

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 432 245**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2003 E 10185910 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2013 EP 2280163**

54 Título: **Instalación de energía eólica, así como pala de rotor para una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

**05.06.2002 DE 10225136
21.02.2003 DE 10307682**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2013

73 Titular/es:

**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Dreekamp 5
26605 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

WOBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 432 245 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

Instalación de energía eólica, así como pala de rotor para una instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a una instalación de energía eólica, así como una pala de rotor para una instalación de energía eólica. Como estado de la técnica a tal efecto se remite en general al libro "Windkraftanlagen", Erich Hau, 1996. Este libro contiene algunos ejemplos de instalaciones de energía eólica, palas de rotor de instalaciones de energía eólica semejantes, así como secciones transversales de tales palas de rotor del estado de la técnica. En la página 102, figura 5.34 están representados los parámetros de perfil geométricos de perfiles aerodinámicos según NACA. En este caso se puede ver que la pala de rotor se describe por una profundidad de perfil que se corresponde con la longitud de la cuerda, un mayor arqueamiento (o relación de arqueamiento) como elevación máxima de un línea de curvatura media sobre su cuerda, una posición de máximo arqueamiento, así el lugar referido a la profundidad de perfil donde está configurado el mayor arqueamiento dentro de la sección transversal de la pala de rotor, un mayor espesor de perfil como mayor diámetro de un círculo inscrito con el punto central sobre la línea de curvatura media y la posición de máximo espesor, así el lugar referido a la profundidad de perfil donde la sección transversal de la pala de rotor adopta su mayor espesor de perfil. Además, se recurre al radio de nariz, así como a las coordenadas del perfil del lado inferior y superior para la descripción de la sección transversal de la pala de rotor. La nomenclatura conocida del libro de Erich Hau se debe mantener, entre otros, para la descripción posterior de la sección transversal de una pala de rotor para el presente registro.

El documento US 5 474 425 muestra una pala de rotor según el estado de la técnica.

20 Las palas de rotor se deben optimizar mediante una multiplicidad de aspectos. Por un lado, deben ser silenciosas, por otro lado, también deben proporcionar una potencia dinámica máxima para que la instalación de energía eólica comience a funcionar ya con un viento muy suave y ya se alcance la velocidad de viento nominal con intensidades de viento lo más bajas posibles, es decir, la velocidad con la que también se consigue por primera vez la potencia nominal de la instalación de energía eólica. Si aumenta luego la velocidad del viento entonces, hoy en día en instalaciones de energía eólica reguladas por el ángulo de paso, la pala de rotor se pone cada vez más en el viento de modo que se mantiene posteriormente la potencia nominal, no obstante, disminuye la superficie de ataque de la pala de rotor hacia el viento a fin de proteger toda la instalación de energía eólica o sus partes frente a daños mecánicos. Pero es decisivo que las propiedades aerodinámicas de los perfiles de la pala de rotor de una instalación de energía eólica tengan una gran importancia.

30 El objetivo de la presente invención es especificar una pala de rotor con una perfil de la pala de rotor o una instalación de energía eólica, los cuales presenten una mejor capacidad productiva que hasta ahora.

El objetivo se resuelve según la invención con una instalación de energía eólica con las características según la reivindicación 1. Ampliaciones ventajosas se describen en las reivindicaciones dependientes.

Las coordenadas concretas de un perfil de la pala de rotor según la invención están indicadas en la tabla 1.

La invención se representa a continuación mediante varios dibujos. Aquí muestran:

35 Fig. 1 una vista de una instalación de energía eólica desde una perspectiva desde delante,

Fig. 2 una vista de una instalación de energía eólica según la invención desde una perspectiva lateralmente desde detrás,

Fig. 3 la vista de una instalación de energía eólica desde el lado,

Fig. 4 – 8 vistas de una pala de rotor según la invención desde diferentes direcciones,

40 Fig. 9 una vista ampliada de una instalación de energía eólica según la invención,

Fig. 10 una vista de una pala de rotor según la invención,

Fig. 11-17 y 19 diferentes vistas de una instalación de energía eólica según la invención, y

Fig. 18 una sección transversal de una pala de rotor según la invención (en la zona cerca del buje).

45 El perfil de la pala de rotor descrito según el presente registro está configurado en especial en la zona de la pala de rotor que conecta con la conexión de la pala de rotor (para la conexión con el buje). El perfil descrito en el presente registro está configurado preferiblemente en el primer tercio de la pala de rotor, referido a la longitud total de la pala de rotor. La longitud total de una pala de rotor puede situarse en este caso en el rango de 10 m. a 70 m., según que potencia nominal deba tener la instalación de energía eólica. Entonces, por ejemplo, la potencia nominal de una instalación de energía eólica de la empresa Enercon del tipo E-112 (diámetro aproximado 112 m) es de 4,5 MW, la

potencia nominal de una instalación de energía eólica de la empresa Enercon del tipo E-30 es por el contrario de 300 kW.

Es especialmente característico para el perfil de la pala de rotor según la invención que el mayor espesor de perfil quede aproximadamente del 25% al 40%, preferentemente del 32% al 36% de la longitud de la cuerda de la pala de rotor. En la fig. 18 el mayor espesor de perfil es aproximadamente del 34,6% de la longitud de la cuerda de la pala de rotor. En la fig. 18 está inscrita una cuerda 1 que discurre del centro 2 del borde posterior de la pala de rotor 3 hasta el punto 4 frontal de la nariz de la pala de rotor 5. La posición de máximo espesor, es decir el lugar referido a la longitud de la pala donde está configurado el mayor espesor de perfil, es aproximadamente del 20% al 30% la longitud de la cuerda, preferiblemente del 23% al 28%, en el ejemplo representado del 25,9%. El mayor espesor se ha determinado perpendicularmente a la cuerda y la posición de máximo está referida a la nariz de pala de rotor.

Además, en la fig. 18 está inscrita una así denominada línea de curvatura media 7. Esta línea de curvatura media se desprende a partir de la mitad del espesor correspondiente de la pala de rotor 8 en un punto. Esta línea de curvatura media no discurre correspondientemente de forma rectilínea, sino siempre exactamente entre puntos opuestos en el lado de presión 9 de la pala de rotor 8 y el lado de aspiración 10 de la pala de rotor 10. La línea de curvatura media corta la cuerda en el borde posterior de la pala de rotor y en la nariz de la pala de rotor.

La posición de máximo arqueamiento en la sección transversal de una pala de rotor según la invención es de aproximadamente el 55% al 70% de la longitud de la cuerda, preferiblemente aproximadamente del 59% al 63%. En el ejemplo representado la posición de máximo arqueamiento es de aproximadamente el 61,9% de la longitud de la cuerda. El mayor arqueamiento es en este caso aproximadamente del 4% al 8% de la longitud de la cuerda, preferiblemente del 5% al 7% de la longitud de la cuerda. En el ejemplo representado, el arqueamiento es aproximadamente del 5,87% de la longitud de la cuerda.

Además, es especialmente obvio para el perfil de la pala de rotor según la invención que el lado de presión de la pala de rotor "corta" dos veces la cuerda, que entonces en esta zona el lado de presión del perfil está configurado de forma cóncava, mientras que en la zona del perfil frontal, el lado de presión está configurado de forma convexa. En la zona donde el lado de presión está configurado de forma convexa, éste está delimitado de forma casi rectilínea en la zona opuesta correspondiente en el lado de aspiración.

De todas formas se puede haber conocido configurar el lado de presión con una curvatura cóncava o proveer el lado de aspiración con una limitación rectilínea. Pero en especial la combinación de las dos medidas tiene una gran importancia para el perfil de una pala de rotor según la invención y es característico del perfil de la pala de rotor según la invención.

También el borde posterior de la pala de rotor del perfil representado es ostensiblemente grueso. No obstante, esto no es problemático referido a la producción de ruido en el borde posterior de la pala de rotor, ya que el perfil representado se sitúa en el tercio interior del círculo de rotor y allí la velocidad de la banda no es demasiado elevada.

Las coordenadas x-y del perfil representado en la figura están reproducidas en la tabla 1, y por consiguiente se describe exactamente el perfil de la pala de rotor según la invención.

Para la mejora de la forma aerodinámica de la pala de rotor, esta está configurada en la zona de raíz de la pala de rotor de modo que allí presenta su mayor anchura y por consiguiente la pala de rotor presenta una forma trapezoidal (en la vista) más o menos aproximada a la forma óptima aerodinámica. La pala de rotor está configurada preferiblemente en la zona de la raíz de la pala de rotor de modo que el borde de la raíz de la pala de rotor dirigido hacia la góndola de una instalación de energía eólica está adaptado al contorno exterior de la góndola en al menos una posición angular, por ejemplo, está adaptado de modo que entre la góndola y el borde de la raíz de la pala de rotor dirigido hacia la instalación de energía eólica y el contorno exterior de la góndola existe, en la posición de la pala de rotor en la posición de viento nominal, una distancia muy pequeña, por ejemplo, una distancia de 5 mm a 100 mm.

En una pala de rotor con las propiedades mencionadas anteriormente, se ha producido un aumento de la potencia significativamente más elevado, en parte, hasta el 10%. Mediante este aumento de potencia no predecible, una instalación de energía eólica alcanza con una velocidad del viento dada por debajo de la velocidad nominal una potencia más elevada. Además, alcanza antes que hasta ahora su potencia nominal. Correspondientemente las palas de rotor también se puede girar (cambiar ángulo de paso) antes y por consiguiente reducir la emisión de ruido, por un lado, y la carga mecánica de la instalación, por otro lado.

En este caso la invención se basa en el conocimiento de que la forma de la pala de rotor habitual actualmente se ensaya en el canal de viento con diferentes velocidades de viento, pero siempre con flujo de viento uniforme. Pero ya que el viento en la naturaleza sopla en casos muy extraños de forma uniforme en la superficie, sino que está sometido a una regularidad estocástica, en las palas de rotor conocidas se produce debido a las ráfagas de viento el desprendimiento de flujo justamente en la zona interior de la pala cerca del buje de rotor, donde la pala de rotor no está

configurada de forma óptima y limpia aerodinámicamente. Este desprendimiento del flujo continúa en la dirección de la zona exterior de la pala de rotor (borde de la pala de rotor) un tramo a lo largo de la pala de rotor. De este modo el flujo de la pala de rotor se puede separar de la pala de rotor en una zona en forma de vesícula y entonces conducen a pérdidas de potencia correspondientes. En la invención y al observar las situaciones de partida descritas anteriormente se puede obtener así un aumento de potencia considerable mediante una pala de rotor configurada limpia también en la zona interior de la pala de rotor.

Si ahora se usase un perfil estándar conocido en lugar del perfil determinado empíricamente, propuesto en el presente registro, para una configuración limpia aerodinámicamente de la pala de rotor sería necesario aproximadamente el doble de profundidad de perfil (esto se corresponde con la longitud del arco de la pala de rotor) en la zona inferior de la pala de rotor (zona cerca del buje). Pero el elevado espesor de perfil en la zona frontal es necesariamente mayor de 2 para una transferencia de carga y para la consecución de un valor de sustentación C_A .

Según se conoce del estado de la técnica, las palas de rotor se construyen actualmente en general de manera que presentan en la zona interior a ser posible un gran ahorro de material. El estado de la técnica ya mencionado según "Windkraftanlagen", Erich Hau, 1996, en las páginas 114 y 115, muestra ejemplos típicos de ello. Allí se puede ver que la mayor profundidad de perfil siempre se alcanza a una distancia consabida de la conexión de la pala de rotor, así en la zona próxima a la conexión de la pala de rotor, ahorrándose material según el estado de la técnica en estas palas de rotor. Pero si en la vista se usa una forma óptima aproximada a la forma trapezoidal, entonces la mayor anchura de una pala de rotor no está configurada aproximadamente a una distancia respecto de la conexión de la pala de rotor, sino justamente en la misma zona de la conexión de la pala de rotor. En la zona interior de la pala de rotor no se puede ahorrar mucho material.

La causa para el ahorro de material propuesto hasta ahora consiste en la consideración estática de las relaciones de flujo (según se ha descrito anteriormente) en el cálculo / desarrollo de las palas de rotor. Se añade que los programas de cálculo habituales para palas de rotor dividen la pala de rotor a intervalos individuales y se calcula en sí cada sección de la pala de rotor, a fin de derivar de ello la valoración para toda la pala de rotor.

La realidad parece no obstante otra. Por un lado el viento no sopla uniformemente y estáticamente dentro de una zona superficial determinada, sino que muestra claramente un comportamiento estocástico, por otro lado, debido a la baja velocidad periférica de la pala de rotor en la zona interior (así en la zona próxima al buje del rotor) es notable la influencia de la velocidad del viento y por consiguiente se modifica el ángulo de incidencia en esta zona con una elevada dependencia de la velocidad del viento instantánea. Debido a ello con frecuencia se produce correspondientemente el desprendimiento del flujo de la pala de rotor también en la zona interior de la pala de rotor.

En un caso semejante es efectiva una histéresis. El flujo no se aplica de nuevo igual sobre la pala de rotor al aparecer nuevamente la velocidad de viento anterior, por ejemplo, después de que ha pasado una ráfaga de viento. Mejor dicho la velocidad del viento debe bajar aun más en primer lugar (el ángulo de incidencia se debe modificar así aun más), hasta que el flujo se aplica de nuevo sobre la superficie de la pala de rotor. Pero si no baja aun más la velocidad del viento, entonces puede ser que durante un intervalo de tiempo mayor se ejerza una fuerza relevante sobre la pala a pesar del viento circulante, ya que el flujo todavía no se ha aplicado sobre la superficie de la pala de rotor.

Mediante la realización según la invención de la pala de rotor se reduce claramente el peligro del desprendimiento de flujo. Este peligro de desprendimiento se reduce igualmente mediante el perfil relativamente grueso. El considerable aumento de la potencia también se puede aclarar adecuadamente porque debido al efecto de histéresis se mantiene la reducción de potencia durante un intervalo de tiempo considerable (para las palas de rotor según el estado de la técnica) en caso de un desprendimiento acaecido del flujo.

Otra parte del aumento de potencia se puede aclarar porque también el viento usa el camino de la menor resistencia. Si entonces la pala de rotor es muy delgada en la zona interior próxima al buje (gran ahorro de material) esto equivale a una "fuga" en la superficie desarrollada del círculo de rotor, a través de la que fluye preferiblemente el aire. También aquí se puede reconocer por ello una debilidad de los programas de cálculo habituales que siempre parten de una distribución uniforme sobre la superficie barrida del rotor.

Si se "cierra" ahora esta "fuga" por la configuración trapezoidal de la pala de rotor en la zona próxima al buje, se ajustará una mejor distribución del flujo de aire a través de toda la superficie circular y por consiguiente también se aumenta todavía algo el efecto sobre la zona exterior de la pala de rotor. Por ello el "cierre" de esta "fuga" contribuye al mayor suministro de potencia de la pala de rotor según la invención.

Aquí está otro punto débil de los programas de cálculo habituales, ya que éstos también consideran la sección de la pala de rotor inmediatamente adyacente a la "fuga" como sección de la pala de paso perfectamente válida, que no puede ser debido a las relaciones de flujo especiales (frecuentes desprendimientos del flujo y un reajuste posterior de las relaciones de flujo previstas).

Las fig. 11 a 17 muestran la vista de una instalación de energía eólica según la invención desde delante o desde el lado. En este caso se puede reconocer como las tres palas de rotor se transforman casi sin ruptura en la zona próxima al buje en la configuración exterior de la góndola. No obstante, esto sólo es válido para la posición de las palas de rotor en tanto que estas se encuentran en la posición de viento nominal.

5 Si luego el viento aumenta aun más sobre la velocidad nominal, las palas del rotor se sacan lentamente del viento, según es habitual, mediante cambio de ángulo (regulación de ángulo de paso), y la fig. 15 muestra que luego hay por ello una mayor distancia entre el borde inferior de la pala de rotor en la zona interior y la góndola. Pero la fig. 4 muestra también que en el lado exterior de la góndola está configurada una estructura que en su sección transversal se corresponde ampliamente al perfil de la pala de rotor en la zona próxima al buje, y en la posición de la pala de rotor con un ángulo de incidencia en caso de velocidad nominal se sitúa directamente por debajo de la pala de rotor, de modo que sólo está configurada una pequeña hendidura entre la estructura y la pala de rotor en la zona próxima al buje.

Por lo tanto el contorno exterior de la góndola también contiene una parte de la pala de rotor que no es componente integral de la pala de rotor.

15 En el perfil de la pala de rotor representado en la fig. 18, el radio de nariz es de aproximadamente 0,146 de la profundidad de perfil.

Según se puede reconocer en la fig. 18, en el lado de aspiración está configurada una zona casi rectilínea más larga. Ésta se puede describir, por ejemplo, como sigue: en la zona del 38% al 100% de la profundidad de perfil, el radio es de 1,19 x la longitud de la profundidad de perfil. En la zona del 40% al 85% de la profundidad de perfil (véase la fig. 18), el radio es aproximadamente 2,44 multiplicado por la profundidad de perfil. En la zona del 42% al 45% de la profundidad de perfil, el radio es de aproximadamente 5,56 de la profundidad de perfil.

En la zona del 36% al 100% de la profundidad de perfil, la máxima desviación de la recta ideal es de aproximadamente 0,012 de la longitud del perfil. Este valor es el valor determinante ya que el radio de curvatura varía y el mayor radio de curvatura ya se indica en las zonas correspondientes.

25 En el ejemplo representado, la longitud del lado de aspiración es de aproximadamente 1,124 de la longitud de la profundidad de perfil, la longitud del lado de presión es de 1,112 de la longitud de la profundidad de perfil. Esto significa que el lado de aspiración sólo es insignificamente más largo que el lado de aspiración. Por ello es muy ventajoso que la relación de la longitud del lado de aspiración respecto a la longitud del lado de aspiración sea menor de 1,2, preferiblemente menor de 1,1 o se sitúe en un rango de valores entre 1 y 1,03.

30 De las figuras representadas se puede reconocer que la pala de rotor presenta su mayor profundidad de perfil directamente en el morro de rotor, es decir, en el lado exterior de la góndola de la instalación de energía eólica. Por ejemplo, en el caso de una instalación de energía eólica con un diámetro de rotor de 30 m, la profundidad de perfil en el morro de rotor puede ser de aproximadamente 1,8 a 1,9, preferiblemente 1,84 m. Si el morro de rotor presenta luego por ejemplo un diámetro de 3,2 m, entonces la relación de la profundidad de perfil de la pala de rotor en el morro de rotor respecto al diámetro del morro de rotor es de aproximadamente 0,575. Por ello es muy ventajoso si la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro de morro de rotor es mayor de un valor de 0,4 o se sitúa en un rango de valores entre 0,5 y 1. En este caso se puede adoptar cada valor del rango de valores mencionado anteriormente. En el ejemplo mencionado anteriormente la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro de rotor es de aproximadamente 0,061. Está en la mano que por ello la "fuga" resulta lo más pequeña posible cuando la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro de rotor es mayor que un valor de 0,05 a 0,01, habiendo resultado ser extraordinariamente favorable el valor a modo de ejemplo, en lo que respecta a la capacidad productiva de la pala de rotor.

40 Otro ejemplo es una pala de rotor con la sección transversal del perfil representada en la fig. 18 en el primer tercio, siendo la profundidad de perfil en el morro de rotor aproximadamente de 4,35 m, siendo el diámetro del morro de rotor de 5,4 m y siendo el diámetro de rotor en total 71 m. Luego el valor de la profundidad de perfil para el diámetro de morro de rotor se sitúa en 0,806 y la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro de rotor se sitúa de nuevo en el 0,061. Los valores mencionados anteriormente se refieren en un rotor de tres palas con regulación del ángulo de paso.

50 Según se describe, en la pala de rotor según la invención el lugar más ancho (el lugar con la mayor profundidad de perfil) de la pala de rotor puede estar configurado directamente en la zona de la conexión de pala. La conexión de pala es la zona en la que la pala de rotor se conecta (une, atornilla, etc.) con el buje de la instalación de energía eólica. Además, el borde inferior de la pala de rotor, es decir, el borde que está dirigido hacia la góndola de la instalación de energía eólica, sigue ampliamente o está adaptado al contorno exterior de la góndola en la dirección longitudinal. Por consiguiente aquí una pala de rotor se sitúa, cuando se sitúa en la posición de bandera (prácticamente sin superficie orientada hacia el viento), en paralelo al borde inferior dirigido a la góndola y la distancia entre el borde inferior y el contorno exterior de la góndola es mínima, preferentemente menor de 50 cm o todavía mejor menor de 20 cm.

Si ahora está pala de rotor se pone en el viento, entonces se tiene una gran superficie máxima también en la zona muy próxima de la pala de rotor (la fuga es muy pequeña). El documento opuesto mencionado anteriormente de Erich Hau muestra que la pala de rotor disminuye en general en la zona próxima al buje en el estado de la técnica (las palas de rotor son allí menos anchas que en su punto más ancho) y a la inversa, en la pala de rotor según la invención, el punto más ancho es justo en la zona próxima al buje de modo que también se puede beneficiar allí lo más posible el potencial del viento.

De forma conocida justo en palas de rotor muy grandes se produce en la zona próxima al buje una anchura de la pala de rotor muy grande. Para que todavía sea posible un transporte de tales palas de rotor (la anchura de la pala de rotor en la zona próxima al buje puede ser por ello de 5 m hasta 8 m en el caso de grandes palas de rotor, es decir, palas de rotor que tienen una longitud mayor de 30 m), la pala de rotor puede estar configurada en dos partes, estando separadas las dos partes durante el transporte y ensamblándose después del transporte. Para ello ambas partes de la instalación se conecta entre sí en la instalación de energía eólica, por ejemplo, a través de conexiones por tornillo y conexiones no separables (pegado). Esto no es en particular un problema en grandes palas de rotor ya que las palas de rotor son accesibles también desde dentro para el ensamblaje debido a su tamaño, de modo que desde fuera parece una pala de rotor unitaria y apenas o no se pueden ver las líneas de separación en las piezas ensambladas.

Con el diseño de la pala de rotor según la invención se puede aumentar claramente, según muestran las primeras mediciones, el rendimiento respecto a las palas de rotor actuales.

Según se puede ver de las fig. 2 a 17, en una instalación de energía eólica 1 según la invención las palas de rotor están configuradas de modo que presentan su mayor profundidad de perfil en la zona próxima al buje y además, las palas de rotor a lo largo de todo su perfil en la zona próxima al buje se aproximan muy cerca del carenaje de la góndola (morro de rotor) del cuarto de máquinas de la instalación de energía eólica. Por consiguiente se produce una distancia muy pequeña respecto al carenaje de la góndola, al menos para la posición en la que la pala de rotor ocupa un ángulo que se adopta con velocidades de viento hasta el rango de viento nominal. Mientras que en la representación, como por ejemplo según la fig. 1, 2 y 3, las palas de rotor se aproximan muy cerca del carenaje exterior de la góndola también con su parte de perfil posterior, en una configuración alternativa, según está representado por ejemplo en las fig. 11 a 17, el carenaje exterior de la góndola está provisto de una misma parte de pala de rotor 30, no obstante, que por si misma no es componente integral de toda la pala de rotor. Entonces se puede reconocer adecuadamente en particular en las fig. 15 y 17 que la parte de la pala de rotor configurada en el lado exterior de la góndola está fijada allí y está dispuesta con un ángulo que se corresponde con la posición angular de una pala de rotor hasta la velocidad de viento nominal, de modo que al menos con velocidades de viento hasta el viento nominal existe una hendidura mínima entre el borde inferior de la pala de rotor, también en la zona posterior de la profundidad de perfil, y la góndola.

También en la fig. 19 se puede reconocer adecuadamente que mediante la realización según la invención de las palas de rotor sólo existe en el centro del rotor una pequeña "fuga" para el viento.

La fig. 18 muestra la sección transversal de una pala de rotor según la invención conforme a la línea A-A en la fig. 17, es decir el perfil de la pala de rotor en la zona próxima al buje.

La fig. 17 contiene también una indicación de lo que se debe entender bajo el diámetro D del morro de rotor.

El diámetro de rotor se describe por el diámetro de la superficie barrida que se cubre por el rotor durante la rotación.

Según se puede reconocer en la fig. 15 y otras figuras, la parte 30 de la pala de rotor, que no es componente integral de la pala de rotor rotativa, es componente integral del carenaje exterior de la góndola. La parte correspondiente puede estar atornillada en la góndola o también puede estar conectada o pegada en una pieza con la góndola.

Tabla 1

Coordenadas x-y

	x	y	x	y
	1.000000	0.013442	0.000197	-0.007376
45	0.963794	0.020294	-0.000703	-0.013612
	0.958357	0.030412	0.001550	-0.019816
	0.930883	0.040357	0.002704	-0.025999
	0.899462	0.050865	0.004080	-0.032162
	0.863452	0.062358	0.005649	-0.038281
50	0.823890	0.074531	0.007477	-0.044319
	0.781816	0.086987	0.009839	-0.050245
	0.737837	0.099513	0.012124	-0.056078
	0.692331	0.111993	0.014883	-0.061829

ES 2 432 245 T3

	0.645363	0.124434	0.017905	-0.067491
	0.597614	0.136709	0.021204	-0.073045
	0.549483	0.148731	0.024779	-0.078445
	0.503007	0.160228	0.028618	-0.083809
5	0.461036	0.170758	0.032721	-0.069004
	0.425769	0.179639	0.037087	-0.094062
	x	y	x	y
	0.397598	0.186588	0.041711	-0.098973
	0.374996	0.191889	0.046594	-0.103723
10	0.356186	0.195840	0.051740	-0.108301
	0.339750	0.198668	0.057150	-0.112695
	0.324740	0.200524	0.062824	-0.116897
	0.310542	0.201512	0.068769	-0.120893
	0.296731	0.201704	0.074991	-0.124669
15	0.282999	0.201174	0.081500	-0.128219
	0.269154	0.200007	0.088310	-0.131521
	0.255115	0.198267	0.095450	-0.134551
	0.240876	0.195985	0.102955	-0.137294
	0.226479	0.193165	0.110872	-0.139735
20	0.212006	0.189892	0.119262	-0.141872
	0.197571'	0.186146	-0.128192	-0.143724
	0.183315	0.181995	0.137734	-0.145316
	0.169384	0.177505	0.147962	-0.146687
	0.155924	0.172745	0.158934	-0.147800
25	0.143051	0.167780	0.170663	-0.14A727
	0.130850	0.162675	0.183106	-0.149431
	0.119369	0.157478	0.196155	-0.149877
	0.108625	0.152229	0.209657	-0.150001
	0.098610	0.148953	0.223475	-0.149715
30	0.089297	0.141664	0.237539	-0.148932
	0.080653	0.136362	0.251855	-0.147579
	0.072636	0.131036	0.266497	-0.145597
	0.065201	0.125879	-0.281578	-0.142949
	0.058312	0.120269	0.297208	-0.139628
35	0.051931	0.114788	0.313400	-0.135651
	0.046015	0.109229	0.330086	-0.131016
	0.040531	0.103598	0.347173	-0.125692
	0.035457	0.097893	0.364627	-0.119588
	0.030772	0.092113	0.382602	-0.112537
40	0.026461	0.086262	0.401480	-0.104293
	0.022520	0.060332	0.421912	-0.094548.
	0.016937	0.074321	0.444568	-0.083182
	0.015688	0.068240	0.468376	-0.071217
	0.012771	0.062095	0.491608	-0.060017
45	0.010196	0.055878	0.514034	-0.049898
	0.007926	0.049601	0.535806	-0.040854
	0.005911	0.043298	0.557225	-0.032760
	0.004164	0.036969	0.578580	-0.025495
	0.002755	0.030661	0.800131	0.016956
50	0.001709	0.024300	0.622095	-0.013059
	0.000953	0.017915	0.644620	-0.007755
	0.000415	0.011534	0.687811	-0.003015
	0.000088	0.005186	0.691690	0.001179
	0.000000	0,000000	0.718104	0.004827
55			0.740707	0.007908
			0.764985	0.010392
			0.788448	0.012238
			0.810817	0.013425
			0.832004	0.013957
60			0.852100	0.013834
			0.871284	0.013058
			0.889797	0.011606

ES 2 432 245 T3

5

0.907926	.009441
0.925997	0.008502
0.944381	0.002701
0.963552	-0.002134
0.984409	-0.008335
1.000000	-0.013442

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Instalación de energía eólica, en la que la instalación de energía eólica presenta un rotor que incorpora al menos una pala de rotor la cual presenta su mayor profundidad de perfil en la zona del buje de la pala de rotor, en la que la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro del rotor adopta un valor que se sitúa en el rango de aproximadamente 0,04 a 0,1, preferiblemente aproximadamente un valor de 0,055 a 0,7, por ejemplo 0,061.
- 10 2.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 1, con un cuarto de máquinas que recibe un generador y un rotor conectado con el generador, en la que el rotor contiene al menos dos palas de rotor, en la que el rotor presenta un buje que esté provisto de un carenaje, morro de rotor, en la que la relación de la profundidad de perfil de una pala de rotor respecto al diámetro del morro de rotor presenta un valor que es mayor de 0,4 y se sitúa preferiblemente en un rango de valores entre 0,5 y 1.
- 15 3.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, con un rotor que presenta preferiblemente más de una pala de rotor, en la que la pala de rotor presenta forma trapezoidal más o menos aproximada a la forma óptima aerodinámica, y la pala de rotor presenta su mayor anchura en la zona de raíz de la pala de rotor y el borde de la raíz de la pala de rotor dirigido hacia la góndola de la instalación de energía eólica está configurado de modo que el desarrollo del borde está adaptado esencialmente al contorno exterior de la góndola en la dirección longitudinal.
- 20 4.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 3, **caracterizada porque** el borde inferior de la pala de rotor dirigido hacia la góndola, en la zona de raíz, se sitúa casi en paralelo al contorno exterior de la góndola durante la rotación de la pala de rotor a la posición de bandera.
- 5.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 4, **caracterizada porque** la distancia entre el borde inferior de la pala de rotor dirigido hacia la góndola y el contorno exterior de la góndola en la posición de bandera es menor de 50 cm, preferentemente menor de 20 cm.
- 25 6.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** la pala de rotor está inclinada en la zona de raíz fuera del plano de pala principal.
- 7.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** la pala de rotor está configurada en dos partes en la zona de raíz, estando configurada una línea separadora orientada en la dirección longitudinal de la pala de rotor, **porque** las dos partes de la pala de rotor se ensamblan poco antes de la instalación de la pala de rotor en la instalación de energía eólica, y **porque** las partes de la pala de rotor están separadas durante el transporte de la pala de rotor.
- 30 8.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada porque** la instalación de energía eólica presenta al menos una pala de rotor, que está caracterizada por un lado de aspiración y un lado de presión, siendo la relación de la longitud del lado de aspiración respecto a la longitud del lado de presión menor que un valor de 1,2, siendo preferiblemente menor de 1,1 y situándose en particular en un rango de valor entre 1 y 1,03.
- 35 9.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, con una pala de rotor, en la que la pala de rotor presenta una posición de máximo espesor aproximadamente en el rango del 15% al 40%, preferiblemente en el rango aproximadamente del 23% al 28%, y en la que el mayor espesor de perfil es aproximadamente del 20% al 45%, preferiblemente aproximadamente del 32% al 36%, en la que la sección transversal de la pala de rotor se describe por una línea de curvatura media, cuyo mayor arqueamiento se sitúa en un rango del 50% al 70%, preferiblemente aproximadamente en el rango del 60% al 65%, y en la que la mayor curvatura mide aproximadamente del 3% al 10%, preferiblemente aproximadamente del 4% al 7%.
- 40 10.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 9, **caracterizada porque** esta sección transversal está configurada preferiblemente en el tercio inferior de la pala de rotor que se conecta con la conexión de la pala de rotor.
- 45 11.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones preferentes, **caracterizada porque** la pala de rotor presenta un lado de presión y un lado de aspiración, presentando el lado de presión una parte con una curvatura cóncava y **porque** en el lado de aspiración está configurada una sección casi rectilínea.
- 12.- Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, con al menos una pala de rotor que está montada en el buje de rotor, así como un carenaje del buje, **caracterizada porque** en el lado exterior del carenaje del buje está configurada una parte de la al menos una pala de rotor, que está conectada de forma fija con el carenaje del buje, pero no es componente integral de la pala de rotor de la instalación de energía eólica.
- 50 13.- Instalación de energía eólica 12, **caracterizada porque** el perfil de la parte de la pala de rotor, que está configurado en el carenaje del buje, se corresponde esencialmente con el perfil de la pala de rotor en la zona próxima al buje.

14.- Instalación de energía eólica según la reivindicación 13, **caracterizada porque** la parte de la pala de rotor, que está realizada en el carenaje del buje, está fijada y está orientada esencialmente de modo que, en caso de una posición de la pala de rotor correspondiente a una velocidad de viento nominal por debajo de la velocidad de viento nominal, se sitúa directamente por debajo de la zona próxima al buje de la pala de rotor de la instalación de energía eólica.

5

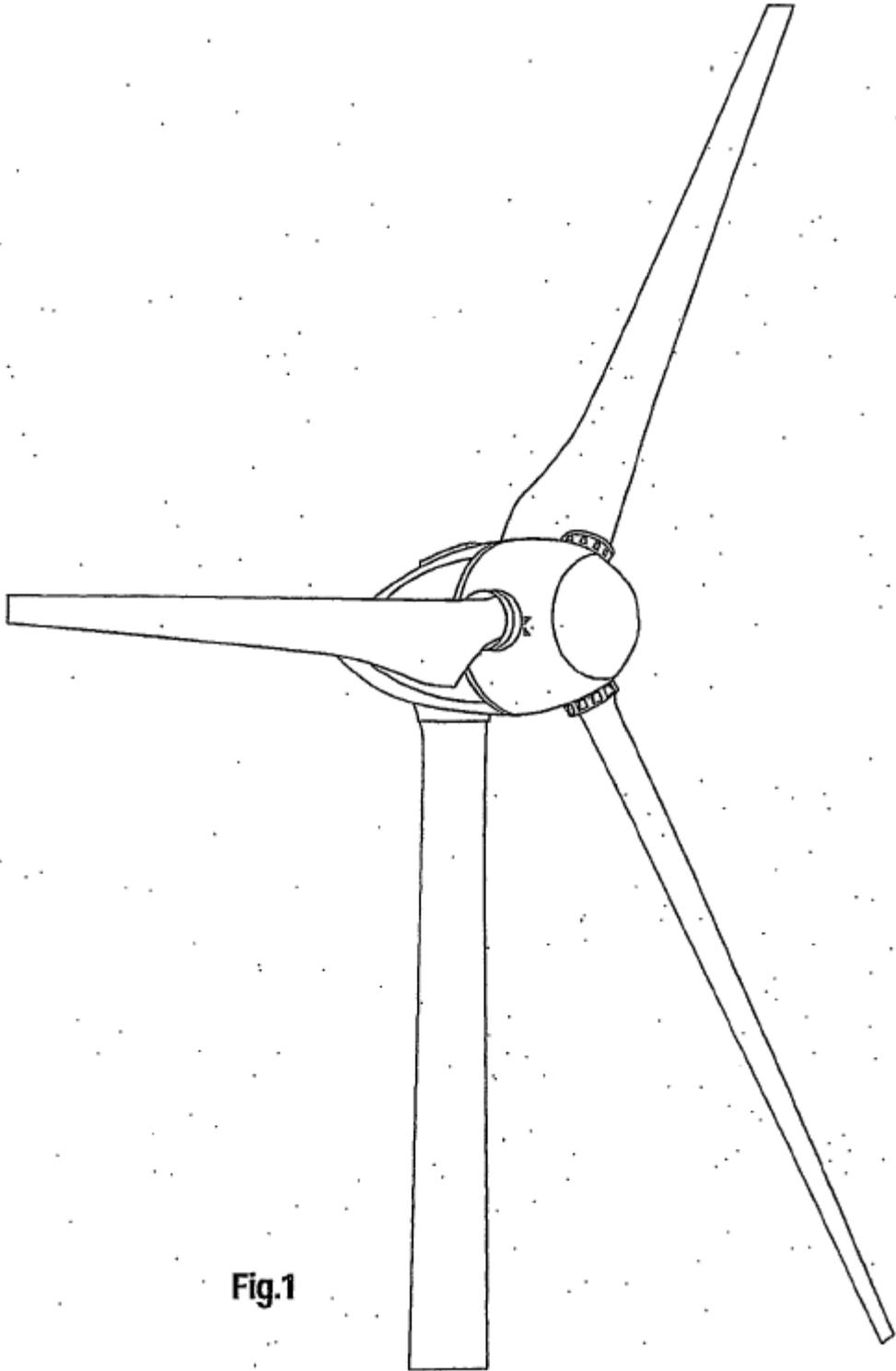


Fig.1

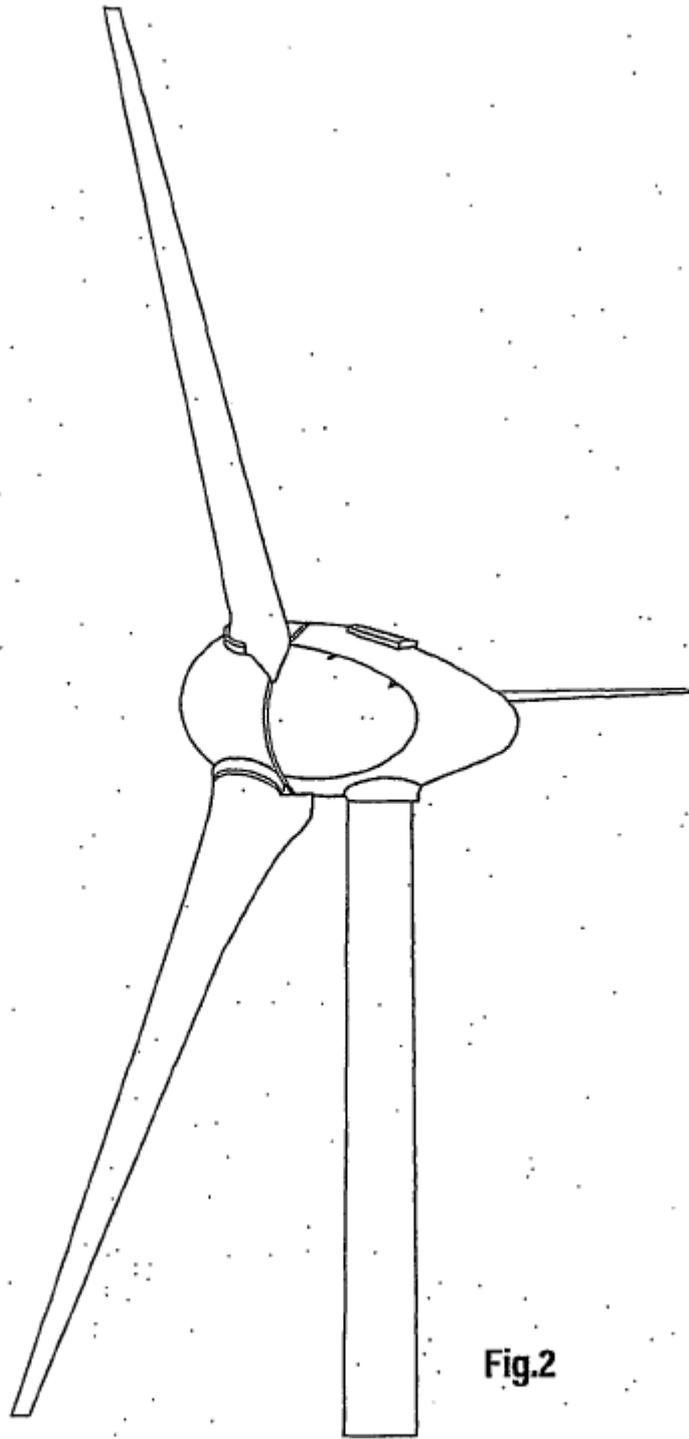


Fig.2

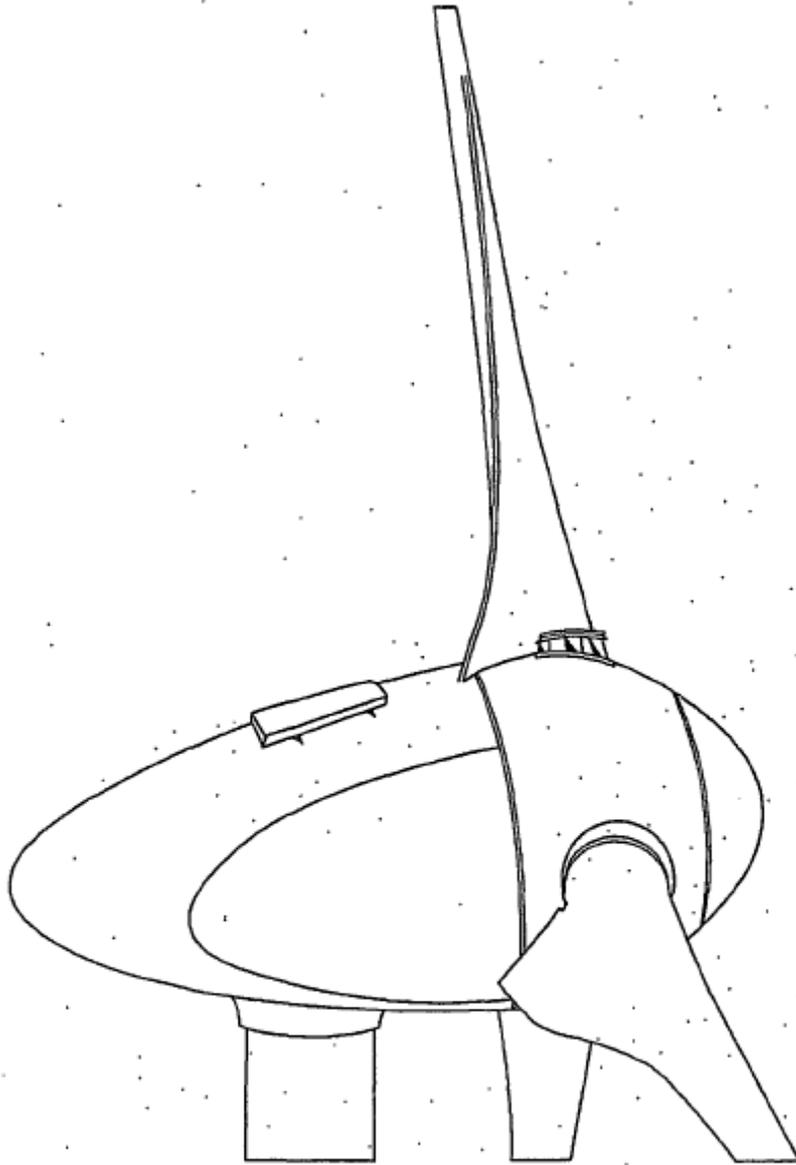


Fig.3



Fig.4

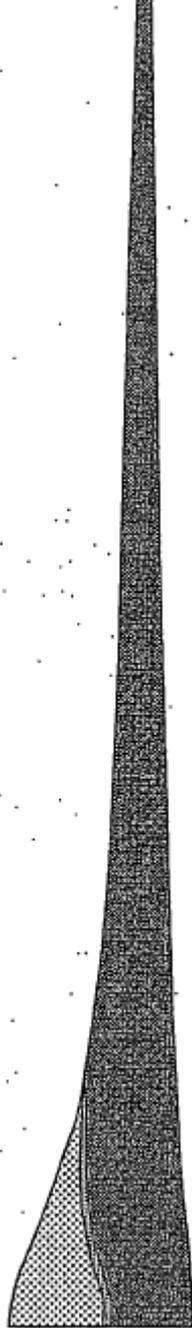


Fig.5

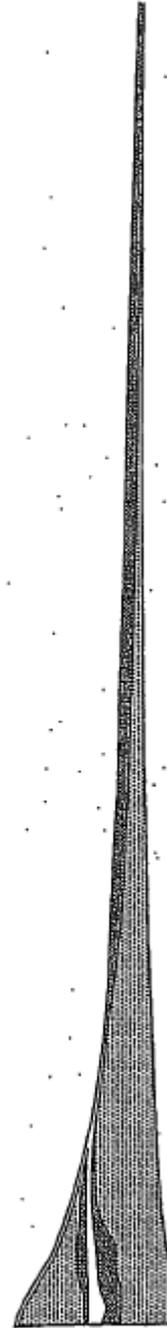


Fig.6

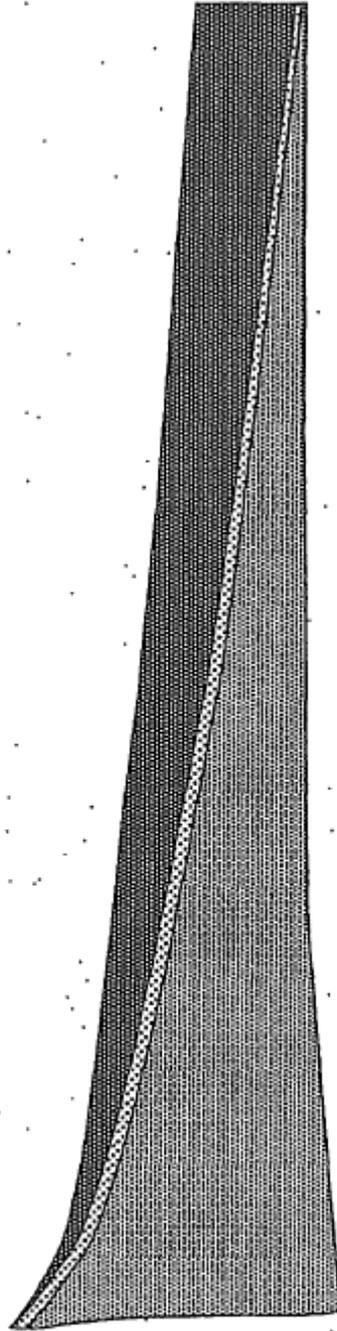


Fig.7

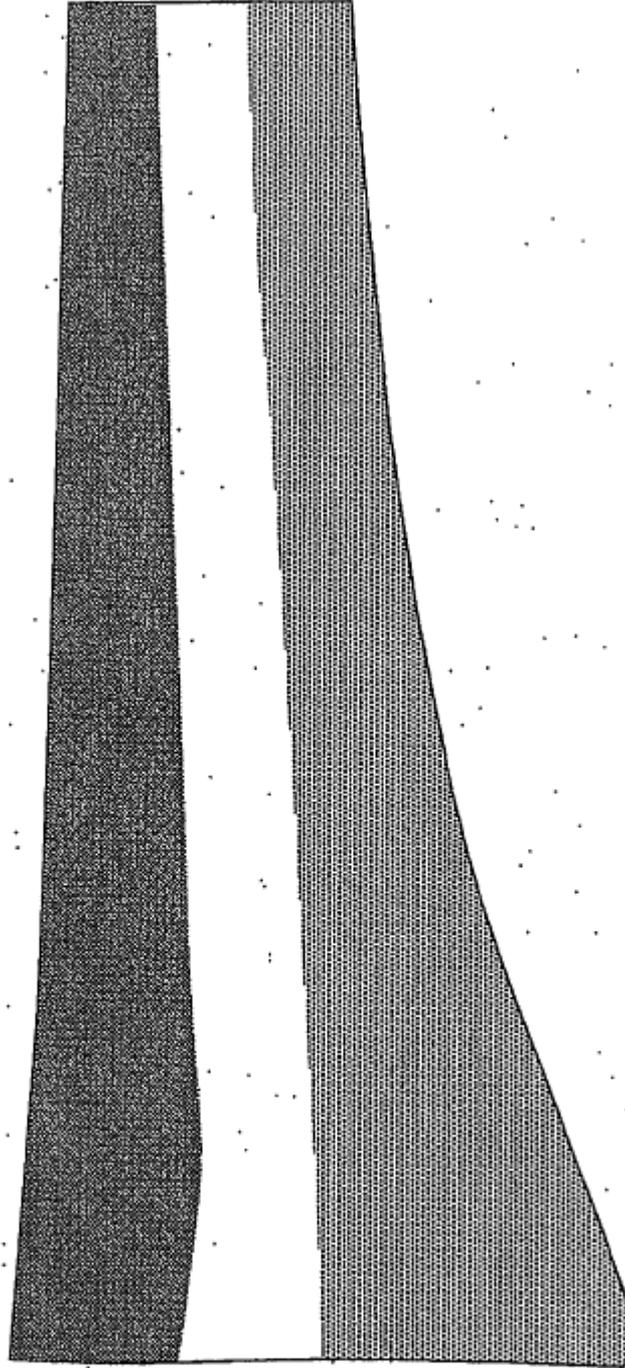


Fig.8

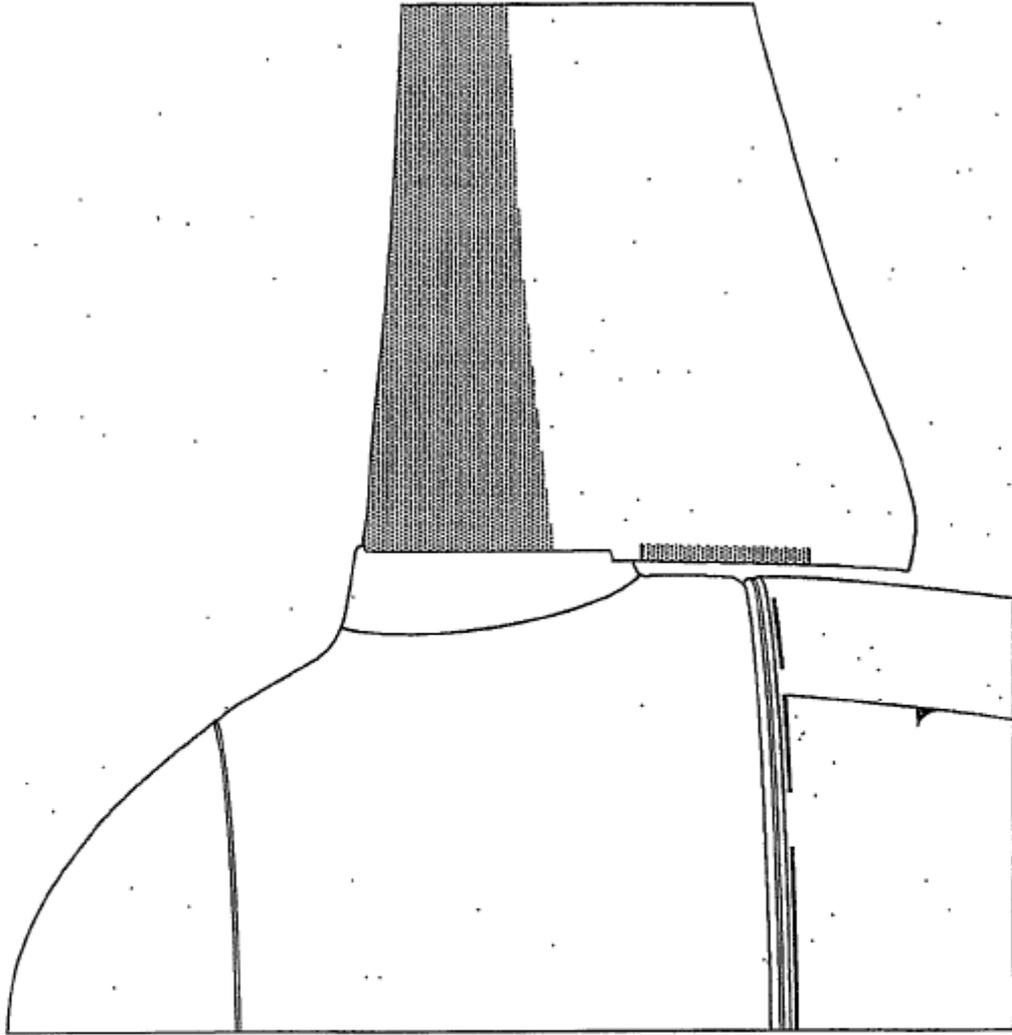


Fig.9

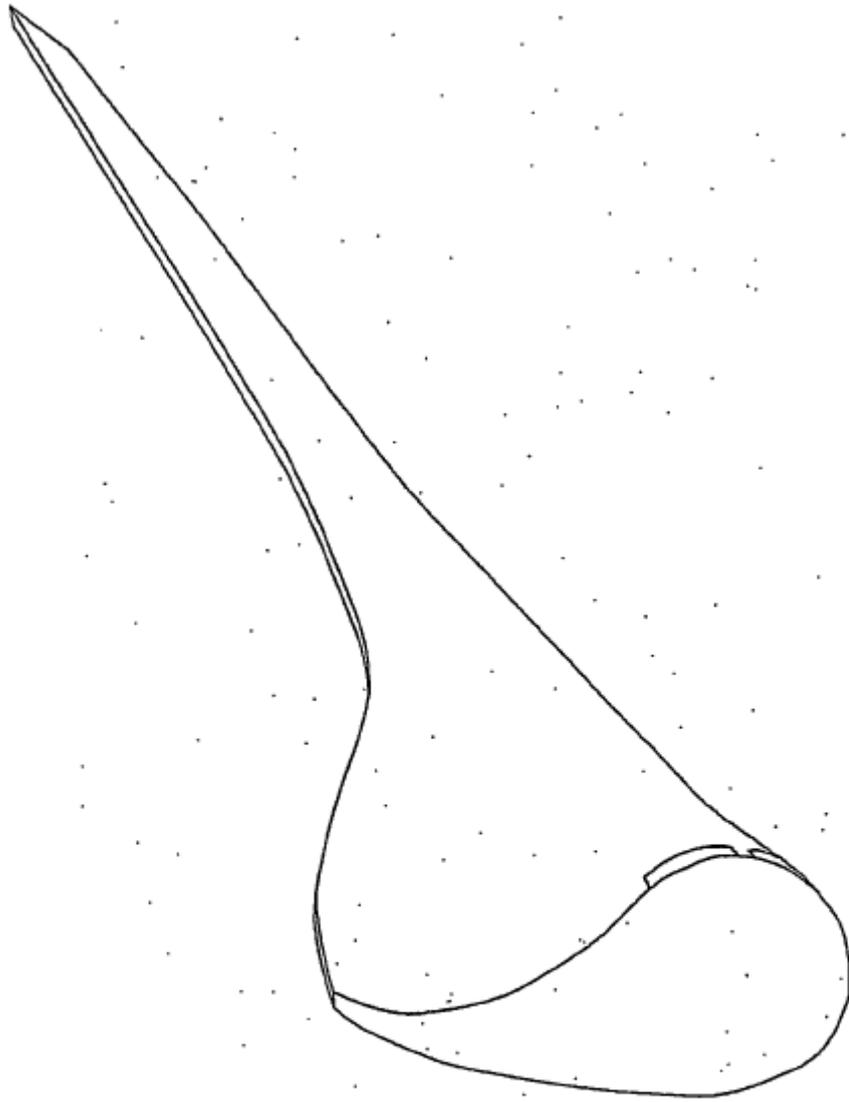


Fig.10

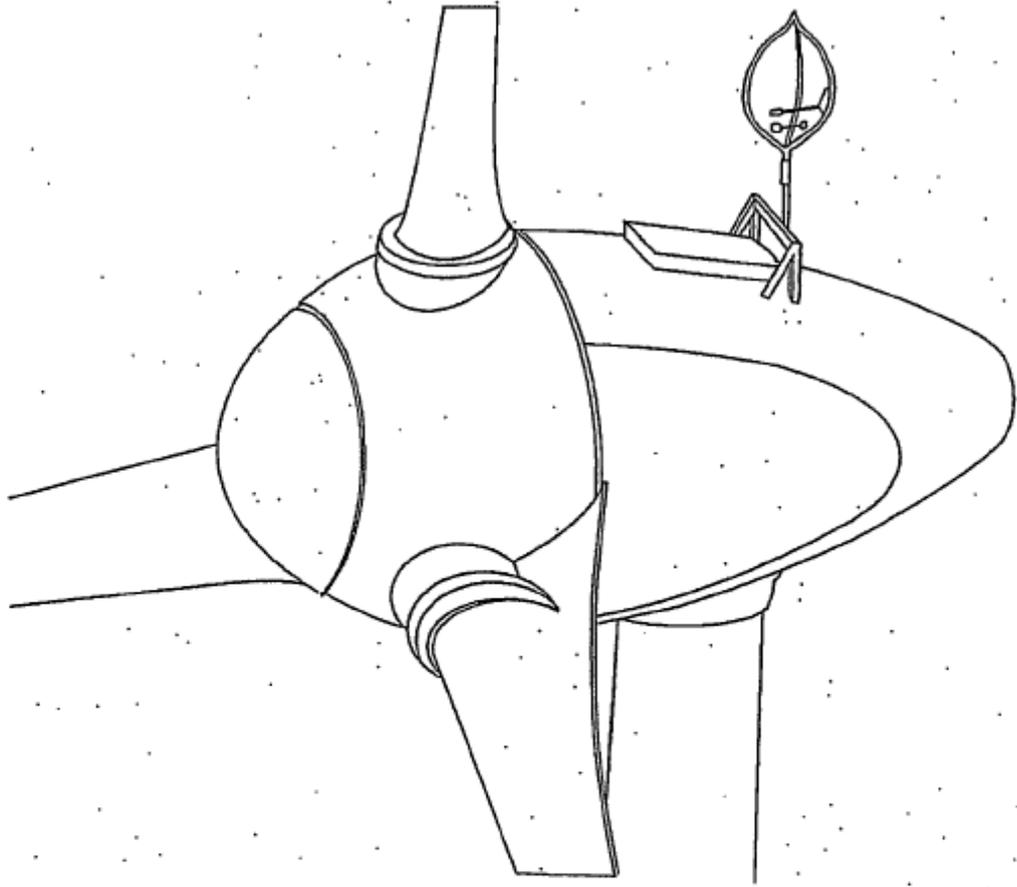


Fig.11

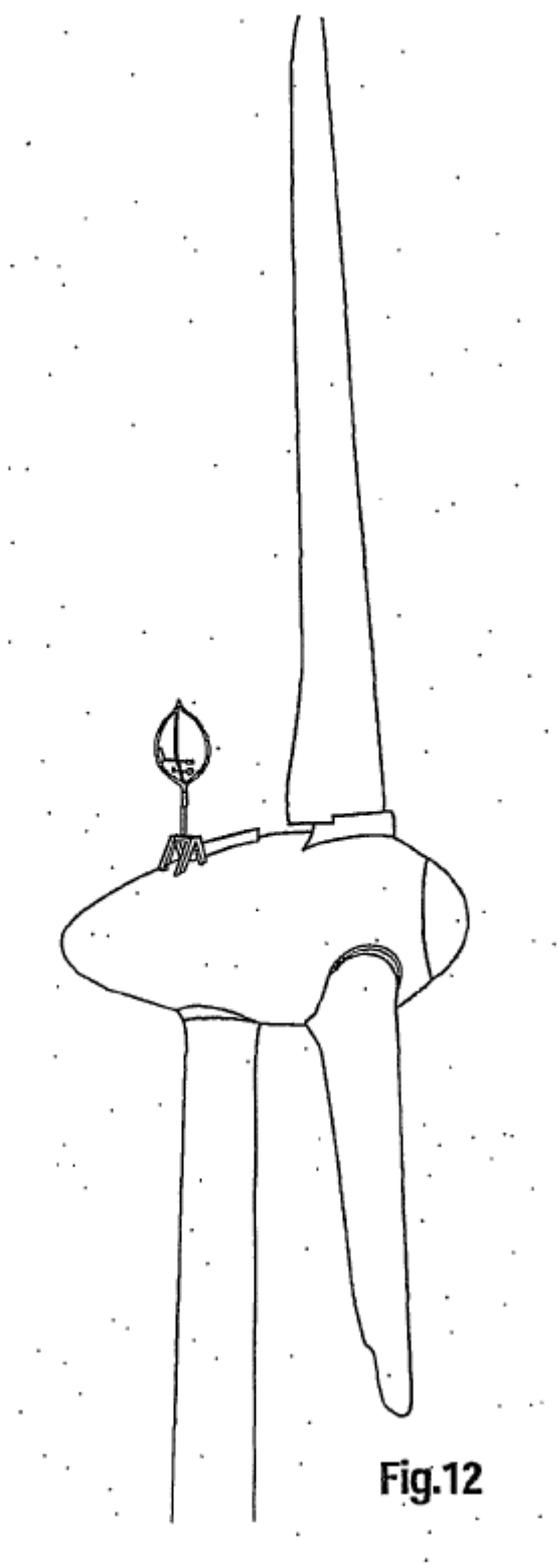


Fig.12

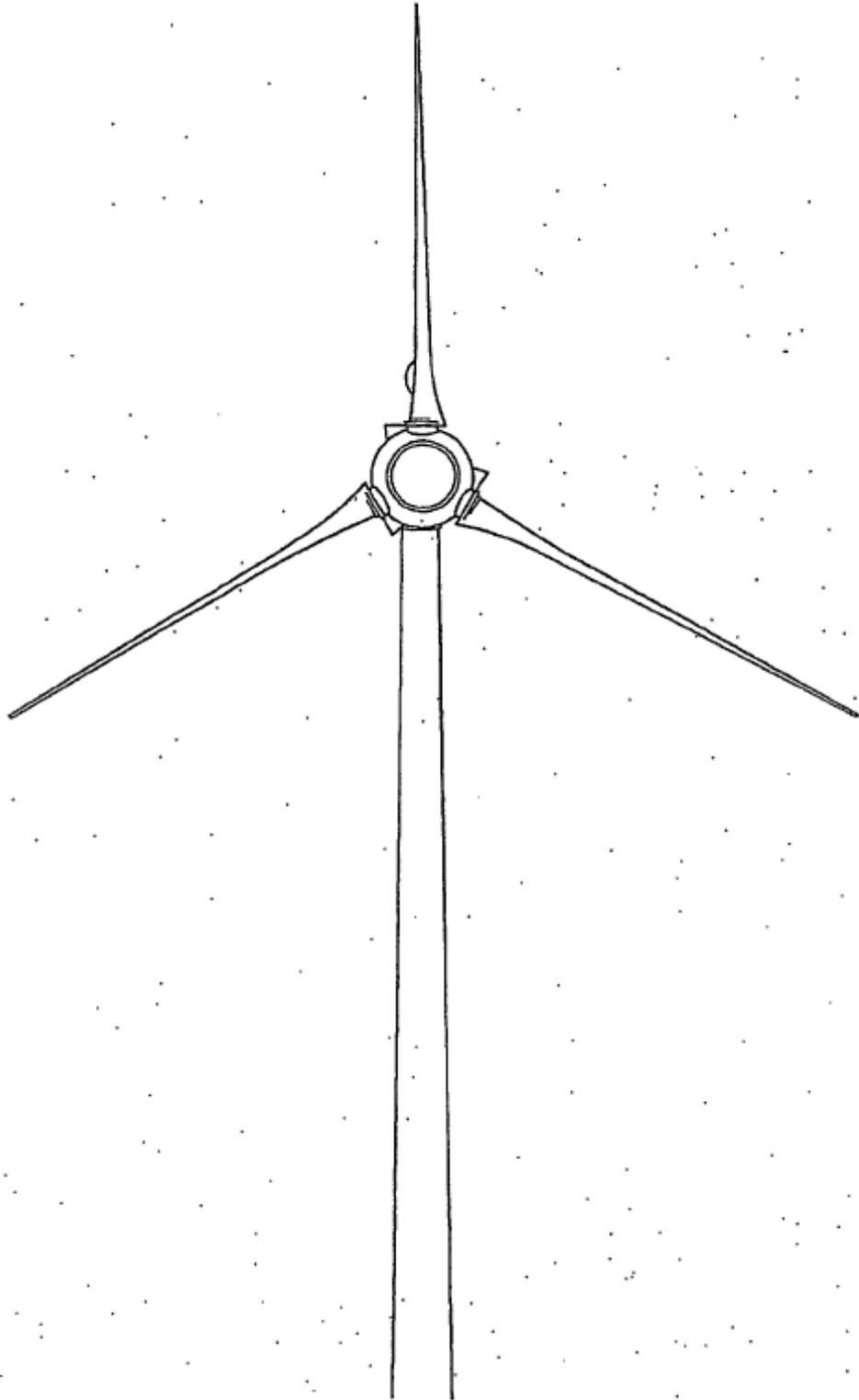


Fig.13

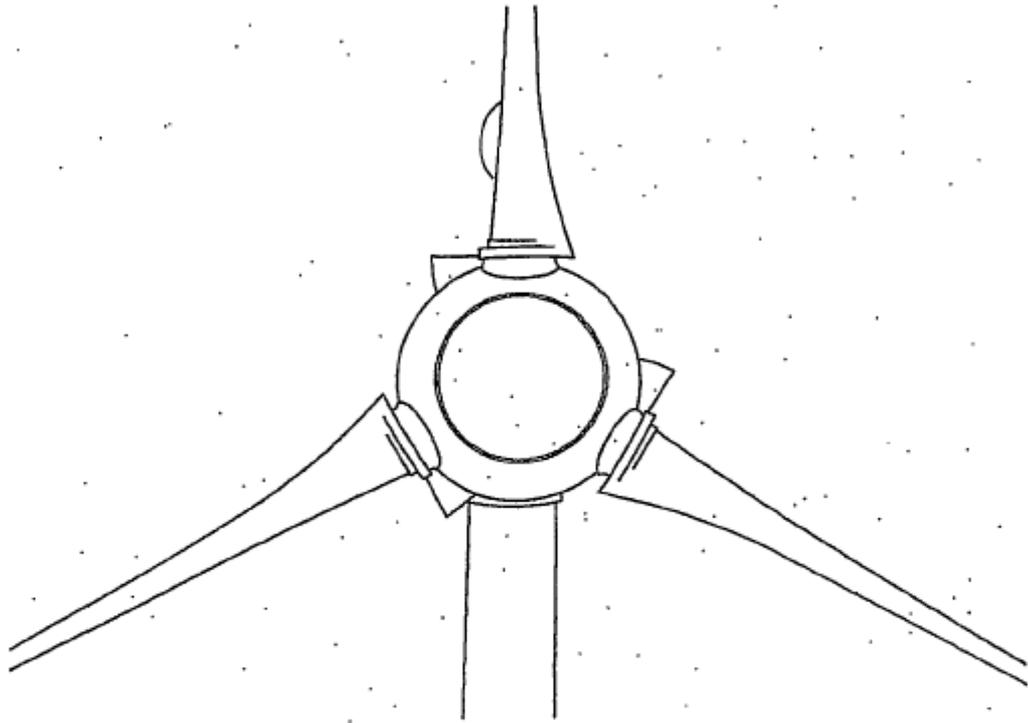


Fig.14

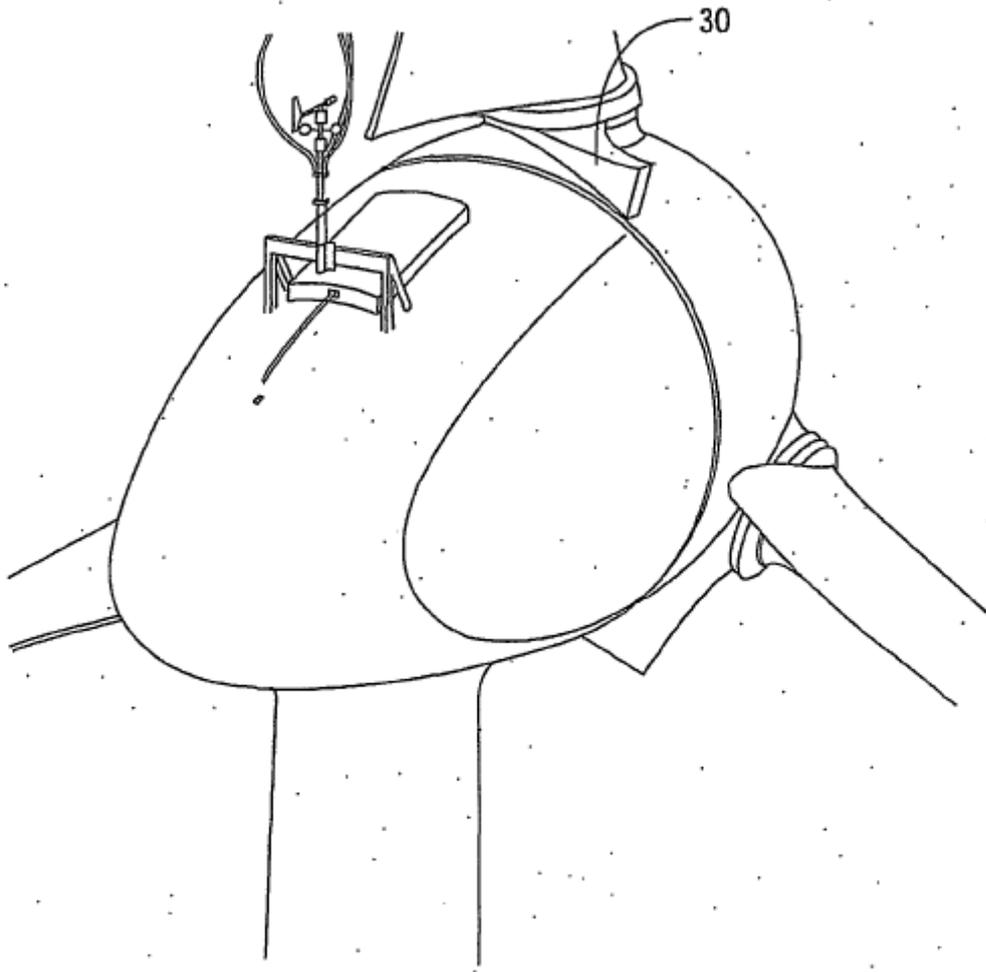


Fig.15

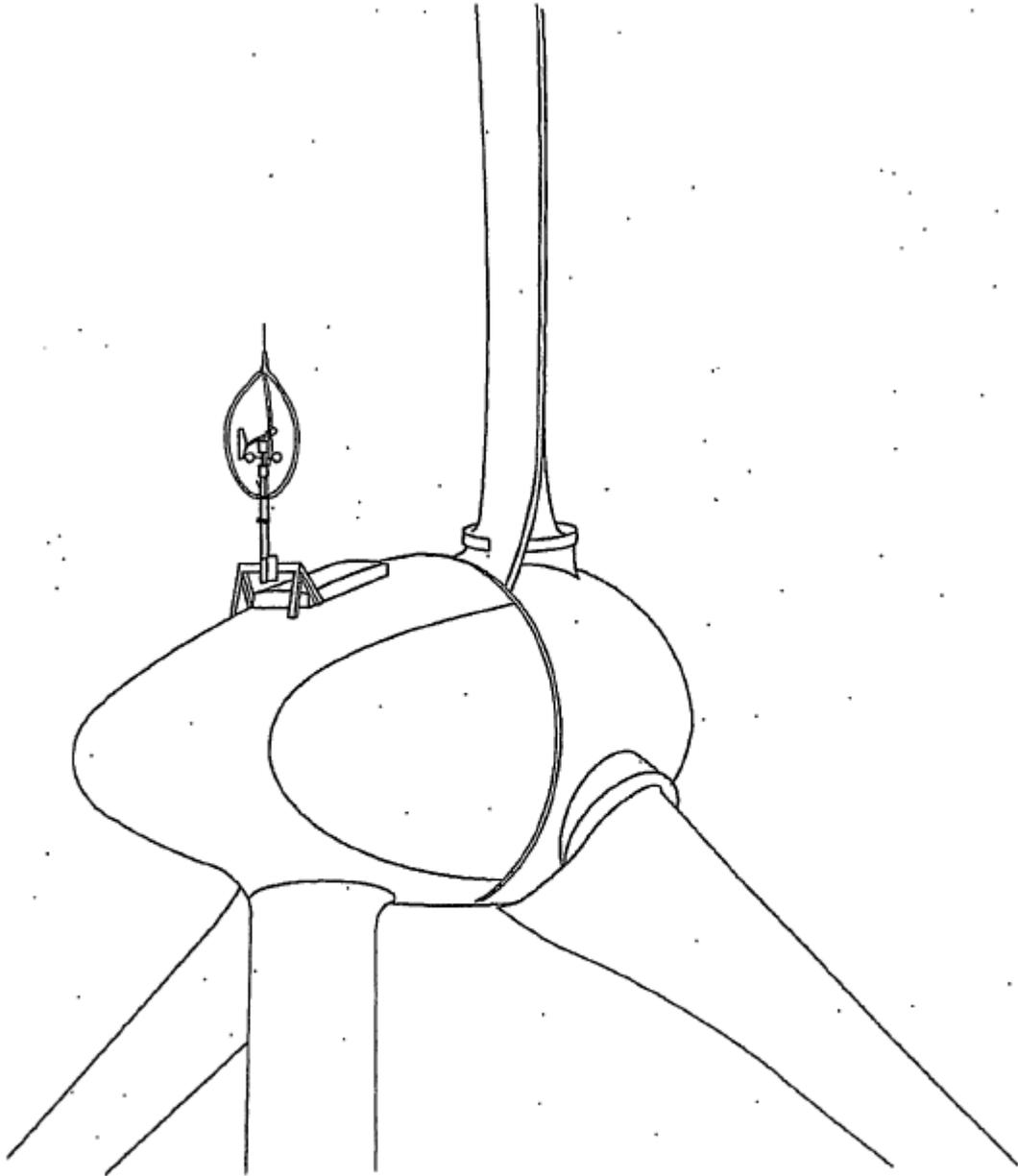


Fig.16

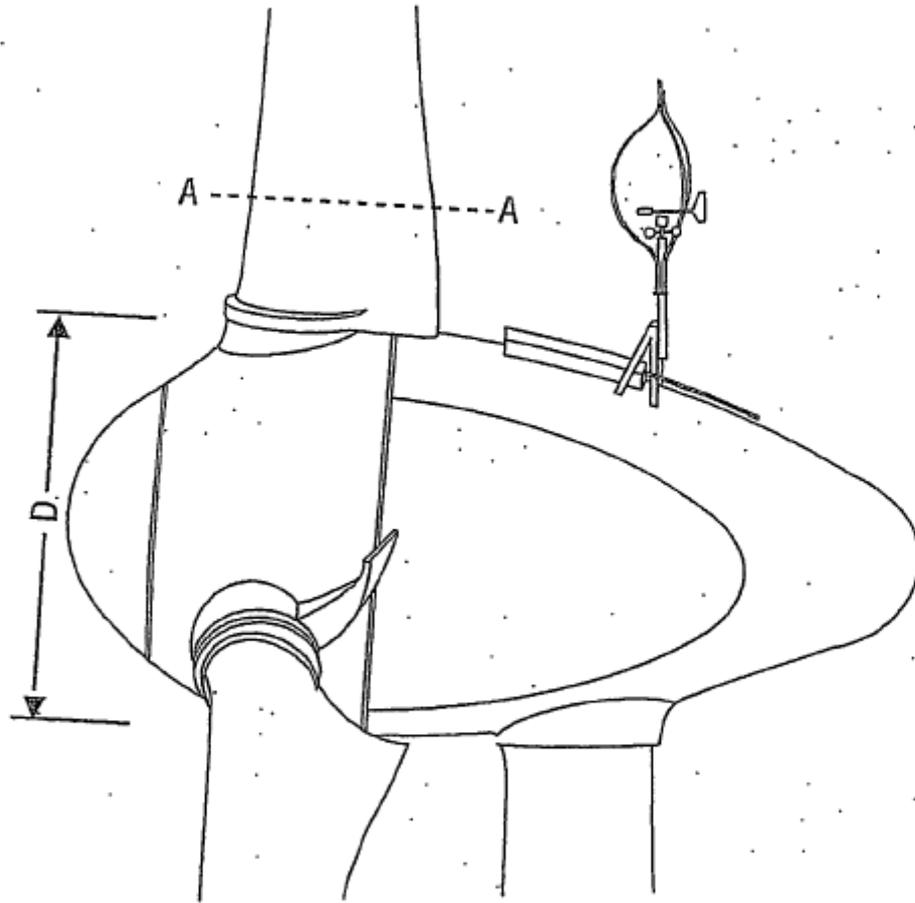


Fig.17

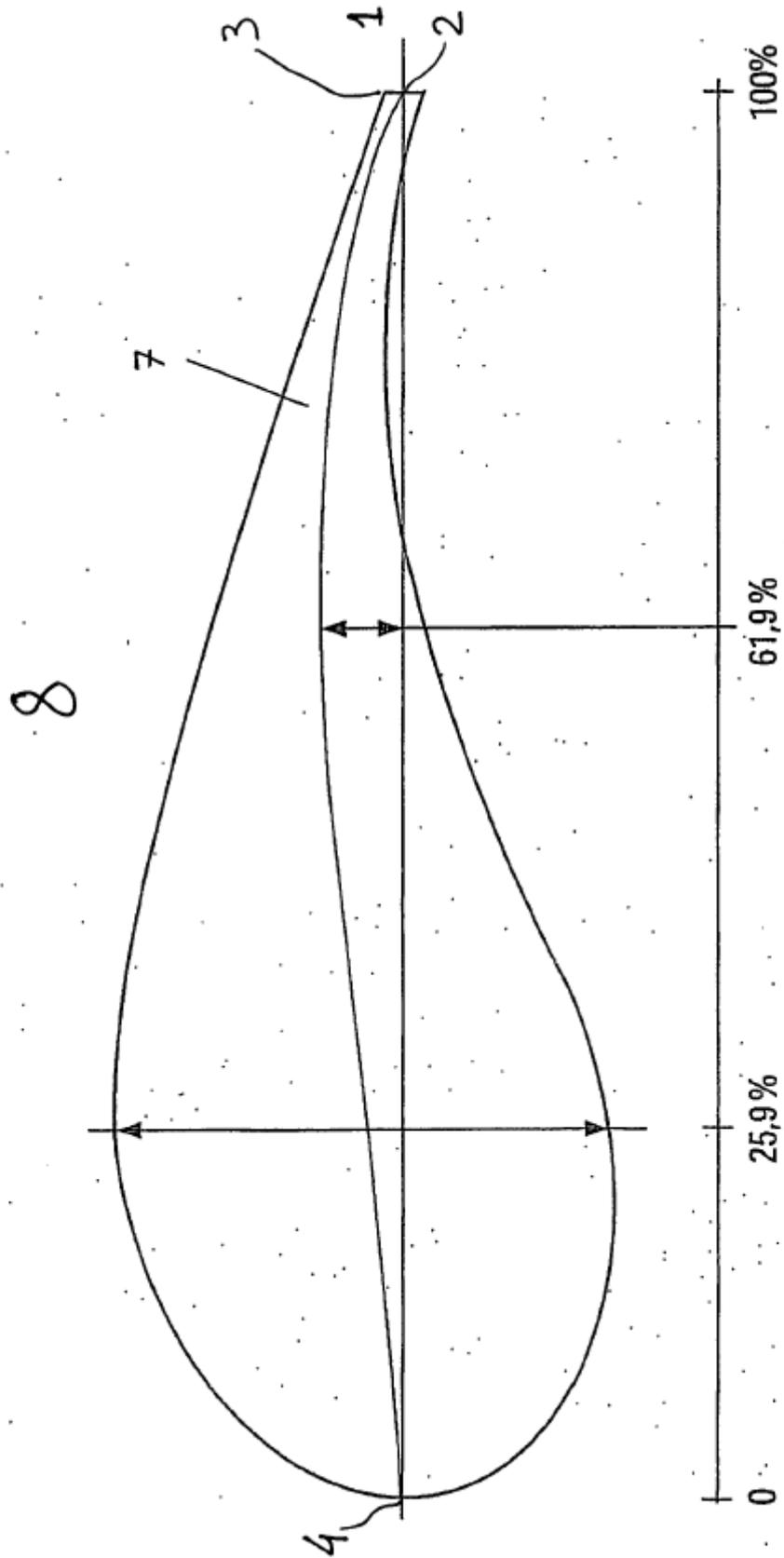


Fig.18

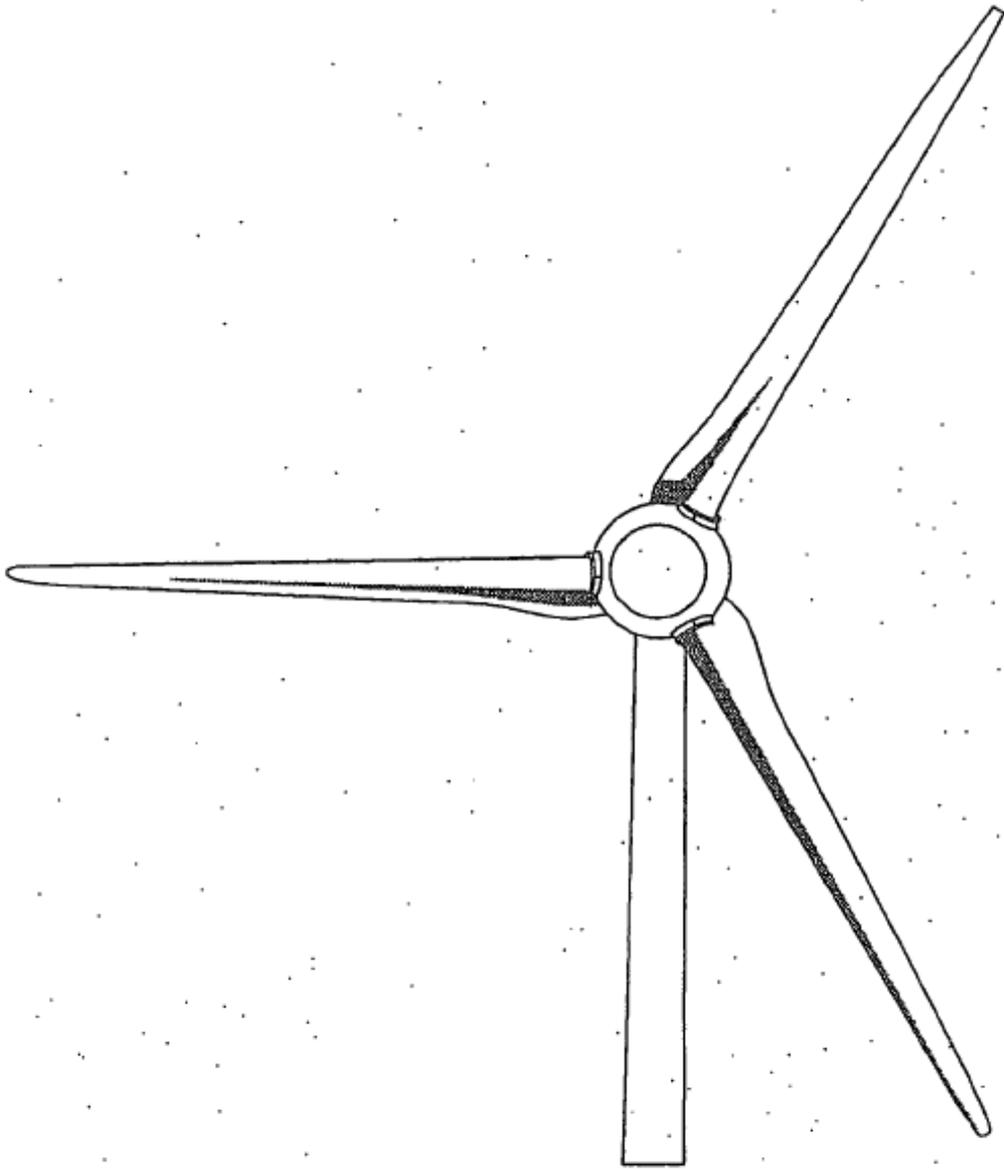


Fig.19