



**MINISTERIO  
DE INDUSTRIA, ENERGIA  
Y TURISMO**



**Oficina Española  
de Patentes y Marcas**

## Justificante de presentación electrónica de solicitud de patente

Este documento es un justificante de que se ha recibido una solicitud española de patente por vía electrónica, utilizando la conexión segura de la O.E.P.M. Asimismo, se le ha asignado de forma automática un número de solicitud y una fecha de recepción, conforme al artículo 14.3 del Reglamento para la ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes. La fecha de presentación de la solicitud de acuerdo con el art. 22 de la Ley de Patentes, le será comunicada posteriormente.

Número de solicitud:	P201631253	
Fecha de recepción:	27 septiembre 2016, 09:13 (CEST)	
Oficina receptora:	OEPM Madrid	
Su referencia:	TURBINA	
Solicitante:	AIDA MARIA MANZANO KHARMAN	
Número de solicitantes:	1	
País:	ES	
Título:	TURBINA EOLICA FRACTAL DE EJE VERTICAL	
Documentos enviados:	Descripcion.pdf (11 p.) Reivindicaciones-1.pdf (2 p.) Resumen-1.pdf (1 p.) Dibujos-1.pdf (2 p.) OLF-ARCHIVE.zip POWATT.pdf (1 p.) FEERCPT-1.pdf (1 p.)	package-data.xml es-request.xml application-body.xml es-fee-sheet.xml feesheet.pdf request.pdf
Enviados por:	CN=NOMBRE VICARIO TRINIDAD MARCOS - NIF 52365995D,OU=500660036,OU=FNMT Clase 2 CA,O=FNMT,C=ES	
Fecha y hora de recepción:	27 septiembre 2016, 09:13 (CEST)	
Codificación del envío:	42:F5:6F:71:5F:7A:34:29:78:D6:9A:E0:FD:BD:CB:D5:3A:7F:29:DE	

---

#### AVISO IMPORTANTE

Las tasas pagaderas al solicitar y durante la tramitación de una patente o un modelo de utilidad son las que se recogen en el Apartado "Tasas y precios públicos" de la página web de la OEPM ([http://www.oepm.es/es/propiedad\\_industrial/tasas/](http://www.oepm.es/es/propiedad_industrial/tasas/)). Consecuentemente, si recibe una comunicación informándole de la necesidad de hacer un pago por la inscripción de su patente o su modelo de utilidad en un "registro central" o en un "registro de internet" posiblemente se trate de un fraude.

La anotación en este tipo de autodenominados "registros" no despliega ningún tipo de eficacia jurídica ni tiene carácter oficial.

En estos casos le aconsejamos que se ponga en contacto con la Oficina Española de Patentes y Marcas en el correo electrónico [informacion@oepm.es](mailto:informacion@oepm.es).

---

ADVERTENCIA: POR DISPOSICIÓN LEGAL LOS DATOS CONTENIDOS EN ESTA SOLICITUD PODRÁN SER PUBLICADOS EN EL BOLETÍN OFICIAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL E INSCRITOS EN EL REGISTRO DE PATENTES DE LA OEPM, SIENDO AMBAS BASES DE DATOS DE CARÁCTER PÚBLICO Y ACCESIBLES VÍA REDES MUNDIALES DE INFORMÁTICA.

Para cualquier aclaración puede contactar con la O.E.P.M.

/Madrid, Oficina Receptora/

## TURBINA EÓLICA FRACTAL DE EJE VERTICAL

### DESCRIPCIÓN

5

#### OBJETO DE LA INVENCIÓN

10 La presente invención se refiere a una turbina eólica de eje vertical, con paso y geometría de pala fractal variable, controlada por ordenador, lo que proporciona mejores prestaciones y rendimiento frente a las turbinas convencionales.

15 La invención se encuadra dentro de los dispositivos de captación de energía cinética del viento, o energía eólica, para transformarla en energía eléctrica mediante la conversión del movimiento del flujo laminar del aire (o incluso del flujo turbulento a ciertas escalas en esta propuesta), en un movimiento circular gracias a un sistema de palas giratorias que accionan a un generador eléctrico, que puede ser corriente alterna o continua.

#### ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

20

25 Las turbinas eólicas son el principal sistema de captación de energía renovable del viento. La mayoría de los sistemas se encuadran en dos categorías, Turbinas Eólicas de Eje Horizontal (HAWT por sus siglas en inglés), las tradicionales que existen en la mayor parte de los parques eólicos en forma de hélices tripala sostenidas por altas columnas y con el alternador en lo alto de la misma, y Turbinas Eólicas de Eje Vertical (VAWT). Ambos sistemas tienen ventajas e inconvenientes, mientras que las turbinas HAWT presentan un área circular que gracias a un imprescindible sistema de orientación se pone de forma automatizada de forma frontal al viento, las turbinas VAWT tradicionalmente funcionan de forma insensible a la dirección del viento, al coste de presentar solamente un ángulo de actuación de la pala de como mucho 180° en la rotación. Modelos tradicionales como la turbina Darrieus incluso dan empuje contrario al sentido de giro durante cierto ángulo, lo que hace que precisen de un motor de arranque para comenzar a girar, y el par proporcionado

30

sufra tremendas oscilaciones, dañando las estructuras del motor/generador situado en el suelo. Sin embargo las turbinas VAWT tienen ventajas, como la mencionada que el generador puede estar en el suelo. Pero además presentan otras posibles ventajas como la menor turbulencia generada a sotavento, lo que puede hacer interesante su uso en parques eólicos, donde se podría en teoría poner mayor número de turbinas por metro cuadrado de terreno. Una turbina HAWT por el contrario precisa dejar una distancia entre la siguiente de 20 diámetros de la hélice, para que el flujo a sotavento deje de ser turbulento. Una turbina VAWT es mejor en este aspecto, pues precisa de una distancia a la siguiente de unos 10 diámetros de la misma. Alternando las direcciones de giro de ellas se puede reducir esta distancia a unos 4 diámetros, lo que redundaría en un mayor aprovechamiento del terreno disponible en el parque eólico y una mayor producción de kWh por metro cuadrado. Sin embargo no son todas ventajas para las turbinas VAWT, ya que hay dos factores que han frenado su uso, el mencionado de que no producen par durante todo el ángulo de giro del rotor y el más importante, que la velocidad del viento no es constante según la altura, siendo más lento cuanto más cerca nos hallamos del suelo. Ambos hacen que típicamente las turbinas de eje vertical produzcan el 50% de potencia respecto a las turbinas de eje horizontal en torreta elevada para la misma inversión de la instalación.

Los límites teóricos de las turbinas vienen dados por la fórmula de Betz, que presupone un flujo laminar a la entrada y a la salida de la turbina, siendo de un 59% del total de la energía cinética del viento entrante la que puede ser extraída. El máximo de Betz se produce para una velocidad de salida del viento tras la turbina igual a  $1/3$  de la velocidad de entrada. La realidad es que el flujo de salida no es laminar, tiene una estructura turbulenta, en principio de forma giratoria helicoidal en una turbina HAWT, lo que hace que sea inútil para la turbina siguiente en un parque eólico y por ello se precisa de tanta distancia entre ellas.

Ambos modelos presentan otras limitaciones de eficiencia. Las palas de la hélice de las turbinas HAWT solo son efectivas en la parte exterior, la más alejada del eje. Así por ejemplo la mitad interior de las palas de la hélice solo aporta un 25% de la potencia del rotor. Podemos decir que se desaprovecha gran parte de la pala, de hecho el  $1/4$  de la parte central de las palas de la hélice solo aporta un 6% de la potencia. En el caso de las turbinas VAWT el problema aparece con la diferente velocidad del viento en la parte baja de la pala

más cercana al suelo, pero toda la pala es de igual utilidad. No obstante la diferencia de velocidades en altura es un problema de primerísimo orden en las turbinas VAWT.

5 De hecho, algunos flujos turbulentos se producen en terrenos que podrían tener un potencial eólico pero que al estar rodeados de accidentes geográficos llegan a producir velocidades negativas respecto a la parte superior de la turbina.

10 Por último, destacar que el estado de la técnica anterior a la invención trata mucho de la optimización de las turbinas en sí, pero no se habla tanto de la optimización del flujo de salida de la turbina, algo que puede tener un efecto desastroso en la inserción de la misma en el parque eólico. Citamos estudios (*“Optimization of Wind Turbine Airfoils/Blades and Wind Farm Layouts”*, Chen Xiamin, Tesis Doctoral 2014 Universidad de Washington) donde se emplean algoritmos genéticos para optimizar la potencia en parques eólicos buscando las configuraciones de distribución de alturas de las torretas, radios de las hélices y  
15 distancias entre las mismas. Este enfoque aunque interesante adolece del planteamiento de considerar el papel de evitar a toda costa la turbulencia, en lugar de plantearse si esta puede ser un aliado en el sistema, si sabemos controlarla. El usar algoritmos genéticos es un método ampliamente utilizado para hallar el óptimo cuando la cantidad de variables es enorme y la búsqueda por ensayo y error es impracticable. El problema es que las turbinas  
20 actuales tripalas HAWT tan extendidas en la actualidad se diseñan con algoritmos “voraces”, es decir, se busca optimizar la turbina en sí pero no se busca optimizar todo el proceso de la extracción de energía del parque eólico para un coste dado del terreno. Si lo intentamos por algoritmos genéticos cuando ya tenemos que diseñar el parque pero las turbinas nos vienen dadas, corremos el riesgo de llegar a un óptimo local, que puede no ser  
25 el óptimo de todo el sistema de principio a fin, es decir, nuestro algoritmo es voraz. Por ello, sería interesante que nuestras turbinas, de algún modo, puedan ser controladas no solo para extraer la mejor energía del viento (que debería entrarnos de forma laminar), sino que pudieran ser controladas de forma que decidamos si queremos extraer algo menos de energía en un momento dado y dejar un flujo de salida no tan turbulento, o incluso que la  
30 turbina pueda aceptar cierto tipo de flujo algo turbulento, al menos que sea capaz de soportar el flujo tal y como nos lo dejaría la turbina anterior. Esto debería ser un parámetro de calidad de la turbina y es aquí donde vamos a entrar a continuación. Ambas posibilidades, de producirse (turbina que acepte flujo algo turbulento y que deje flujo de

salida no mucho más turbulento), harían tremendamente flexible a todo el parque eólico, que se adaptaría a cualquier distribución de vientos y flujos, como un todo, gracias al control central de todas las turbinas.

## 5 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La invención va a afrontar uno de los mayores problemas de tanto las turbinas de eje vertical como las de eje horizontal que es la transformación de la energía eólica a energía cinética con un flujo de viento turbulento. Para hacerlo, se han añadido dos niveles de fractalidad a la turbina. En efecto, para poder utilizar los vientos turbulentos de bajas velocidades que están más cercanos al suelo a la vez que los vientos laminares de velocidades más altas, la turbina está compuesta por unas palas “fractales” de escala cada vez menor, según estén más cerca del suelo, y como un todo es una turbina tripala del tamaño la altura de la pala vertical y radio de giro el de la plataforma que las sustenta. Cada una de las palas tiene la posibilidad de girar en direcciones diferentes sobre el eje que las sostiene, permitiendo así una mayor eficiencia pues pueden funcionar incluso en el caso extremo con vientos de direcciones opuestas, es decir vientos que en una parte de la revolución sean en diferente sentido o dirección. A su vez, para aprovechar los vientos de flujo laminar de mayores velocidades (que suelen ser los únicos vientos que aprovechan las turbinas convencionales) la escala fractal de la pala va decreciendo hacia abajo, de forma que a una menor altura tolera una mayor turbulencia. Al estar hablando de escalas, definimos el concepto de fractal, indicando con ello que la estructura es repetitiva a una escala inferior, por la invención se denomina turbina de pala fractal, o simplemente, turbina fractal.

En cuanto al funcionamiento de la turbina, cada escala fractal estará compuesta por tres sub-palas sostenidas en eje vertical. Estas palas tendrán un perfil simétrico codificado como NACA 0012, pero su geometría será variable gracias a un alerón trasero, similar a los de las alas de avión, permitiendo así una mayor eficiencia pues será posible ajustar la dirección del alerón trasero según la dirección y la velocidad del viento mediante un ordenador con un programa de optimización. Es decir, la pala tiene dos grados de libertad, ángulo de ataque y ángulo de curvatura del alerón. Es preciso notar que la pala se monta sobre el eje que se

sitúa como es habitual en el centro de empuje de un perfil simétrico que se encuentra a  $\frac{1}{4}$  de distancia del borde de ataque respecto a la cuerda del perfil. Como este eje gira en sentido inverso a la plataforma circular y aproximadamente a la misma velocidad, la pala siempre está enfrentada al viento, con ligero ángulo de ataque y con el alerón en una de las tres posiciones que se verán en la descripción de los dibujos. Esto es el otro punto esencial de la invención, es una turbina de eje vertical pero las palas no están solidariamente unidas al eje de giro, a diferencia de las turbinas Darrieus, de manera que la turbina vertical de la invención ya no es insensible a la dirección del viento y precisa sensor externo para orientar las palas.

5  
10

La pala presenta cuatro modos de trabajo fundamentales, dos de  $90^\circ$  en los que trabaja y produce par cuando el movimiento de giro es aproximadamente transversal al viento, y dos de  $90^\circ$  en los que el perfil se pone estrictamente paralelo al viento para ofrecer mínima resistencia, a diferencia de lo que ocurre en las turbinas Darrieus en los que la pala no se adapta y a veces produce incluso empuje negativo en la dirección de giro.

15

Las palas fractales estarán montadas sobre un eje vertical insertado a  $\frac{1}{4}$  de distancia del borde de ataque respecto a la cuerda de la pala, eje que a su vez puede girar  $360^\circ$  accionado por un motor paso a paso, lo que permitirá la variabilidad del ángulo de ataque de las palas. El empuje del perfil NACA0012 se efectúa aproximadamente en este punto, justo pues sobre el eje y se transmite a la plataforma circular que soporta a tres palas fractales, sin que haya pues par que haga sufrir al motor paso a paso que gira al revés que la plataforma y controla el ángulo de ataque ya que como hemos dicho el eje está insertado en el centro de empuje de la pala. El tamaño relativo de la descomposición fractal de la pala sigue una proporción 1,6. Estudios demuestran que la dimensión fractal del viento es 1,6 aunque se refieren a la dimensión temporal ("*Fractal dimension of wind speed time series*", Tian-Pau Chand, Applied Energy Vol. 93, 2012). Si suponemos que el viento es un proceso ergódico (su distribución temporal es igual a su distribución espacial), tomamos este factor como indicativo de la descomposición de la pala en estructuras repetitivas similares a menor escala (fractales). Se hace en las dimensiones x e y. Similarmente con el tercer nivel de fractalidad. El sistema tendrá incorporado un control algorítmico por ordenador, que será el responsable de controlar el ángulo de paso, la geometría de la pala y sobre todo controlar que el flujo de salida del viento sea lo menos turbulento posible, aunque esto suponga una

20

25

30

producción menor medida de forma individual en cada turbina, pero esto permitirá que como conjunto de parque eólico las turbinas sean más eficientes ya que el flujo de aire saliente no interferirá con las turbinas de detrás.

- 5 Concretamente, la pala fractal de la turbina, tendrá un mínimo de 2 niveles de fractalidad, que tendrá mínimo dos niveles de fractalidad, en particular tres en nuestro diseño, que se refieren a la reducción de escala de la propia pala de forma una relación de potencias de 1,6 (dimensión fractal de 1,6 típica del viento) que se aplica como parámetro de diseño a otras dos subestructuras y luego tres que componen el total de la pala, todas bajo el mismo principio de funcionamiento y formando una entidad. El conjunto descompone la pala en iteraciones fractales en la dimensión x e y (cuerda del perfil de la pala y altura de la pala).

- 15 La palas de la turbina tendrán un ángulo de paso variable de forma que cada elemento que compone la pala es controlado en ángulo. Comprende un sistema de agarre que hace que giren en sentido inverso al de giro de la plataforma que las sostiene, pero modificando ligeramente el desfase cada 90° de revolución, para ello el agarre inferior poseerá un motor paso a paso que gracias a este desfase o modulación en su giro permitirá la variación del ángulo de ataque de dichas palas respecto al viento.

- 20 Por otro lado, las palas también tendrán una geometría variable para adaptar la forma de la pala a aquella que reduzca las turbulencias del viento saliente a un mínimo, mediante los alerones traseros del perfil fractalizados igualmente, es decir, uno para cada parte de la pala. Dichos alerones se ubican en las partes traseras del perfil fractal y son controlados en cuatro posiciones: uno neutral, dos izquierda, tres neutral y cuatro derecha, de forma alternativa y sucesiva cada 90° de una revolución.

- 30 La geometría (alerón) y el ángulo de paso variable (desfase del motor paso a paso) de las palas serán controlados por algoritmo mediante ordenador de manera que se adapte a las turbulencias del flujo entrante a la turbina y reduzca las turbulencias del flujo de viento saliente de la turbina, medidas ambas con una red de sensores distribuida por el parque eólico. Se define pues un algoritmo de control por software escrito específicamente para esta invención, que permite variar en cualquier momento las geometrías de los elementos



que componen la pala fractal, en sus dimensiones  $x$  e  $y$ , de forma totalmente independiente buscando adaptarse a un flujo turbulento para que incluso la parte inferior de la pala pueda producir empuje con el viento entrando en dirección opuesta al de la parte superior, aun girando toda la plataforma en el mismo sentido, por lo que la turbina es apta para trabajar en los casos T explicitados en la Figura 1, donde el viento en la zona baja va al revés que el viento en la zona alta. Es decir, se reivindica la invención de la pala fractal porque su estructura de descomposición fractal en las dimensiones ancho y alto y el algoritmo de control le permiten producir empuje con un flujo turbulento a la entrada de la misma considerada como un todo y entregar el empuje final a los ejes que la soportan de forma coherente (en una única dirección). Es decir, a diferencia de una pala tradicional, la presente pala acepta flujo turbulento (en varias direcciones) y entrega el empuje final en una única dirección, lo que hace que sea aprovechable para producir el giro. Esto no lo puede hacer una pala tradicional.

15 El agarre de las palas para su sustentación es un agarre exclusivamente inferior que gira sobre una plataforma circular anular montada sobre el suelo en una vía circular, esta plataforma se une por unos radios al generador eléctrico de eje vertical situado en el centro y no hay por tanto soporte superior de las palas.

20

### **DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

25 Para complementar la descripción que seguidamente se va a realizar y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de planos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

30 La figura 1.- Muestra una vista del perfil aerodinámico simétrico de la pala que participa en una turbina eólica fractal de eje vertical realizada de acuerdo con el objeto de la presente invención.

La figura 2.- Muestra la posición del alerón trasero en el perfil de la pala de la figura anterior.

La figura 3.- Muestra una vista lateral esquemática de la turbina.

5 La figura 4.- Muestra una vista superior de la turbina.

La figura 5.- Muestra, finalmente, una vista de la situación del generador en el centro de una plataforma anular.

## 10 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

En relación con las figuras reseñadas, y haciendo alusión específicamente a la figura 1, puede observarse el perfil aerodinámico de la pala utilizada en la turbina de la invención, perfil que es simétrico, lo que permite que trabaje tanto en ángulo negativo como positivo.

15

Dicho perfil simétrico NACA0012 es un perfil tradicional cuyo centro de empuje está entre 0,25 y 0,3 distancias, contando a partir del borde de ataque.

La pala referenciada en general con (1) en las figuras 1 y 2, se complementa con un alerón trasero (2) situado sobre el perfil de la pala (1), según se representa en la figura 2, de manera que esa posición del alerón trasero (2) aporta una ligera variación de la geometría, pudiendo enfrentar direcciones del viento diferentes con el ángulo de ataque, pero permitiendo curvar el perfil para poder trabajar en mayor rango de velocidades del viento.

25 En la figura 3 se observa la pala completa, situada de perfil a la izquierda de la figura, comprendiendo cuatro palas (1') en escala inferior directamente montadas sobre una plataforma giratoria (3), existiendo dos palas (1'') de mayor tamaño con ejes de giro (4) que se prolongan hasta la propia plataforma (3), y finalmente una pala (1) a mayor altura, también con su eje (4') prolongado hasta la base de la plataforma (3) anular. Además, la parte superior de la pala está ubicada a mayor radio, lo que permite una mayor velocidad lineal para idéntica velocidad angular, lo que es importante ya que la distribución de velocidades del viento aumenta con la altura.

30

En la figura 4 se observan las tres palas (1) con sus componentes fractales (1') y (1''). Por ejemplo, para un viento entrado por la izquierda según indican las flechas (5), vemos que todas las estructuras de la pala izquierda están a 6°, provocando un par que hace girar la turbina en el sentido de las agujas del reloj. Si el viento en zona baja entrase de forma ligeramente diferente (turbulencias), las 4 subpalas (1') de escala inferior podrían orientarse de forma diferente a las superiores. En este esquema vemos que las dos palas de la derecha están en posición de mínima resistencia, para ello los sensores tienen que calcular la resultante de la dirección del viento que ve la pala, teniendo en cuenta que a la velocidad del viento hay que sumar la velocidad lineal relativa de la pala (velocidad angular x radio de la plataforma) para que el perfil no provoque turbulencias en la zona de giro en la que la pala va a contraviento.

En la figura 5 se muestra como en el centro de la plataforma anular (3) irá situado el correspondiente generador, mostrando en esta figura una turbina con tres palas fractales (1), cada una de ellas descompuesta en una relación de escalas multiplicada por 1,6 la inferior, tanto en anchura como en altura.

En lo que respecta a la estructura de la turbina propiamente dicha, decir que la misma es de tamaño considerable. En principio podría ser de hasta unos 300 metros de altura, ya que las palas se apoyan exclusivamente en la parte inferior, pudiendo extenderse en altura lo que permita la calidad del diseño y materiales de las mismas. Esta es una notable diferencia con el resto de turbinas de palas verticales, que se apoyan en dos estructuras circulares, una arriba y otra abajo. No se precisa tampoco de un eje central alto que llegue hasta la altura máxima de la pala, lo que supone una ventaja frente a las turbinas Darrieus, ni por supuesto de una sólida columna central, como en las turbinas HAWT tradicionales de generador en altura. Sí que se precisa de un eje en cada pala, pero sus requisitos de resistencia son 1/3 respecto a los de una turbina vertical de un único eje, por lo que su altura alcanzable es tres veces mayor.

Para llevar a cabo la construcción hará falta la plataforma anular circular (3) a nivel de suelo, sobre la cual se insertan las tres palas (1), soportada preferiblemente sobre una vía también en forma de círculo que le permite girar. En el centro de la vía se encontrará el

generador eléctrico de eje vertical, de gran tamaño y construido a nivel del suelo sobre unos cimientos adecuados, unido solidariamente por unos radios a la plataforma anular montada sobre la citada vía circular.

5 La aplicación industrial de la invención se encuadra dentro de un parque eólico, concebido de forma sistémica con una distancia entre turbinas mínima posible, que sería del mínimo de 1 diámetro, exclusivamente por motivos de acceso y operación, pero no por temas de turbulencia, ya que cada turbina entrega el flujo en condiciones mínimas necesarias a la siguiente. Por ejemplo, en el caso de fuerte viento, las palas trabajarían a mínimo ángulo para desviar solo ligeramente el flujo y extraer una pequeña parte de la energía cada elemento del parque, de forma que la última turbina de la serie en dirección al viento sea la que ya lo reciba a menor velocidad. Se optimiza la extracción del conjunto, no de la turbina. Supongamos que hubiera otro caso de vientos turbulentos que ataquen a una misma turbina en diferentes direcciones, digamos que por un lado de la circunferencia fuesen en dirección opuesta: los sensores distribuidos harían que las palas se orientasen adecuadamente, moviéndose en función de la posición dentro del ángulo de la rotación del conjunto de tal modo que generarían par incluso en los dos puntos de la revolución.

Otro modo de funcionamiento del parque eólico que la invención permitiría es el que vamos a denominar "onda estacionaria". Para un flujo de entrada al parque laminar, como las turbinas de la invención se encuentran muy cerca, justo a un diámetro de distancia, es fácil calcular el ángulo de salida del aire de la turbina anterior y según la velocidad, conocer el ángulo de entrada a la turbina siguiente. De esta forma el flujo pasa a ser oscilante de una turbina a otra, con una frecuencia cada vez menor. Esto hace que se puede sobrepasar el límite de Betz (considerándolo en el conjunto del parque), extrayendo toda la energía del viento dejando al final una velocidad de salida mucho menor. La idea es que aunque el óptimo de la relación entre velocidad de entrada y salida de del viento en una turbina dada del parque sea menor que la de 3 a 1 que estipula el límite de Betz, si el flujo de salida es todavía utilizable en la turbina siguiente, se puede programar una cadena de extracción que en su conjunto supere el límite indicado. La turbina aquí propuesta distorsiona muy poco el flujo de salida (mucho menos que las turbinas verticales Darrieus y por supuesto muchísimo menos que las turbinas de eje horizontal tripala tradicionales) ya que durante 180° las palas están perfectamente de perfil frente al viento ofreciendo mínima resistencia y turbulencia y

durante los 180° restantes en los que trabaja el ángulo es razonablemente óptimo y controlado por ordenador como para generar poca turbulencia ya que trabajamos siempre en modo laminar, en toda la altura de la pala.

## REIVINDICACIONES

- 5 1ª.- Turbina eólica fractal de eje vertical, basada en la utilización de palas fractales, caracterizada porque cada pala fractal incluye, al menos, dos niveles de fractalidad, preferentemente tres niveles, de escala cada vez menor a medida que se aproximan a su base inferior, yendo las palas fractales (1-1'-1'') montadas a través de respectivos ejes verticales (4) y giratorios sobre una plataforma igualmente giratoria (3) asociada a un generador.
- 10 2ª.- Turbina eólica fractal de eje vertical, según reivindicación 1ª, caracterizada porque las palas fractales van montadas de manera que su sentido de giro es inverso al de la plataforma giratoria, con medios de modificación del desfase cada 90° de revolución, habiéndose previsto que el agarre inferior de las palas fractales incorpore un motor paso a paso, con medios para permitir la variación del ángulo de ataque de las propias palas fractales respecto al viento.
- 15 3ª.- Turbina eólica fractal de eje vertical, según reivindicaciones 1ª y 2ª, caracterizada porque las palas fractales presentan un ángulo de paso variable controlado por ordenador.
- 20 4ª.- Turbina eólica fractal de eje vertical, según reivindicaciones 1ª a 3ª, caracterizada porque las palas fractales presentan una geometría variable en orden a reducir las turbulencias salientes por medio de unos alerones traseros (2) montados sobre el propio perfil de la pala fractal correspondiente, presentando dichos alerones traseros (2) medios para su control en cuatro posiciones, una considerada como neutral, otra a izquierda, otra neutral, y otra a derecha de forma alternativa y sucesiva cada 90° de una revolución.
- 25 5ª.- Turbina eólica fractal de eje vertical, según reivindicaciones 1ª a 4ª, caracterizada porque, caracterizada porque el control mediante ordenador del ángulo variable de las palas fractales se realiza mediante un algoritmo en función de las turbulencias, contando para ello con sensores distribuidos por toda la instalación para la medición de las turbulencias.
- 30 6ª.-Turbina eólica fractal de eje vertical, según reivindicaciones 1ª a 5ª, caracterizada porque las palas fractales están amarradas inferiormente para su sustentación mediante un

agarre exclusivamente inferior y giratorio sobre la propia plataforma circular y giratoria (3), a cuya plataforma se une, mediante radios, el correspondiente generador eléctrico de eje vertical situado en el centro.

5

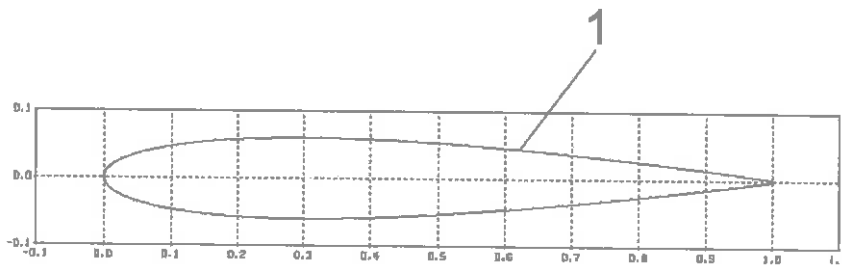


FIG. 1

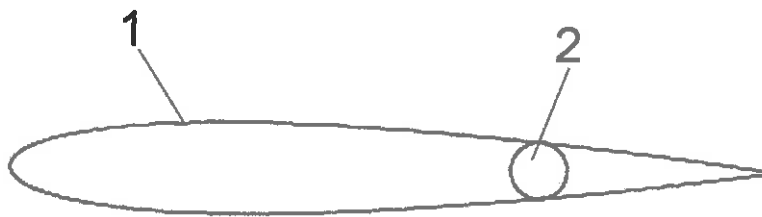


FIG. 2

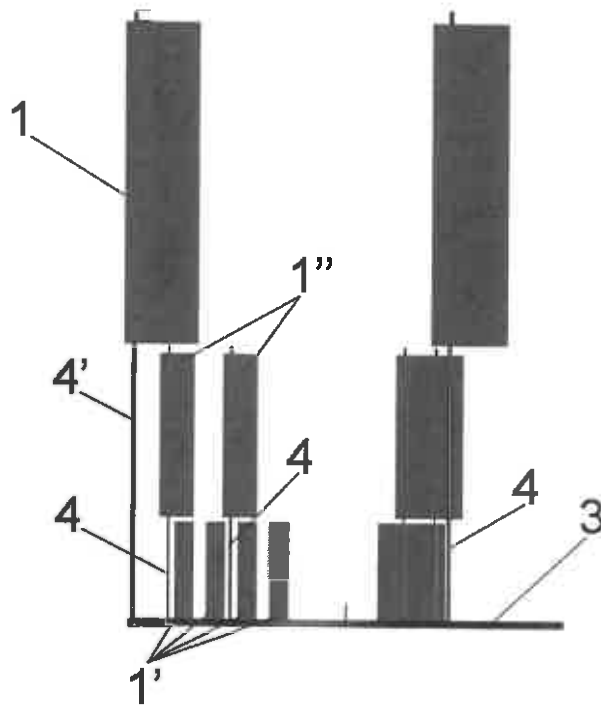


FIG. 3



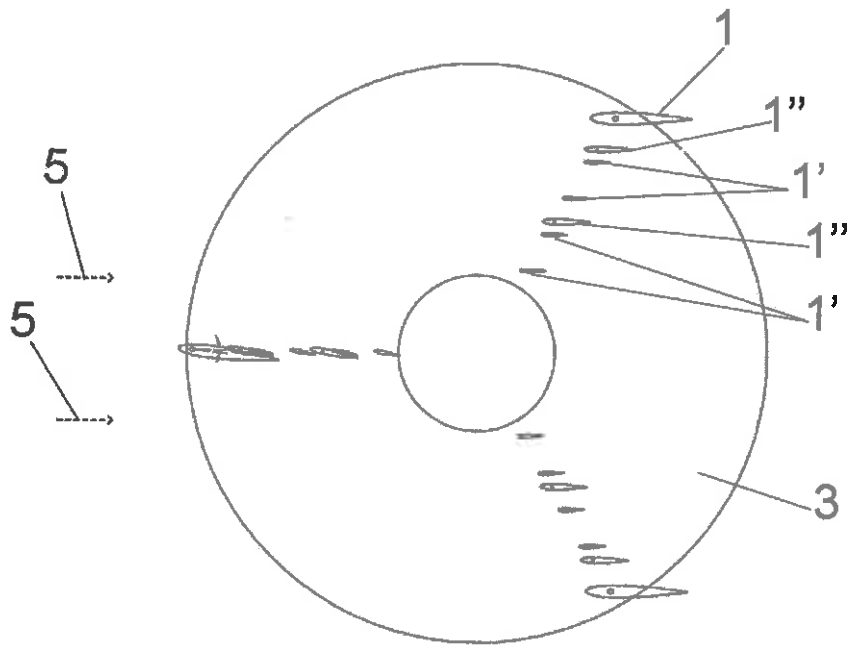


FIG. 4

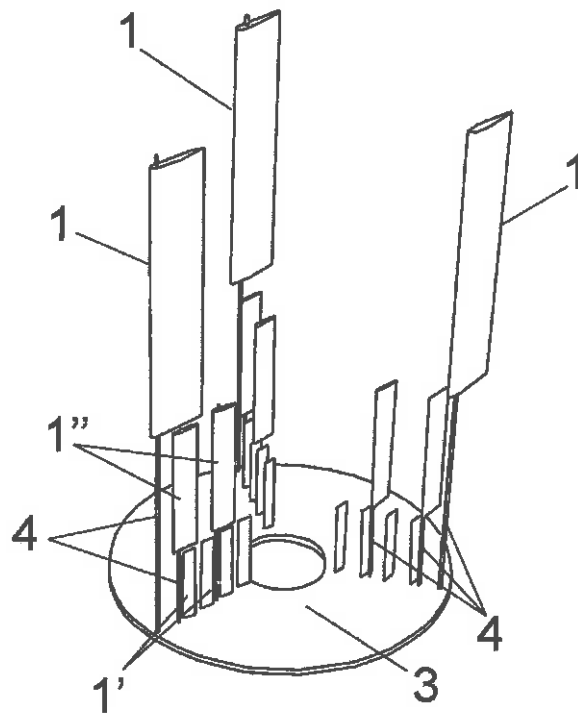


FIG. 5

## **RESUMEN**

### **TURBINA EÓLICA FRACTAL DE EJE VERTICAL**

Turbina eólica de eje vertical, en la que se emplea un diseño de pala fractal, donde la pala se controla en ángulo de ataque de forma libre en los 360° de la revolución, para optimizar el par de giro en 90° más 90° activos de posición de la rotación, y para minimizar la turbulencia y la resistencia al giro en los restantes 90° más 90° pasivos de la rotación completa. La pala fractal tiene alerones que varían por tanto la geometría del perfil para hacer que el empuje vaya en la dirección apropiada en los 90° más 90° donde este se produce. La turbina precisa de sensores externos para controlar mediante algoritmo por ordenador dichos alerones y el ángulo de posicionamiento. Se monta sobre plataforma circular giratoria y la pala está libre en su parte superior.