

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 778 830**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.03.2004 PCT/EP2004/003294**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.11.2004 WO04097215**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.03.2004 E 04723988 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 1620646**

54 Título: **Pala de rotor de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

28.04.2003 DE 10319246

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

12.08.2020

73 Titular/es:

**WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:

WOBBEN, ALOYS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 778 830 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

Pala de rotor de una instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a una pala de rotor de una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica.

Como estado de la técnica para ello se remite en general al libro "Windkraftanlagen", Erich Hau, 1996. Este libro contiene algunos ejemplos de instalaciones de energía eólica, palas de rotor de tales instalaciones de energía eólica, así como secciones transversales de las 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. A este respecto 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 una línea de curvatura media sobre la 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 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 la presente solicitud.

Como otro estado de la técnica general se remite a los documentos DE 103 07 682; US 5,474,425; US 6,068,446 y DE 694 15 292. Una pala de rotor en dos partes se conoce por el documento WO 02/051730 (Wobben, Aloys).

25 Las palas de rotor se deben optimizar mediante una pluralidad de aspectos. Por un lado, deben ser silenciosas, por otro lado, también deben proporcionar una potencia dinámica máxima pura para que la instalación de energía eólica comience a funcionar ya con el 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 ángulo de paso, la pala de rotor se pone cada vez más al 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 a las propiedades aerodinámicas de los perfiles de pala de rotor de la pala de rotor de una instalación de energía eólica les corresponde una gran importancia.

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

40 El objetivo se consigue según la invención con una pala de rotor con un perfil de pala de rotor con las características según la reivindicación independiente.

Perfeccionamientos ventajosos se describen en las reivindicaciones dependientes.

45 Según la invención, las coordenadas concretas de una pala de rotor según la invención están indicadas en una tabla 1.

La invención está representada a continuación por varios dibujos. Aquí muestran:

50 Fig. 1: una vista de una instalación de energía eólica según la invención en una perspectiva desde delante,
 Fig. 2: una vista de una instalación de energía eólica según la invención en una perspectiva lateralmente desde detrás,
 Fig. 3: la vista de una instalación de energía eólica según la invención desde el lado,
 Fig. 4-8: vistas de una pala de rotor según la invención desde distintas direcciones,
 55 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, 19: distintas vistas de una instalación de energía eólica según la invención,
 Fig. 18: una sección transversal de una pala de rotor según la invención (en la zona próxima al buje).

60 El perfil de pala de rotor descrito según la presente solicitud está configurado en particular 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 la presente solicitud está configurado preferentemente 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 se puede situar en este caso en el rango de 10 m a 70 m, según qué 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 aprox. 112 m) es de 4,5 MW, la potencia nominal de una instalación de la empresa Enercon del tipo E-30 es por el contrario de 300 kW.

5

Es especialmente característico para el perfil de la pala de rotor según la invención que el mayor espesor del perfil quede aproximadamente del 25% al 40%, preferentemente 32% al 36% de la longitud de la cuerda de la pala de rotor. En la figura 18 el mayor espesor de perfil es aproximadamente del 34,6% de la longitud de la cuerda de la pala de rotor. En la figura 1 está inscrita una cuerda 1 que discurre del centro 2 del borde posterior de pala de rotor 3 hasta el punto frontal 4 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, preferentemente 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.

10

15 Además, en la fig. 18 está inscrita una así denominada línea de curvatura media 7. Esta línea de curvatura media se deduce 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 7 y el lado de aspiración 10 de la pala de rotor 7. La línea de curvatura media corta la cuerda en el borde posterior de la pala de rotor y la nariz de la pala de rotor.

20

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, preferentemente aproximadamente del 59% al 63%. En el ejemplo representado, la posición de máximo arqueamiento es aproximadamente del 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, preferentemente 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.

25

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, es decir, en esta zona el lado de presión del perfil está configurado en 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 cóncava, este está limitado de forma casi rectilínea en la zona opuesta, correspondiente en el lado de aspiración.

30

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 especialmente 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.

35

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.

40

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.

45

Para la mejora de la forma aerodinámica de la pala de rotor, esta está configurada en la zona de la 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 preferentemente 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.

50

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

60

A este respecto, 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, debido a las ráfagas de viento, se produce el desprendimiento de flujo justamente en la zona inferior 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 continua 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 conducir 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 la presente solicitud, 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 próxima al buje). Pero el elevado espesor de perfil en la zona delantera es necesariamente mayor de 2 para una transferencia de carga segura 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 en la zona interior presentan 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, donde según el estado de la técnica se ahorra material 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 a la conexión de pala de rotor, sino justamente en la misma zona de la conexión de la pala de rotor. En esta zona interior de las palas de rotor no se ahorra entonces así 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 las 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.

Sin embargo, la realidad parece otra. Por un lado, el viento no sopla uniforme y estáticamente dentro de una zona de superficie 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 (es decir, 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 instantánea del viento. Debido a ello, con frecuencia también se produce correspondientemente el desprendimiento del flujo de la pala de rotor 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 aún más en primer lugar (el ángulo de incidencia se debe modificar así aún más), hasta que el flujo se aplica de nuevo sobre la superficie de la pala de rotor. Pero si no baja aún más la velocidad del viento, entonces puede ser que durante un intervalo de tiempo mayor se ejerza una fuerza relevante sobre la pala de rotor a pesar del viento circulante, ya que el flujo todavía no se ha aplicado de nuevo 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 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 preferentemente 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 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 estos 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 figuras 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 forma exterior de la góndola. No obstante, esto solo es válido para la posición de las palas de rotor, en tanto que estas se encuentran en la posición de viento nominal.

Si luego el viento aumenta un más sobre la velocidad nominal, las palas del rotor se sacan lentamente del viento, según es habitual, mediante el cambio de ángulo (regulación de ángulo de paso), y la figura 15 muestra que luego hay por ello una mayor distancia entre el borde inferior de la pala de rotor en la zona inferior y la góndola. Pero la figura 4 muestra también que en el lado exterior de la góndola está configurada una estructura, que en su sección transversal se corresponde ampliamente con el 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 solo 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.

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

Según se puede reconocer en la figura 18, en el lado de aspiración está configurada una zona casi rectilínea más larga. Esta 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 veces la longitud de la profundidad de perfil. En la zona del 40% al 85% de la profundidad de perfil (véase la figura 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 de 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.

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 solo 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, preferentemente menor de 1,1 o se sitúe en un rango de valores entre 1 y 1,03.

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, preferentemente 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 que un valor de 0,4 o se sitúa en un rango de valores entre 0,5 y 1. A este respecto se puede adoptar cualquier 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 resulte 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, donde el valor a modo de ejemplo ha resultado ser extraordinariamente favorable, en lo que respecta a la capacidad productiva de la pala de rotor.

Otro ejemplo es una pala de rotor con la sección transversal del perfil representada en la figura 18 en el primer tercio, donde la profundidad de perfil en el morro de rotor es aproximadamente de 4,35 m, siendo el diámetro del morro de rotor de 5,4 m y siendo el diámetro de rotor en conjunto 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 a un rotor de tres palas con regulación de

ángulo de paso.

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 esta pala de rotor se pone al viento, entonces se tiene una gran superficie máxima 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 una anchura de la pala de rotor muy grande en la zona próxima al buje. 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, donde las dos partes están separadas durante el transporte y se pueden ensamblar después del transporte. Para ello ambas partes de la instalación se conectan entre sí en la instalación de energía eólica, por ejemplo, a través de conexiones por tornillos y conexiones inseparables pegado). Esto no es en particular un problema en el caso de 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 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 en las dos figuras 1 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 máquina de la instalación de energía eólica. Por consiguiente, se produce una distancia muy pequeña respecto al carenaje de la góndola, al menos para una 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 las figuras 1, 2 y 3, las palas de rotor se aproximan muy cerca del carenaje exterior de la góndola también con su parte del perfil posterior, en una configuración alternativa, según está representado por ejemplo en las figuras 11 a 17, el carenaje exterior de la góndola está provisto de una misma parte de la pala de rotor 30, no obstante, que por sí misma no es componente integral de toda la pala de rotor. Entonces se puede reconocer adecuadamente en particular en las figuras 15 y 17, que las 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 figura 19 se puede reconocer adecuadamente que, mediante la realización según la invención de las palas de rotor, en el centro de rotor solo existe una pequeña "fuga" para el viento.

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

La figura 17 contiene también una indicación de lo que se puede 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.

Para el caso de que la pala de rotor según la presente solicitud presente una gran longitud y una profundidad de pala de rotor correspondiente, es decir, una cuerda de pala larga, en la zona próxima al buje, eventualmente por motivos de transporte es ventajoso realizar en dos partes (o varias partes) la pala de rotor en esta zona y ensamblar de nuevo una zona de pala posterior solo en obra, donde toda la pala de rotor se coloca en el buje. En un caso semejante, por ejemplo, una parte de la pala de rotor se puede configurar tal y como esto está representado en la fig. 20. Allí se puede reconocer que en la zona del borde posterior de pala de rotor falta un trozo. Si el trozo que falta se aplica, entonces en esta zona se produce de nuevo el perfil representado en la fig. 18.

La fijación de ambas partes entre sí se puede realizar mediante atornillado, pegado u otros tipos de fijación.

No obstante, es posible que en esta zona de la pala de rotor estén previstos medios para la modificación del tamaño de la superficie de la pala de rotor. Correspondientemente las figuras 21-33 muestran realizaciones correspondientes, donde aquí se debe indicar que la sección transversal de la pala de rotor representada solo se debe proveer de forma simbólica (la pala de rotor tiene en su perfil particularmente un perfil tal y como según la figura 18).

Las realizaciones según las figuras 21-33 tienen la ventaja de que luego, en caso de necesidad, la superficie de la pala de rotor se puede reducir en conjunto, lo que eventualmente con viento extremo, pero también en la situación de transporte, es deseable para posibilitar o facilitar, por un lado, un transporte y retirar, por otro lado, con viento extremo las sobrecargas de la instalación de energía eólica.

En una forma de realización especialmente preferida de la invención está formada una parte de la superficie de un material deformable, que es parte de un recipiente cerrado (que forma la caja de perfil posterior). Este recipiente cerrado se puede llenar, por ejemplo, con un medio gaseoso, donde este medio gaseoso se solicita con una presión predeterminable. De este modo se produce una superficie soplable parcialmente de la pala de rotor, que se puede vaciar durante el transporte o al aparecer viento extremo y con ello requiere menos espacio o cede bajo la presión del viento. De este modo se vuelve menor la superficie efectiva de la pala de rotor y por consiguiente la superficie de ataque para el viento. Simultáneamente disminuye la sollicitación de los componentes siguientes, inclusive de la torre.

En otra forma de realización de la invención, la pala de rotor presenta en la zona de caja trasera (que no se muestra en la figura 20) una segunda estructura portante móvil en sí y/o sobre sí. Por consiguiente, el material deformable puede estar fijado en lugares predeterminados de esta segunda estructura portante y, además, estar fijado el material deformable con un lado en un núcleo de bobina.

Durante el funcionamiento normal de la instalación de energía eólica, ahora la segunda estructura portante puede estar desplegada, es decir, los brazos plegables pueden estar completamente estirados o estar totalmente desplegados los brazos telescópicos. El material deformable puede estar fijado con un lado en un núcleo de bobina giratorio. Si ahora se debe reducir la superficie de la pala de rotor, análogamente a una marquesina, el núcleo de bobina se gira de modo que enrolla el material deformable. Simultáneamente los brazos plegables se pliegan y reducen la segunda estructura portante en la zona de la superficie reducible, de modo que se reduce correspondientemente la superficie de la pala de rotor.

En una forma de realización alternativa de la invención, una parte de la superficie de la pala de rotor se compone de tiras de tipo lama, que están dispuestas respectivamente sobre un carril portante pivotable alrededor del eje longitudinal propio. A este respecto, estas lamas están orientadas durante el funcionamiento normal, de modo que aumentan la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor. Para el transporte y/o en el caso de cargas extremas se pueden pivotar los carriles portantes, de modo que estas lamas llegan por ejemplo a las sombras de viento de la pala de rotor restante y de este modo se reduce la superficie de la pala de rotor.

En un perfeccionamiento preferido en particular de la invención, una parte móvil de la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor se compone de un elemento de superficie individual, que se puede desplazar en la dirección de la profundidad de la pala de rotor. Durante el funcionamiento normal, este elemento de superficie prolonga la superficie de la pala de rotor, preferentemente en el lado de aspiración, a fin de crear una gran superficie efectiva aerodinámicamente.

Para la reducción de la superficie se puede mover este elemento de superficie, comparable con el sistema de aletas de una superficie portante de un avión, de modo que se desplaza dentro de la pala de rotor y por consiguiente está cubierto por la superficie restante de la pala de rotor, o se desplaza sobre la superficie de la pala de rotor y, por su lado, recubre la superficie de la pala de rotor. En cualquier caso, a partir de ello se produce una reducción de la superficie de la pala de rotor.

En una forma de realización alternativa de la invención, este elemento de superficie puede estar articulado con un lado de forma pivotable en la primera estructura portante o el borde posterior de la pala de rotor. Para la modificación del

tamaño de la superficie de la pala de rotor, este elemento se puede pivotar alrededor de este eje de pivotación hacia el lado de aspiración o hacia el lado de presión de la pala de rotor.

A este respecto, una pivotación de este elemento de superficie en aproximadamente 90° provoca que este elemento sea esencialmente perpendicular a la dirección del flujo de aire en la pala de rotor y despliega un efecto de frenado correspondiente, dado que forma un obstáculo para el aire que fluye a lo largo de la superficie de la pala de rotor.

A continuación, se explican más en detalle varias formas de realización según la invención mediante los dibujos adjuntos. A este respecto muestran:

- 10 Fig. 20: una vista en planta de una pala de rotor según la invención;
 Fig. 21: una vista en planta de la parte delantera de una pala de rotor según la invención;
 Fig. 22: una representación en sección transversal simplificada de una primera forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 15 Fig. 23: una representación en sección transversal simplificada de una segunda forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 Fig. 24a, 24b: una representación en sección transversal simplificada de una tercera forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 Fig. 25: una representación en sección transversal simplificada de una cuarta forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 20 Fig. 26: una representación en sección transversal simplificada de una quinta forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 Fig. 27a, 27b: representaciones en sección transversal simplificadas de una sexta forma de realización de una pala de rotor según la invención;
 25 Fig. 28: una vista en planta de una variante constructiva de una pala de rotor según la invención; y
 Fig. 29-33: otros ejemplos de realización ventajosos de la invención.

En la figura 20 está representada una vista en planta de una pala de rotor completa, según la invención de forma simplificada. La pala de rotor 100 está dividida en dos zonas. A este respecto, la pala de rotor 100 está construida convencionalmente en dos partes. No obstante, en una zona adyacente a la raíz de la pala de rotor 120, a saber, la zona con la mayor profundidad de pala se puede reconocer una división de la pala de rotor. Esta división marca la zona de la pala de rotor 140, cuya superficie se puede reducir en caso de necesidad y por consiguiente se evita el efecto del viento.

35 La parte fija de la pala de rotor 100, cuya superficie permanece inalterada, se muestra en la figura 21. Según se puede reconocer claramente en esta figura, la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor 100 está claramente reducida, y de este modo también es claramente menor la sollicitación, en particular en situaciones de viento extremo, que en una pala de rotor construida de manera convencional.

40 La figura 22 muestra una representación de sección transversal simplificada de una primera forma de realización según la invención. A este respecto, la pala de rotor 100 está dividida en una zona delantera 110 y una caja posterior 140. Esta caja posterior 140 se compone de dos bandas de material deformable 180, que forman conjuntamente con la pared posterior de la zona delantera 110 un recipiente cerrado 160. Si ahora este recipiente cerrado 160 se llena bajo presión con un medio gaseoso, el material deformable 180 forma una parte (marcado en la figura 20 con la referencia
 45 140) de la superficie efectiva aerodinámicamente durante el funcionamiento de la pala de rotor 100 según la invención.

Gracias a una elección apropiada de la presión de llenado se produce una estabilidad mejorada de esta parte de la pala de rotor 100, que en el caso de relaciones de viento normales despliega su efecto normal. No obstante, en una situación de viento extremo, la presión del viento es mayor en esta parte de la pala de rotor 100, de modo que entonces la presión exterior es mayor que la presión interior, y por consiguiente produce una deformación de la pala de rotor en la zona de la caja posterior 140 y la pala de rotor cede a la presión de viento exterior. De este modo se vuelve más pequeña la superficie de ataque para este viento extremo y por consiguiente menores las cargas sobre la construcción siguiente.

55 Complementariamente se expone que esta parte de la caja posterior (en la que está alojado el medio de llenado), se puede vaciar activamente, por ejemplo, al sobrepasarse una velocidad del viento predeterminada, a fin de disminuir la superficie de la pala de rotor. Este vaciado activo tiene la ventaja de que la forma de la pala de rotor está definida en cualquier momento, mientras que al ceder la caja posterior debido a la presión exterior podrían aparecer situaciones indeterminadas.

60 Para evitar deterioros, en particular del recipiente 160, puede estar prevista, por ejemplo, una válvula de sobrepresión (no representada), a través de la que se puede escapar una sobrepresión que se constituye en el recipiente 160.

Mediante el uso de un compresor 170 se puede establecer de nuevo la presión requerida para el funcionamiento normal. Si, además, se prevén válvulas y/o sensores de presión controlables (igualmente no representados), la presión de llenado en el recipiente 160 también se puede seguir en el caso de oscilaciones de la presión del viento, a fin de
5 conservar así siempre las condiciones de funcionamiento óptimas.

La figura 23 muestra una segunda forma de realización de la presente invención, en la que en lugar de una caja posterior 140 completa está prolongada la superficie del lado de aspiración de la pala de rotor 100. Esta prolongación es un elemento de superficie 240, que se conecta con la superficie de la zona delantera 110.

10

Para la reducción de la superficie efectiva aerodinámicamente, este elemento de superficie 240 se puede desplazar en la dirección de la flecha. Este desplazamiento se puede realizar, por ejemplo, de forma hidráulica, a saber, con cilindros hidráulicos correspondientes, de forma neumática, con cilindros neumáticos, mediante accionamientos eléctricos o de otra manera apropiada. Para ello, naturalmente deben estar previstas bombas, compresores o
15 accionamientos (actuadores) correspondientes (no obstante, no representadas por motivos de visibilidad en la figura).

15

A este respecto, este desplazamiento se puede realizar dentro de la zona delantera, de modo que la superficie de la zona delantera 110 cubre el elemento de superficie 240. Alternativamente el desplazamiento también se puede realizar en la superficie de la zona delantera 110, de modo que el elemento de superficie 240 cubra, por su lado, la parte correspondiente de la superficie de la zona delantera 110. En ambos casos se produce una reducción de la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor 100.

20

Una tercera forma de realización de la presente invención se muestra en las figuras 24a y 24b. La figura 24a muestra una bobina 200 de un material deformable y la referencia 300 designa los brazos plegables que están en el estado plegado. La mecánica puede ser aquí comparable a aquella de una marquesina.

25

En la figura 24b se muestra esta forma de realización en el estado de funcionamiento normal. Los brazos plegables 300 están estirados, y dado que el material deformable 180 está fijado aquí, se ha desenrollado al desplegarse los brazos plegables 300 de la bobina 200, de modo que el núcleo de bobina 210 ahora ya no porta más toda la bobina de material.

30

En esta situación desenrollada, el material deformable 180 está fijado, por un lado, en el núcleo de bobina 210 y, por otro lado, en los extremos de los brazos plegables 300 dirigidos hacia la derecha en la figura. Estos extremos de los brazos plegables 300 pueden estar conectados de nuevo mediante un nervio no representado, a fin de conseguir, por
35 un lado, una mayor resistencia de la construcción, y fijar, por otro lado, el material deformable.

35

Para impedir que ceda el material deformable 180 entre el núcleo de bobina 210 y los extremos exteriores de los brazos plegables 300, por debajo del material deformable 180 puede estar previsto un dispositivo de tipo rejilla en tijera, que se acciona de forma síncrona con los brazos plegables 30 y soporta el material deformable 180 en el estado
40 desplegado.

40

Una reducción de la superficie efectiva discurre de manera inversa; los brazos plegables 300 y la rejilla en tijera (no representada) se repliegan (pliegan) y simultáneamente se enrolla el material deformable 180 sobre el núcleo de bobina 210, de modo que finalmente resulta de nuevo la bobina 200 representada en la figura 24a y se reduce la
45 superficie efectiva de la pala de rotor 100.

45

En una cuarta forma de realización de la invención mostrada en la figura 25, el elemento de superficie 240 está articulada de forma pivotable en el lado posterior de la zona delantera 110 y prolonga por consiguiente el lado de aspiración de esta zona delantera 110.

50

A este respecto, el elemento de superficie 240 se soporta por un resorte de compresión 280, que está dispuesto entre el elemento de superficie 240 y la construcción portante de la zona delantera 110.

Durante el funcionamiento normal, este resorte de compresión 280 soporta el elemento de superficie 240, de modo que mantiene la posición deseada. Si ahora se produce, más allá de las condiciones de funcionamiento normales, una presión del viento sobre el lado superior de la pala de rotor 100, aumenta la presión sobre la superficie del elemento de superficie 240 y supera la fuerza del resorte 280, de modo que el elemento de superficie 240 se presiona hacia abajo en la figura 25, es decir, cede a la presión del viento, y por consiguiente reduce correspondientemente la superficie efectiva aerodinámicamente.

55

Alternativamente al resorte 280, naturalmente pueden estar formados elementos telescópicos correspondientes, como dispositivos hidráulicos o neumáticos o dispositivos mecánicos para la regulación activa del elemento de superficie,

60

por ejemplo, se pueden usar entre otros varillas roscadas y accionamientos de tornillo, a fin de mantener el elemento de superficie 240 en una primera posición predeterminada o desplazarlo a una segunda posición predeterminada. Naturalmente, para el accionamiento de estos órganos de ajuste deben estar previstas bombas, compresores o accionamientos correspondientes, que no están representados en esta figura de nuevo para aumentar la claridad.

5

Asimismo, de nuevo se puede detectar la carga del viento, que actúa sobre el elemento de superficie 240 y en función de esta carga del viento detectada se puede pivotar el elemento de superficie 240 alrededor del eje de pivotación, a fin de efectuar un ajuste óptimo para las condiciones de viento instantáneas.

10 La figura 26 muestra una quinta forma de realización de la invención. En esta forma de realización, el elemento de superficie 240 está dispuesto, en lugar de una articulación pivotable en el lado posterior de la zona delantera 110, sobre un eje de pivotación 220 giratorio alrededor de su propio eje longitudinal, en la posición mostrada en la figura 26, el elemento de superficie 24 prolonga de nuevo la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor 100.

15 Para la reducción de esta superficie, se gira ahora el eje de pivotación 220 con el elemento de superficie 240 fijado aquí alrededor de su eje longitudinal de manera que el extremo exterior del elemento de superficie 240 se mueve en una de las dos direcciones mostradas por la flecha doble. Esto conduce de nuevo a una reducción de la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor 100 y ligado a ello a una modificación de la carga del viento sobre la pala de rotor 100 y todos los componentes siguientes de la instalación de energía eólica.

20

Una variante de la forma de realización mostrada en la figura 26 está representada en las figuras 27a y 27b. A este respecto, el elemento de superficie designado con 240 en la figura 26 está dividido en tres elementos de tipo lama 260 en la figura 27a. Estos están representados en la figura 27a intencionadamente a una distancia para clarificar esta división. En una forma de realización real, estos tres elementos están dispuestos naturalmente de modo que forman una superficie lo más cerrada posible, que conecta de nuevo de la forma más lisa posible con la zona delantera 110 de la pala de rotor 100.

25

Cada una de las lamas 260 está dispuesta sobre un eje de pivotación propio. Cada uno de estos ejes de pivotación 280 se puede girar alrededor de su eje longitudinal propio y así mediante un giro del eje de pivotación 280 alrededor del eje longitudinal permite una pivotación de las lamas 260.

30

La figura 27b muestra el dispositivo según la invención en la situación en la que estas lamas están pivotadas de modo que se reduce la superficie efectiva aerodinámicamente de la pala de rotor 100. A este respecto, las lamas 260 están pivotadas en las sombras de flujo de la zona delantera 110. De este modo, por su lado, no actúan ya como superficie de la pala de rotor, pero por otro lado también están privadas del ataque del viento y por consiguiente no están expuestas a solicitaciones.

35

Una disposición semejante se consigue en tanto que, junto a un giro de los ejes de pivotación 280 alrededor de sus ejes longitudinales, se reduce además la distancia entre el eje de pivotación 280 izquierdo en la figura y la zona delantera 110 de la pala de rotor 100, por un lado, y entre los ejes de pivotación 280 entre sí, por otro lado.

40

Si en las figuras solo está representada una prolongación del lado de aspiración de la superficie, naturalmente correspondientemente se puede modificar alternativa o complementariamente la superficie del lado de presión.

45 Si una instalación de energía eólica se equipa con las palas de rotor descritas anteriormente, entonces es posible que al aparecer una situación de viento extremo no solo se constata la gran fuerza del viento, lo que se puede realizar por medio de medidores de velocidad del viento, sino que también se pueda reducir entonces claramente el tamaño de la superficie de la pala de rotor mediante un control correspondiente. Según se puede reconocer en la figura 20 y 21, por ejemplo, la superficie de la pala de rotor según la figura 20 es más del 10% mayor que la superficie de la pala de rotor según la figura 21. Mientras que se ajusta el tamaño normal de la pala de rotor durante el funcionamiento nominal de la instalación de energía eólica en el rango de 2-20 m/s de velocidad del viento, el tamaño de la superficie se puede reducir con una velocidad del viento por encima de 20 m/s, de modo que el tamaño de la superficie disminuye claramente - según está representado en la figura 21.

50

55 Preferentemente el control está asistido por ordenador y en caso de necesidad se ocupa del tamaño de la superficie ajustada cada vez de forma óptima de la pala de rotor.

La figura 33 muestra otra variante de construcción de una pala de rotor según la invención. A este respecto, la estructura se construye mediante estribos pivotables 320, que pueden estar sujetos con una lámina deformable de nuevo y estar montados de forma pivotable en los puntos de apoyo 340. Gracias al movimiento en la dirección de la punta de la pala de rotor (flecha) se pueden pivotar estos estribos de pivotación ahora, por ejemplo, alrededor de los puntos de apoyo 340 y por consiguiente modificar el perfil de la caja posterior.

60

Las otras figuras 28 a 33 muestran otras formas de realización alternativas o complementarias a las figuras 22 a 27b hasta ahora.

5 En la figura 30b (figura 30a se corresponde esencialmente con la figura 25) está representado complementando a la figura 25 un elemento 250 en el lado de presión. Dado que el punto de ataque para el resorte 280 no se ha modificado respecto a la representación en la figura 25 o 30a, los elementos 240 y 250 deben estar relacionados con el borde posterior de pala, de modo que se puedan pivotar alrededor de un punto de articulación 260. Eventualmente, en esta solución se ofrece configurar una superposición de la caja de pala de rotor 110 sobre el elemento 250 a lo largo de la
10 longitud de pala de rotor.

La figura 31b (ampliación de lo que está representado en la figura 26 o figura 31a) está representado igualmente un elemento 250 en el lado de presión que, en el caso representado, está fijado a través de una conexión mecánica, asimismo como el elemento 240 en el lado de aspiración, a un árbol común 120.

15 Las figuras 32a y 32b muestran un perfeccionamiento, lo que está representado ya en las figuras 27a y 27b. A este respecto, para los elementos correspondientes en el lado de presión están representados en parte algunos árboles 280. La figura 32 muestra análogamente a la figura 27a una pala de rotor durante el funcionamiento normal, la figura 32b muestra una situación en la que la caja posterior ya no es efectiva mediante la rotación correspondiente o por
20 desplazamiento de los árboles 280.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de energía eólica con al menos una pala de rotor (100), en la que está montado un buje de rotor, así como con un carenaje de buje, caracterizada porque en el lado exterior del carenaje de buje está configurada una parte de pala de rotor (30), que está conectada de forma fija con el carenaje de buje, pero no es un componente integral de la pala de rotor de la instalación de energía eólica y porque la pala de rotor presenta su mayor profundidad de perfil en la zona de raíz, es decir, zona próxima al buje, y está configurada en dos partes, donde está configurada una línea separadora dirigida en la dirección longitudinal de la pala de rotor, y porque el perfil de la parte de pala de rotor (30), que está configurado en el carenaje de buje, se corresponde esencialmente con el perfil de la pala de rotor en la zona próxima al buje.
2. Instalación de energía eólica según la reivindicación 1, caracterizada porque la sección transversal de la pala de rotor está descrita a través de una línea de curvatura media, cuyo mayor arqueamiento se sitúa en un rango de 50° a 70°, preferentemente aproximadamente en el rango de 60° a 65°.
3. Instalación de energía eólica según la reivindicación 2, caracterizada porque el mayor arqueamiento mide aproximadamente el 3% al 10%, preferentemente aproximadamente el 4% al 7%.
4. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque esta sección transversal está configurada preferentemente en el tercio inferior de la pala de rotor, que se conecta con la conexión de pala de rotor.
5. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la pala de rotor presenta un lado de presión y un lado de aspiración, donde el lado de presión presenta una parte con curvatura cóncava y porque en el lado de aspiración está configurada una sección casi rectilínea.
6. Instalación de energía eólica según la reivindicación 5, caracterizada porque la parte de la pala de rotor, que está configurada en el carenaje de buje está fijada y orientada esencialmente de modo que, en la posición de la pala de rotor con 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.
7. Instalación de energía eólica según la reivindicación 6, donde la instalación de energía eólica presenta un rotor que recibe al menos una pala de rotor, que en la zona del buje de la pala de rotor presenta su mayor profundidad de perfil, donde la relación de la profundidad de perfil respecto al diámetro de rotor adopta el valor que se sitúa en el rango de aproximadamente 0,04 a 0,1, preferentemente aproximadamente un valor de 0,055 a 0,7, por ejemplo 0,061.
8. Instalación de energía eólica según la reivindicación 7, con un cuarto de máquinas que recibe un generador y un rotor conectado con el generador, donde el rotor contiene al menos dos palas de rotor, donde el rotor presenta un buje que está provisto de un carenaje (morro de rotor), donde 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 preferentemente en un rango de valores entre 0,5 y 1.
9. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con un rotor que presenta preferentemente más de una pala de rotor, donde la pala de rotor presenta una forma trapezoidal más o menos aproximada a la forma óptima aerodinámica y la pala de rotor presenta su mayor anchura en la zona de la 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).
10. Instalación de energía eólica según la reivindicación 9, caracterizada porque el borde inferior de la pala de rotor dirigido hacia la góndola, en la zona de la 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.
11. Instalación de energía eólica según la reivindicación 10, caracterizada porque la distancia del 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.

12. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la pala de rotor está inclinada en la zona de raíz fuera del plano de pala principal.

13. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la pala de rotor está configurada en dos partes en la zona de raíz, donde está configurada una línea separadora orientada en la dirección longitudinal de la pala de rotor.

14. Instalación de energía eólica según la reivindicación 13, caracterizada 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.

15. Instalación de energía eólica según las reivindicaciones 13 y 14, caracterizada porque las partes de la pala de rotor están separadas durante el transporte de la pala de rotor.

16. Instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, 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, donde la relación de la longitud del lado de aspiración respecto a la longitud del lado de presión es menor que un valor de 1,2, preferentemente es menor de 1,1 y en particular se sitúa en un rango de valores entre 1 y 1,03.

20

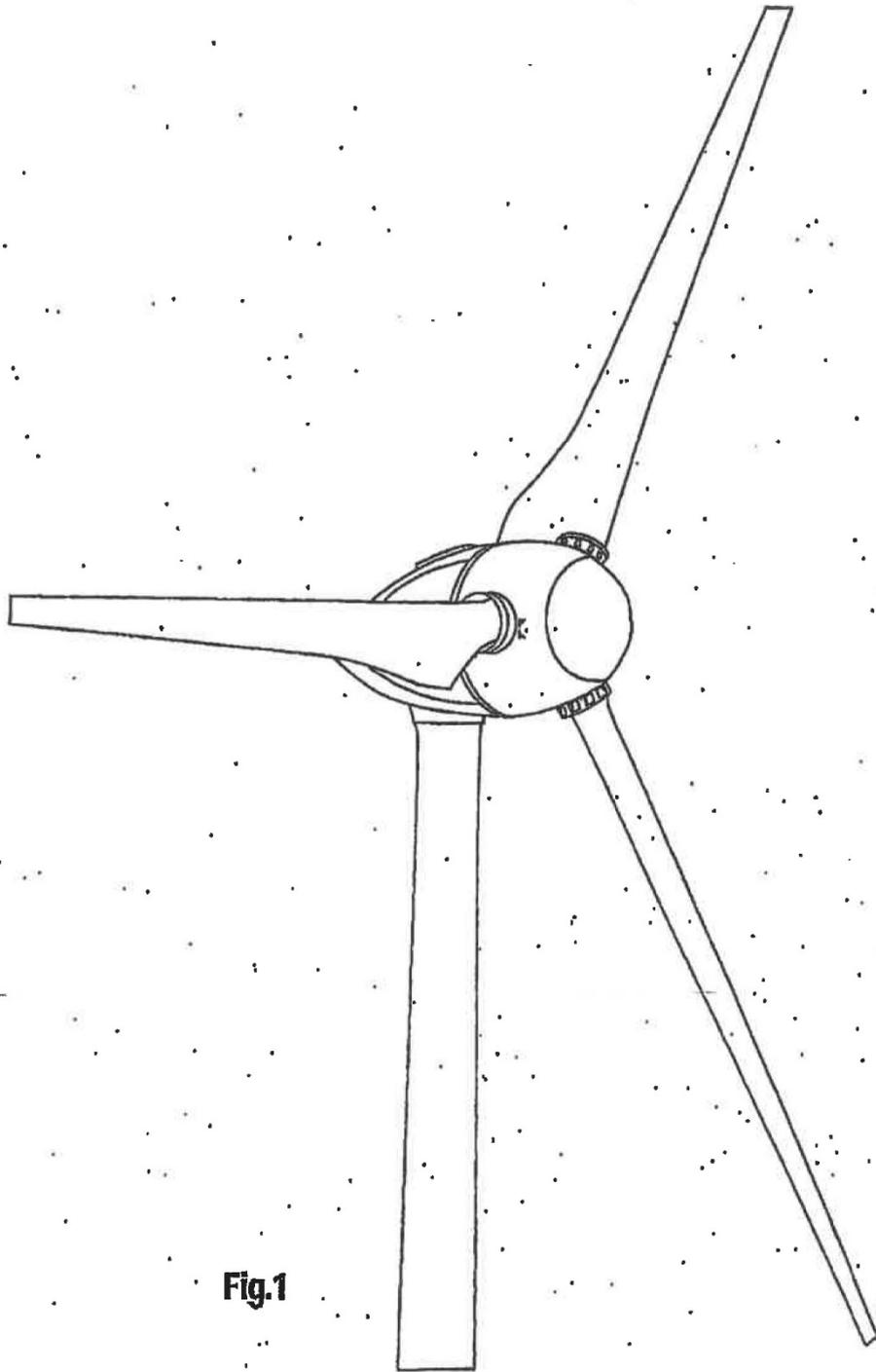


Fig.1

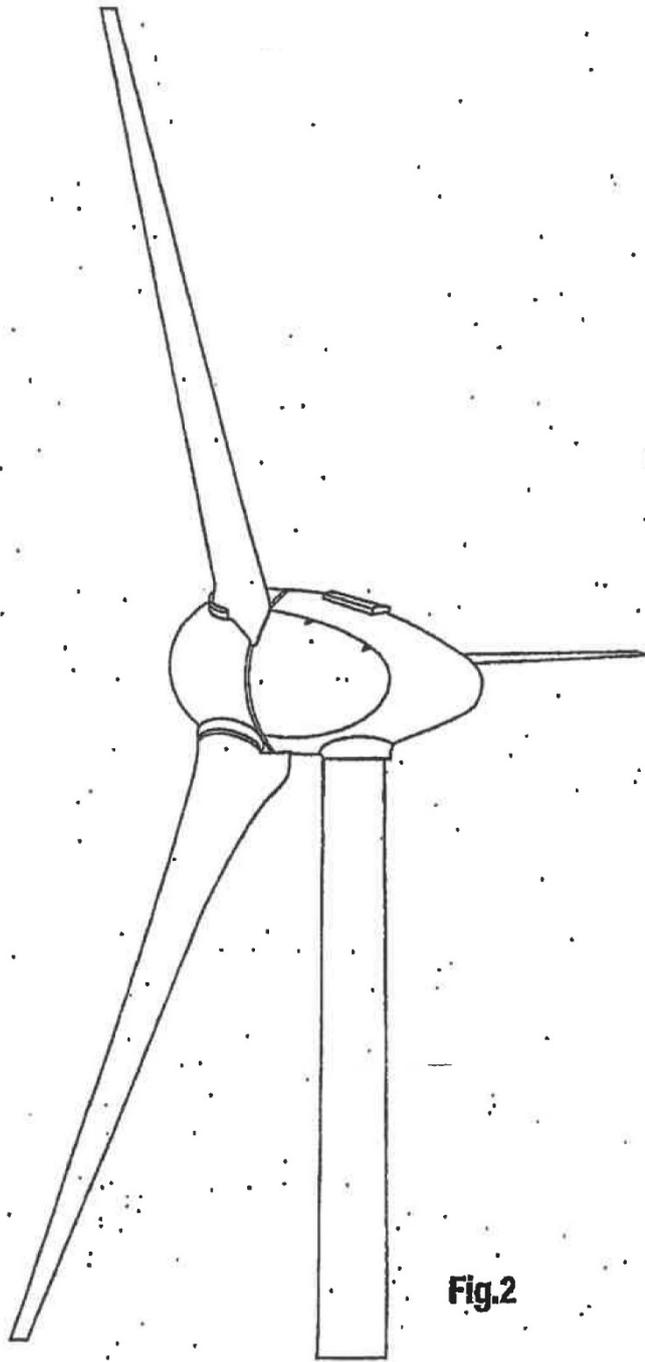


Fig.2

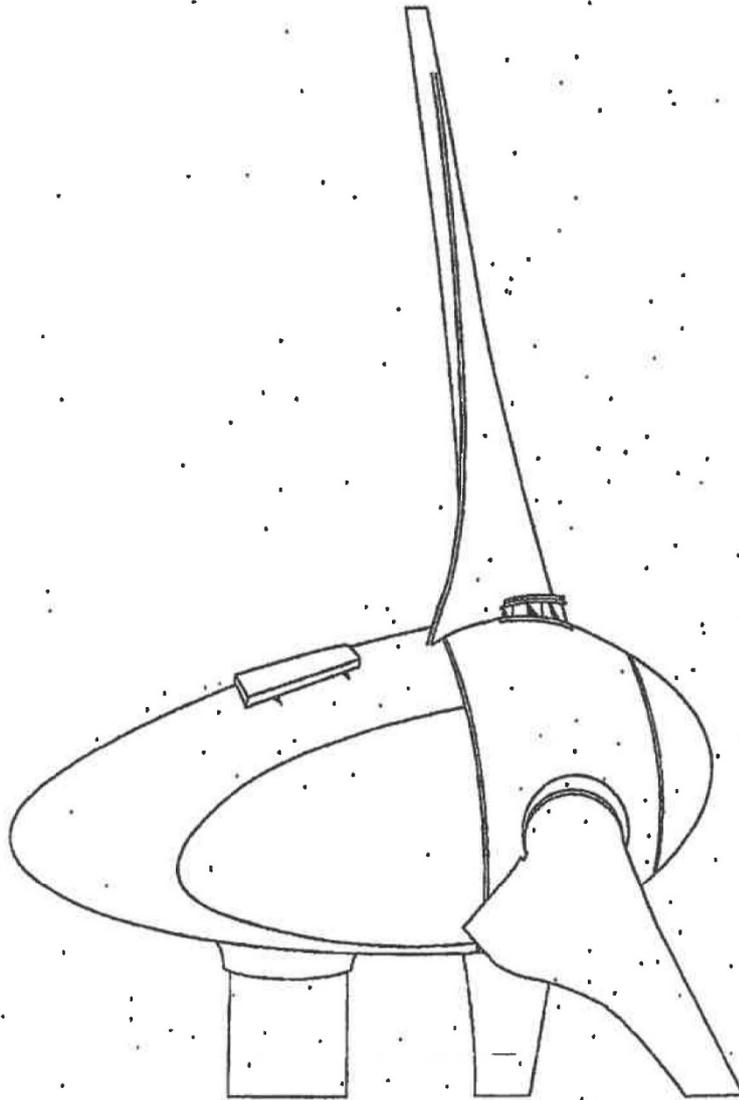


Fig.3



Fig.4



Fig.5



Fig.6

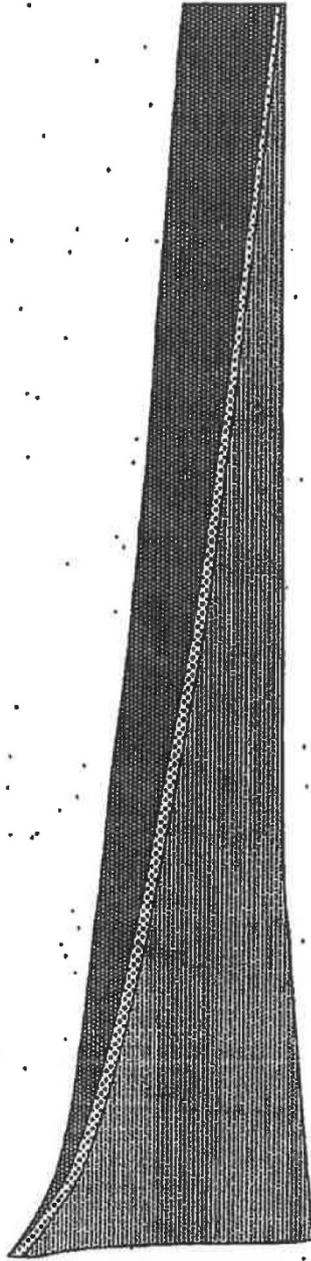


Fig.7

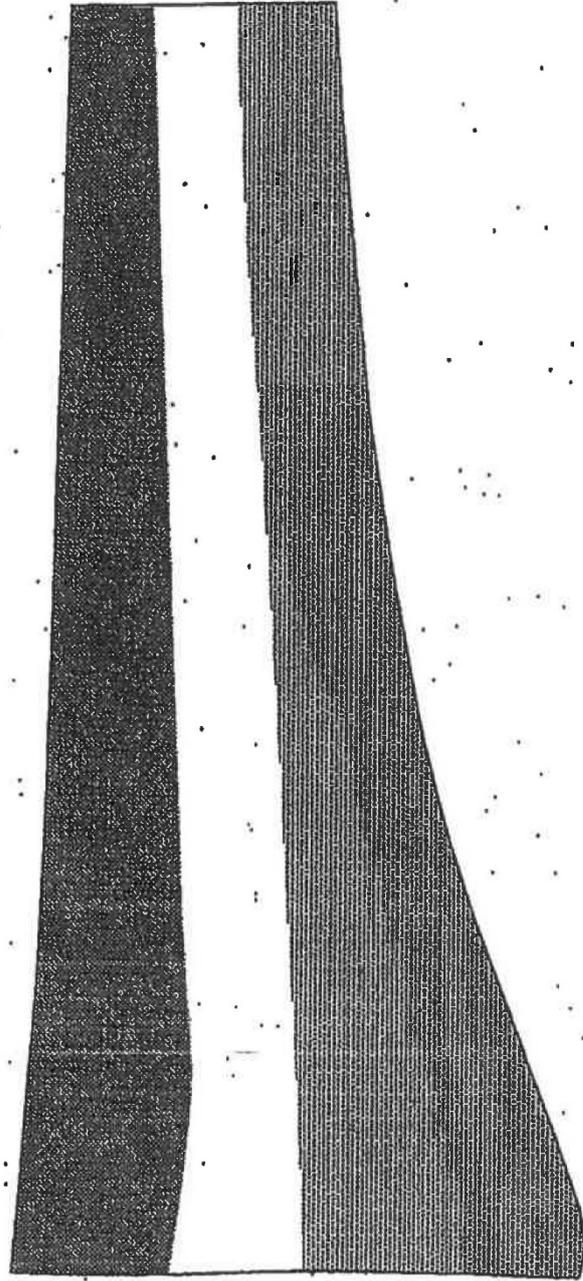


Fig.8

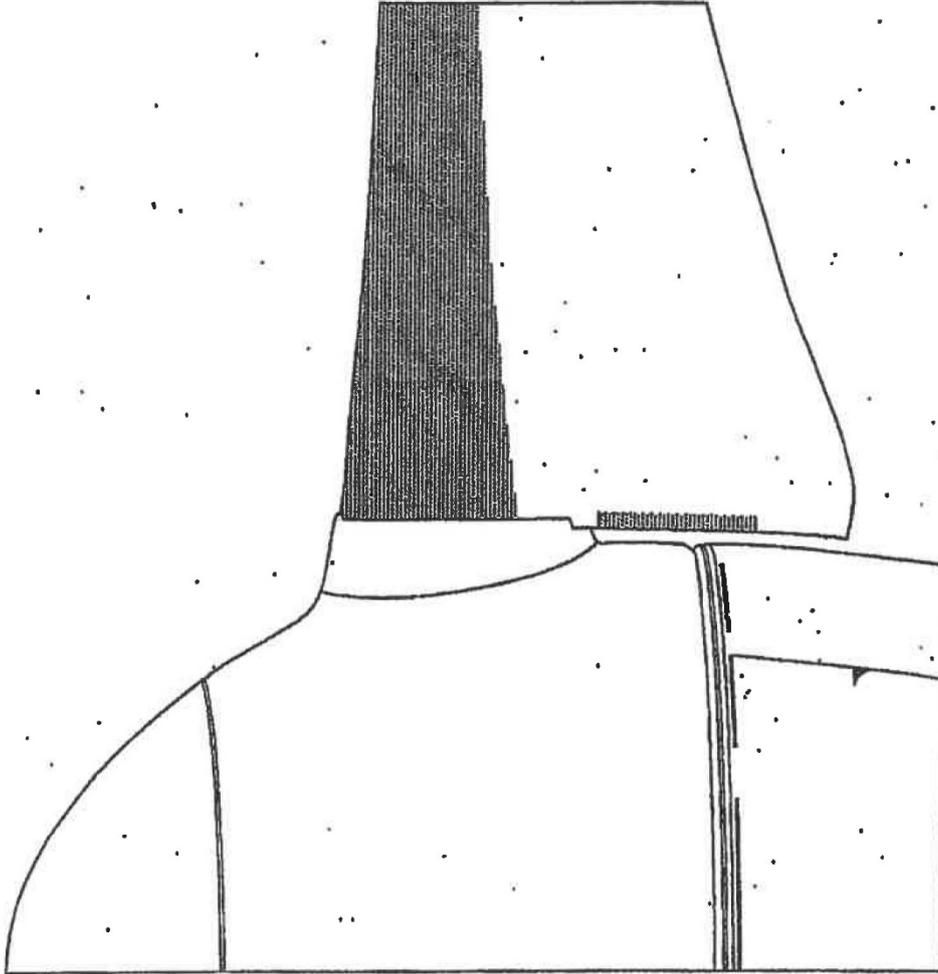


Fig.9

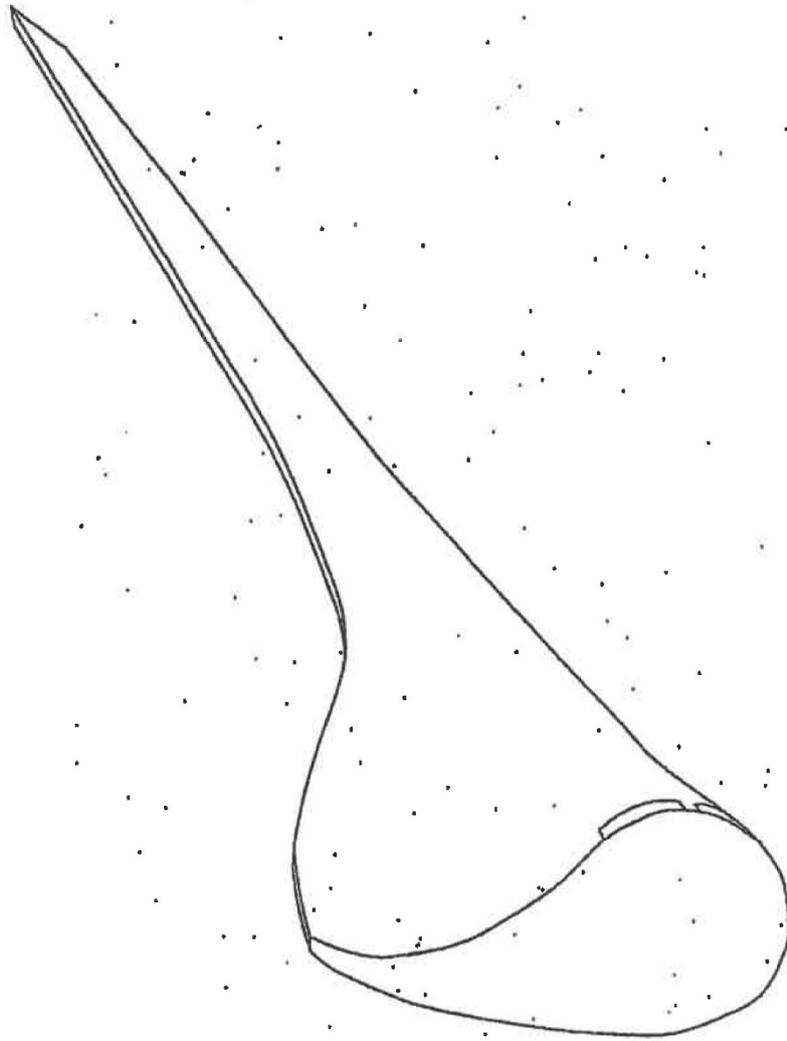


Fig.10

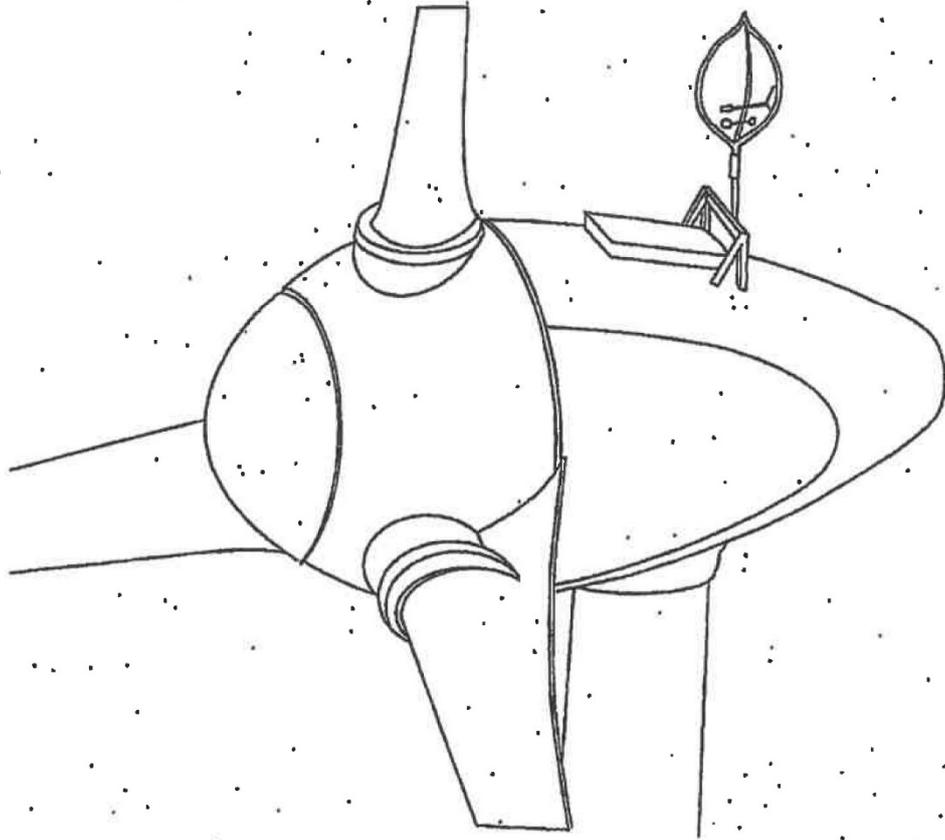


Fig.11

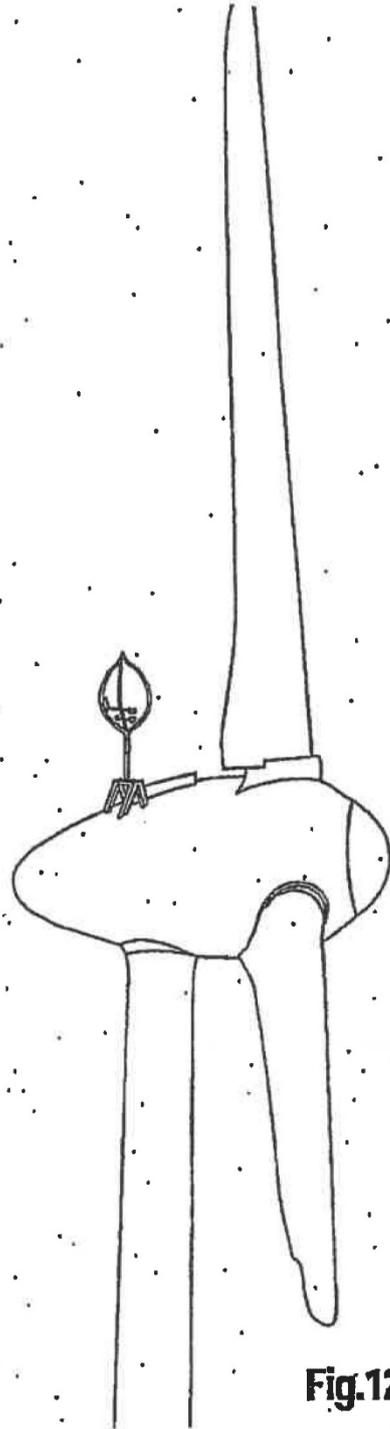


Fig.12

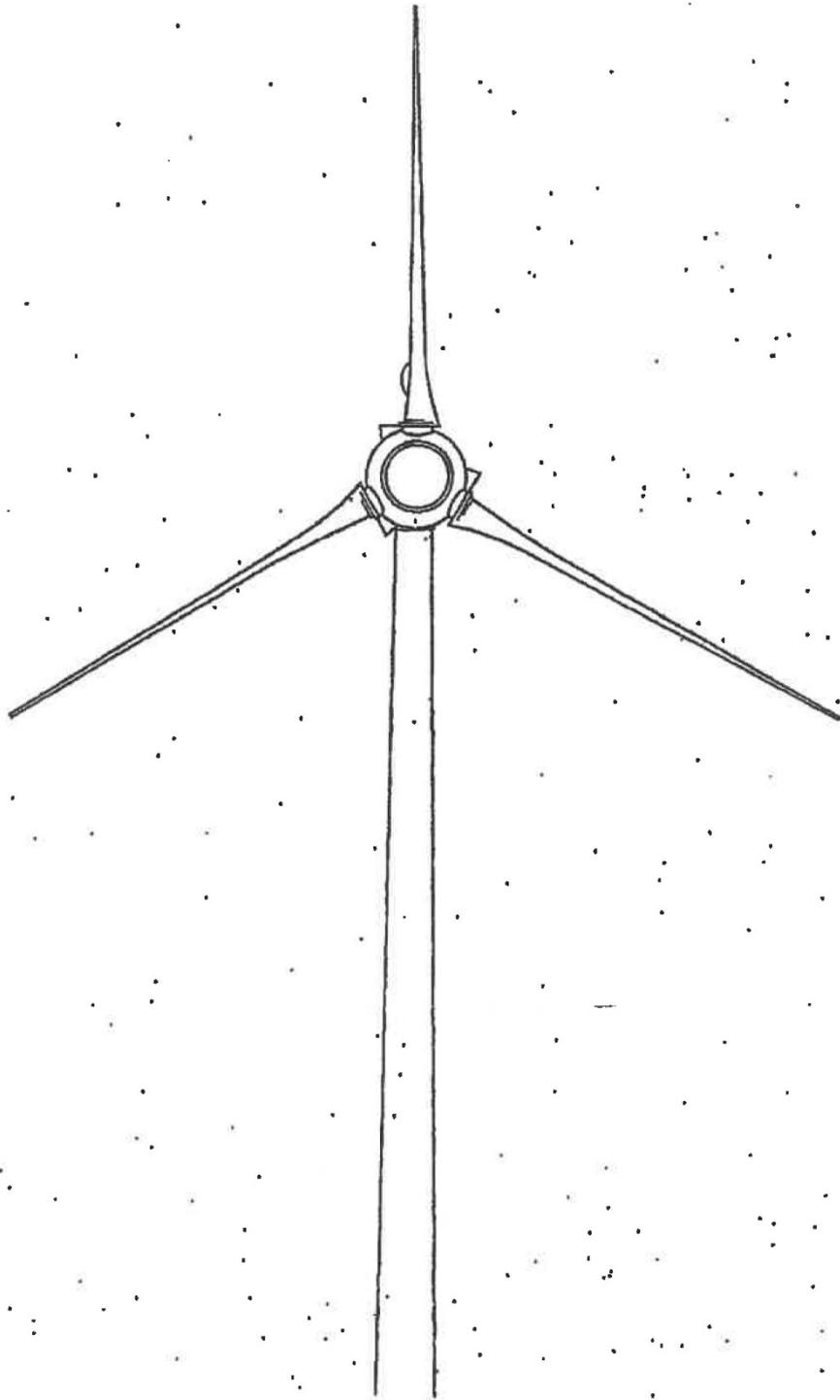


Fig.13

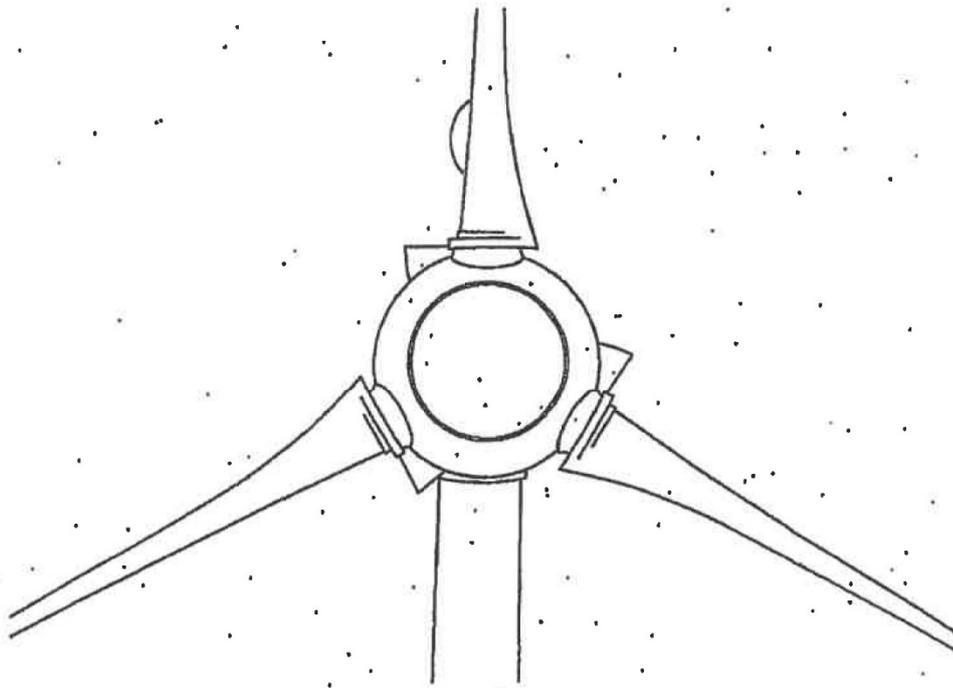


Fig.14

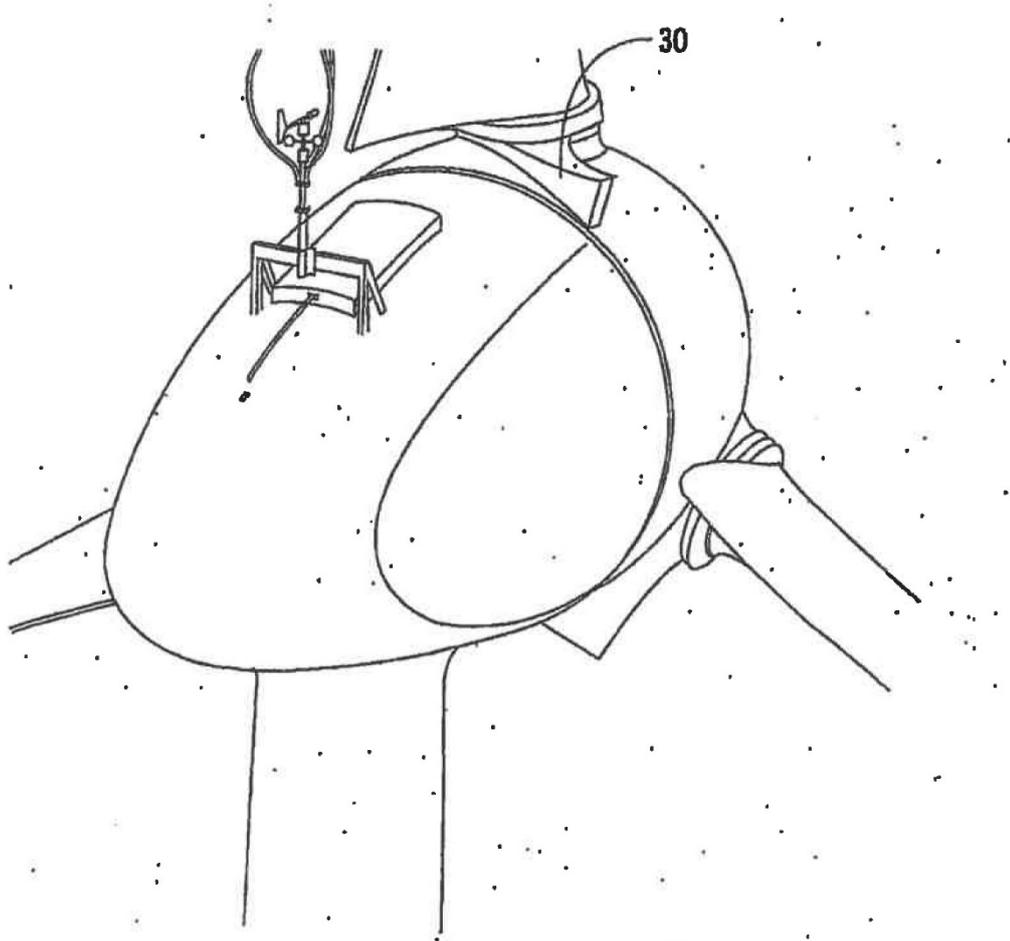


Fig.15

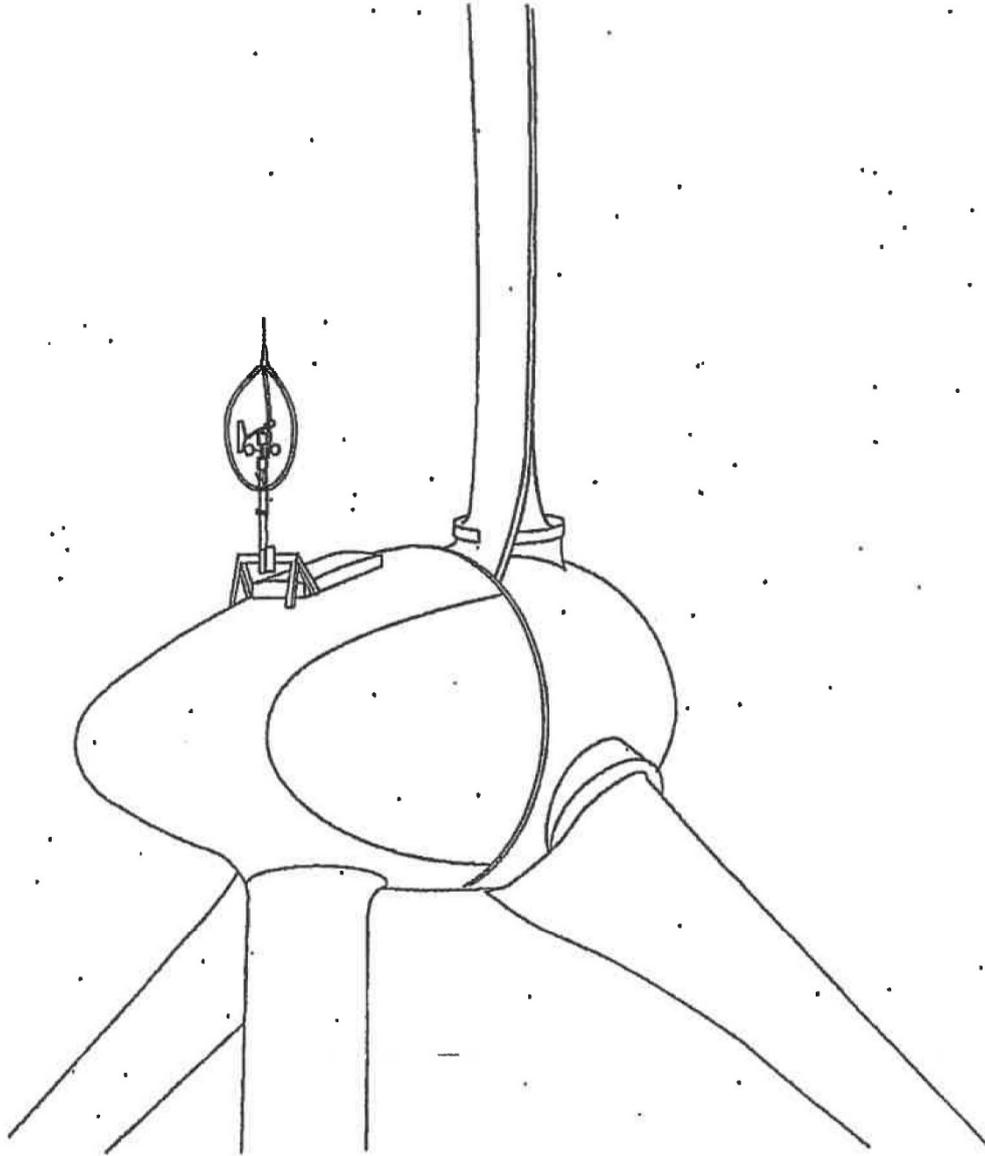


Fig.16

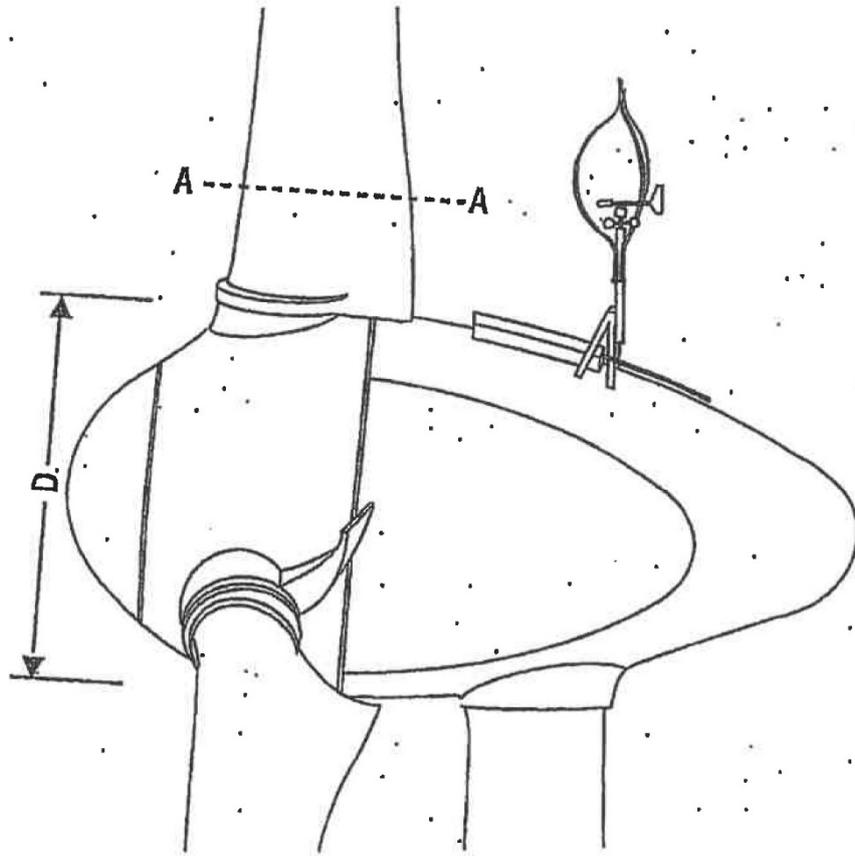


Fig.17

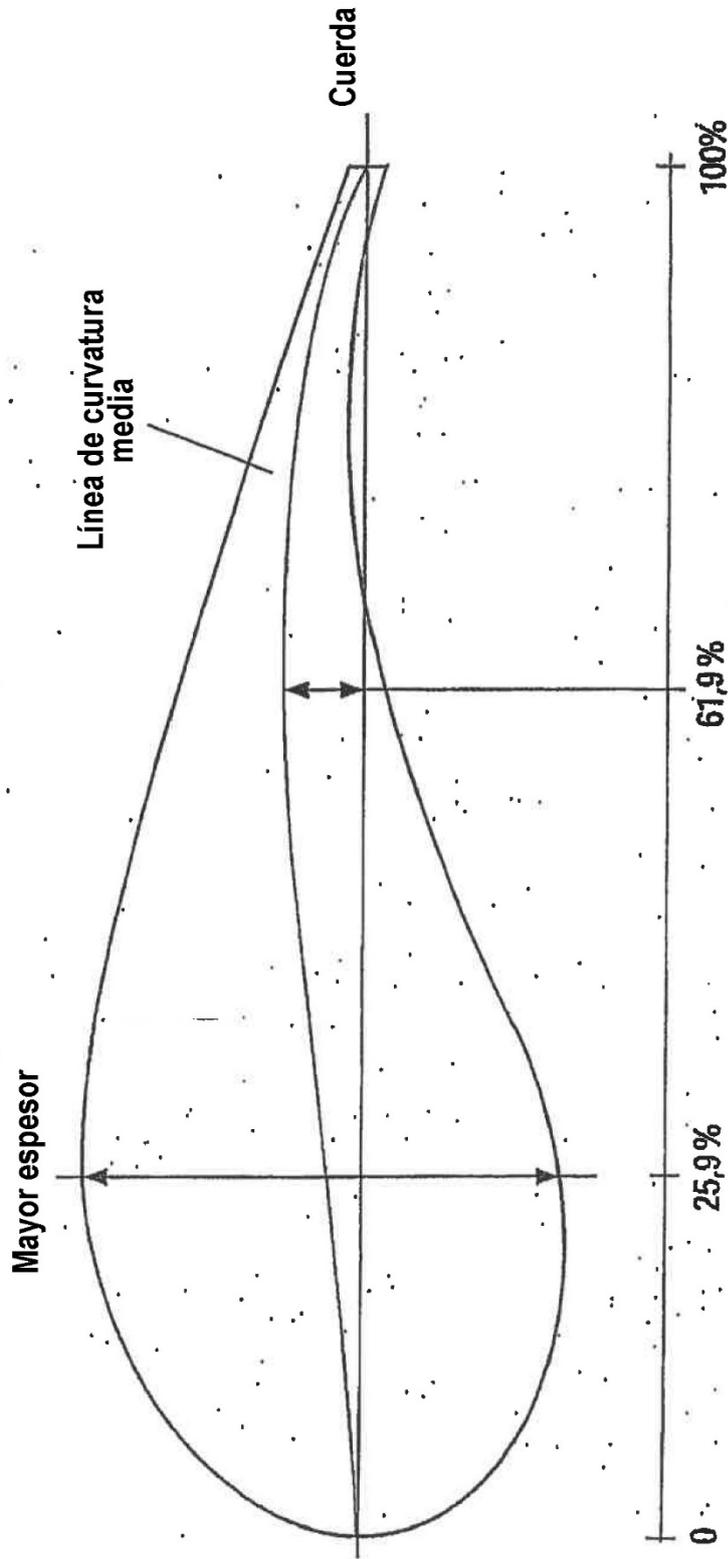


Fig.18

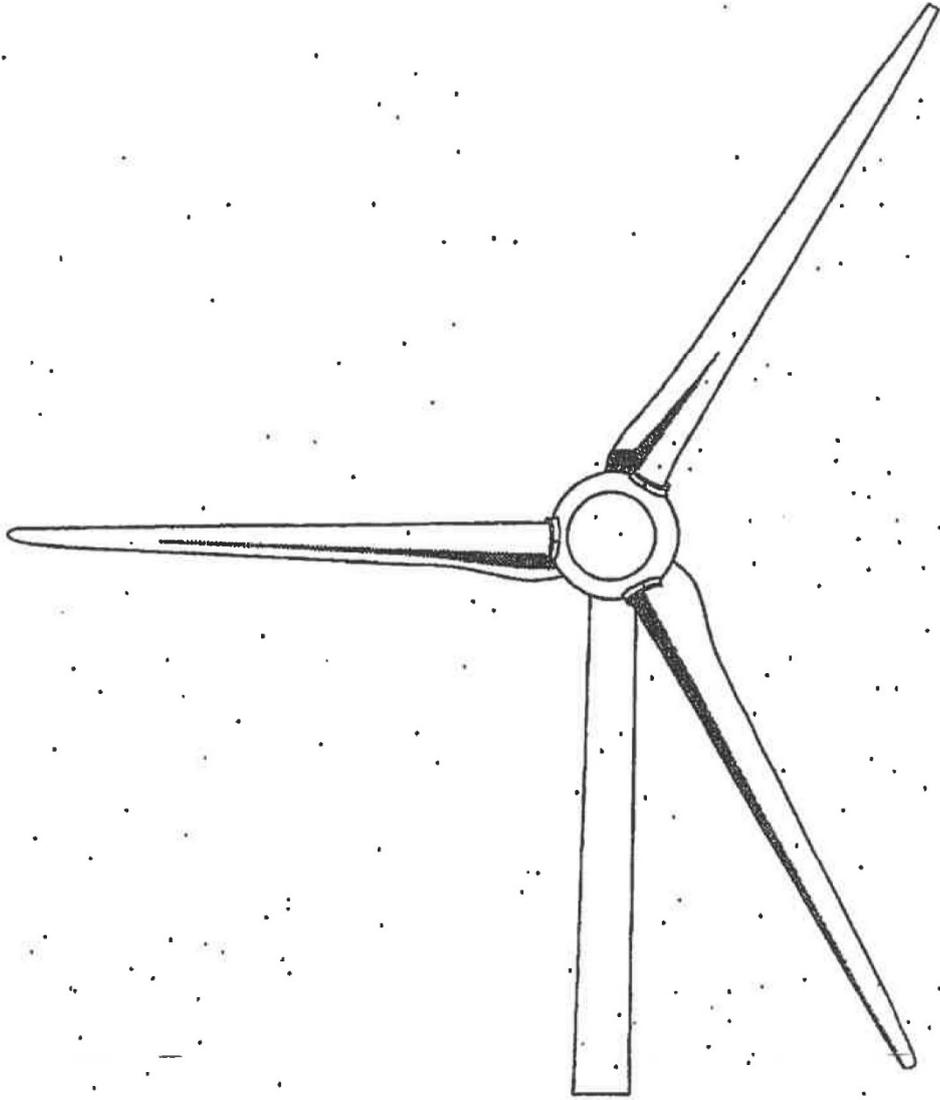


Fig.19

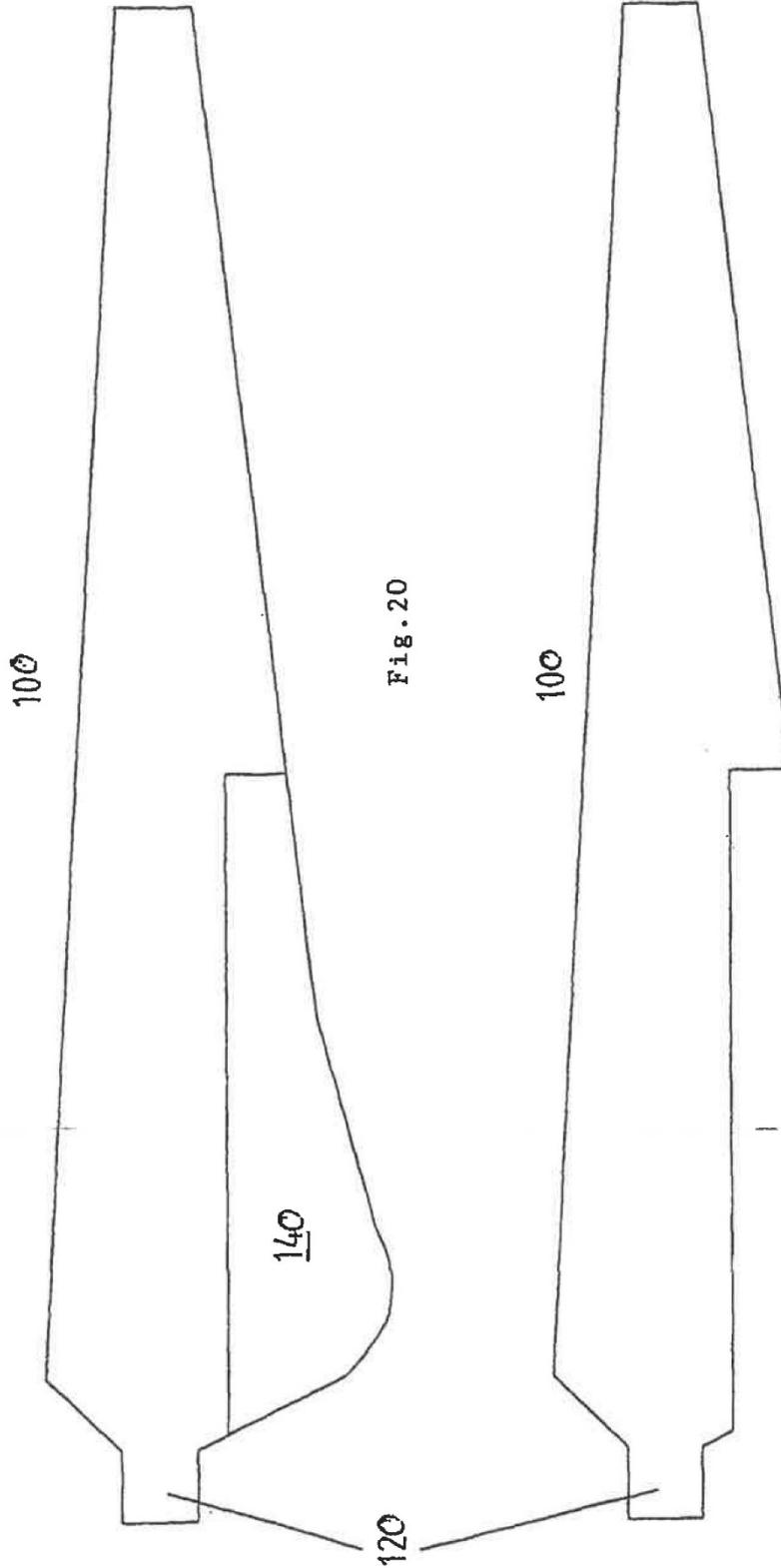


FIG. 20

FIG. 21

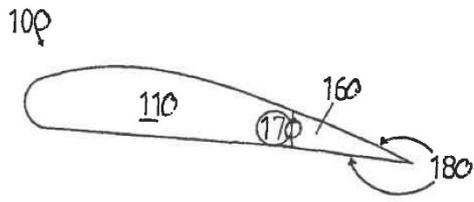


Fig. 22

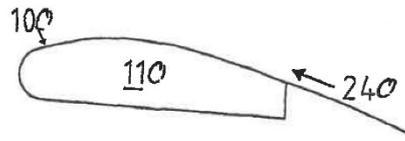


Fig. 23

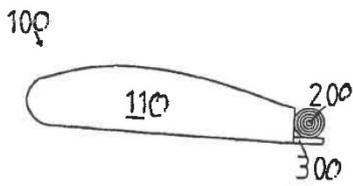


Fig. 24a

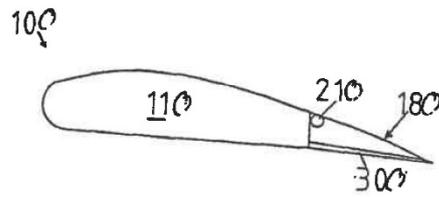


Fig. 24b

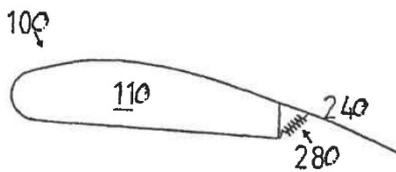


Fig. 25

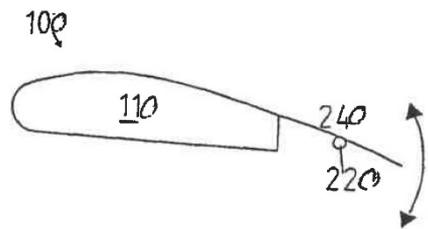


Fig. 26

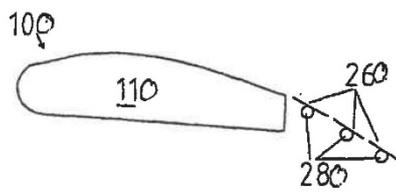


Fig. 27a

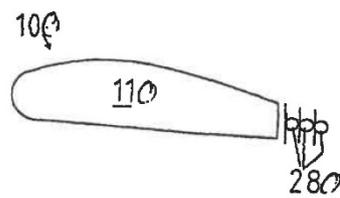


Fig. 27b

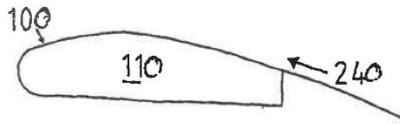


Fig. 28a

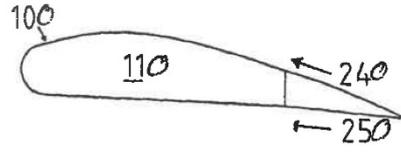


Fig. 28b

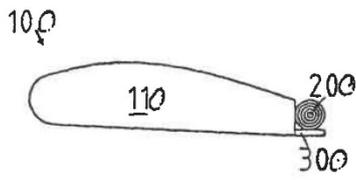


Fig. 29a

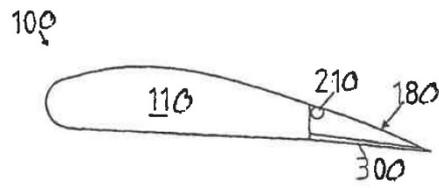


Fig. 29b

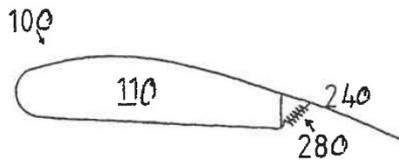


Fig. 30a

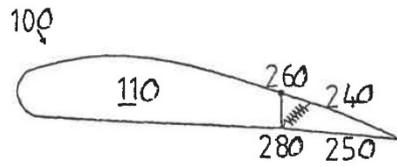


Fig. 30b

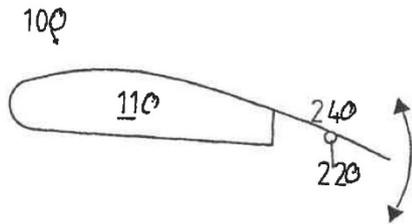


Fig. 31a

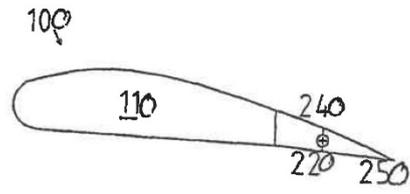


Fig. 31b

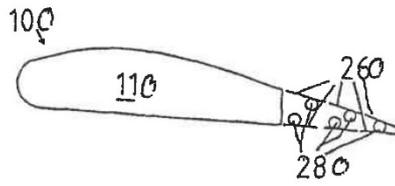


Fig. 32a

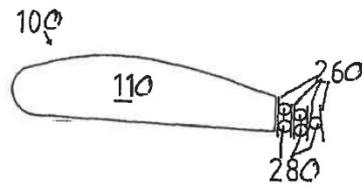


Fig. 32b

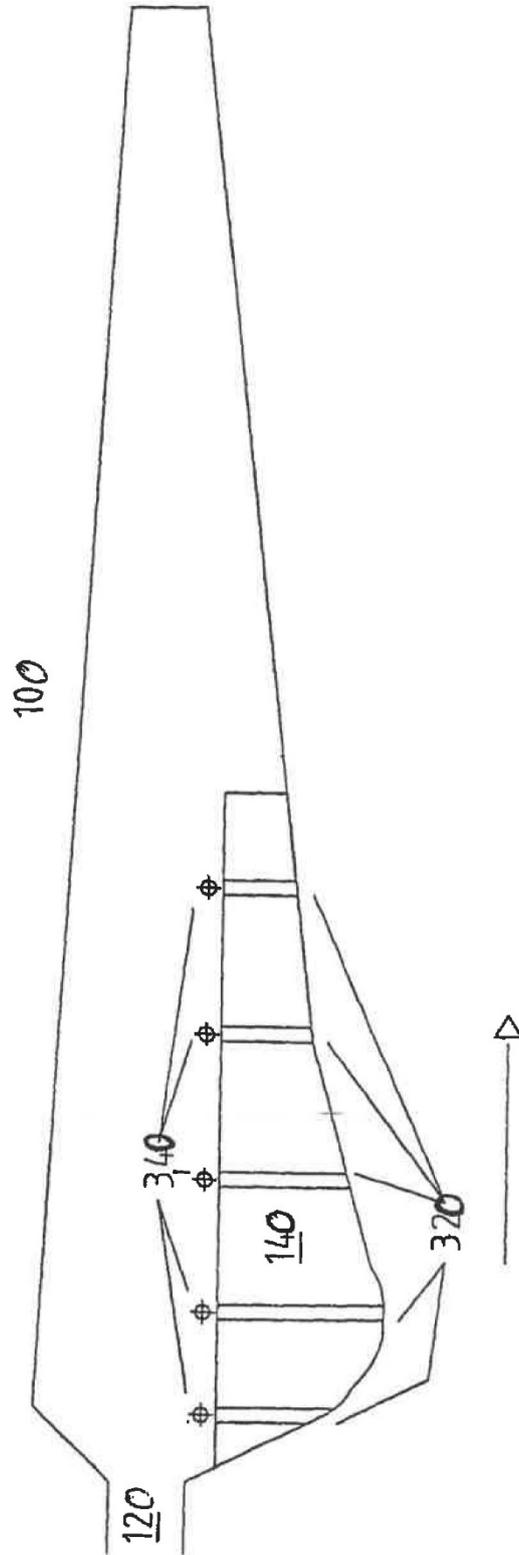


Fig. 33