

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **1 180 461**

21 Número de solicitud: 201730314

51 Int. Cl.:

F03D 3/00 (2006.01)

12

SOLICITUD DE MODELO DE UTILIDAD

U

22 Fecha de presentación:

22.03.2017

43 Fecha de publicación de la solicitud:

11.04.2017

71 Solicitantes:

**MASTERGAS GLOBAL ENERGY, S.L.U. (100.0%)
C/ Severo Ochoa 15, Nave 13
28521 RIVAS VACIAMADRID, (Madrid) ES**

72 Inventor/es:

LÓPEZ ESCRIBANO, Joaquin

74 Agente/Representante:

ARSUAGA SANTOS, Elisa

54 Título: **AEROGENERADOR URBANO DE EJE VERTICAL Y PERFIL DE ALA PARA EL MISMO**

ES 1 180 461 U

DESCRIPCIÓN

Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo.

5 **Campo de aplicación industrial**

Dentro del área de las energías renovables, se ha diseñado este aerogenerador de eje vertical con el objetivo de conseguir la máxima eficiencia energética en términos de producción de energía bajo las condiciones de viento más normales en áreas urbanas.

10

Estado de la técnica anterior

Existen infinidad de patentes relativas a aerogeneradores, pero la inmensa mayoría están diseñados con eje horizontal. Nuestro invento es de eje vertical y específicamente orientado a entornos urbanos, donde las velocidades del aire no son tan grandes como en los descampados donde se instalan los grandes aerogeneradores de eje horizontal.

15

Quizá la patente de aerogenerador o turbina más parecida a la nuestra es la AU2014100506, Sistema de turbina de viento con eje vertical, pensada para poco viento. Pero en este caso las palas o hélices son distintas, al terminar todas en un punto común, tanto en su parte superior como en la inferior. También la patente EP2594784, Turbina vertical de viento y pala de rotor para la misma, se refiere a un aerogenerador de eje vertical, pero las palas tienen una parte de sección transversal cerrada de perfil hueco que proporciona una especie de nariz de perfil a lo largo de una dirección de rotación.

20

25

La patente US20140227077, Turbina "Magnowind", reivindica una turbina de viento vertical que incluye una estructura de soporte vertical y en su parte superior contiene imanes que generan una fuerza de rotación.

30

Una patente PCT, la WO2015040539, Rotor de una turbina de eje vertical, describe un rotor que en su periferia tiene una pluralidad de palas, en el que cada del rotor comprende a su vez 3 cuerpos alargados dispuestos en cascada.

35

Por otro lado, existen también diversas patentes que se refieren a perfiles de ala diseñadas expresamente para aerogeneradores. Entre ellas cabe destacar la patente europea EP2535564, Pala de rotor para un aerogenerador de eje vertical, la cual define una estructura que forma el perfil de la pala y un recubrimiento en el exterior que hace que se genere una fuerza del viento distinta en el extremo de la cabeza que en el extremo de la cola.

40

45

También hay otras patentes de palas de turbinas de viento, como la patente US20150361952, Pala de una turbina de viento, o la WO2015062710, Pala de rotor de una turbina de viento y turbina de viento, aunque ambas están más orientadas a un aerogenerador de eje horizontal y grandes vientos, diseñadas con un espesor de perfil relativo de más de un 45%.

Explicación de la invención

El aerogenerador está destinado a su instalación y uso en zonas urbanas, donde la velocidad del aire no es muy grande y el área de barrido de las palas también es pequeño.

50

Se compone de un rotor, constituido a su vez por un eje vertical y unas palas que, arrastradas por el viento, generan una energía limpia. Para este tipo de aerogeneradores, es conveniente diseñar un perfil de palas específico para que la producción de energía sea máxima.

5

El aerogenerador se ha diseñado con una potencia nominal de 2 kW. Está pensado para su instalación y funcionamiento en lugares de baja velocidad del viento, entre 5 y 5,5 m/s. El área de barrido del rotor es de 6,5 m².

10

Las palas y sus fijaciones al eje central, o puntales, se fabrican con técnica de extrusión de aluminio. Después de un análisis detallado del número de palas idóneo para este aparato se ha fijado en 3.

El perfil aerodinámico de las palas es el llamado helicoidal.

15

Con el fin de reducir las posibles interferencias aerodinámicas entre el puntal y la pala, se ha realizado un rebaje sobre el puntal siguiendo la forma de la pala.

20

Para dar la suficiente resistencia estructural el espesor relativo de las palas (cuerda/espesor máximo) es del 22 %.

25

Una vez terminado el diseño preliminar del aerogenerador, se llevó a cabo un diseño específico del perfil aerodinámico que queda definido por sus coordenadas geométricas y cuyos parámetros de rendimiento se reflejan en la descripción detallada de un modo de realización.

Breve descripción de los dibujos

30

La figura 1 representa el eje central del rotor. La 2 es una representación esquemática del rotor, con sus características principales. La figura 3 es una vista vertical, donde se aprecia su barrido. En la figura 4 se detalla el perfil aerodinámico del ala. La figura 5 trata de explicar cómo se realiza la unión de un ala con su puntal.

Exposición detallada de un modo de realización

35

A la hora de optimizar el diseño del rotor del aerogenerador se han tenido en cuenta las siguientes características generales

40

- Maximizar la energía cinética extraída del viento en sitios con bajas condiciones de velocidad del viento y alta turbulencia, como las esperadas en los sitios urbanos.

- Reducir las cargas producidas por el rotor, considerando todas las posibilidades de sobrecargas y minimizando el peso de todos los componentes.

45

- Proporcionar una manera fácil y económica de fabricar los diferentes componentes.

- Reducir el tamaño de los componentes para facilitar las actividades de transporte e instalación

- Cuidar la estética

50

a) Hay diversos parámetros que afectan al rotor y que se han definido durante su diseño:

5 - La turbina está diseñada para sitios de baja velocidad del viento con velocidades entre 5 y 5,5 m/s.

10 - La potencia nominal se limita a 2 kW, ya que para lugares de baja velocidad del viento por encima de este valor no se refleja en una mayor producción energética anual. Esto tiene la ventaja de un precio reducido para el generador y los componentes electrónicos.

15 - El área proyectada (área de barrido) del rotor también se fija en 6,5 m². Esto implica aumentar el potencial de edificios donde la turbina puede ser instalada. También la reducción del tamaño tiene algunas ventajas desde el punto de vista del diseño, ya que el rotor tiene cargas y vibraciones más bajas, los efectos de ruido serían menores y por lo tanto, se puede soportar un mayor esfuerzo.

- La velocidad nominal de giro del rotor se ajusta a 420 rpm.

20 - Las palas se fabrican con técnica de extrusión de aluminio

- Se ha fijado como objetivo mínimo de producción anual de energía (AEP) de 2000 kWh en lugares con una velocidad media del viento de 5,5 m/s

25 b) Es necesario llevar a cabo un diseño estructural del rotor para asegurar que el rotor y todos sus componentes trabajen en las condiciones de uso de una manera segura durante toda su vida útil.

o Número de puntales o fijaciones de las palas:

30 Las palas del rotor van unidas a su eje central (figura 1) mediante fijaciones llamadas puntales. Desde el punto de vista de la aerodinámica la mejor solución es tener el número mínimo de puntales posibles, ya que estos elementos introducen un componente de fuerza de arrastre e interferencias aerodinámicas en la pala, lo que reduce el par producido. Como desde el punto de vista estructural es necesario utilizar tres puntales, una forma de reducir el coste de estos elementos es utilizar las mismas piezas que salían de la extrusión de aluminio de las palas.

40 Como la fabricación de extrusión de aluminio es bastante barata después de la inversión inicial, el uso de los mismos componentes extruidos para palas y puntales es muy rentable. También como los perfiles de las palas han sido diseñados con una alta eficiencia aerodinámica, el uso de estos elementos es muy conveniente ya que su resistencia es aún menor.

45 En la figura 2 se detallan las características principales del rotor, a partir de las cuales se detallan:

o Relación de aspecto (β) y solidez (σ) del rotor:

50 La relación de aspecto del rotor (β) es la relación entre la altura (H) y el diámetro (D) del rotor:

$$\beta = H / D$$

La solidez del rotor (σ) es un parámetro que representa la relación entre el área de las palas y el área barrida por el rotor

$$\sigma = nxc / D$$

(donde n es el número de palas y c es la longitud de la cuerda de perfil aerodinámico).

Los parámetros H y D definen el área barrida del rotor, que como se ha indicado anteriormente ya está ajustada a 6,5 m². Estos parámetros junto con la longitud de cuerda (c) representan las dimensiones principales del rotor y tienen efectos directos en el rendimiento.

c) Los principales parámetros aerodinámicos para obtener una configuración óptima son los siguientes:

o Número de palas:

Un menor número de palas tiene la ventaja de tener un menor número de elementos a fabricar e Instalar. Por otro lado, para un mayor número de palas, el rotor tiene una mejor distribución del par para cada ciclo de giro, y por lo tanto evita picos de cargas. Con un rotor de 3 palas, la reducción en las cargas máximas de par se eleva hasta un 40% en comparación con el caso de 2 palas. También la producción de energía es más alta debido al aumento de la solidez. Pero al aumentar el número de palas, la reducción de los picos de carga del par es más significativa y los aumentos de potencia son inferiores al 1%.

Por lo tanto, el número de palas seleccionadas para el rotor es 3.

d) Diseño de rotor helicoidal

o El diseño obtenido a través del proceso de iteración aerodinámica y estructural ha resultado en un rotor con los siguientes parámetros:

Diseño de rotor helicoidal

Nº de palas (n)	3
Altura (H), [m]	3
Diámetro (D), [m]	2,15
Área del rotor (A), [m ²]	6,45
Cuerda del perfil aerodinámico (c), [m]	0,135
Grosor relativo del perfil aerodinámico [%]	22
No de puntales (por pala)	3

Ángulo de barrido (ϕ), [°]	27
Ángulo de inclinación (θ), [°]	92,3

5 o Forma de las palas:

La forma de las palas puede tener diferentes efectos sobre su comportamiento aerodinámico:

10 Debido al proceso de fabricación por extrusión de aluminio, la cuerda tiene que ser constante a lo largo de la pala. Pero aún con una pala de cuerda constante, todavía se pueden considerar alternativas diferentes: palas planas o curvadas.

15 1)- La primera opción consiste en tener una hoja curvada en el plano que contenga el eje. Este tipo de forma ayuda a la pala a soportar estructuralmente las cargas porque transforma parte de ellas de tensiones de curvatura a tensiones de tracción.

20 Pero por otro lado, se necesitan palas más largas para el mismo área barrida por el rotor y la pala tiene diferentes relaciones de velocidad de la punta a lo largo de su longitud, por lo que no trabajarán completamente en condiciones óptimas.

25 2)- La otra opción es construir la llamada pala helicoidal, la cual consiste en que la pala sigue una hélice de diámetro D alrededor del eje. Esta forma se define por el ángulo de barrido (ϕ), que es el ángulo de inclinación de las palas con respecto al eje, o el ángulo de inclinación (θ), que es el ángulo que cubre cada pala alrededor del eje en una proyección sobre el plano horizontal (figuras 2 y 3).

La ventaja principal de la pala helicoidal es que reduce los picos de par que el rotor produce a lo largo de una rotación.

30 o Perfil aerodinámico de las palas

El rendimiento del rotor es muy dependiente de la forma aerodinámica de las palas, que está definida por la geometría de su sección (perfil aerodinámico).

35 El comportamiento aerodinámico del perfil tiene una influencia predominante en el par producido por el rotor y por lo tanto en la generación de potencia.

40 Aparte del rendimiento global del rotor, para este pequeño aerogenerador de eje vertical, tienen que ser consideradas las condiciones de bajo número de Reynolds en las que estos perfiles deben operar. Cuando el perfil aerodinámico funciona en estas condiciones quiere decir que las fuerzas viscosas son mucho más pequeñas que las inerciales.

45 Esto causa la formación de grandes burbujas laminares en el perfil aerodinámico lo que supone una fuente de inestabilidades y ruido. Por lo tanto es de suma importancia tratar de reducir lo más posible la formación de estas burbujas laminares.

50 Otra cuestión importante que debe tenerse en cuenta es el rendimiento de la superficie aerodinámica bajo condiciones de suciedad/erosión, es decir, cuando la

superficie del perfil aerodinámico no está completamente limpia y lisa debido a la erosión.

5 Cuando esto ocurre las condiciones de flujo alrededor del perfil aerodinámico pueden pasar de ser laminares en la parte más alejada, a ser mayoritariamente turbulentas, con el cambio que esto representa en el rendimiento.

10 Por motivos estructurales el espesor relativo de las palas (cuerda/espesor máximo) se ha fijado en el 22 %.

10 La geometría final de este perfil se ha obtenido por sucesivas iteraciones usando una herramienta desarrollada específicamente para este fin por CENER, Centro Nacional de Energías Renovables.

15 Los resultados obtenidos para el perfil de pala tienen su representación gráfica en la figura 4. Y el detalle de sus coordenadas son los de la tabla T incluida al final de este modo de realización.

20 e) Puntales: fijaciones de las palas al eje del rotor:

20 Las fijaciones de las palas al eje del rotor son críticas desde el punto de vista estructural, ya que tienen que soportar grandes cargas. Al mismo tiempo, estos accesorios deben diseñarse de tal forma que la posible interferencia aerodinámica de los puntales a las palas es mínima. Además, el diseño debe permitir una instalación fácil y rápida del rotor.

25 La forma y el grosor de la superficie aerodinámica son también determinantes en la forma en que se diseñan estas fijaciones. Con el fin de reducir las posibles interferencias aerodinámicas entre el puntal y la pala, se ha realizado un rebaje siguiendo la forma de la pala, de manera que el espacio entre el puntal y la pala sea lo menor posible. Este rebaje puede mecanizarse fácilmente sobre el componente de aluminio extruido.

30 En la figura 5 se detalla la unión entre las palas y los puntales, la cual se realiza de la siguiente manera: las palas 6 llevan unos orificios en los que se introducen unos tornillos 8 que sujetan a los puntales 1 mediante las piezas, 5, 2 y 9.

35 f) Fabricación de palas helicoidales

40 La forma de fabricar las palas helicoidales ha sido analizada durante el diseño. Hay diferentes métodos para doblar las palas extruidas de aluminio con el fin de obtenerlas con la forma helicoidal. Una vez la pala se ha fabricado, necesita ser doblada y torcida.

Una forma de realizar eso es con la técnica de conformado por estiramiento, que consiste en aplicar una fuerza de tracción al perfil extruido y presionarlo contra un molde con la forma deseada.

Coordenadas del perfil

Lado succión		Lado presión	
X/C	Y/C	X/C	Y/C
1.00000000	0.00000000	0.00000000	0.00000000
0.98999999	0.00051830	0.00050000	-0.00595260
0.98000000	0.00118310	0.00250000	-0.01330310
0.97000010	0.00197820	0.00600000	-0.02058810
0.96000000	0.00289000	0.01200000	-0.02906030
0.94999999	0.00390720	0.02000000	-0.03741110
0.94000010	0.00502030	0.03000000	-0.04564080
0.93000010	0.00622090	0.04000000	-0.05247580
0.92000000	0.00750200	0.05000000	-0.05839630
0.91000010	0.00885720	0.06000000	-0.06364760
0.90000000	0.01028090	0.07000000	-0.06837500
0.89000000	0.01176830	0.08000000	-0.07267200
0.87999999	0.01331470	0.09000000	-0.07660320
0.87000000	0.01491610	0.10000000	-0.08021510
0.86000010	0.01656890	0.11000000	-0.08354210
0.85000000	0.01826950	0.12000000	-0.08661040
0.84000000	0.02001480	0.13000000	-0.08944080
0.83000000	0.02180180	0.14000000	-0.09204940
0.82000000	0.02362780	0.15000000	-0.09444930
0.80999999	0.02549000	0.16000000	-0.09665150
0.80000010	0.02738600	0.17000000	-0.09866470
0.79000000	0.02931330	0.18000000	-0.10049650
0.77999999	0.03126960	0.19000000	-0.10215330
0.77000000	0.03325270	0.20000000	-0.10364070
0.76000010	0.03526040	0.21000000	-0.10496340
0.74999999	0.03729050	0.22000000	-0.10612590
0.74000000	0.03934090	0.23000000	-0.10713230

ES 1 180 461 U

0.73000010	0.04140950	0.24000000	-0.10798620
0.72000000	0.04349410	0.25000000	-0.10869130
0.71000000	0.04559280	0.26000000	-0.10925110
0.69999990	0.04770330	0.27000000	-0.10966880
0.69000010	0.04982360	0.28000000	-0.10994800
0.68000000	0.05195150	0.29000000	-0.11009210
0.67000000	0.05408480	0.30000000	-0.11010450
0.66000010	0.05622130	0.31000000	-0.10998890
0.64999990	0.05835870	0.32000000	-0.10974880
0.63999990	0.06049470	0.33000000	-0.10938810
0.63000010	0.06262690	0.34000000	-0.10891050
0.62000000	0.06475280	0.35000000	-0.10832000
0.61000000	0.06686990	0.36000000	-0.10762070
0.60000000	0.06897550	0.37000000	-0.10681660
0.58999990	0.07106710	0.38000000	-0.10591200
0.58000000	0.07314170	0.39000000	-0.10491100
0.56999990	0.07519650	0.40000010	-0.10381800
0.56000010	0.07722860	0.41000000	-0.10263720
0.55000000	0.07923480	0.42000000	-0.10137290
0.54000000	0.08121190	0.43000000	-0.10002950
0.53000000	0.08315670	0.44000000	-0.09861120
0.52000000	0.08506580	0.45000000	-0.09712230
0.51000000	0.08693570	0.46000000	-0.09556690
0.50000000	0.08876270	0.47000000	-0.09394920
0.49000000	0.09054320	0.48000000	-0.09227340
0.48000000	0.09227330	0.49000000	-0.09054320
0.47000000	0.09394920	0.50000000	-0.08876270
0.46000000	0.09556690	0.51000000	-0.08693570
0.45000000	0.09712220	0.52000000	-0.08506590
0.44000000	0.09861120	0.53000000	-0.08315680
0.43000000	0.10002950	0.54000000	-0.08121190
0.42000000	0.10137290	0.55000000	-0.07923480
0.41000000	0.10263710	0.56000010	-0.07722860
0.40000010	0.10381790	0.56999990	-0.07519650
0.39000000	0.10491100	0.58000000	-0.07314170
0.38000000	0.10591190	0.58999990	-0.07106710
0.37000000	0.10681660	0.60000000	-0.06897550
0.36000000	0.10762070	0.61000000	-0.06686990
0.35000000	0.10832000	0.62000000	-0.06475280
0.34000000	0.10891040	0.63000010	-0.06262690
0.33000000	0.10938800	0.63999990	-0.06049470
0.32000000	0.10974880	0.64999990	-0.05835870
0.31000000	0.10998890	0.66000010	-0.05622130
0.30000000	0.11010450	0.67000000	-0.05408480
0.29000000	0.11009210	0.68000000	-0.05195150
0.28000000	0.10994800	0.69000010	-0.04982360
0.27000000	0.10966880	0.69999990	-0.04770330
0.26000000	0.10925100	0.71000000	-0.04559280
0.25000000	0.10869130	0.72000000	-0.04349410

ES 1 180 461 U

0.24000000	0.10798620	0.73000010	-0.04140950
0.23000000	0.10713220	0.74000000	-0.03934090
0.22000000	0.10612590	0.74999990	-0.03729050
0.21000000	0.10496340	0.76000010	-0.03526040
0.20000000	0.10364060	0.77000000	-0.03325270
0.19000000	0.10215330	0.77999990	-0.03126960
0.18000000	0.10049650	0.79000000	-0.02931330
0.17000000	0.09866470	0.80000010	-0.02738600
0.16000000	0.09665150	0.80999990	-0.02549000
0.15000000	0.09444930	0.82000000	-0.02362780
0.14000000	0.09204930	0.83000000	-0.02180180
0.13000000	0.08944070	0.84000000	-0.02001480
0.12000000	0.08661040	0.85000000	-0.01826950
0.11000000	0.08354200	0.86000010	-0.01656890
0.10000000	0.08021510	0.87000000	-0.01491610
0.09000000	0.07660320	0.87999990	-0.01331470
0.08000000	0.07267190	0.89000000	-0.01176830
0.07000000	0.06837490	0.90000000	-0.01028090
0.06000000	0.06364760	0.91000010	-0.00885720
0.05000000	0.05839620	0.92000000	-0.00750200
0.04000000	0.05247580	0.93000010	-0.00622090
0.03000000	0.04564080	0.94000010	-0.00502030
0.02000000	0.03741110	0.94999990	-0.00390720
0.01200000	0.02906020	0.96000000	-0.00289000
0.00600000	0.02058800	0.97000010	-0.00197820
0.00250000	0.01330310	0.98000000	-0.00118310
0.00050000	0.00595250	0.98999990	-0.00051830
0.00000000	0.00000000	1.00000000	0.00000000

REIVINDICACIONES

- 5 1. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, compuesto por un rotor con un eje central y múltiples palas, **caracterizado** por 3 palas, con un perfil diseñado específicamente, unidas al eje central mediante puntales.
2. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según la reivindicación 1, **caracterizado** por un área de barrido de 6,45 m².
- 10 3. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según la reivindicación 1, **caracterizado** por un ángulo de barrido de 27°.
- 15 4. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según la reivindicación 1, **caracterizado** por un ángulo de inclinación de 92,3°.
5. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque las palas tienen un perfil aerodinámico helicoidal.
- 20 6. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado** porque el espesor relativo de las palas es del 23%.
7. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado** porque las palas, una vez fabricadas, se doblan y tuercen mediante técnicas de conformado por estiramiento.
- 25 8. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según las reivindicaciones 1 y 5, **caracterizado** porque las palas tienen un perfil aerodinámico definido por las coordenadas de la tabla T.
- 30 9. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los puntales llevan un rebaje siguiendo la forma de la pala.
- 35 10. Aerogenerador urbano de eje vertical y perfil de ala para el mismo, según las reivindicaciones 1 y 9, **caracterizado** porque los puntales se fabrican con técnicas de extrusión de aluminio.

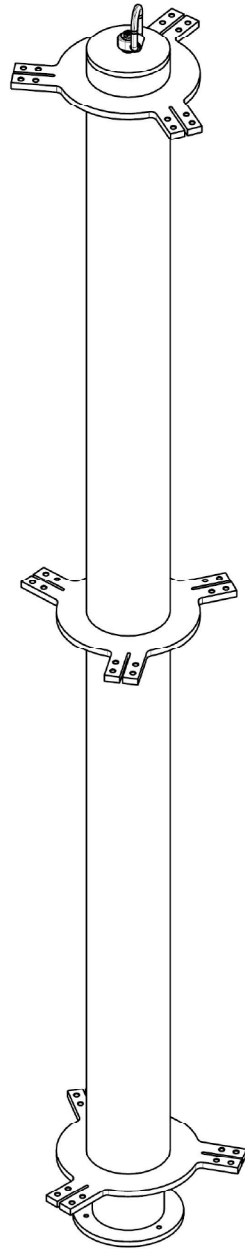


Fig 1

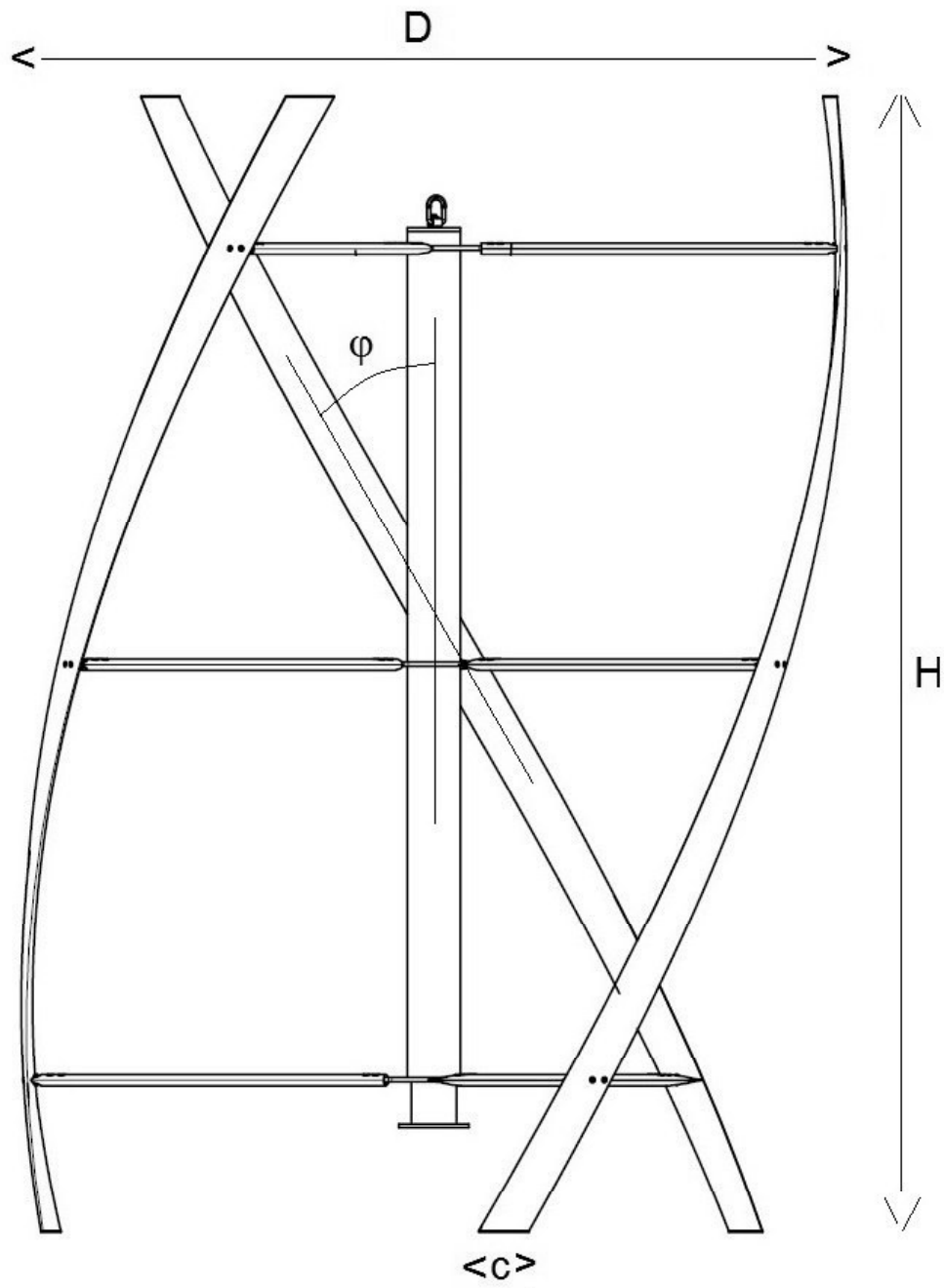


Fig 2

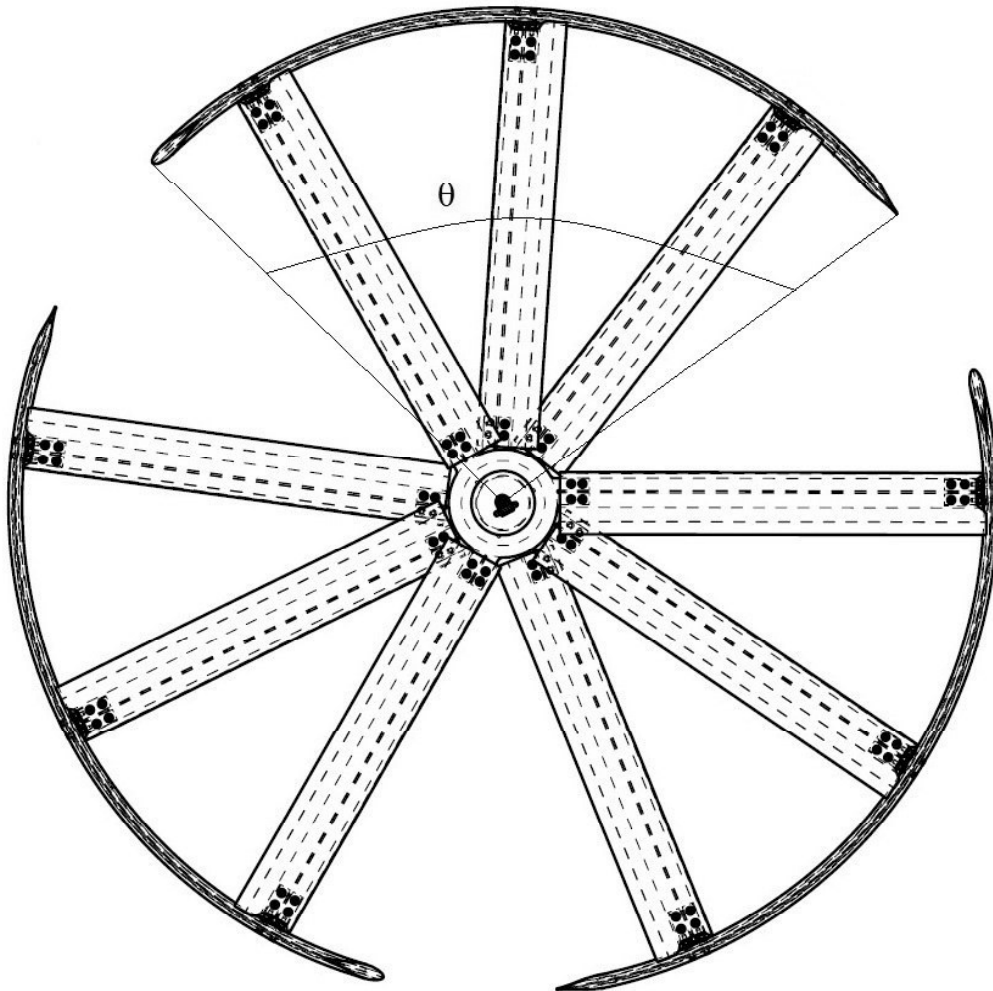


Fig 3

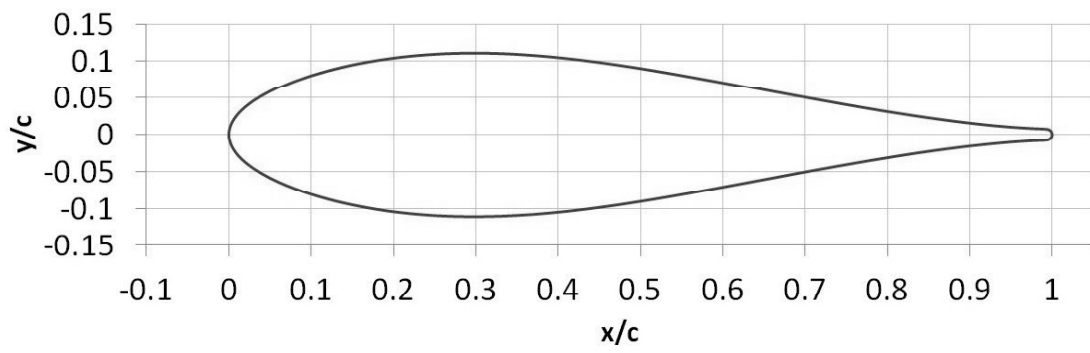


Fig 4

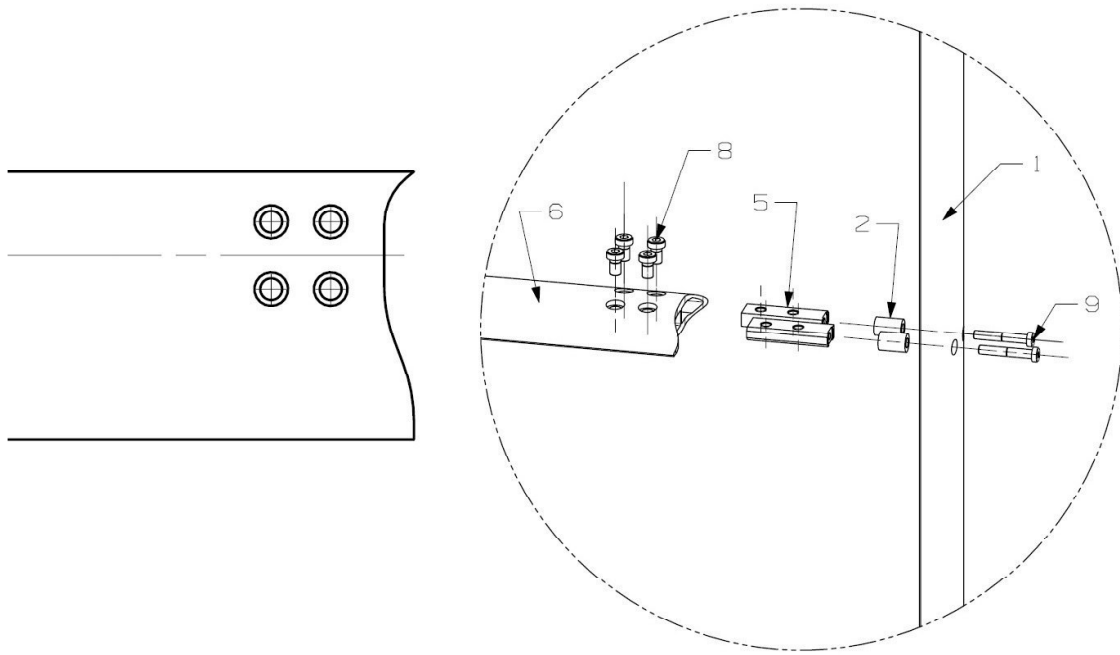


Fig 5