad de la estructura de la turbina y la transmisión conectada y el generador eléctrico.

#### Resumen

El mecanismo de paso variable de acuerdo con la invención, es un dispositivo pasivo que proporciona protección de sobre velocidad y regulación de potencia para una turbina de viento de eje vertical. La curva de potencia característica se modifica mediante la acción del mecanismo de paso variable para conseguir una curva de potencia optimizada que maximice la generación de potencia de acuerdo con las dimensiones de la turbina y la capacidad del generador. El mecanismo, que consta de un sistema de articulación, dos elementos elásticos en forma de muelles precargados y un

amortiguador de extensión, ajusta el ángulo de inclinación de la hoja con respecto a la velocidad del viento. El mecanismo funciona de acuerdo a las siguientes etapas:

5 Etapa 1 - Nuevamente con referencia a la Figura 6, las fuerzas aerodinámicas y centrífugas combinadas que actúan sobre el aspa exceden la precarga del resorte del primer elemento elástico (alta rigidez y baja precarga) a una velocidad de viento predeterminada específica  $V_1$  correspondiente a la potencia  $P_1$ . El ángulo de paso del aspa aumenta gradualmente con el aumento de la velocidad del viento debido al aumento de las fuerzas aerodinámicas y centrífugas, dando lugar a la disminución gradual del ángulo de ataque eficaz. La potencia disminuye gradualmente en relación con la curva de potencia característica de modo que la potencia de salida permanece dentro de los límites del generador eléctrico.

10 Etapa 2 - Las fuerzas aerodinámicas y centrífugas combinadas que actúan sobre el aspa exceden la precarga del resorte del segundo elemento elástico (baja rigidez y alta precarga) a una velocidad del viento  $V_2$  correspondiente a la potencia de pico  $P_2$ . El ángulo de inclinación de la paleta aumenta rápidamente con el aumento de la velocidad del viento debido al aumento de las fuerzas aerodinámicas y centrífugas, lo que resulta en una rápida disminución del ángulo de ataque efectivo (hacia la parada aerodinámica). La potencia máxima y la velocidad de rotación se mantienen automáticamente a velocidades de viento más altas de acuerdo con los límites estructurales del generador eléctrico y de la turbina.

20 El funcionamiento del mecanismo de paso variable de la presente invención y su influencia en la curva de potencia se ilustra en la figura 6.

25 La componente de fuerza normal hacia afuera de las fuerzas aerodinámicas y centrífugas combinadas determina la posición angular del aspa. La fuerza normal hacia afuera varía sinusoidalmente con la posición angular durante todo el ciclo de rotación. El amortiguador de acción simple permite que el aspa gire hacia fuera sin amortiguación y resiste la rotación hacia dentro del aspa con la resistencia de amortiguación, maximizando el ángulo de inclinación del aspa durante todo el ciclo de rotación.

30 Lo anterior describe solamente algunas modalidades de la presente invención y se pueden hacer modificaciones, obvias para los expertos en la técnica, sin apartarse del alcance de la presente invención. Por ejemplo, aunque la descripción anterior es para el control de la rotación hacia fuera de las aspas de turbina, con un movimiento del centro de gravedad de las aspas a una posición hacia atrás desde el punto de giro principal y el perfil configurado "cóncavo en", los principios de el mecanismo podría ser aplicado para controlar una rotación hacia dentro de las aspas. En ese caso, los resortes de compresión del mecanismo de control podrían ser reemplazados por muelles de extensión para conseguir la misma funcionalidad.

35 Los expertos en la técnica comprenderán además que el mecanismo de la invención también se puede utilizar eficazmente con aspas de perfil simétrico o que el efecto de la fuerza centrífuga puede neutralizarse mediante la colocación del eje primario en el centro de gravedad del aspa, de manera que su rotación se debe únicamente a fuerzas aerodinámicas.

Reivindicaciones

1. Una turbina eólica de eje vertical (10); dicha turbina incluye un eje central vertical (18) y una pluralidad de aspas verticales (12); cada una de dichas aspas verticales está soportada por al menos un brazo de soporte radial (14) que se extiende desde dicho eje central; en donde la disposición angular de cada una de dichas aspas (12) con relación a su dicho al menos un brazo de soporte radial (14) respectivo, se controla por un mecanismo de control (30); dicho mecanismo de control incluye al menos dos elementos de diferente elasticidad (34, 36) y un elemento amortiguador (38); caracterizado porque dicho mecanismo de control (30) incluye un brazo articulado de giro (46); un extremo exterior de dicho brazo articulado de articulación se conecta de forma giratoria a un pivote primario (22) de dicha aspa; dicho brazo de articulación giratorio (46) soporta de manera giratoria un primer elemento elástico (34) de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad; un extremo exterior de dicho primer elemento elástico está conectado de forma giratoria a dicha aspa (12) hacia delante de dicho pivote primario (22).
2. La turbina de la reivindicación 1, en donde las secciones horizontales de cada una de dichas aspas (12) tienen forma de perfil aerodinámico.
3. La turbina de la reivindicación 1 o 2, en donde cada una de dichas aspas (12) es giratoria alrededor de un eje de giro vertical (20); dicho eje de rotación vertical pasa a través de un pivote primario (22) situado en un extremo exterior de cada brazo de soporte radial (14).
4. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el centro de gravedad de cada una de dichas aspas (12) se encuentra entre dicho eje primario (22) y el borde delantero de dicha aspa (24).
5. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el centro de gravedad de cada una de dichas aspas (12) se encuentra entre dicho eje primario (22) y el borde de salida de dicha aspa.
6. Turbina según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde dicha disposición angular de cada una de dichas aspas (12) con respecto a su brazo de soporte radial (12) varía debido a fuerzas aerodinámicas cuando dicha turbina (10) es accionada en movimiento rotacional; de dicha aspa (12) aumenta con la velocidad de rotación creciente de dicha turbina.
7. La turbina de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde dicha disposición angular de cada una de dichas aspas (12) con respecto a dicho brazo de soporte radial (14) varía debido a una combinación de la fuerza centrífuga y dichas fuerzas aerodinámicas generadas por dicha forma de perfil aerodinámico dichas aspas (12), la rotación hacia fuera de dicha aspa aumenta con el aumento de la velocidad de rotación de dicha turbina.
8. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde un primer elemento elástico (34) de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad controla variaciones en la disposición angular de dichas aspas para un primer intervalo de velocidad del viento; un segundo elemento elástico (36) de dichos elementos elásticos controla una variación adicional en dicha disposición angular de dichas aspas para restringir la máxima velocidad de rotación de dicha turbina; dicho primer intervalo de velocidad del viento está comprendido entre los valores predeterminados V1 y V2.
9. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde dicho mecanismo de control (30) se soporta por una subestructura (32) montada rígidamente en dicho extremo exterior de cada uno de dichos brazos de soporte (14); dicha subestructura comprende tres cojinetes de giro que comprenden dicho pivote primario (22), un segundo cojinete de giro (48) para un segundo de dichos elementos de diferente elasticidad y un tercer cojinete de giro (50) para un extremo de dicho elemento de amortiguación (38).
10. La turbina de la reivindicación 8 o 9, en donde dicho brazo de articulación giratorio (46) soporta de forma giratoria dicho primer elemento elástico (34) en un primer cojinete de giro (48) de dicho brazo de articulación giratorio; un extremo exterior de dicho primer elemento elástico está conectado de forma giratoria a dicha aspa (12) hacia delante de dicho pivote primario (22).
11. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en donde dicho segundo elemento elástico (36) se conecta de forma giratoria a dicho segundo cojinete de giro (50) de dicha subestructura (32); un extremo exterior de dicho segundo elemento elástico (36) está conectado de forma giratoria a un segundo cojinete de giro (72) de dicho brazo de articulación giratorio (46).
12. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en donde dicho elemento amortiguador (38) proporciona resistencia a cambios rápidos en dicha disposición angular de dicha aspa (12); dicho elemento de amortiguación (38) está conectado de forma giratoria entre dicho tercer cojinete de giro (50) de dicha subestructura (32) y un cojinete de giro (76) próximo al extremo de salida de dicha aspa; dicho elemento de amortiguación (38) se dispone de manera que permita una rotación hacia fuera sin restricción de dicha aspa (12), pero con una restricción de amortiguación en la rotación hacia dentro

- 5 13. La turbina de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en donde cada uno de dichos elementos de diferente elasticidad (34, 36) comprende un conjunto de un eje alargado (52, 54) y un resorte de compresión (56,58); dicho eje alargado se desliza libremente a través de un bloque de cojinete (60, 62) situado en los puntos de giro respectivos (42, 48) de dichos elementos de elasticidades diferentes; dicho resorte de compresión está instalado entre dicho bloque de cojinete de eje y un elemento de retención (64, 66) en el extremo exterior de dicho eje; dicho elemento de retención (64, 66) es ajustable para calibrar la fuerza de resorte instalada de dichos resortes de compresión.
- 10 14. La turbina de la reivindicación 13, en donde, cuando está instalado para su uso, dicho muelle de compresión (56) de dicho primer elemento elástico (34) tiene una velocidad de resorte relativamente mayor con una precarga menor que dicho resorte de compresión (58) de dicho segundo elemento elástico (36) cuando esté instalado; dicho resorte de compresión de dicho segundo elemento elástico es de una relación de elasticidad relativamente menor con mayor precarga cuando está instalado, que dicho resorte de compresión de dicho primer elemento elástico.
- 15 15. Un método para controlar una turbina eólica de eje vertical (10); dicho método incluye controlar la disposición angular de las aspas (12) de dicha turbina con relación a los brazos de soporte radiales (14) de dichas aspas; dicho método incluye las etapas de:
- 20 (a) conectar de forma giratoria dichas aspas (12) en los extremos exteriores de dichos brazos de soporte radiales (14) respectivos,
- (b) controlar los cambios en dicha posición angular alrededor de un eje vertical (20) de dicha aspa por al menos dos elementos de diferente elasticidad (34, 36) de un mecanismo de control (30),
- 25 en donde un primero de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad controla dicha disposición angular en una primera etapa para la velocidad de rotación de dicha turbina entre cero y una velocidad de rotación máxima deseada; un segundo de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad controla en una segunda etapa una disposición angular adicional que tiende a la parada aerodinámica de dichas aspas, caracterizado porque:
- 30 dicho método incluye además la etapa de (c) controlar cambios rápidos en dicha disposición angular mediante un elemento amortiguador (38), y dicho mecanismo de control (30) incluye un brazo de articulación giratorio (46); un extremo exterior de dicho brazo articulado de articulación se conecta de forma giratoria a un pivote primario (22) de dicha aspa; dicho brazo de articulación giratorio (46) soporta de manera giratoria un primer elemento elástico (34) de dichos al menos dos elementos de diferente elasticidad; un extremo exterior de dicho primer elemento elástico se conecta
- 35 de forma giratoria a dicha aspa (12) hacia delante de dicho eje primario (22).

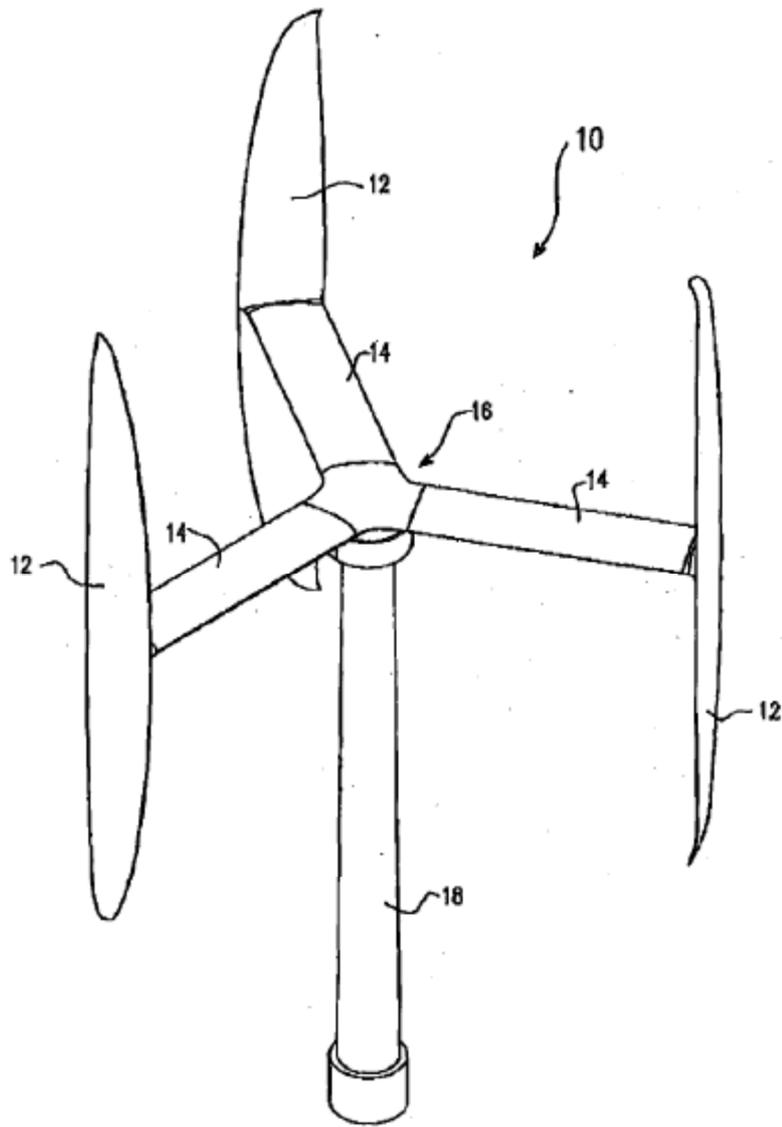


Figura 1



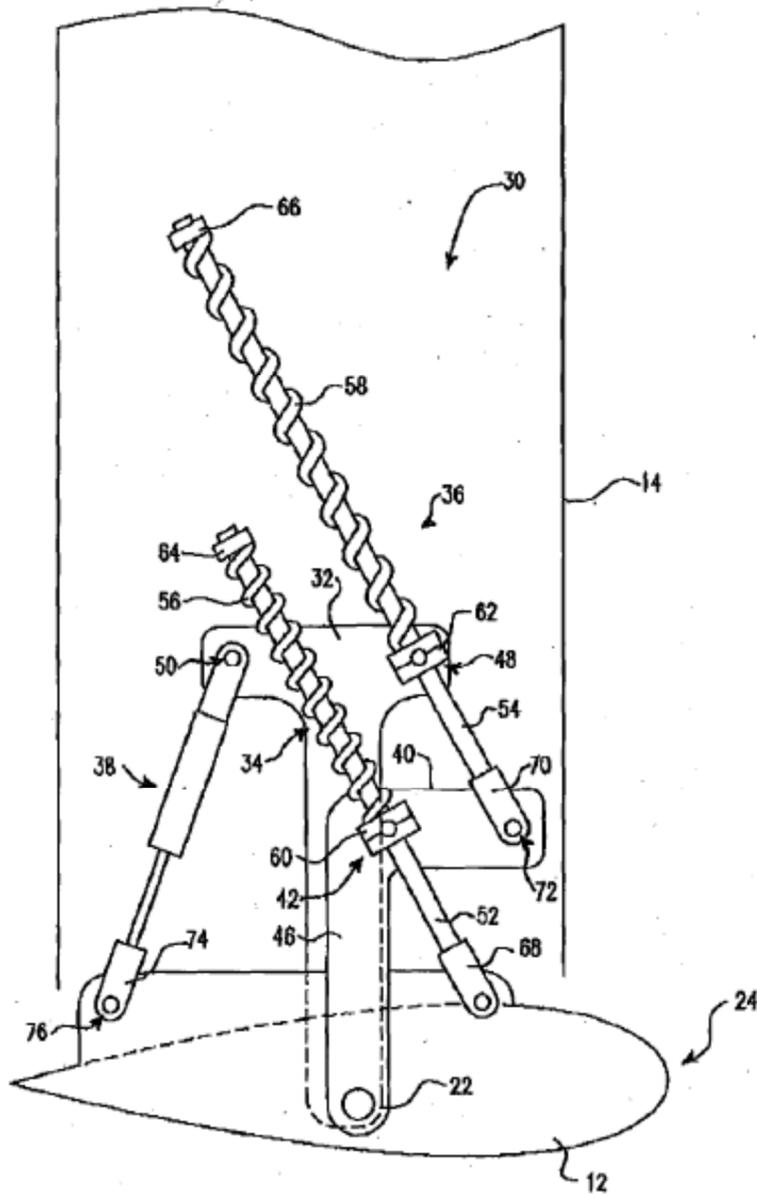


Figura 3

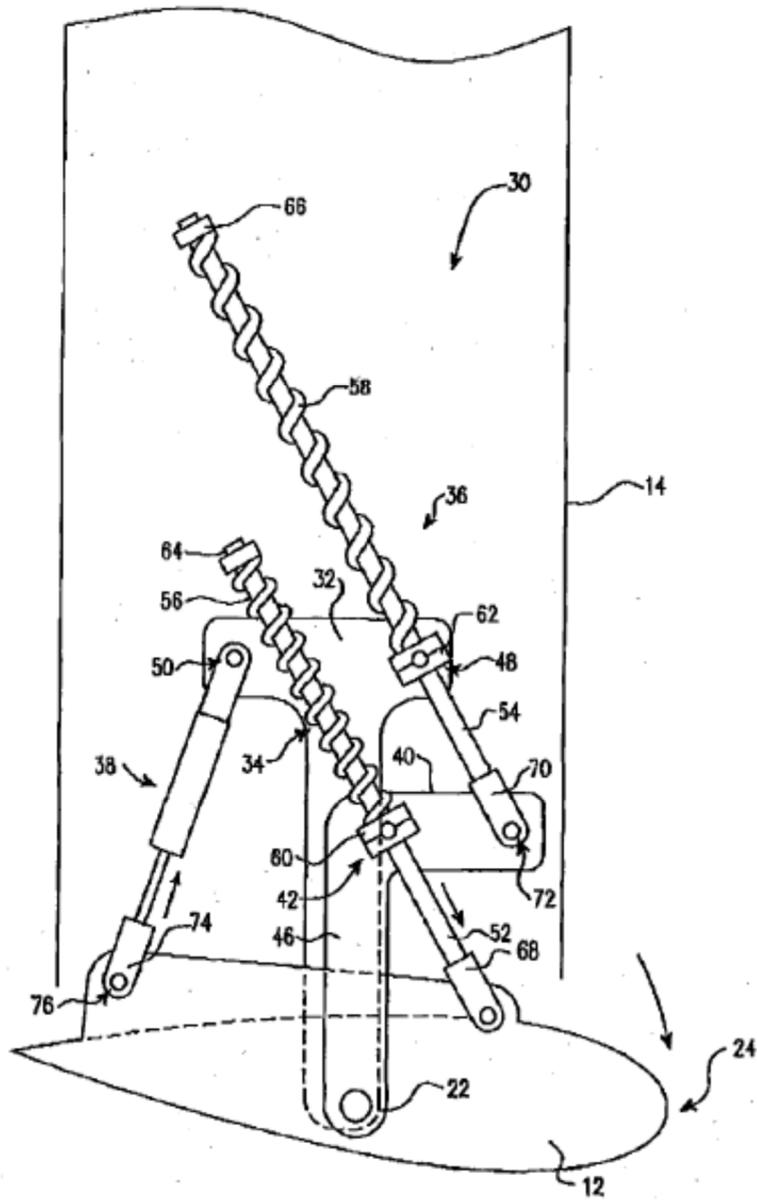


Figura 4



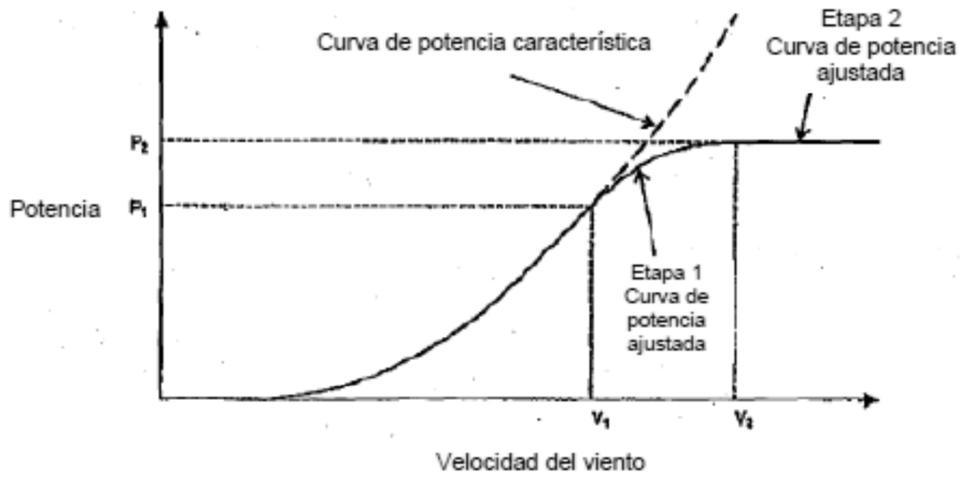


Figura 6