(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 661 379**

(51) Int. CI.:

F03D 7/02 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.10.2013 PCT/ES2013/070752**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **08.05.2014 WO14068162**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.10.2013 E 13850855 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017 EP 2915997**

(54) Título: **Procedimiento de cálculo y corrección del ángulo de ataque en un parque de aerogeneradores**

(30) Prioridad:

31.10.2012 ES 201231674
17.10.2013 ES 201331531

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
28.03.2018

(73) Titular/es:

HISPAVISTA LABS A.I.E. (100.0%)
Portuetxe 83 - Tercero
20018 San Sebastián (Guipúzcoa), ES

(72) Inventor/es:

ELOSEGUI INSAUSTI, UNAI y
ELOSEGUI INSAUSTI, JON

(74) Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

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 de cálculo y corrección del ángulo de ataque en un parque de aerogeneradores

Objeto de la invención

La presente invención se refiere a un procedimiento para medir y ajustar el ángulo de incidencia del viento en las palas de los aerogeneradores de un parque, lo que se conoce como ángulo de ataque. El ángulo de ataque tiene especial importancia en el rendimiento de los aerogeneradores, por lo que es esencial al disponer de un método de reglaje cuando se instalan los aerogeneradores de un parque eólico.

Encuentra especial aplicación en el ámbito de la industria de las energías renovables.

Problema técnico a resolver y antecedentes de la invención

En la instalación de parques de generación de energía eólica mediante aerogeneradores existe un problema inicial que es el de instalar las palas en el aerogenerador con la referencia adecuada del ángulo de ataque definida en los planos constructivos y en condiciones de operación Es decir, cuando el sistema de control del aerogenerador indica 0^o, por ejemplo, debe garantizarse que la sección de la pala en el que se ha definido los 0^o, esté realmente con ese ángulo de ataque.

Este ángulo al que se referencian las palas, con frecuencia presenta diferencias al ángulo de diseño para el que el aerogenerador está diseñado y con el que se obtiene el rendimiento óptimo. Debido a la dificultad de maniobra de piezas de tan grandes dimensiones y tonelaje, su instalación requiere de una precisión que es difícil de lograr en la instalación de las palas en los aerogeneradores. Estos reglajes vienen prefijados de fábrica con sendas marcas tanto en las palas como en el buje.

Dentro del buje hay ciertos elementos mecánicos que permiten variar el ángulo de incidencia de las palas con el viento, ángulo al que también se le conoce como ángulo de ataque. Para ello, estos sistemas lo que hacen es girar la pala alrededor de su propio eje longitudinal.

En el actual estado de la técnica los sistemas de control del pitch emplean principalmente dos tecnologías: la hidráulica y la eléctrica. El pitch hidráulico es ampliamente utilizado en turbinas de viento. El pitch eléctrico se está empezando a utilizar cada vez más en instalaciones de aerogeneradores de alta potencia, ya que ofrecen mejores características que los sistemas hidráulicos en cuanto a regulación y control.

Los sistemas de control eléctricos permiten regular el ángulo de ataque de las palas de forma continua, aunque no indican cual es valor al que deben posicionarse para tener optimizada su posición.

El sistema de control del pitch se emplea ampliamente para limitar la potencia de trabajo de los aerogeneradores cuando la fuerza del viento sobrepasa un nivel determinado de diseño. Para evitar la rotura de las palas o incluso del propio aerogenerador se limita esta potencia recibida mediante dos sistemas principalmente. Uno de ellos es modificando el pitch, de forma que el ángulo de ataque de las palas frente a la dirección del viento sea reducido, llegando incluso a ser nulo para situaciones de velocidades extremas del viento, pasando en este caso las palas a posición de bandera. El otro sistema es utilizar un freno para el giro de las palas. Este método, a pesar de ser más costoso inicialmente, tiene la ventaja de que permite el funcionamiento del aerogenerador incluso en situaciones de viento extremo, puesto que las palas giran a la velocidad a la que se haya limitado a través del freno. Se emplea en instalaciones en las que las palas son fijas y no puede regularse el pitch.

Como estado de la técnica más cercano a la presente invención podemos citar los dos documentos de patente que se muestran a continuación.

El documento de patente AU2011201621A1 divulga un aerogenerador en el que las palas pueden girar alrededor de sus ejes. De esta forma, variando el ángulo de las palas en relación con la dirección del viento, se puede obtener la posición más favorable para maximizar la potencia obtenida.

El documento de patente ES23811094A1 divulga un método de monitorización del rendimiento de un aerogenerador en el que igualmente las palas pueden girar alrededor de sus ejes, siguiendo una curva de potencia frente a la velocidad del generador en función de la velocidad del viento.

En ambos documentos de patente, haciendo pruebas para los diferentes ángulos de pitch, se llega a conocer cuál es el valor óptimo al que deben colocarse las palas.

Sin embargo, en estos casos la forma de ajustar las palas en el aerogenerador durante su instalación y la posición en la que quedan las palas una vez han sido instaladas está basada en marcas prefijadas, pero no se procede a hacer una medición final de calibración que asegure que las palas están en su posición correcta. De esta forma, si en la instalación inicial de un aerogenerador las palas se instalan con diferentes ángulos entre ellas o en un valor que no corresponda al de pitch óptimo, esta situación se mantendrá durante la vida del aerogenerador y la posterior monitorización o ajustes del pitch no estarán correctamente referenciados.

Un método que se usa en la actualidad para intentar solucionar (siempre a posteriori) el problema de tener todas las palas en la misma posición relativa y con ángulo absoluto igual al diseñado es utilizar un procedimiento basado en la medición mediante fotografías (que se emplea principalmente cuando el problema es evidente visualmente o existe un problema serio de rendimiento en el aerogenerador y siempre es a posteriori). La posición relativa de las diferentes palas de un aerogenerador se determina mediante la posición en la que aparecen las diferentes palas en estas fotografías. Los planos de las palas y el pitch de máxima cuerda de la pala indicada en dichos planos, se comparan con la sacada en la fotografía y se determina la desviación absoluta de la pala. Este método es bastante rudimentario y aporta muy poca precisión a la medición, además de ser totalmente inservible para parques eólicos marítimos, en los que las fotografías deben tomarse en una plataforma flotante que además añade la imprecisión de su posición y movimiento.

La presente invención viene a solucionar estos problemas, donde se describe un proceso de medición y corrección del pitch óptimo para la orientación de las palas de los aerogeneradores en la instalación de un parque eólico nuevo o en la inspección a posteriori de las palas de un aerogenerador

Descripción de la invención

La presente invención describe un procedimiento para la medición y corrección del ángulo de ataque en un parque de aerogeneradores que comprenden una torre, una góndola, un buje y unas palas donde se mide la potencia generada por cada uno de los aerogeneradores del parque, de forma que queda definido un aerogenerador modelo como aquel que genera la mayor potencia. Se crea un sistema de coordenadas GXYZ en una primera pala del aerogenerador modelo, definido por un eje X, un eje Y, un eje Z y un origen G. Se calcula entonces el ángulo formado entre una recta de referencia formada por la unión de dos puntos conocidos que definen la sección transversal de la primera pala a cualquier distancia D del origen G en la dirección del eje X y el plano de rotación del rotor, obteniéndose un ángulo de referencia (α). El ángulo de ataque se calcula como el complementario de este ángulo de referencia.

Para la generación del sistema de coordenadas de referencia GXYZ se siguen las siguientes fases:

- medir al menos tres puntos de la cara frontal de la góndola por la que se une al buje, definiéndose un plano AB,

- medir al menos tres puntos del contorno circunferencial de unión de la primera pala con el buje, definiéndose una sección circular cuyo centro G es el origen del sistema de coordenadas de esta primera pala,

- definir el eje X como un eje perpendicular a la sección circular y que pasa por el origen G,

-definir el eje Y como un eje perpendicular al eje X, que es paralelo al plano AB y que pasa por el origen G,

-definir un tercer eje Z como un eje perpendicular a los ejes X e Y anteriormente definidos, y que pasa por el origen G.

Posteriormente, se crea un sistema de coordenadas de referencia GXYZ en las restantes palas del aerogenerador modelo, de forma que se define un sistema de coordenadas en cada una de las palas del aerogenerador modelo.

Hay casos en que la distancia desde el origen G sobre el eje X de la primera pala a la que se encuentra la sección transversal en la que un valor del ángulo de referencia es conocido, y viene dada por los planos de las palas del aerogenerador.

En este caso, si la sección transversal de la primera pala es simétrica, los dos puntos son el punto medio del borde de ataque de la pala y el borde de salida de la pala, siendo la recta que une estos dos puntos la cuerda, que coincide con el eje de simetría de la pala. Si no es simétrica la sección transversal de la primera pala pero se tiene la cuerda a través de los planos del aerogenerador, la cuerda se obtiene trazando sobre la sección de la primera pala un arco de circunferencia con su centro en el borde de salida y con su radio, mostrándose el valor de esta cuerda en los planos, siendo la cuerda resultante la línea que va desde este centro hasta el punto de corte del arco de circunferencia con la circunferencia del borde de ataque.

Si no se dispone de información sobre valores de ángulos o cuerdas en particular, en el caso de que la sección transversal de la primera pala no es simétrica, a una distancia cualquiera del origen G sobre el eje X de la primera pala en una sección transversal se miden dos puntos conocidos para calcular una recta de referencia. Estos puntos son el centro de la circunferencia del borde de ataque en la sección transversal de la primera pala y el punto de esta sección perteneciente al eje X, o lo que es lo mismo, la proyección del origen de coordenadas G en esta sección.

En todos los casos que se acaban de describir se ha considerado que la pala del aerogenerador describe una unión perfecta en el borde de ataque, quedando definida en una sección transversal por una curva circular a partir de la cual se definen todos los parámetros implicados en la búsqueda de las referencias con las que se trabaja.

Sin embargo, no se ha considerado un caso de fabricación en el que la pala se crea a partir de dos conchas que se unen longitudinalmente. En estos casos, la unión de las dos conchas que forman la pala queda delimitada en una sección transversal de la pala por su borde de ataque mediante una curva que no es circular.

En este caso, y considerando el caso más general, en el que la sección transversal de la pala no es simétrica, a una distancia cualquiera del origen G sobre el eje X de la primera pala en una sección transversal se miden dos puntos conocidos para calcular una recta de referencia. Estos puntos son el punto perteneciente al eje X en la sección transversal de la primera pala, o lo que es lo mismo, la proyección del origen G en esta sección y el punto de tangencia de una circunferencia trazada, centrada en el punto anterior, con el borde de ataque de la pala. De esta forma esta recta de referencia define un ángulo de referencia con el eje Y cuyo ángulo complementario es el ángulo de ataque de la primera pala.

Una vez se ha determinado el valor del ángulo de referencia en la primera pala, se mide el ángulo de referencia en las restantes palas del aerogenerador modelo. En el caso en que todas las palas del aerogenerador modelo tienen valores diferentes del ángulo de referencia, se considera un ángulo de referencia modelo dado por la media aritmética de los valores de los ángulos de referencia calculados para todas las palas del aerogenerador modelo. Cuando al menos dos de las palas del aerogenerador modelo tienen el mismo valor del ángulo de referencia, se considera este valor como ángulo de referencia modelo.

Una vez determinado el valor del ángulo de referencia modelo, se mide y se ajusta en todas las palas de un nuevo aerogenerador el ángulo de referencia a la misma distancia del origen G en la dirección del eje de cada pala, hasta que se posicione con el mismo valor del ángulo de referencia modelo.

Para finalizar, se mide y se ajusta el valor del ángulo de referencia de todas las palas del resto de aerogeneradores del parque eólico hasta que se posicionen con el mismo valor del ángulo de referencia modelo.

Breve descripción de las figuras

Para completar la invención que se está describiendo y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del procedimiento descrito, se acompaña un conjunto de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado las siguientes figuras:

- La figura 1 representa una vista lateral de un aerogenerador.

- La figura 2 representa una vista frontal de un aerogenerador.

- La figura 3 representa una vista en perspectiva de un buje unido a una góndola.

- La figura 4 representa una vista en sección de una pala simétrica de un aerogenerador.

- La figura 5 representa una vista en sección de una pala asimétrica de un aerogenerador.

- La figura 6 representa una vista en sección de una pala de un aerogenerador asimétrica formada por dos conchas unidas longitudinalmente.

A continuación se facilita un listado de las referencias empleadas en las figuras:

1. Eje X.

2. Eje Y.

3. Eje Z.

4. Sección circular.

5. Plano AB.

6. Circunferencia del borde de ataque.

7. Cuerda.

G. Origen del sistema de coordenadas de cada pala.

D. Distancia cualquiera desde el origen G a lo largo del de una pala.

α. Ángulo de referencia.

αm. Ángulo de referencia modelo.

10. Aerogenerador modelo, el que genera la máxima potencia

11. Aerogenerador tipo.

12. Torre.

13. Góndola.

14. Buje.

15. Palas.

21. Borde de ataque.

22. Borde de salida.

23. Centro de la circunferencia del borde de ataque.

24. Intersección del eje X con la sección de la pala.

25. Recta de referencia de la pala.

26. Punto de tangencia en el borde de ataque de la pala.

27. Punto perteneciente al borde de ataque.

Descripción de una realización preferente de la invención

La presente invención se refiere al procedimiento de medición y regulación del pitch en aerogeneradores. Para ilustrar la presente invención se ha elegido un modelo de aerogenerador (11) de tres palas (15), aunque esto no debe interpretarse como limitativo, sino únicamente como una forma de descripción que aporta claridad en la descripción.

Con el objeto de simplificar y hacer más cercana la descripción, no se ha representado un parque eólico en ninguna de las figuras, por entender que no aporta mayor claridad. Sin embargo, en el parque eólico se han diferenciado dos tipos de aerogeneradores. Uno es el aerogenerador tipo (11) y otro es el aerogenerador modelo (10), representado por aquel que genera la máxima potencia en el parque eólico. Ambos son idénticos excepto en la posición relativa de sus palas (15), que hacen que generen mayor o menor potencia.

En la figura 1 se ha representado un aerogenerador (11) de tres palas (15) con sus componentes más representativos.

En la figura 2 puede apreciarse el aerogenerador modelo (10) en una vista frontal con una sección de la pala (15) en dos posiciones de diferentes ángulos (α, αm) de la pala (15). El aerogenerador modelo (10) es el que da la máxima potencia de todos los aerogeneradores (11) del parque y es idéntico a los demás.

En esta figura puede apreciarse como se ha denominado con la referencia 15 a las palas, en general, del aerogenerador (10, 11), detallando con las referencias 15a, 15b, 15c, etc., a una primera pala, una segunda pala, una tercera pala, y así sucesivamente para el total de palas (15) que pudiera tener el aerogenerador (11).

También se ha representado una sección de la pala (15) a distancia (D) en dos posiciones de la pala referenciando el ángulo entre estas dos posiciones como α, para una posición típica y α_m para una posición modélica.

En la figura 3 puede apreciarse un buje, donde se muestra el área de unión de la góndola (13) con el buje (14) y la superficie del buje (14) en la que se unen las palas (15), donde se muestran los sistemas de ejes coordenados de referencia creados para cada pala (15).

La figura 4 representa una sección transversal de una pala (15) simétrica en la que puede apreciarse representada la circunferencia engendrada tangencialmente por el interior al borde de la pala (15) que pasa por el borde de ataque (21) o circunferencia del borde de ataque (6).

La figura 5 representa una sección transversal de una pala (15) asimétrica en la que puede apreciarse representada también la circunferencia tangencial por el interior al borde de la pala (15) que pasa por el borde de ataque (21) en la sección de la pala (15), o la circunferencia del borde de ataque (6), cuyo centro (23) es un punto conocido, y un arco de circunferencia de radio la longitud de la cuerda (7), que es conocida por los planos

del aerogenerador (11), y con el centro en el borde de salida (22) de la pala (15). Se han representado igualmente el borde de ataque (21), el punto (24) de intersección del eje X con la sección de la pala (15) y la recta de referencia (25) que los une.

La figura 6 representa una sección transversal de una pala (15) formada por dos conchas unidas longitudinalmente en la que puede apreciarse representada la circunferencia tangencial al borde de ataque de la pala (15) con el centro (24) en el punto de intersección del eje X con la sección de la pala (15) o lo que es lo mismo, la proyección del origen G en la sección de la pala (15).

Para realizar la medida y corrección del ángulo de ataque de las palas (15), inicialmente se define un sistema de coordenadas para cada una de las palas (15) de todos los aerogeneradores (10, 11) del parque eólico.

Las medidas se toman con un equipo láser conectado a un sistema electrónico de procesamiento de datos.

Para comenzar, se toman al menos tres puntos de la cara frontal de la góndola (13) por la que se une al buje (14). De esta forma queda definido un plano AB (5).

Se miden al menos tres puntos de la zona de unión de la pala (15) con el buje (14), con lo que se define una sección circular (4) de la pala (15) en la que el centro G es el origen del sistema de coordenadas de esta pala (15).

Se define el eje X (1) como un eje perpendicular a la sección circular (4) y que pasa por el origen G, eje que coincide con el eje longitudinal de la pala.

Se define un eje Y (2) como un eje perpendicular al eje X (1) que pasa por el origen G y que es paralelo al plano AB (5).

Se define un eje Z (3) como un eje perpendicular a los anteriores ejes X e Y (1, 2) y que pasa por el origen G.

De esta forma, el sistema de coordenadas GXYZ de esta pala (15) queda ya totalmente definido.

Para tener una referencia absoluta de la posición de las palas (15) de los aerogeneradores (11), dichas palas (15) se posicionan electrónicamente con un ángulo de ataque de control conocido. Esto se hace con las palas (15) de todos los aerogeneradores (11) antes de proceder a la medición, independientemente de la posición en la que se encuentren. Para ello, inicialmente se posicionan las palas (15) del aerogenerador modelo (10) con el controlador electrónico a un ángulo de ataque de control conocido. Ésta es la posición inicial de las palas (15) del aerogenerador (10) modelo. Posteriormente se traslada este valor al resto de los aerogeneradores (11) del parque, de tal forma que inicialmente todos los aerogeneradores (11) están posicionados con el mismo ángulo de ataque de control antes de empezar las mediciones.

A continuación se procede a hacer la medición del ángulo de ataque de la pala (15) a una distancia cualquiera (D) desde el origen G a lo largo del eje X (1) de la pala (15). Para llevar a cabo esta medida, pueden darse dos situaciones:

1.- Una primera situación en la que se conozca, por los planos de fabricación de la pala (15), la distancia (D) en la que la sección de la pala (15) se encuentra con un ángulo de ataque conocido. Se toman entonces medidas de puntos a lo largo de la pala (15) a esta distancia (D), de forma que se obtiene la sección de la pala (15) en la que se encuentra el ángulo de ataque conocido. Una vez obtenida la sección de la pala (15), son de especial interés los bordes de ataque (21) y de salida (22) de la pala (15).

Para hallar la cuerda (7) de la pala (15) pueden darse nuevamente dos situaciones diferenciadas: que la pala (15) sea simétrica o que no lo sea.

1.1.- Si la pala (15) es simétrica, la cuerda (7) une un punto (27) del borde de ataque (21) con el borde de salida (22) y coincide con el eje de simetría de esta sección.

1.2.- Si la pala (15) no es simétrica, la cuerda (7) se obtiene trazando sobre la sección de la pala (15) un arco de circunferencia con su centro en el borde de salida y con un radio igual a la longitud de la cuerda (7) marcada en los planos del aerogenerador (11). La cuerda (7) es la línea que va desde este centro hasta el punto de corte del arco de circunferencia mencionado con la circunferencia del borde de ataque (6).

2.- La segunda situación se da en el caso en que no se conoce la sección de la pala (15) en la que el ángulo de ataque es conocido, o no se dispone de planos donde aparezca esta información. Entonces se toman medidas a la distancia (D) en la que la pala (15) tenga la cuerda (7) de longitud máxima, para así aumentar la precisión en la medida. A esta distancia (D) se calcula o bien la cuerda (7) o bien una recta de referencia (25) en la sección de las palas (15).

2.1.- En el caso de calcular la cuerda (7), se puede proceder si disponemos de una pala (15) simétrica. En este caso, la cuerda (7) es el eje de simetría de la pala (15), con lo que queda definida. Si la pala (15) no es simétrica, no podemos calcular la cuerda (7) a través de mediciones y se procede según el caso de calcular una recta de referencia (25) que se describe en el siguiente punto. Esta recta de referencia (25) se obtendrá de forma idéntica en todas las palas (15).

2.2.- En el caso de calcular una recta de referencia (25), se toman dos puntos conocidos de la sección de la pala (15). El primero de estos puntos (24) es el punto donde el eje X (1) corta a la sección de la pala (15), o lo que es lo mismo, la proyección del origen G en la sección de la pala (15).

Para calcular el segundo punto, pueden darse dos situaciones.

2.2.1. - Para el primer caso, en el que el borde de ataque (21) es una línea circular, el otro punto (23) es el centro de la circunferencia del borde de ataque (6). Para obtener este centro (23) se toman medidas de al menos tres puntos del borde de ataque (21), de forma que tengamos definida esta circunferencia (6).

2.2.2. - El segundo caso se da cuando la pala (15) está fabricada mediante la unión longitudinal de dos conchas. Para este caso, al ser el borde de ataque (21) una línea no circular, el segundo punto (26) es el punto de tangencia de una circunferencia trazada desde el anterior punto (24) con el borde de ataque (21) de la pala (15).

De esta forma, una vez que están estos dos puntos (24, 23, 26) definidos, se tiene una recta de referencia (25) totalmente definida en la sección de la pala (15).

Una vez ha sido definida bien una cuerda (7), bien una recta de referencia (25) en la sección de la pala (15) a la distancia (D) del origen G según el eje X (1), se determina el ángulo que forma con el eje Y (2) . Este es el ángulo (α) que se toma como referencia para posicionar todas las palas (15) de cada aerogenerador (11) sujeto a mejora, y a partir del cual se obtiene el ángulo de ataque. Con estas mediciones se consigue saber la desviación relativa de cada pala (15) respecto a las otras del mismo aerogenerador (11).

Para determinar el valor al que hay que ajustar el ángulo de referencia (α) de las palas (15) sujetas a mejora, se hace la misma medición en el aerogenerador (10) que está generando la máxima potencia y se define como aerogenerador modelo. Se determina el valor del ángulo de referencia (α) en cada pala (15) de este aerogenerador modelo (10). En el caso en que dos palas (15) de este aerogenerador modelo (10) tengan el mismo valor del ángulo de referencia (α), dicho ángulo de referencia (α) se define como el valor del ángulo de referencia modelo (αm). En caso de que el ángulo de referencia (α) de todas las palas (15) fuese diferente, se toma el valor de la media aritmética de todos ellos como valor del ángulo de referencia modelo (αm).

Se procede a trasladar el valor de este ángulo de referencia modelo (αm) al resto de palas (15) objeto de mejora. Se gira cada pala (15) alrededor de su eje longitudinal, es decir, el eje X (1), con objeto de modificar el valor del ángulo de referencia (α) al valor del ángulo de referencia modelo (αm) antes mencionado.

De esta forma, todas las palas (15) del aerogenerador (11) quedan colocadas en la misma posición relativa o, lo que es lo mismo, con igual valor del ángulo de ataque, que es el mismo que el del aerogenerador modelo (10) que genera la máxima potencia.

Una vez posicionadas las palas (15) de un aerogenerador (11), se procede de igual forma con el resto de los aerogeneradores (11) del parque siempre que sean del mismo modelo. De esta forma, se tiene la seguridad de que cada uno de los aerogeneradores (11) tiene todas sus palas (15) colocadas en la misma posición relativa e igual a la del aerogenerador modelo (10) que trabaja con el rendimiento máximo.

REIVINDICACIONES

1. - Procedimiento para el cálculo y corrección del ángulo de ataque en un parque de aerogeneradores (11) que comprenden:

- una torre (12),

-una góndola (13),

- un buje (1),

-unas palas (15),

caracterizado porque:

-se define un aerogenerador modelo (10) como aquel que genera la máxima potencia de entre todos los aerogeneradores (11) del parque,

- se crea un sistema de coordenadas GXYZ en una primera pala (15a) del aerogenerador modelo (10), que comprende:

- medir al menos tres puntos de la cara frontal de la góndola (13) por la que se une al buje (14), definiéndose un plano AB (5),

- medir al menos tres puntos del contorno circunferencial de unión de la primera pala (15a) con el buje (14), definiéndose una sección circular (4) cuyo centro G es el origen del sistema de coordenadas de esta primera pala (15a),

- definir el eje X (1) como un eje perpendicular a la sección circular (4) y que pasa por el origen G,

- definir el eje Y (2) como un eje perpendicular al eje X (1), que es paralelo al plano AB (5) y que pasa por el origen G,

- definir un tercer eje Z (3) como un eje perpendicular a los ejes X (1) e Y (2) anteriormente definidos, y que pasa por el origen G.

- se calcula el ángulo formado entre una recta (25) formada por la unión de dos puntos (22, 23, 24, 26, 27) que definen la sección transversal de la primera pala (15a) a cualquier distancia (D) del origen G en la dirección del eje X (1) y se calcula el plano de rotación del rotor, obteniéndose un ángulo de referencia (α),

-se calcula el ángulo de ataque de la primera pala (15a) como el complementario del ángulo de referencia (α).

2. - Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** se crea un sistema de coordenadas de referencia GXYZ en las restantes palas (15b, 15c) del aerogenerador modelo (10), de forma que se define un sistema de coordenadas en cada una de las palas (15) del aerogenerador modelo (10).

3. - Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la distancia cualquiera (D) desde el origen G sobre el eje X (1) de la primera pala (15a) a la que se encuentra la sección transversal en la que un valor del ángulo de referencia (α) es conocido viene dada en los planos del aerogenerador (11).

4. - Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, **caracterizado porque** si la sección transversal de la primera pala (15a) es simétrica, los dos puntos (22, 23, 24, 26, 27) son un punto (27) perteneciente al borde de ataque (21) de la pala (15a) y el borde de salida (22) de la pala (15a), siendo la recta que une estos dos puntos (22, 27) la cuerda (7), que coincide con el eje de simetría de la pala (15a).

5.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, **caracterizado porque** si la sección transversal de la primera pala (15a) no es simétrica, la cuerda (7) se obtiene trazando sobre la sección de la primera pala (15a) un arco de circunferencia con su centro en el borde de salida (22) y con un radio conocido, siendo la cuerda (7) resultante la línea que va desde este centro (22) hasta el punto de corte del arco de circunferencia con la circunferencia del borde de ataque (6).

6.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, **caracterizado porque** si la sección transversal de la primera pala (15a) no es simétrica, se miden dos puntos (23, 24) a la distancia cualquiera (D) del origen G sobre el eje X (1) de la primera pala (15a) en una sección transversal, para calcular una recta de referencia (25) y que son:

-el centro (23) de la circunferencia del borde de ataque (6) en la sección transversal de la primera pala (15a), y

-el punto (24) de esta sección perteneciente al eje X (1), o proyección del origen G en esta sección, de forma que dicha recta de referencia define un ángulo de referencia (α) con el plano de rotación del rotor cuyo ángulo complementario es el ángulo de ataque de la primera pala (15).

7.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3 para el caso en el que las palas (15) se forman mediante la unión longitudinal de dos conchas, **caracterizado porque**, en la sección transversal de la pala (15) a la distancia (D) del origen G se obtiene una recta de referencia (25) definida por:

-el punto (24) de dicha sección transversal perteneciente al eje X (1) o, lo que es lo mismo, la proyección del origen de coordenadas G en esta sección, y

-el punto (26) de tangencia de un circulo trazado desde el anterior punto (24) con el borde de ataque de la pala (15), de forma que dicha recta de referencia (25) define un ángulo de referencia (α) con el plano de rotación del rotor cuyo ángulo complementario es el ángulo de ataque de la primera pala (15).

8.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**:

- se mide el ángulo de referencia (α) en las restantes palas (15) del aerogenerador modelo (10),

-cuando todas las palas (15) del aerogenerador modelo (10) tengan otros valores distintos al ángulo de referencia (α), se considera un ángulo de referencia modelo (αm) dado por la media aritmética de los valores de los ángulos de referencia (α) calculados para todas las palas (15) del aerogenerador modelo (10).

9.- Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**:

- se mide el ángulo de referencia (α) en las restantes palas (15) del aerogenerador modelo (10),

-cuando al menos dos de las palas (15) del aerogenerador modelo (10) tienen el mismo valor del ángulo de referencia (α), se considera este valor como ángulo de referencia modelo (αm).

10.- Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 o 3, **caracterizado porque** se mide en una primera pala (15a) de un nuevo aerogenerador (11), el ángulo de referencia (α) a la misma distancia (D) del origen G en la dirección del eje X (1) de esta primera pala (15a) .

11.- Procedimiento según la reivindicación 10 y cualquiera de las reivindicaciones 8 o 9, **caracterizado porque** se ajusta el valor del ángulo de referencia (α) de la primera pala (15a) del nuevo aerogenerador (11) hasta que se posicione con el mismo valor del ángulo de referencia modelo (αm) obtenido para el aerogenerador modelo (10).

12.- Procedimiento según la reivindicación 11, **caracterizado porque** se mide en el resto de las palas (15b, 15c) del nuevo aerogenerador (11) el ángulo de referencia (α) a la misma distancia (D) del origen G en la dirección del eje X (1) de cada una de las restantes palas (15b, 15c).

13.- Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado porque** se ajusta el valor del ángulo de referencia (α) del resto de las palas (15b, 15c) del nuevo aerogenerador (11) hasta que se posicione con el mismo valor del ángulo de referencia modelo (αm) obtenido para el aerogenerador modelo (10).

14.- Procedimiento según la reivindicación 13, **caracterizado porque** se mide y se ajusta el valor del ángulo de referencia (α) de todas las palas (15) del resto de aerogeneradores (11) del parque eólico hasta que se posicione con el mismo valor del ángulo de referencia modelo (αm) obtenido para el aerogenerador modelo (10).

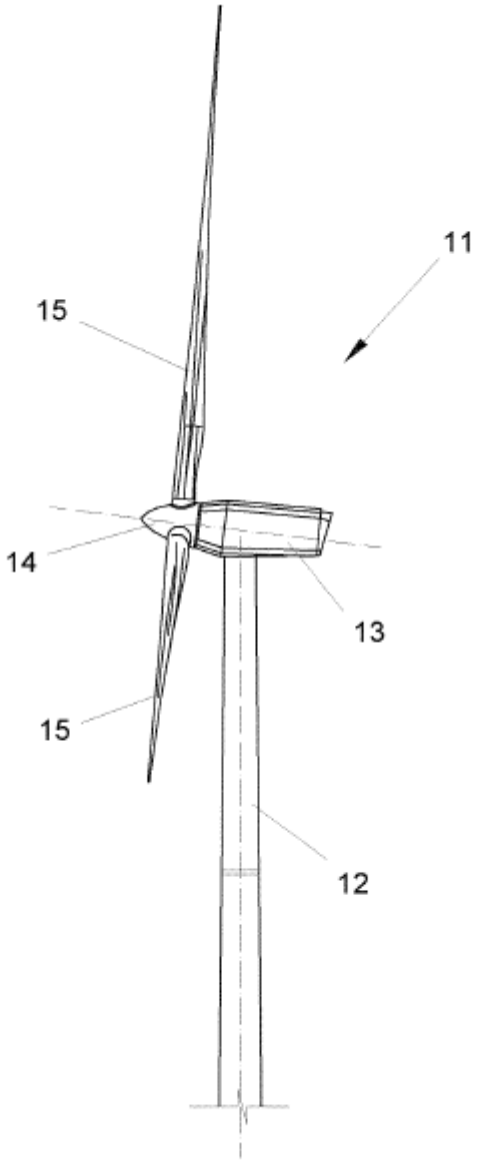


FIG. 1

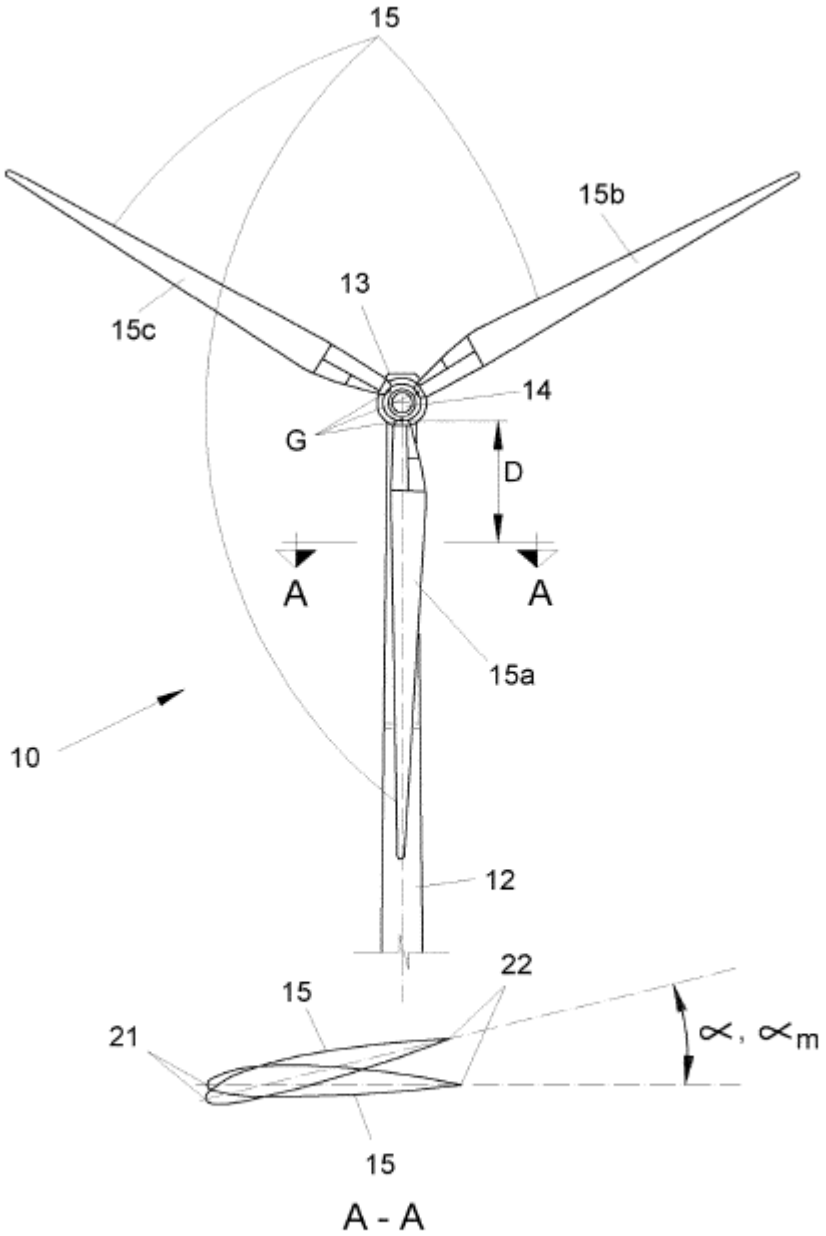


FIG. 2

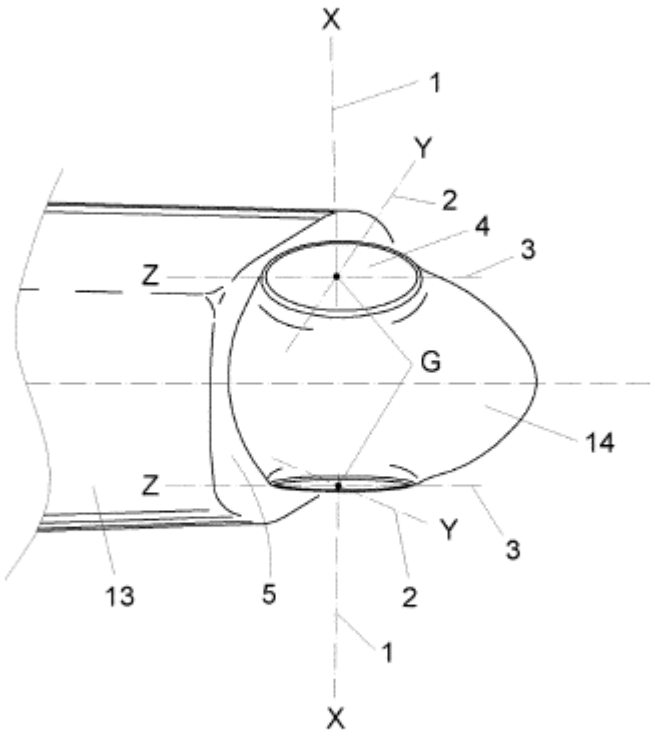


FIG. 3

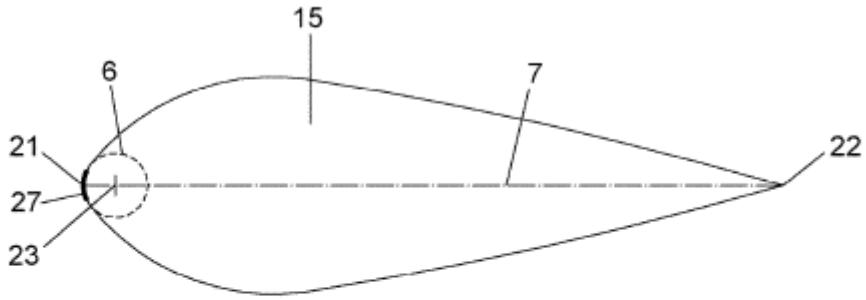


FIG. 4

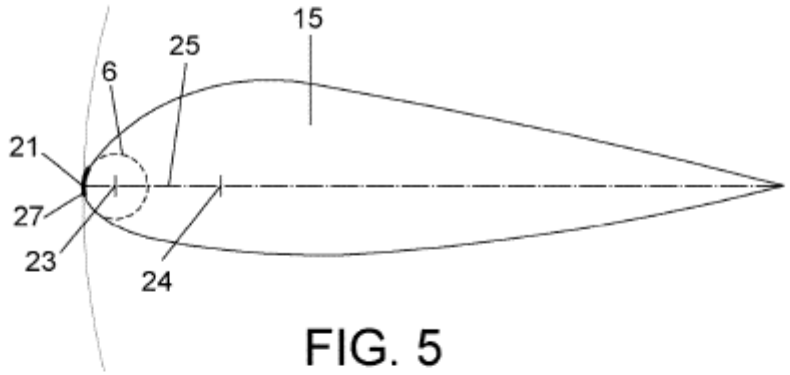


FIG. 5

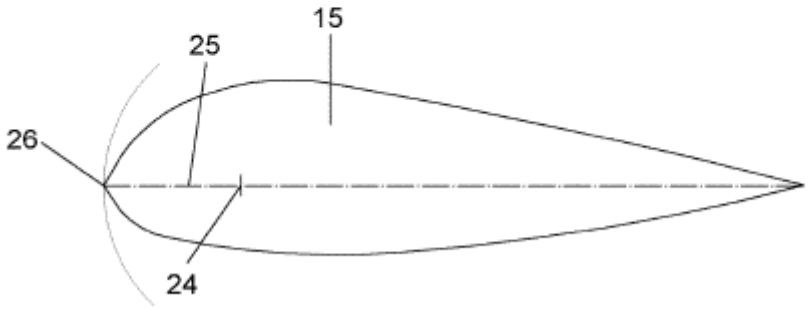


FIG. 6