



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 348 980**

51 Int. Cl.:
F03D 1/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04721556 .1**

96 Fecha de presentación : **18.03.2004**

97 Número de publicación de la solicitud: **1604109**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **14.12.2005**

54 Título: **Turbina eólica.**

30 Prioridad: **18.03.2003 GB 0306075**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
20.12.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
20.12.2010

73 Titular/es: **RENEWABLE DEVICES SWIFT
TURBINES LIMITED
Bush Estate
Edinburgh EH26 0PH, GB**

72 Inventor/es: **Anderson, David, Ewart y
Silverton, Charles, Lawrence**

74 Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

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

TURBINA EÓLICA

La invención se refiere a turbinas eólicas y, más particularmente, a un rotor para una turbina eólica y a una turbina eólica que comprende un rotor de este tipo, como se reivindica en los preámbulos de las Reivindicaciones 1 y 9, respectivamente. Un rotor y una turbina eólica de este tipo se conocen, por ejemplo, a partir del documento GB-4-213022. En particular, la invención se refiere a una turbina eólica para montar sobre un tejado y para su uso con un sistema de calefacción (ya sea doméstico o comercial), un sistema de almacenamiento de energía, un sistema de almacenamiento eléctrico o con una red de electricidad local o nacional.

El gobierno de RU, según el acuerdo de Kyoto, estableció una obligación de disminuir las emisiones de CO₂ un 10% en 2010 y el ejecutivo escocés ha establecido objetivos ambientales incluso más severos. Por consiguiente, se ha hecho énfasis recientemente en las fuentes de energía renovable. Los análisis de demandas de energía muestran que el 47% de la demanda de energía anual de RU es de edificios, que contribuye el 40% de las emisiones de CO₂ de RU. La tecnología de la presente invención proporcionará beneficios económicos sustanciales a más del 33% de los edificios y podría reducir las emisiones de CO₂ de RU tanto como un 13%.

Las turbinas existentes, de un tamaño adecuado para montar sobre un tejado, para proporcionar energía, están diseñadas sólo para un flujo de aire moderado y oscilarán violentamente con el flujo de aire comprimido y turbulento que se da sobre y alrededor de los edificios, creando ruido y generación ineficaz.

Se sabe cómo proporcionar molinos de viento, anemómetros y turbinas que contienen anillos unidos a sus palas del rotor, con el fin de aumentar la eficacia o mejorar la integridad estructural. Por ejemplo, cada uno de los documentos US1.467.227 (Capell), US104.918 (St. Clair) y DE9218214U describe rotores que muestran una disposición de este tipo. De forma similar, el documento GB213.022 (Nightingale) describe un rotor del molino de viento que tiene sus palas conectadas a un anillo anular, a fin de aumentar la eficacia de las palas. Ninguno de estos documentos de la técnica anterior aborda el problema de las emisiones acústicas no deseadas.

Un objeto de la presente invención es superar uno o más de los problemas mencionados anteriormente.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención se proporciona un rotor para una turbina eólica que comprende una pluralidad de palas radiales y un difusor con forma de anillo que conecta las puntas externas de las palas; caracterizado por que las palas están inclinadas a un ángulo respecto a un plano transversal del rotor, perpendicular al eje de rotación del rotor, siendo el ángulo de inclinación de cada pala mayor en una parte intermedia de la pala que en la punta externa de la pala; y en el que el difusor es un difusor aerodinámico y está conformado de tal forma que inhibe el flujo de aire parcialmente axial y parcialmente radial de las palas, haciéndose dicho flujo de aire circunferencial cuando entra en contacto con el difusor aerodinámico, reduciendo de esta forma las emisiones acústicas.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención se proporciona una turbina eólica que comprende un rotor de acuerdo con el primer aspecto.

Las realizaciones de la presente invención se describirán ahora con referencia a los dibujos, en los que:

5 Las Figuras 1A y 1B muestran vistas esquemáticas de dos realizaciones de la turbina eólica de acuerdo con la presente invención;

Las Figuras 2A y 2B muestran vistas superiores de dos realizaciones del rotor y el dispositivo de plegamiento de la turbina eólica, de acuerdo con las Figuras 1A y 1B, respectivamente;

10 La Figura 3 muestra en detalle una realización de un brazo del dispositivo de plegamiento de acuerdo con la presente invención;

La Figura 4 muestra la conexión del brazo de acuerdo con la Figura 3 a través de la góndola;

Las Figuras 5A y 5B muestran la conexión de la punta del brazo a la aleta de cola;

15 La Figura 6 muestra una vista en sección transversal del medio de montaje para la turbina eólica de acuerdo con la presente invención, en la que se proporciona el interior con un núcleo de amortiguación de la vibración; y

Las Figuras 7 y 8 muestran una vista transversal del medio de montaje de acuerdo con la Figura 6 como realizaciones alternativas para el núcleo de amortiguación de la vibración.

20 En las Figuras 1A y 1B se muestran realizaciones posibles de la turbina eólica 10,110 de acuerdo con la presente invención. La turbina eólica 10,110 comprende un rotor 20,120 que tiene un núcleo 25,125 y palas radiales 30,130 que se extienden desde el núcleo 25,125 hacia la punta externa 31 de las palas 30,130. El rotor comprende un perfil aerodinámico radial 21,121, unido a y que rodea las palas del rotor 30,130. El rotor 20,120, por medio del núcleo 25,125 se fija rotacionalmente a una góndola 41,141. El rotor 20,120 es capaz de rotar alrededor del eje de rotación 26. La góndola 41,141 se monta rotacionalmente sobre la parte superior del medio de montaje 40. El medio de montaje 40 permite que la 25 turbina eólica 10,110 se fije sobre un soporte (no mostrado). La góndola 41,141, además, está provista de un mecanismo de plegamiento 50,150. El mecanismo de plegamiento 50,150 comprende un primer brazo 51,151 y un segundo brazo 52,152. Los brazos 51,151; 52,152 y sus extremos respectivos están provistos de aletas de cola 53,153; 54,154.

30 El mecanismo de plegamiento 50,150 tiene dos funciones. La primera función es mantener el eje de rotación 26 del rotor 20,120 básicamente paralelo a la dirección momentánea del flujo de aire. En la Figura 1 el flujo de aire se indica esquemáticamente por medio de flechas¹⁵. La segunda función del dispositivo de plegamiento 50,150 es hacer rotar el rotor 20,120, desviándolo del viento cuando la velocidad del viento excede los requisitos de potencia de salida de la turbina eólica o pone en peligro la integridad del sistema, para proteger la turbina eólica 10,110 contra cargas inaceptablemente altas. La 35 construcción y el funcionamiento del mecanismo de plegamiento se aclarará más adelante, con referencia a las Figuras 2A, 2B, 3, 4, 5A y 5B.

Se entiende que aunque la descripción restante se refiere a la realización de la Figura 1A, la

descripción se aplica igualmente a la realización de la Figura 1B.

Como se muestra en la Figura 1, el perfil aerodinámico radial 21 se une a y rodea las palas de la turbina 30. El perfil aerodinámico radial 21 creará un efecto Venturi leve cerca de las puntas de la pala, donde el aumento resultante en la velocidad del aire tiene el mayor efecto sobre la potencia de salida de la turbina. Esto aumenta la eficacia global de la turbina 10, que compensa por el aumento leve en el peso y la resistencia aerodinámica causada por la adición del perfil aerodinámico 21. El perfil aerodinámico creará también un flujo más laminar a lo largo de las palas del rotor. Esto es importante ya que el flujo de aire sobre un tejado es típicamente turbulento. Una ventaja adicional es el hecho de que la presencia del perfil aerodinámico radial 21 aumentará la resistencia mecánica del rotor 20, permitiendo una sección del perfil aerodinámico más eficaz a cada pala 30. Una ventaja adicional es el hecho de que la presencia del perfil aerodinámico radial 21 da como resultado una reducción en las emisiones acústicas (ruido) de las palas del rotor de la turbina 30 que están rotando, debido al hecho de que se elimina o reduce el ruido, incluyendo la turbulencia de vórtice aerodinámico. La presencia del perfil aerodinámico radial 21 ayuda también a reducir el efecto del flujo de aire turbulento a través del plano del rotor y, de este modo, asiste también en la reducción de las emisiones acústicas.

En la Figura 1 se puede ver que el diseño de la pala 30 es tal que las puntas externas 31 de la pala 30 son básicamente perpendiculares al eje de rotación 26.

Las puntas externas 31 de la pala se conectan cerca del borde delantero 22 del perfil aerodinámico 21. Puede variarse el número de palas 30. El perfil aerodinámico 21 puede situarse para extenderse en una orientación aguas arriba o aguas abajo con respecto a las palas 30.

En la Figura 2 se muestra una vista superior del rotor 20 y el dispositivo de plegamiento 50 de la turbina eólica 10 de acuerdo con la Figura 1. El dispositivo de plegamiento 50 comprende brazos 51,52 provisto cada uno con una aleta de cola 53,54 en el extremo del mismo. El flujo de aire 15 ejercerá una cierta presión sobre las aletas de cola 53,54. Las aletas de cola se balancearán y estabilizarán la posición del rotor 20 con respecto a la dirección del flujo de aire 15. Cuando la dirección del flujo de aire 15 cambia, cambiará también la presión resultante en las aletas de cola 53,54. La fuerza resultante provocará que el rotor 20 rote para mantener la dirección del flujo de aire 15 básicamente en línea con el eje de rotación 26 del rotor 20. Durante el plegamiento normal, la presencia del perfil aerodinámico 21 reducirá las vibraciones provocadas por las turbulencias de vórtice no equilibradas en la punta de la pala. Esto se consigue puesto que el perfil aerodinámico actúa para desviar el flujo de aire de las puntas de las palas durante el plegamiento.

El dispositivo de plegamiento 50 de acuerdo con la presente invención no sólo mantiene un ángulo óptimo entre el rotor 20 y el flujo de aire 15, sino que además actúa para proteger la turbina 20 durante las cargas de viento excesivamente altas. El dispositivo de plegamiento 50 está diseñado para hacer rotar la turbina (rotor) 20, alrededor del eje 42, desviándola del flujo de aire cuando la velocidad del viento excede los requisitos de potencia de salida de la turbina o cuando la carga de viento compromete la integridad del rotor 20 u otros componentes de la turbina. Como se muestra en la Figura 2, las aletas de

cola 53,54 forman una cuña que apunta hacia fuera, considerablemente paralela al viento. Las cargas de viento excesivas harán que las aletas de cola 53,54 se muevan y/o roten con respecto a la góndola 41. Preferiblemente, una de las aletas no tiene desplazamiento o tiene un desplazamiento limitado, provocando que el rotor 20 se pliegue (o rote) alrededor del eje 42 mientras que la segunda aleta continua rotando a velocidades de flujo de aire altas. Esto significa que el mecanismo de plegamiento 50 de acuerdo con la presente invención, a una velocidad del viento moderada, mantendrá el rotor 20 en una condición estable y a un ángulo preferido con respecto al flujo de aire 15. Sólo después de exceder una velocidad del viento predeterminada, el mismo dispositivo de plegamiento 50 provocará que el rotor 20 rote desviándose del viento, para proteger la integridad del mismo.

La construcción del dispositivo de plegamiento 50 de acuerdo con la presente invención provoca que el dispositivo de plegamiento actúe no linealmente en relación a la velocidad del viento. El dispositivo de plegamiento 50 limita la susceptibilidad de la turbina a ráfagas y turbulencias. Las ráfagas suaves no serán capaces de desviar el rotor respecto al viento. La función de seguridad del dispositivo de plegamiento 50 sólo funcionará en situaciones de viento elevado para proteger la turbina y un generador respectivo.

Como se muestra en la Figura 2 los brazos 51 y 52 se extienden de la góndola a las aletas de cola, en la dirección a favor del viento del rotor 20. Las aletas de cola respectivas 53 y 54 están situadas básicamente en línea con las dimensiones exteriores del rotor 20. La construcción del dispositivo de plegamiento 50 de acuerdo con la presente invención posibilita una construcción compacta y no necesita espacio libre detrás de la góndola 41. Esto significa que el diseño de este sistema de plegamiento permite que la longitud total de la turbina se reduzca considerablemente cuando se compara con turbinas eólicas existentes.

En las Figuras 3 y 4 se muestra la primera realización del brazo 51 y la aleta de cola respectiva 53. Las flechas indican el movimiento del brazo 51 con respecto a la góndola 41. El ángulo entre el eje de rotación 26 del rotor (no mostrado) y la aleta de cola 53 se cambia usando una bisagra 60 localizada en la base del brazo 51. Como se muestra en la Figura 4, el brazo 51 se mantiene a un ángulo fijo respecto al eje 26 mediante un muelle helicoidal 61. Cuando la carga de viento sobre la aleta 53 es suficientemente grande, el brazo 51 y la aleta 53 rotan contra la fuerza de retención del muelle helicoidal 61, provocando una pérdida de carga aerodinámica en equilibrio sobre el rotor 20. Está pérdida de fuerza de equilibrio provocará que la góndola rote alrededor de su eje de montaje 42 (véase la Figura 1). Debe observarse que el muelle helicoidal 61, como se muestra en la Figura 4, es simplemente para propósitos explicativos y puede usarse cualquier tipo de muelle en la bisagra 60.

En la Figura 5A se muestra una realización alternativa, en la que la rotación de la aleta de plegamiento tiene lugar alrededor de una bisagra 70 localizada en la punta externa del brazo. En una realización preferida adicional, la bisagra es una bisagra de muelle 170 como se muestra en la Figura 5B. Como se muestra en la Figura 5, la rotación en el sentido de las agujas del reloj de la aleta 53 en la bisagra 70 está limitada por un tope terminal 71. La rotación en sentido contrario al de las agujas del reloj

de la aleta 53 se impide mediante la reacción de un muelle helicoidal (no mostrado) o la bisagra de muelle 170. Cuando la velocidad del flujo de aire 15 aumenta a un nivel al que se requiere el plegamiento, se supera la fuerza de retención del muelle en la bisagra 70 o la bisagra de muelle 170 y la aleta 53 rotará (o, en la realización preferida alternativa, la aleta 154). Esto provoca una pérdida de la carga aerodinámica en equilibrio sobre el rotor. Esta pérdida de fuerza de equilibrio provocará otra vez que la góndola rote alrededor de su eje de montaje 42, hasta que las fuerzas aerodinámicas en la turbina estén en equilibrio. El mecanismo de plegamiento no lineal 50 de acuerdo con la presente invención mantendrá la turbina en la dirección a favor del viento y estable hasta que la velocidad del viento comprometa la seguridad de los sistemas y la turbina empiece a guiñar progresivamente debido al viento. El dispositivo de plegamiento 10 50 reduce, por lo tanto, la guiñada constante de la turbina durante las ráfagas, que de lo contrario crearían oscilaciones no deseadas y ruido de pala de la turbina.

Debe entenderse que, aunque se describen realizaciones en las que el elemento de bisagra está localizado en los extremos terminales del brazo 51,52, la bisagra podría proporcionarse en cualquier punto a lo largo del brazo 51,52.

15 Adicional o alternativamente, la aleta 53 ó 54 puede estar dispuesta para plegarse a lo largo de su eje horizontal, provocando de esta manera el desequilibrio en ese sentido.

El ángulo de plegamiento real necesario para proteger la turbina eólica puede estar limitado debido a la presencia del perfil aerodinámico 21. Un cierto plegamiento del rotor 20 dará como resultado un estancamiento aerodinámico a lo largo del perfil 21 y/o palas 30. Tan pronto como empieza el 20 estancamiento, descenderá la potencia del flujo de viento 15 en el rotor 20.

Durante el funcionamiento normal de una turbina eólica de acuerdo con la invención, las vibraciones están provocadas por resonancia armónica dentro de la turbina, la torre y la estructura de montaje. Éstas aparecen a partir de desequilibrios de la pala, debido a la deformación durante el funcionamiento, vibraciones inducidas aerodinámicamente o vibraciones inducidas mecánicamente en el 25 rotor, el generador u otros componentes de la turbina. La eliminación de la resonancia en micro-turbinas eólicas es especialmente difícil, ya que funcionan a través de un amplio intervalo de velocidades de la punta de la turbina. El diseño descrito más adelante reduce las vibraciones operativas, controlando las velocidades de la punta de la turbina, a fin de que permanezcan fuera de frecuencias resonantes naturales y a través de medidas de absorción de vibración novedosas.

30 El montaje de una turbina eólica de eje horizontal sobre una estructura de edificio requiere la amortiguación de las frecuencias críticas y el movimiento de los armónicos más allá de las frecuencias operativas del sistema. El sistema de amortiguación en la turbina eólica de azotea está integrado en el diseño del medio de montaje y la góndola de la turbina. Estos sistemas de absorción de vibración funcionan juntos para crear una turbina de azotea que funciona en silencio.

35 El soporte de montaje novedoso de la turbina eólica usa una construcción de estructura laminar de materiales viscoelásticos y materiales estructurales.

La torre del medio de montaje contiene un núcleo innovador, típicamente de goma, que tiene

algunas secciones que tienen un área de sección transversal reducida y no están en contacto con la superficie interna del medio de montaje y algunas secciones que sí lo están. Esto sirve para absorber vibraciones en el medio de montaje a través de la energía disipada en el núcleo de goma antes de que alcancen el soporte de montaje. El núcleo de goma actúa también para forzar la frecuencia resonante del sistema por encima de la frecuencia de accionamiento de la turbina.

En la Figura 6 se muestra una posible realización del interior del medio de montaje, en sección transversal. En esta realización, el medio de montaje es tubular en sección transversal. El medio de montaje 40 comprende un núcleo hueco en el que está presente un elemento de núcleo cilíndrico 90. El elemento de núcleo 90 en el medio del mismo está provisto de una sección hueca 91 para permitir que elementos tales como una línea de energía se guíe a través del interior del elemento de núcleo 90. El elemento de núcleo 90 está provisto de secciones 92 con un diámetro exterior que corresponde sustancialmente al diámetro interior del medio de montaje 40. Estas secciones se alternan con secciones 93, que tienen un diámetro reducido y no están en contacto con la superficie radial interna del medio de montaje 40. El diseño del soporte de montaje de estructura laminar, junto con el núcleo del medio de montaje, suprime las vibraciones en el sistema. Las fuentes principales de estas vibraciones son vibraciones transmitidas desde la turbina eólica al edificio y la turbulencia aerodinámica alrededor de obstáculos, que disminuyen la potencia de salida y, lo que es más importante, acortan la vida útil de la turbina eólica.

En la Figura 7 se muestra una realización alternativa del interior del medio de montaje, en sección transversal. El núcleo hueco del medio de montaje 40 está provisto de un elemento de núcleo 94. El elemento de núcleo 94 en el medio del mismo está provisto de una sección hueca 91. El elemento de núcleo 94 está provisto de secciones 92 con un diámetro exterior que corresponde sustancialmente al diámetro interior del medio de montaje 40. Estas secciones se alternan con secciones 93, que tienen un diámetro reducido, y no están en contacto con la superficie radial interna del medio de montaje 40. Cuando se comparan las Figuras 10 y 11 quedará claro que difiere la forma de los huecos en los elementos de núcleo 90 y 94 respectivos. Debe observarse que las Figuras 6 y 7 son sólo para propósitos de ilustración. Son posibles también realizaciones alternativas para los elementos de núcleo.

La Figura 8 muestra una realización adicional del interior del medio de montaje 40. Como se muestra en la Figura 8, el interior del medio de montaje 40 comprende diversos elementos de núcleo 95, que se insertan en el medio de montaje, donde un primer elemento 95 es contiguo a un elemento adyacente 95. En el ejemplo de la Figura 12 la forma de los huecos en los elementos 95 respectivos difiere de nuevo de las realizaciones de acuerdo con la Figura 6 y la Figura 7.

En una turbina eólica el ruido procede de dos zonas, fuentes aerodinámicas y fuentes mecánicas. El ruido aerodinámico se irradia desde las palas, originándose debido a la interacción de las superficies de la pala con la turbulencia y el flujo natural, atmosférico o viscoso, en la capa límite alrededor de las palas. El ruido mecánico se debe al movimiento relativo de los componentes mecánicos y la respuesta dinámica entre los mismos. Este efecto puede amplificarse si la góndola, el rotor y la torre transmiten el ruido

mecánico y lo irradian, actuando como un altavoz. Existen dos tipos de problema por ruido: ruido transmitido por el aire, que es un ruido que se transmite directamente de la superficie o interior del componente al aire, y ruido transmitido por la estructura, que se transmite a través de la estructura antes de que se irradie mediante otro componente.

5 El montaje de la turbina y el medio de montaje están diseñados para obtener la frecuencia resonante de toda la estructura, con las frecuencias de vibración operativas provocadas por desequilibrios de pala, vibraciones inducidas por la aerodinámica, vibraciones inducidas por la mecánica y deformaciones. El montaje contiene un sistema de amortiguación que elimina las vibraciones.

10 Pueden realizarse modificaciones y mejoras a lo anterior sin alejarse del alcance de la invención como se reivindica en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un rotor (20) para una turbina eólica (10,110) que comprende una pluralidad de palas radiales (30,130) y un difusor con forma de anillo (21,121) que conecta las puntas externas (31) de las palas; caracterizado por que las palas (30,130) están inclinadas a un ángulo respecto a un plano transversal del rotor, perpendicular al eje de rotación del rotor, siendo el ángulo de inclinación de cada pala mayor en una parte intermedia de la pala que en la punta externa (31) de la pala; y en el que el difusor (21,121) es un difusor aerodinámico y está conformado de tal forma que inhibe el flujo de aire parcialmente axial y parcialmente radial de las palas, haciéndose circunferencial dicho flujo de aire cuando entra en contacto con el difusor aerodinámico (21,121), reduciendo de esta manera las emisiones acústicas.
2. Un rotor (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el difusor aerodinámico se extiende aguas abajo desde las puntas externas (31) de las palas (30,130).
3. Un rotor (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las puntas externas (31) de las palas (30,130) están conectadas al difusor (21,121) en o cerca al borde delantero del difusor.
4. Un rotor (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el difusor aerodinámico (21,121) se estrecha hacia el exterior desde las puntas externas (31) de las palas (30,130) para formar un difusor sustancialmente tronco-cónico, estando el eje de rotación del difusor tronco-cónico sustancialmente alineado con el eje de rotación (26) de las palas (30,130).
5. Un rotor (20) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que al menos una parte del difusor aerodinámico (21,121) se extiende aguas arriba desde las puntas externas (31) de las palas (30,130).
6. Un rotor (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el difusor aerodinámico (21,121) se estrecha radialmente hacia fuera a medida que se extiende del extremo aguas arriba al extremo aguas abajo.
7. Un rotor (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el difusor aerodinámico (21,121) está adaptado para inhibir el flujo de aire parcialmente axial y parcialmente radial de las puntas externas (31) de las palas (30,130) y desviar dicho flujo de aire a un flujo de aire sustancialmente circunferencial durante el funcionamiento normal.
8. Un rotor (20) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las palas (30,130) son sustancialmente paralelas al plano transversal del rotor en la punta externa (31) de las palas

(30,130).

9. Una turbina eólica (10,110) que comprende un rotor (20) de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 8, que comprende además una góndola (41,141) y un medio de montaje (40) adaptado para permitir la rotación de la turbina (10,110) y del rotor (20) alrededor de un eje direccional (42) perpendicular al eje de rotación (26), permitiendo de esta manera que la turbina (10, 110) se oriente en la dirección óptima, dependiendo de las condiciones de viento (15).

10. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además un medio de plegamiento (50,150) adaptado para hacer rotar el rotor (20) alrededor del eje direccional (42), de tal forma que el eje de rotación (26) no sea paralelo a la dirección del flujo de aire (15) cuando la velocidad del flujo de aire es mayor que una velocidad del flujo de aire determinada.

11. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 10, en la que los medios de plegamiento (50,150) comprenden un medio de plegamiento no lineal, adaptado para no proporcionar plegamiento sobre un primer intervalo inferior de velocidad del flujo de aire y un grado variable de plegamiento sobre un segundo intervalo mayor de velocidad del flujo de aire.

12. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 10 y 11, en la que el medio de plegamiento (50,150) comprende al menos dos aletas de cola (53,153; 54,154) que se extienden aguas abajo del difusor (21,121).

13. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 12, en la que las dos aletas de cola (53,153; 54,154) se proporcionan diametralmente opuestas entre sí.

14. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 12 ó 13, en la que una de las aletas de cola (53,153; 54,154) es una aleta de cola que puede moverse mediante una bisagra (70), montada para la rotación alrededor de una línea de bisagra tangencial.

15. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 14, en la que la aleta de cola móvil (53,153; 54,154) puede montarse sobre un brazo de montaje (51,151; 52,152) y la línea de bisagra puede proporcionarse: (i) en el punto de conexión del brazo de montaje y la góndola (41,141), de tal forma que el brazo de montaje también rote; (ii) en la conexión entre el brazo de montaje y la aleta de cola móvil a fin de que sólo rote la aleta de cola móvil; o (iii) en cualquier punto a lo largo de la longitud del brazo de montaje.

16. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 14 ó 15, en la que la aleta de cola

(53,153; 54,154) rota alrededor de un eje horizontal con vientos fuertes, lo que da como resultado una aleta que se pliega alrededor de un eje horizontal.

17. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 14 a 16, en la que la aleta de cola móvil (54,154) está desviada rotacionalmente por el medio de desviación (170) a una posición en reposo en la que el borde delantero de la aleta de cola móvil está más cerca del eje de rotación (26) del rotor que el borde trasero de la aleta de cola móvil, de manera que la aleta de cola móvil está desviada en un ángulo de ataque en reposo respecto al eje de rotación (26) del rotor (20).

18. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 17, en la que el medio de desviación (170) no es lineal.

19. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 17 ó 18, en la que el medio de desviación (170) está adaptado para mantener la aleta de cola (54,154) en la posición de reposo hasta que la velocidad del flujo de aire alcance una velocidad predeterminada y está adaptada adicionalmente de forma que a medida que la velocidad del flujo de aire aumenta más allá de la velocidad predeterminada, la aleta móvil (54,154) rota y el ángulo de ataque disminuye, dando como resultado una carga aerodinámica desequilibrada sobre la turbina eólica (10,110), de tal forma que la turbina eólica rota alrededor de su eje de montaje (42) a una posición plegada.

20. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 9 a 19 que comprende medios (90,94,95) para reducir las vibraciones operativas provocadas por resonancia armónica dentro de la turbina, la torre y la estructura de montaje (40).

21. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 20, en la que la turbina eólica está provista de un sistema de amortiguación de góndola, adaptado para aislar, al menos parcialmente, las vibraciones en el generador y la turbina de la torre.

22. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 20 ó 21, en la que la turbina eólica está provista de soportes de montaje para montar la turbina sobre una superficie, teniendo los soportes una construcción de estructura laminar de materiales viscoelásticos y materiales estructurales.

23. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 20 a 22, en la que el medio de montaje (40) es tubular.

24. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 22, en la que la torre contiene uno o más núcleos (90) de material flexible, tal como goma, con secciones (93) con un diámetro reducido, que

no están en contacto con la superficie radial interna de la torre, de tal forma que las secciones de diámetro reducido (93) se alternan con secciones de tamaño normal, que están en contacto con la superficie interna de la torre, sirviendo de este modo para absorber vibraciones en la torre a través de la energía disipada en el núcleo flexible antes de que alcancen los soportes de montaje.

5

25. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 24, en la que el núcleo de goma (90) está adaptado para controlar la frecuencia resonante del sistema junto con la frecuencia de accionamiento de la turbina mediante la absorción de un intervalo de frecuencias de vibración.

10 26. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con la reivindicación 25, en la que la forma de la sección transversal y la longitud de cada una de las secciones de diámetro reducido (93) se altera "afinando" de este modo el sistema para retirar un intervalo de frecuencias de vibración de la estructura de montaje (40).

15 27. Una turbina eólica (10,110) de acuerdo con las reivindicaciones 20 a 26, en la que los soportes de montaje de estructura laminar satisfacen el diseño del núcleo del medio de montaje y suprimen las vibraciones que proceden de la góndola (41,141).

28. Una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 27, en la que la góndola soporta el generador a través de cojinetes, diseñados para eliminar las frecuencias de vibración.

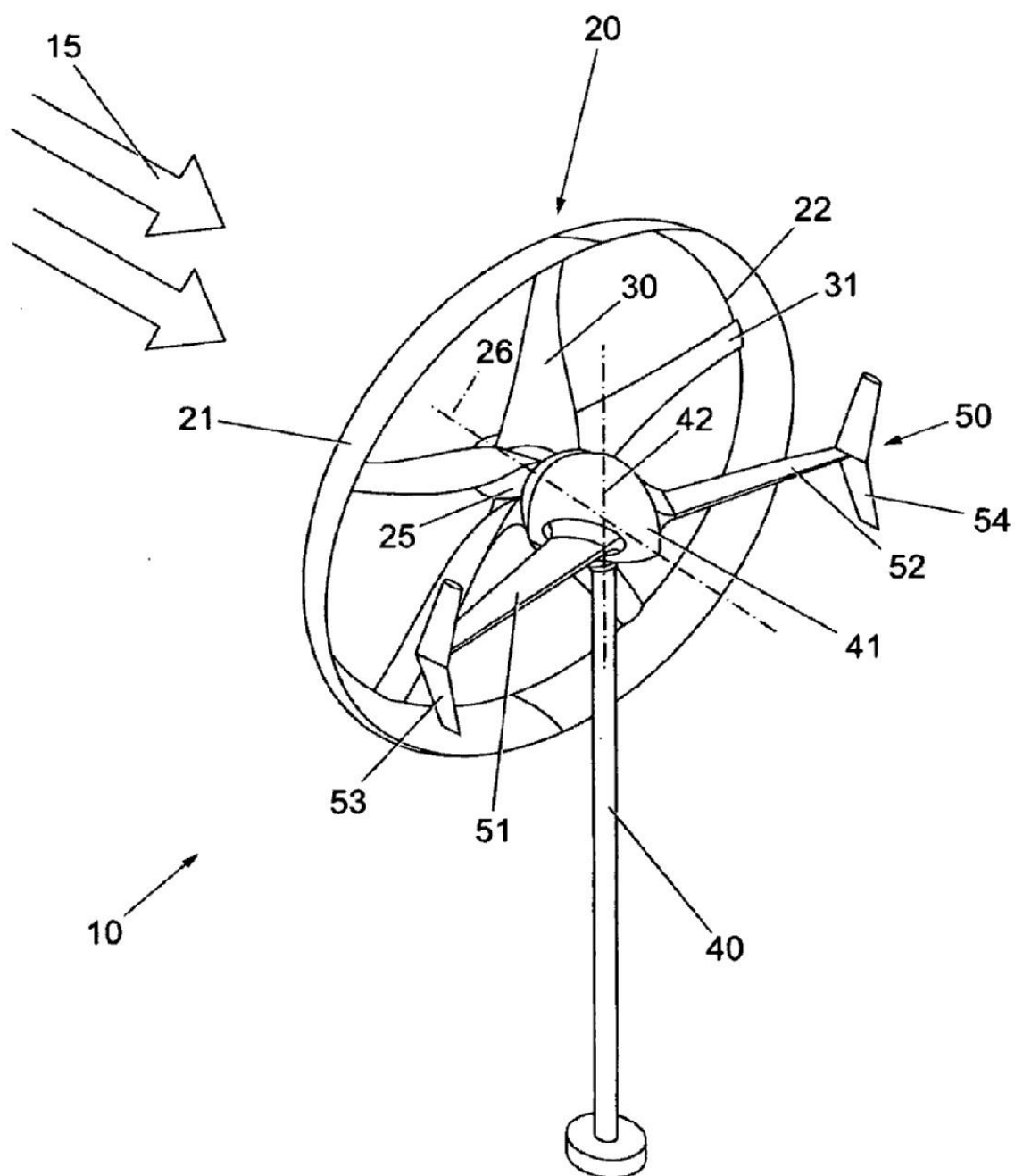


Fig. 1a

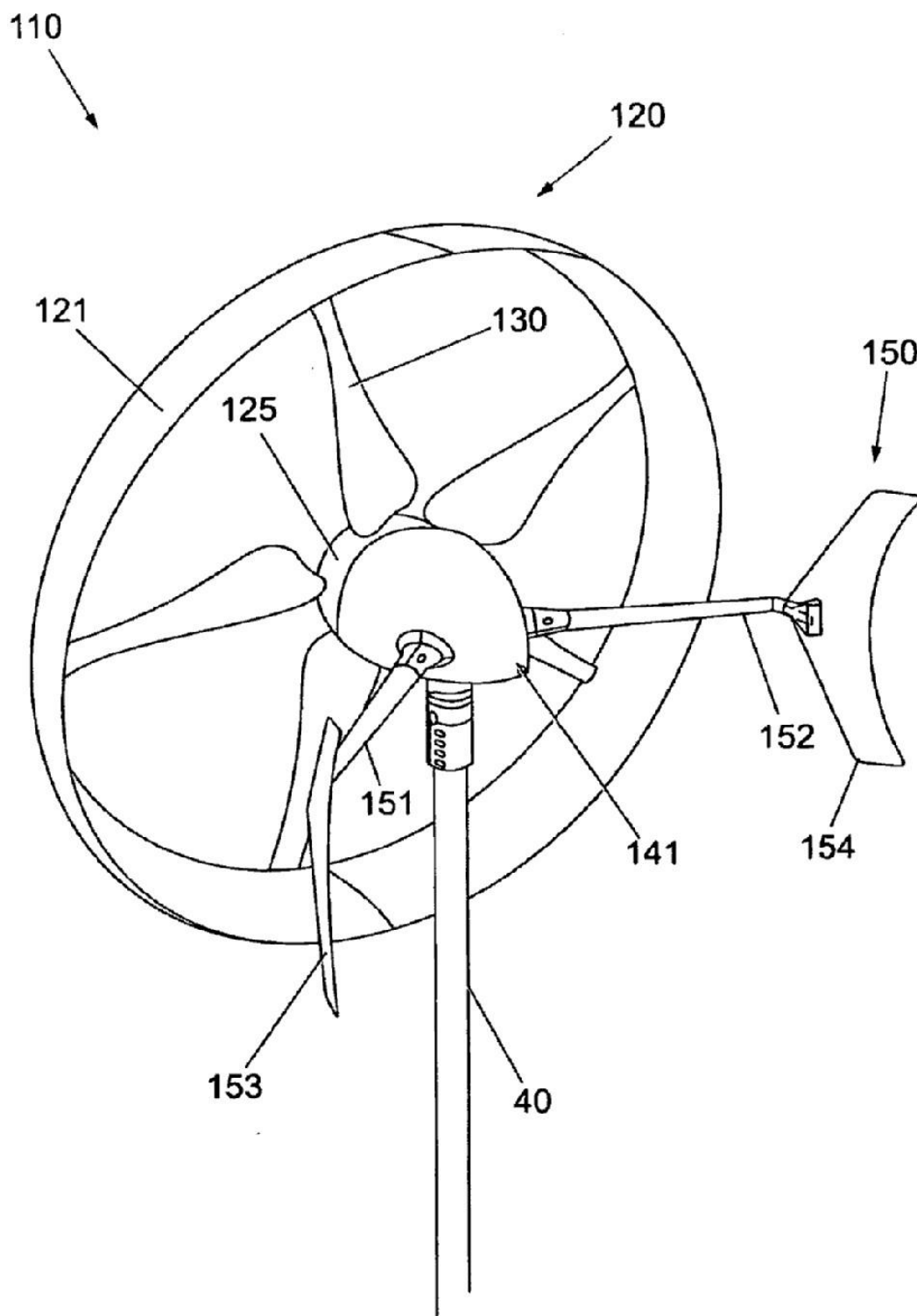
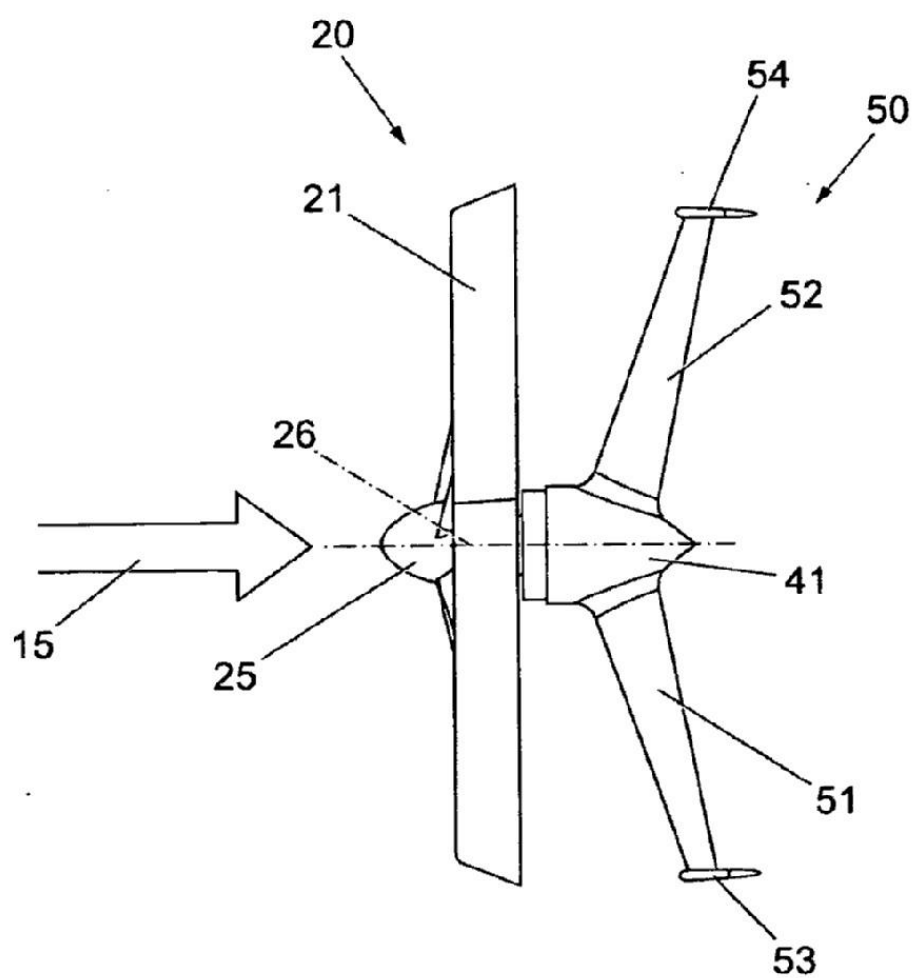
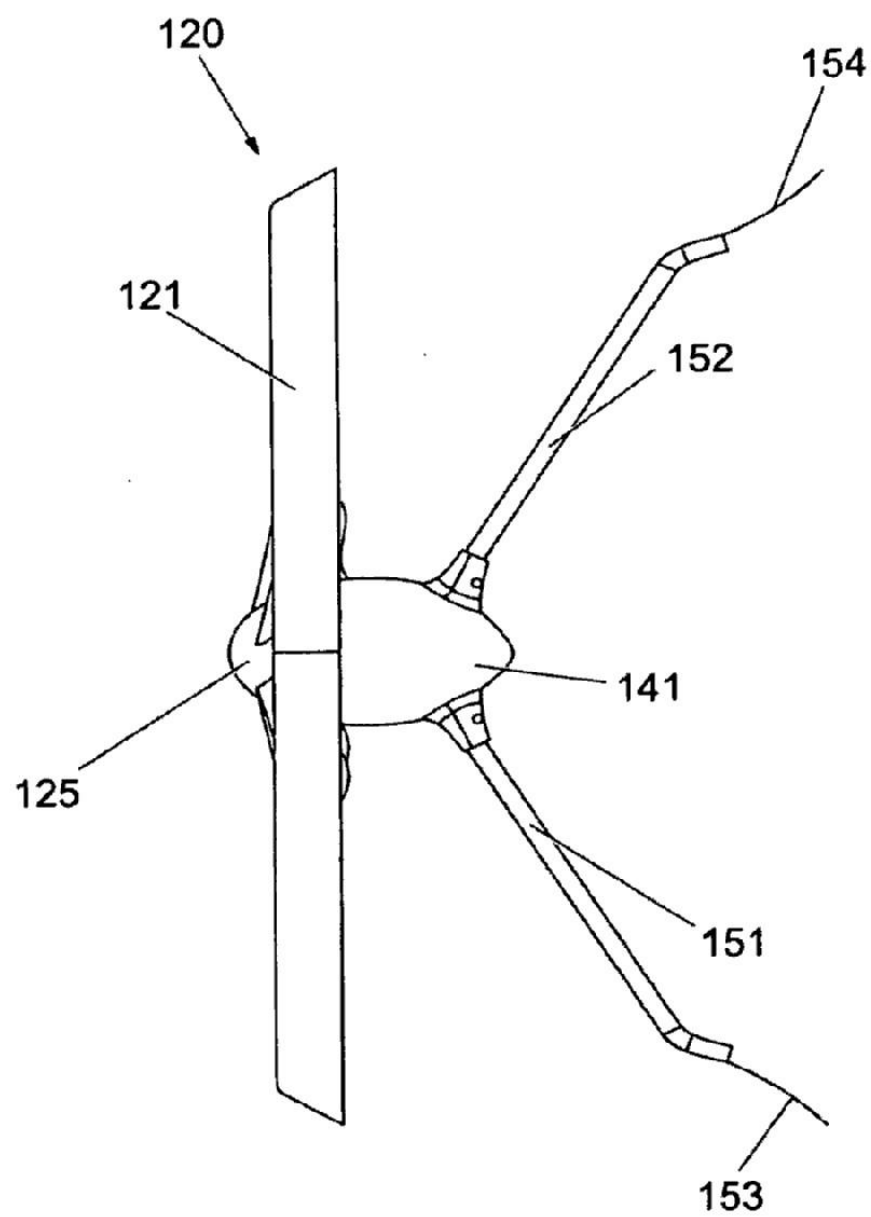


Fig. 1b

*Fig. 2a*

*Fig. 2b*

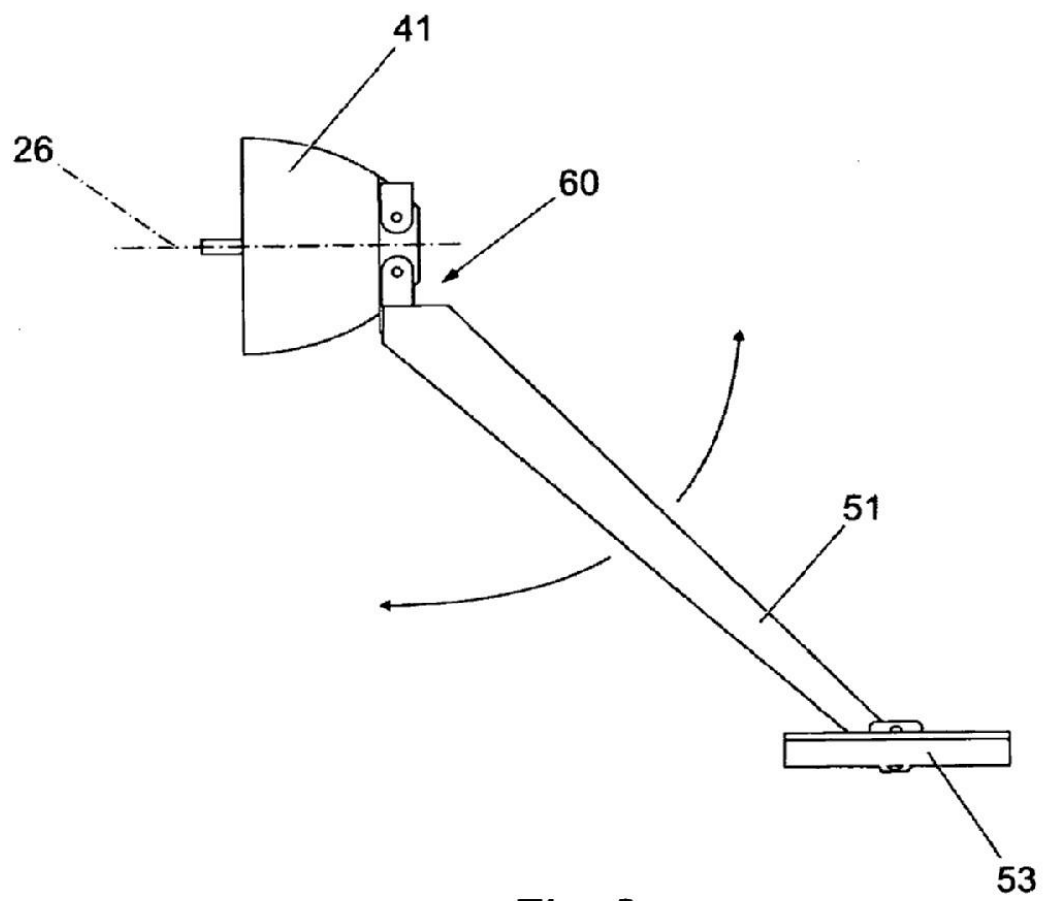


Fig. 3

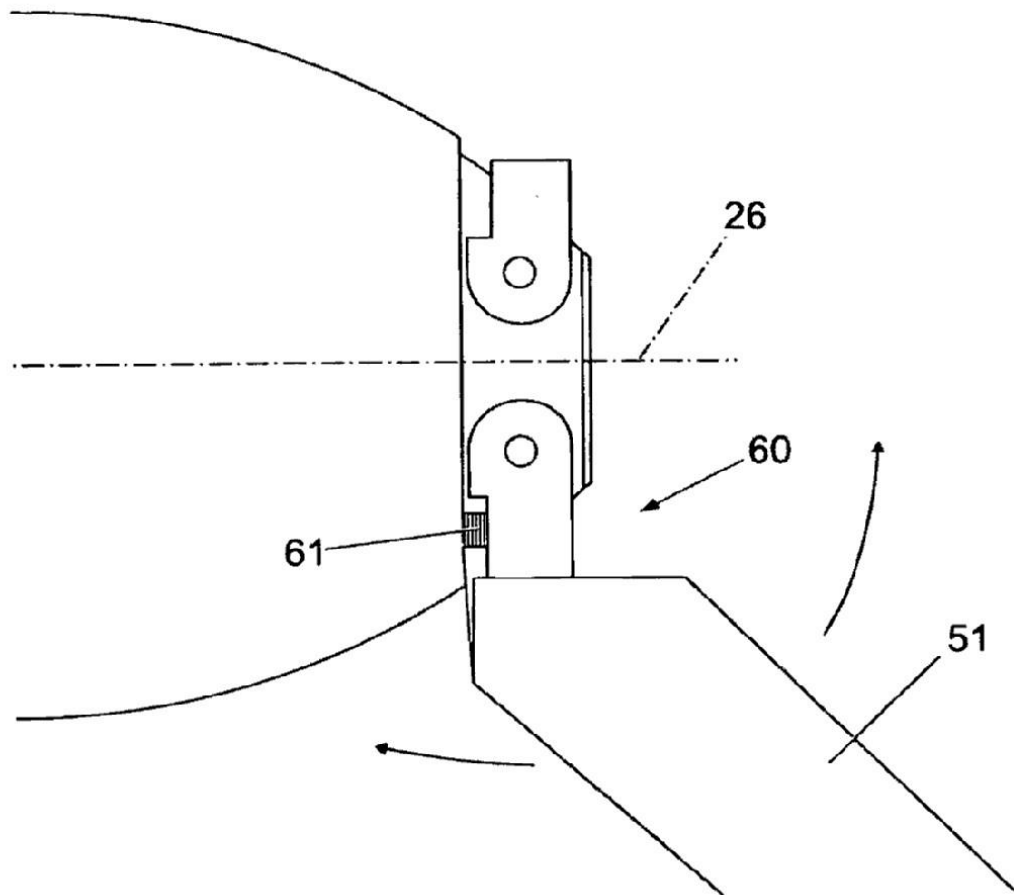


Fig. 4

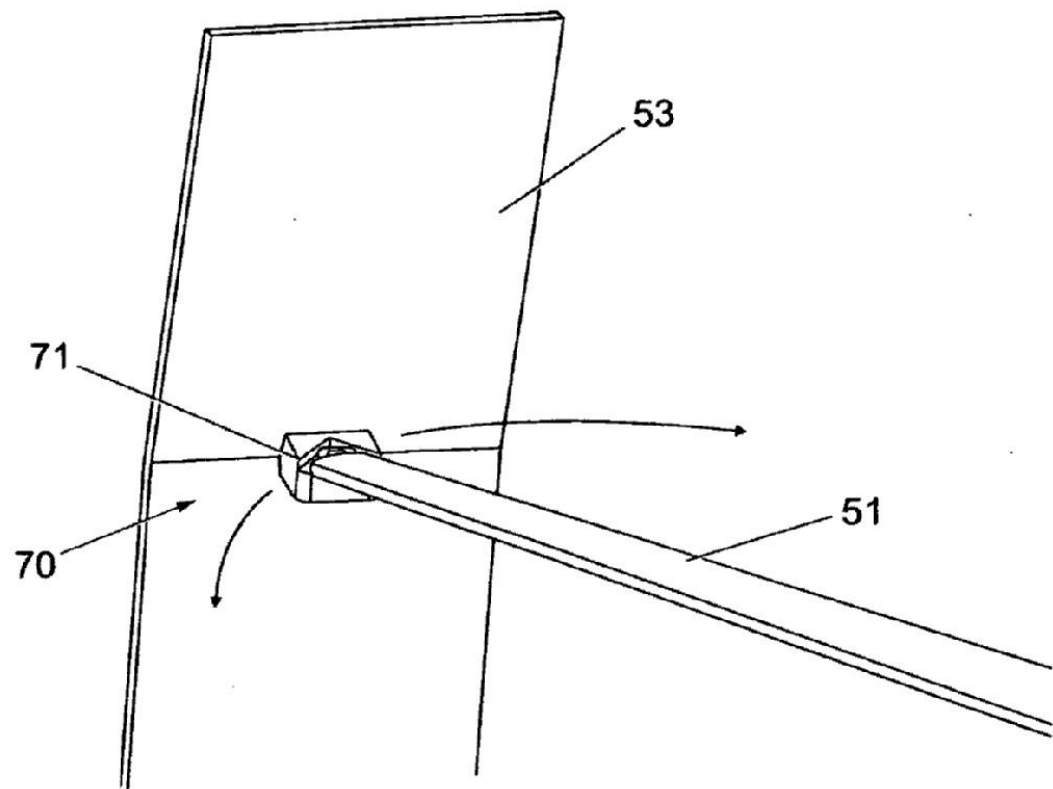


Fig. 5a

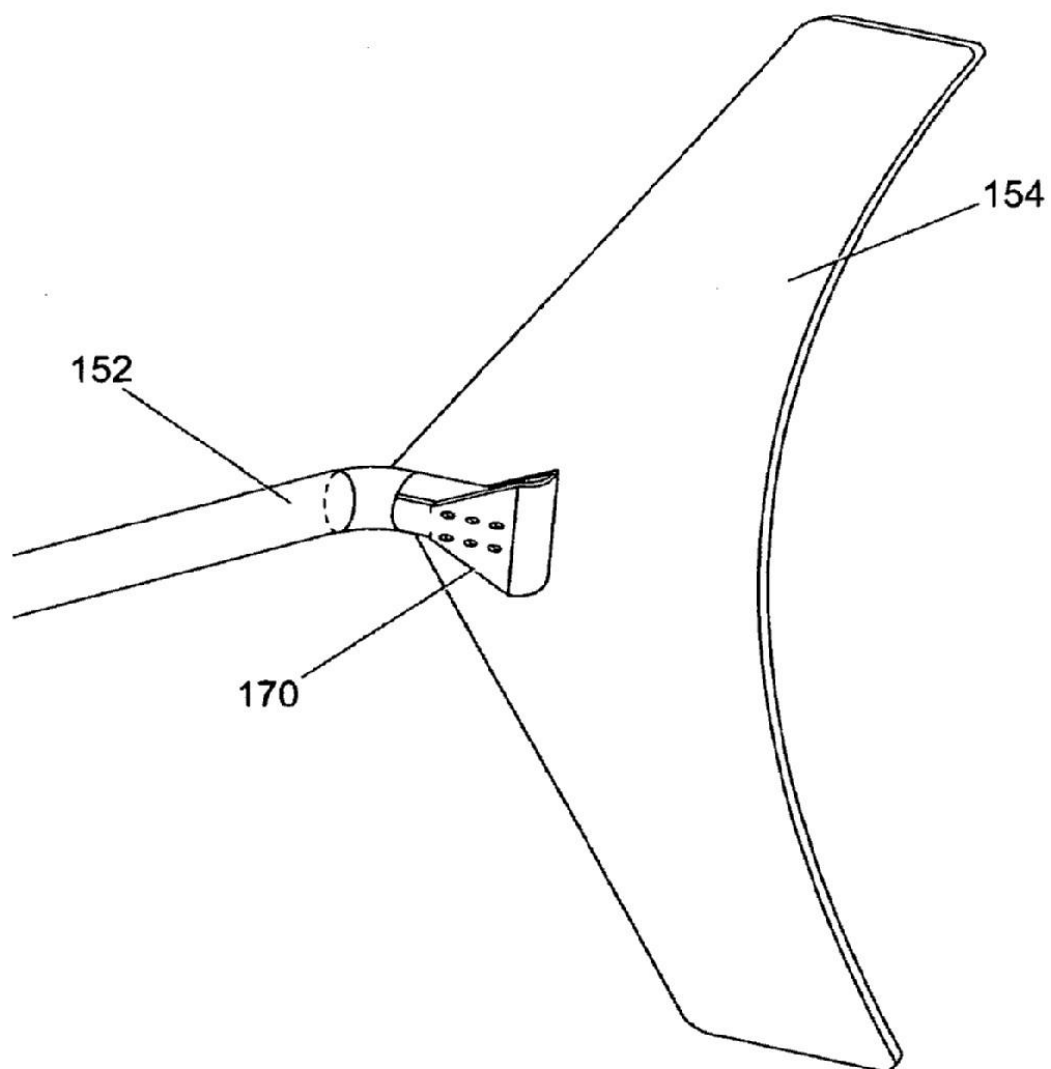


Fig. 5b

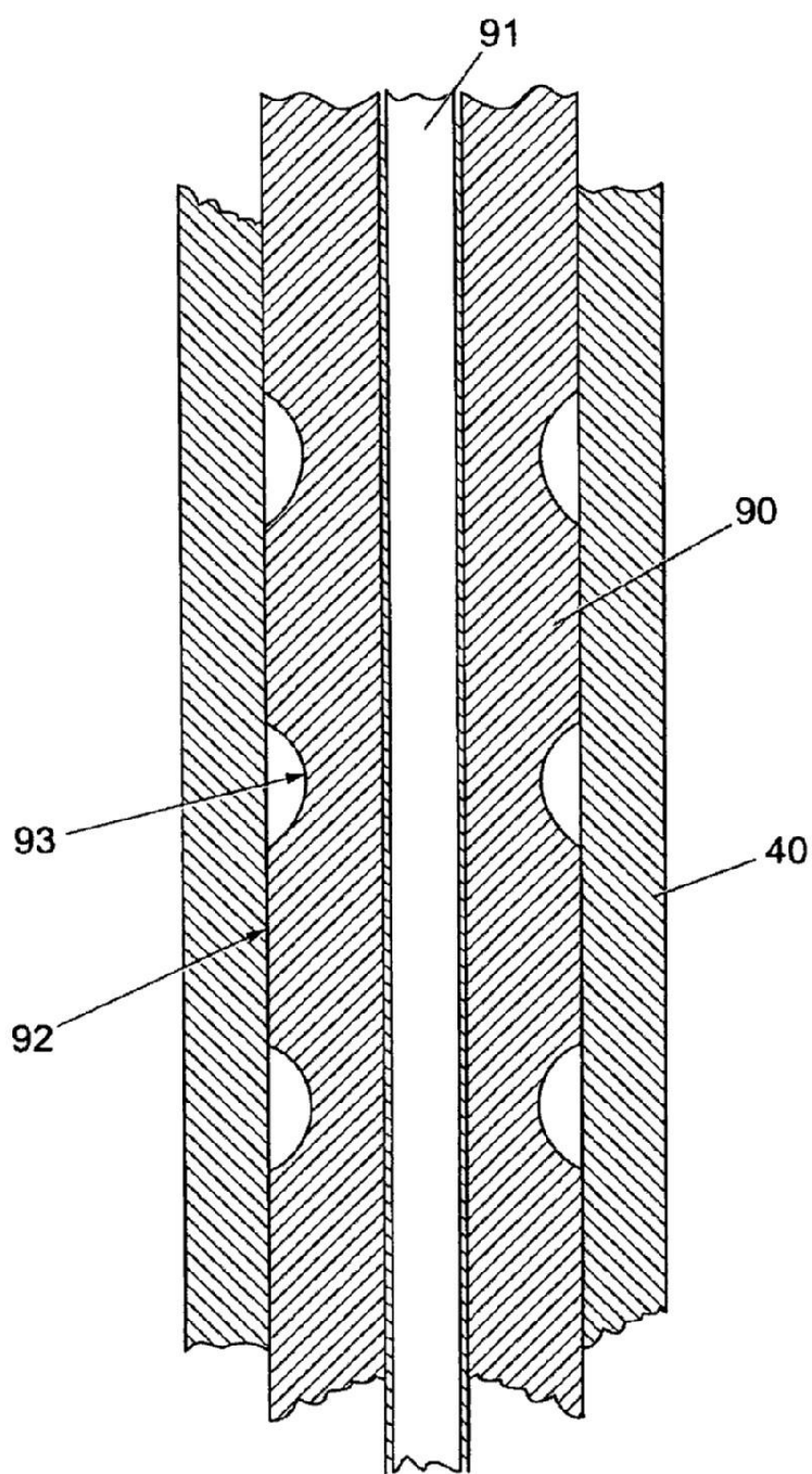


Fig. 6

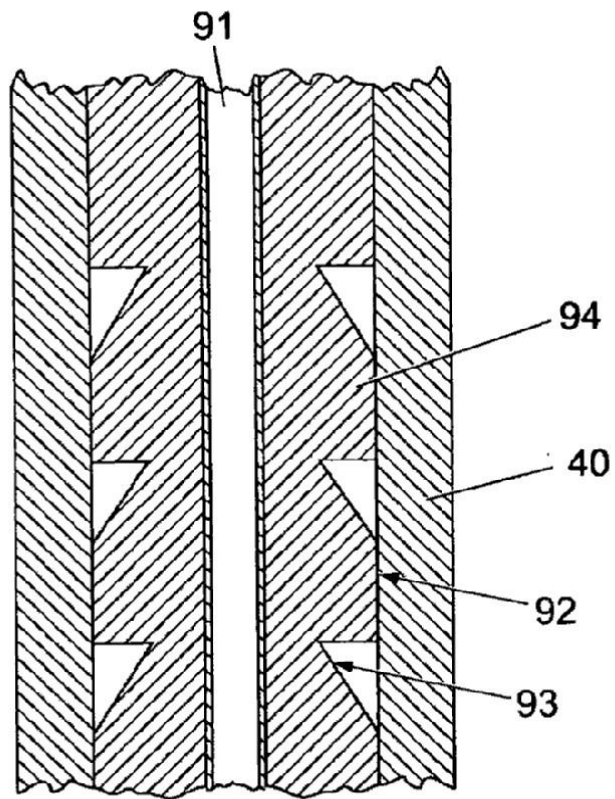


Fig. 7

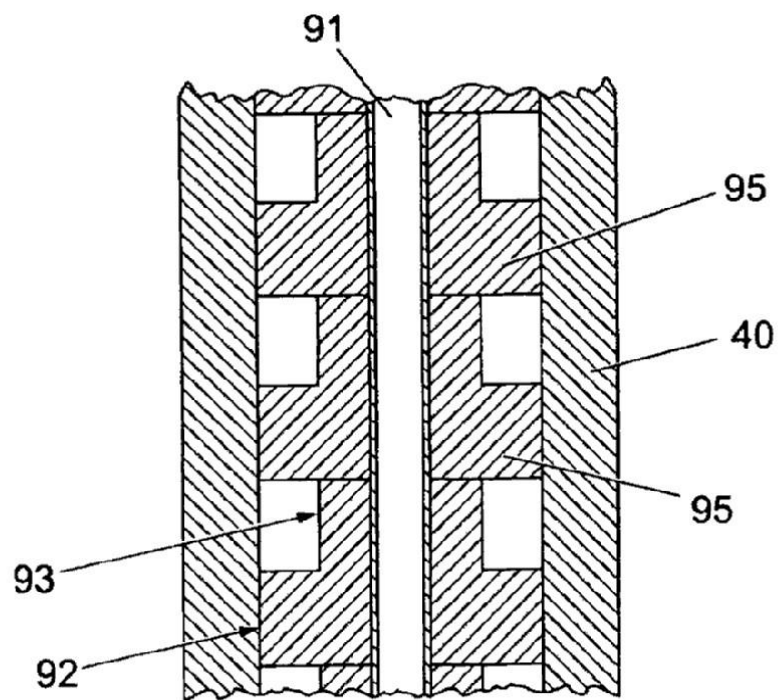


Fig. 8