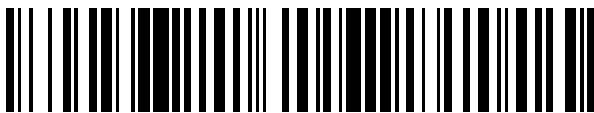




OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 964 258**

(21) Número de solicitud: 202230786

(51) Int. Cl.:

F03D 5/00 (2006.01)

F03D 3/00 (2006.01)

(12)

PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN

B2

(22) Fecha de presentación:

02.09.2022

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

04.04.2024

Fecha de concesión:

03.09.2024

(45) Fecha de publicación de la concesión:

10.09.2024

(73) Titular/es:

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)
Avenida Cervantes nº 2
29071 Málaga (Málaga) ES

(72) Inventor/es:

SANMIGUEL ROJAS, Enrique y
FERNÁNDEZ FERIA, Ramón

(54) Título: **Dispositivo para convertir energía a partir de un fluido en movimiento**

(57) Resumen:

Dispositivo para convertir energía a partir de un fluido en movimiento.

La invención proporciona un dispositivo de conversión de energía, comprendiendo un perfil (1), una lámina de trabajo (2) unida mediante una conexión de momento al borde de salida del perfil, un astil (4) unido a la superficie inferior (15) del perfil (1) y una base (10) comprendiendo una parte fija (3) para ser anclada en tierra, donde un astil (4) está dispuesto para poder moverse con respecto a la parte fija (3). La longitud (22) de la lámina de trabajo (2) es mayor que la mitad de su anchura, es al menos 500 veces mayor que su espesor y es mayor que 10 veces la cuerda del perfil. El astil (4) comprende un primer elemento de conversión de energía (8) y la parte fija de la base comprende un segundo elemento de conversión de energía (9) configurado para cooperar con el primer elemento para convertir un movimiento longitudinal del astil (4) en energía; y la base (10) también comprende un elemento amortiguador y elástico (6) configurado para controlar el movimiento del astil (4).

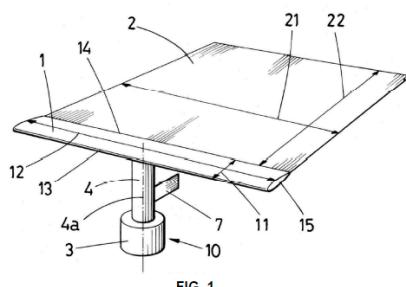


FIG. 1

DESCRIPCIÓN

DISPOSITIVO PARA CONVERTIR ENERGÍA A PARTIR DE UN FLUIDO EN MOVIMIENTO

5

CAMPO DE LA INVENCIÓN

La presente invención está enmarcada dentro del campo de los dispositivos para la conversión de energía, y más particularmente, dispositivos que convierten el viento en
10 energía.

ESTADO DEL ARTE

De todos los tipos de energías renovables, una de las más extendidas en el mundo es la
15 energía eólica. Su ejemplo paradigmático para la generación masiva de energía eléctrica
del movimiento del viento es la turbina eólica de tres palas. Sin embargo, estos dispositivos
tienen una serie de inconvenientes.

Primeramente, el enorme tamaño que alcanzan estos dispositivos: cientos de metros,
20 puestos que tienen que colocarse verticalmente. Esto genera un enorme impacto visual,
aparte de la muerte de una enorme cantidad de aves en todo el mundo.

Además, ese gran tamaño limita la velocidad de rotación, para prevenir que el movimiento
en las puntas de los álabes llegue a ser supersónico, lo cual generaría una importante
25 contaminación acústica y, sobre todo, una pérdida de rendimiento del dispositivo.

Este tamaño enorme también hace que el coste de su construcción y mantenimiento sea
cada vez más alto: los elementos de las turbinas tienen que ser transportados por carretera
en vehículos especiales y deben ser ensamblados con costosas grúas.
30

Una desventaja adicional del tamaño de estos dispositivos es su interferencia con los
radares en ciertas zonas, lo cual hace necesaria su instalación en costosas y complicadas
infraestructuras marinas lejos de la costa.

35 Finalmente, estos dispositivos usualmente necesitan velocidades del viento relativamente
altas para operar en condiciones aceptables.

En las últimas décadas, se han propuesto diferentes conceptos nuevos de turbinas eólicas que son radicalmente distintos de los clásicos rotores multipalas.

- 5 La presente invención presenta una alternativa diferente, para convertir la energía del viento en energía eléctrica, pero superando las dificultades mencionadas arriba.

RESUMEN DE LA INVENCIÓN

- 10 La invención proporciona una solución alternativa para este problema por medio de un dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la reivindicación 1. Realizaciones preferidas de la invención se definen en reivindicaciones dependientes.

Excepto definido de otra manera, todos los términos (incluyendo términos técnicos y científicos) usados aquí deberán interpretarse como es costumbre en el campo. Además, será también entendido que los términos de uso común deben interpretarse también como es costumbre en el campo relevante y no en un sentido idealizado o excesivamente formal excepto que se defina así expresamente en el documento.

- 20 En este texto, el término “comprende” y sus derivados (como “comprendiendo”, etc.) no se deben entender en un sentido excluyente, esto es, estos términos no se deben interpretar como excluyentes de la posibilidad de que lo que es descrito y definido puede incluir más elementos, pasos, etc.

- 25 En un primer aspecto inventivo, la invención proporciona un dispositivo para la conversión de energía, comprendiendo

un perfil, comprendiendo una cuerda, una envergadura, un borde de ataque y una superficie inferior, siendo la envergadura mayor que la cuerda,

30 una lámina de trabajo unida por una conexión de momento al borde de salida del perfil, teniendo la lámina de trabajo una anchura medida en la dirección de la envergadura, una longitud en la dirección de la cuerda y un espesor en la dirección perpendicular a la anchura y a la longitud, donde la longitud es mayor que la mitad de la anchura, es al menos 500 veces mayor que el espesor y mayor que 10 veces la cuerda del perfil,

35 un astil unido a la superficie inferior del perfil, el astil con un eje orientado de acuerdo con la dirección perpendicular a la cuerda y perpendicular a la envergadura

una base comprendiendo una parte fija para ser anclada en tierra, donde el astil se dispone para moverse con respecto a la parte fija,
donde

el astil comprende un primer elemento de conversión de energía y la parte fija de la
5 base tiene un segundo elemento de conversión de energía configurado para cooperar con
el primer elemento de conversión para convertir un movimiento longitudinal del astil en
energía; y

la base también comprende un elemento amortiguador y elástico configurado para
controlar el movimiento del astil.

10

Una conexión de momento en la unión entre la lámina de trabajo y el borde de salida del perfil significa que la rotación de la lámina de trabajo en la unión no está permitida con respecto al perfil. Por tanto, la unión del perfil y la lámina de trabajo funciona como una simple viga.

15

Tal dispositivo es útil para la conversión de energía, pero sin la necesidad de instalarlo verticalmente. El perfil y la lámina de trabajo acoplada funciona en una dirección paralela a tierra para evitar los inconvenientes asociados a los dispositivos verticales.

20 En algunas realizaciones particulares, la longitud de la lámina de trabajo es al menos veinte veces la cuerda del perfil. Con esta implementación, el dispositivo se comporta como la lámina de trabajo, siendo despreciable la contribución del perfil.

En algunas realizaciones particulares, el elemento amortiguador y elástico tiene una rigidez
25 y amortiguación variables. Con esta implementación, las propiedades del elemento amortiguador y elástico pueden ser modificadas para obtener un mejor funcionamiento.

En algunas realizaciones particulares, el dispositivo comprende además una unidad de control que consta de un actuador para modificar la rigidez y la amortiguación del elemento
30 amortiguador y elástico dependiendo del valor medido de la velocidad del tiempo. El funcionamiento del dispositivo depende de la velocidad del viento. Modificando las características del elemento amortiguador en función de la velocidad del viento, el funcionamiento puede ser optimizado inteligentemente.

En algunas realizaciones particulares, el dispositivo comprende además de un sensor para medir la velocidad del viento y enviar el valor de esta medida de la velocidad del viento a la unidad de control.

- 5 En algunas realizaciones particulares, la unidad de control comprende datos acerca de los valores óptimos de la rigidez y amortiguación en función de la velocidad del viento. Con estos datos precargados, el ajuste de la rigidez y la amortiguación se pueden realizar rápidamente cuando reciban información acerca de la velocidad del viento.
- 10 En algunas realizaciones particulares, la longitud es mayor que la anchura. En algunas realizaciones particulares, la longitud es al menos 1000 veces mayor que el espesor. Con estas dimensiones, el dispositivo se comporta como una fina lámina bidimensional, reduciendo la potencia de cálculo necesaria para optimizar su operación.
- 15 En algunas realizaciones particulares, la unión entre la superficie inferior del perfil y el astil permite la rotación alrededor de un eje paralelo a la envergadura. El hecho de permitir cabeceo entre el perfil y el astil permite una mejor orientación con el viento y el ángulo de cabeceo.
- 20 En algunas realizaciones particulares, el astil comprende una placa direccional, que es una placa en un plano que cruza el eje del astil y se extiende a lo largo de la dirección de la cuerda, y por la cual el astil puede rotar con respecto a una posición fija alrededor del eje del astil. Este movimiento angular significa que se permite un ángulo de guiñada, orientado por la dirección de la placa, permitiendo una mejor orientación con el viento en el ángulo
- 25 de giñada.

En algunas realizaciones particulares, la forma del perfil es constante a lo largo de la envergadura. Esto implica un comportamiento más predecible y estable del dispositivo.

- 30 En algunas realizaciones particulares, el perfil es un perfil NACA.

En algunas realizaciones particulares, la anchura de la lámina de trabajo es igual a la envergadura del perfil. Con esta configuración se mejora el comportamiento aerodinámico del sistema.

En algunas realizaciones particulares, la envergadura es al menos diez veces la cuerda. Con esta configuración se reduce el efecto del borde del perfil.

- En algunas realizaciones particulares, la longitud de la lámina de trabajo más la cuerda es
- 5 la misma que la anchura de la lámina de trabajo. Un modelo cuadrado es deseable para mejorar el funcionamiento.

En algunas realizaciones particulares, el perfil es de aluminio o de un material compuesto, como un plástico reforzado con carbono. En algunas realizaciones particulares, la lámina

10 de trabajo está hecha de una poliamida, tal como poliparafenileno de tereftalamida o un material compuesto, tal como plástico reforzado con carbono o plástico reforzado vidrio. Estos materiales proporcionan un buen compromiso entre el peso y las propiedades mecánicas.

15 BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

Para completar la descripción y proporcionar una mejor comprensión de la invención, se provee un conjunto de figuras. Estas figuras forman una parte integral de la descripción e ilustran una realización de la invención, la cual no debe ser interpretada como restrictiva

20 del alcance de la invención, sino solo como un ejemplo de cómo la invención puede ser llevada a cabo. Los dibujos comprenden las siguientes figuras:

La Figura 1 muestra una vista en perspectiva de una realización particular de un dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la invención.

25 La Figura 2 muestra un dibujo esquemático de los elementos comprendidos en la base de una realización particular de un dispositivo de conversión de energía de acuerdo con la invención.

30 Referencias usadas en las figuras:

1	Perfil
2	Lámina de trabajo
3	Parte fija de la base
4	Astil
4a	Eje del astil

5	Unidad de control
6	Elemento amortiguador y elástico
7	Placa direccional
8	Primer elemento de conversión de energía
9	Segundo elemento de conversión de energía
10	Base
11	Cuerda del perfil
12	Envergadura del perfil
13	Borde de ataque del perfil
14	Borde de salida del perfil
15	Superficie inferior del perfil
21	Anchura de la lámina de trabajo
22	Longitud de la lámina de trabajo

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCIÓN

- 5 Los ejemplos de realización se describen con suficiente detalle para permitir que aquellos con un conocimiento ordinario de la técnica puedan realizar e implementar los sistemas y procesos que se describen aquí. Es importante entender que las implementaciones pueden realizarse de muchas formas alternativas y no se deben interpretar como limitadas a los ejemplos que se establecen aquí.
- 10 De acuerdo con esto, aunque una realización se puede modificar en diversas maneras y tomar varias formas alternativas, unas realizaciones específicas se muestran en las figuras y se describen en detalle como ejemplos. No hay intención de limitarse a las formas particulares descritas. Por el contrario, todas las modificaciones, equivalencias, y
- 15 alternativas que caen dentro del alcance de las reclamaciones que se adjuntan deben ser incluidas. Elementos de los ejemplos de realización son consistentemente denominadas por la misma referencia numérica en todos los dibujos y en la descripción detallada, en su caso.
- 20 La Figura 1 muestra un dispositivo de acuerdo con la invención. Se pretende que este dispositivo esté sumergido en un viento y que convierta la energía de este viento en energía eléctrica.

El dispositivo comprende un perfil 1 que está unido al astil 4, de tal manera que el astil se extiende en una dirección perpendicular al plano definido por la cuerda 11 y la envergadura 12 del perfil 1.

- 5 El astil 4 se introduce en la parte fija 3 de la base 10. La parte fija 3 y el astil 4 comprenden elementos de conversión de energía que cooperan conjuntamente para convertir el movimiento vertical del astil en energía eléctrica.

La descripción detallada de la operación de cada uno de estos elementos se describirá en

10 la Figura 2.

El perfil 1 comprende una cuerda 11, una envergadura 12, un borde de ataque 13, un borde de salida 14 y una superficie inferior 15. La envergadura 12 es veinte veces la cuerda 11, de manera que se puede suponer un modelo de ala bidimensional. La forma del perfil 1 es

15 constante a lo largo de la envergadura.

Una lámina de trabajo 2 se une al borde de salida 14 del perfil 1 por una conexión de momento, que es una unión que no permite la rotación entre el borde de salida 14 y la lámina de trabajo. Esta lámina de trabajo tiene una anchura 21 medida en la dirección de

20 la envergadura 12 y una longitud 22 medida en la dirección de la cuerda 11. En este caso, la longitud 22 es igual a la anchura 21 y la longitud 22 es veinte veces la cuerda del perfil 1.

El astil 4 se une a la superficie inferior 15 del perfil y comprende un eje 4a orientado según

25 la dirección perpendicular a la cuerda y perpendicular a la envergadura. En este caso, la dirección del eje 4a es vertical.

El viento impacta sobre el conjunto que comprende el perfil 1 y la lámina de trabajo 2. La gravedad curva ligeramente la lámina de trabajo hacia abajo, creando una curvatura.

30 Dependiendo de la velocidad del viento, la fuerza aerodinámica debida a esta curvatura creará una fuerza de sustentación, fuerza que a su vez causará que la curvatura cambie. Como el astil 1 está sostenido por un elemento amortiguador y elástico (no mostrado en la figura) comprendido en la base 10, se genera una inestabilidad aeroelástica en el sistema.

35 Esta inestabilidad aeroelástica es usada por los elementos de conversión de energía situados en la parte fija y en el astil para transformar el movimiento vertical del astil en energía eléctrica.

El sistema tiene un mejor funcionamiento cuando orientado hacia el viento. La dirección del viento puede ser distinta de la orientación del perfil en dos direcciones diferentes. Una es la dirección de cabeceo. Para resolver esto, la unión entre la superficie inferior del perfil 5 y el astil permite la rotación alrededor de un eje paralelo a la envergadura. La segunda es la dirección de guiñada. Para resolver esto, el eje comprende una placa direccional 7, que es una placa comprendida en un plano que cruza el eje del astil y se extiende a lo largo de la dirección de la cuerda, y el astil puede girar con respecto a la parte fija alrededor del eje del astil.

10

El perfil es un perfil NACA, el cual es sabido que proporciona una fuerza de resistencia baja. Además, para evitar efectos de resistencia adicionales no deseables, la anchura de la lámina de trabajo es igual a la envergadura del perfil.

15 El perfil es de plástico reforzado con carbono, que es ligero y ampliamente utilizado en aeronáutica. La lámina de trabajo es de poliparafenileno de tereftalamida, que proporciona un compromiso excepcional entre el peso y las propiedades mecánicas. Este material permite que la lámina de trabajo sea extremadamente fina, (por debajo de 5 mm). La longitud de la lámina de trabajo es la misma que la anchura de la lámina de trabajo.

20

La Figura 2 muestra un dibujo esquemático de los elementos que constituyen la base.

El astil 4 está configurado para moverse con respecto a la parte fija 3 de la base con un movimiento oscilatorio controlado por el elemento amortiguador y elástico 6, el cual está 25 también situado en la base 10. Este elemento amortiguador y elástico 6 comprende un elemento muelle con una rigidez variable y un amortiguador con un valor variable de la amortiguación. El valor de la rigidez y el valor de la amortiguación son controlados por una unidad de control 5, de acuerdo con un método que será descrito abajo.

30 El astil 4 también coopera con la parte fija 3 para generar energía eléctrica del movimiento oscilatorio. Un sistema de conversión de energía con elementos 8 y 9, como, por ejemplo, bobinas e imanes, son instalados en el astil y en la parte fija para aprovechar este movimiento oscilatorio y generar energía eléctrica del mismo.

35 La unidad de control mencionada arriba recibe datos de la velocidad del viento y la densidad del aire. Esta unidad de control también tiene datos relativos a la relación entre

el espesor y la longitud de la lámina de trabajo y también de su módulo elástico. De acuerdo con los datos adquiridos (densidad del aire) y de datos almacenados (relativos a las propiedades y tamaño de la lámina de trabajo), una velocidad mínima del viento puede ser calculada como

5

$$U^* = \left(\frac{E}{\rho S^*} \right)^{1/2} \left(\frac{\varepsilon}{c} \right)^{3/2}$$

donde E es el módulo elástico de la lámina de trabajo, ε/c es la relación entre el espesor y la longitud de la lámina de trabajo y ρ es la densidad del aire. Se debe notar que para 10 valores estándar ($E = 76$ GPa para Kevlar, $\rho = 1.2$ kg/m³, $\varepsilon/c = 0.5E-3$), esta velocidad mínima es alrededor de 3 m/s. Esto significa que el sistema empezará a operar cuando esté sumergido en un viento con velocidades iguales o mayores de 3 m/s.

Si la velocidad del aire medida por el sensor es mayor que esta velocidad mínima, la unidad 15 de control entiende que el sistema empieza a funcionar.

Entonces, el sistema calcula la frecuencia a la cual el sistema funciona. Esta frecuencia depende exclusivamente de características de la lámina de trabajo:

20

$$f \sim \frac{\varepsilon}{c^2} \left(\frac{E}{\rho_s} \right)^{1/2}$$

Dada la velocidad real del viento y la frecuencia de la oscilación, la unidad de control varía los valores de la rigidez y amortiguación del elemento amortiguador y elástico para ajustar la oscilación a esta frecuencia. La correlación de los valores óptimos de la rigidez y de la 25 amortiguación del elemento amortiguador y elástico como función de la velocidad del viento y de la frecuencia está precargada en la unidad de control, de manera que el ajuste puede ser realizado rápidamente.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo para la conversión de energía, caracterizado porque comprende un perfil (1), que comprende una cuerda (11), una envergadura (12), un borde de ataque (13), un borde de salida (14) y una superficie inferior (15), siendo la envergadura (12) mayor que la cuerda (11);
- 5 una lámina de trabajo (2) unida por una conexión de momento al borde de salida del perfil, teniendo la lámina de trabajo una anchura (21) medida en la dirección de la envergadura (12), una longitud (22) medida en la dirección de la cuerda (11) y un espesor medido en una dirección perpendicular a la anchura y a la longitud, donde la longitud es mayor que la mitad de la anchura, es al menos 500 veces mayor que el espesor y es mayor que 10 veces la cuerda del perfil;
- 10 un astil (4) unido a la superficie inferior (15) del perfil (1), el astil (4) comprendiendo un eje (4a) orientado de acuerdo con una dirección perpendicular a la cuerda (11) y perpendicular a la envergadura (12); y
- 15 una base (10) que comprende una parte fija (3) para ser anclada en tierra, donde el astil (4) está dispuesto para poder moverse con respecto a la parte fija (3); donde
- 20 el astil (4) comprende un primer elemento de conversión de energía (8) y la parte fija de la base tiene un segundo elemento de conversión de energía (9) configurado para cooperar con el primer elemento de conversión y convertir un movimiento longitudinal del astil (4) en energía; y
- 25 la base (10) también comprende un elemento amortiguador y elástico (6) configurado para controlar el movimiento del astil (4).
- 2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, donde la longitud de la lámina de trabajo es al menos veinte veces la cuerda del perfil.
- 30 3.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el elemento amortiguador y elástico tiene una rigidez y una amortiguación variables.
- 35 4.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 3, que además comprende una unidad de control (5) la cual comprende un actuador para modificar la rigidez y la amortiguación del elemento amortiguador y elástico dependiendo de un valor medido de la velocidad del viento.

- 5.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 4, que además comprende un sensor para medir la velocidad del viento y para enviar este valor medido de la velocidad del viento a la unidad de control.
- 5 6.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 o 5, donde la unidad de control (5) comprende datos acerca de los valores óptimos de la rigidez y amortiguación en función de la velocidad del viento.
- 10 7.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la longitud (22) es mayor que la anchura (21) y es al menos 1000 veces mayor que el espesor.
- 15 8.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la unión entre la superficie inferior (15) del perfil (1) y el astil (4) permite la rotación alrededor de un eje paralelo a la envergadura (12).
- 20 9.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el astil (4) comprende una placa direccional (7), que es una placa en un plano que cruza el eje (4a) del astil y se extiende a lo largo de la dirección de la cuerda (11), y donde el astil (4) puede rotar con respecto a la parte fija (3) según el eje del astil.
- 25 10.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la forma del perfil (1) es constante a lo largo de la envergadura (12).
- 30 11.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el perfil (1) es un perfil NACA y la anchura de la lámina de trabajo (21) es igual a la envergadura (12) del perfil.
- 35 12.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la envergadura (12) es al menos diez veces la cuerda (11).
- 35 13.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la longitud (22) de la lámina de trabajo más la cuerda (11) es la misma que la anchura de la lámina de trabajo (21).
- 35 14.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el perfil (1) es de aluminio o un material compuesto, como plástico reforzado con carbono.

15.- Dispositivo de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la lámina de trabajo (2) está fabricada de una poliamida, como poliparafenileno de tereftalamida o de un material compuesto, como plástico reforzado con carbono o plástico
5 reforzado con vidrio.

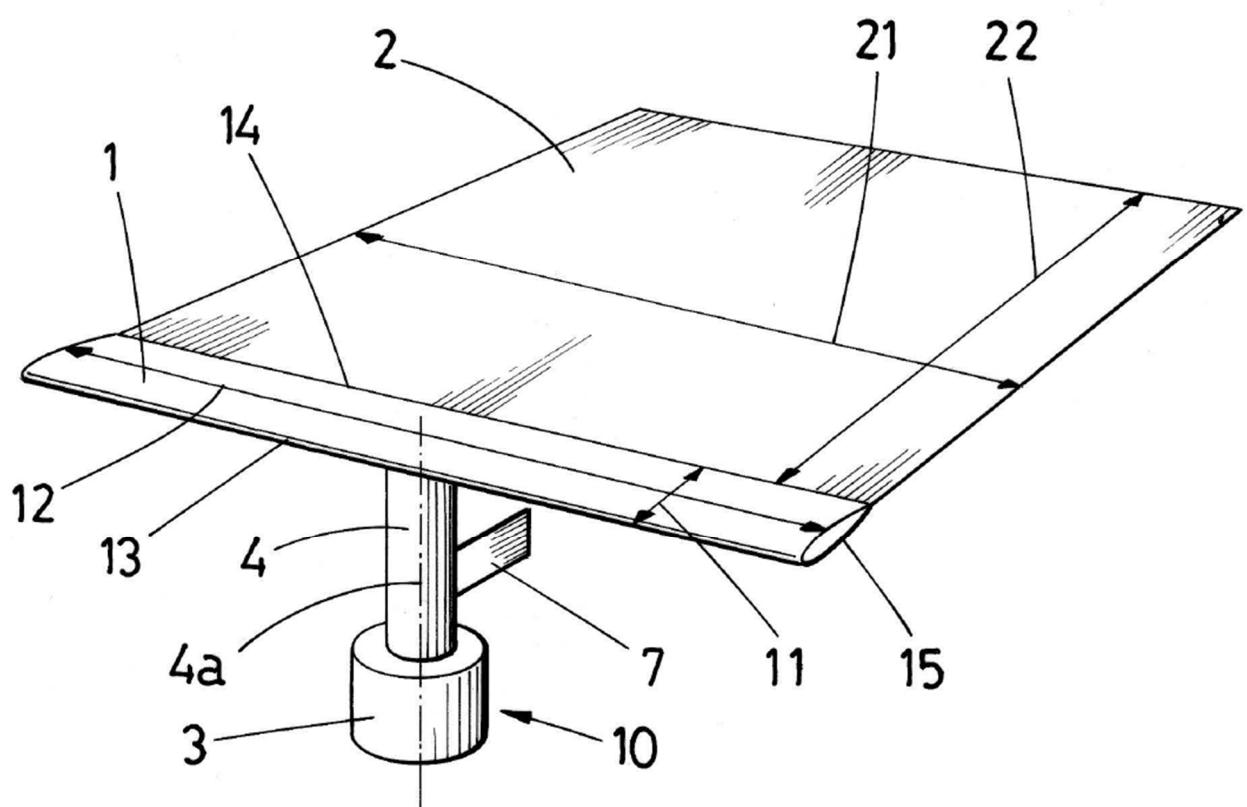


FIG. 1

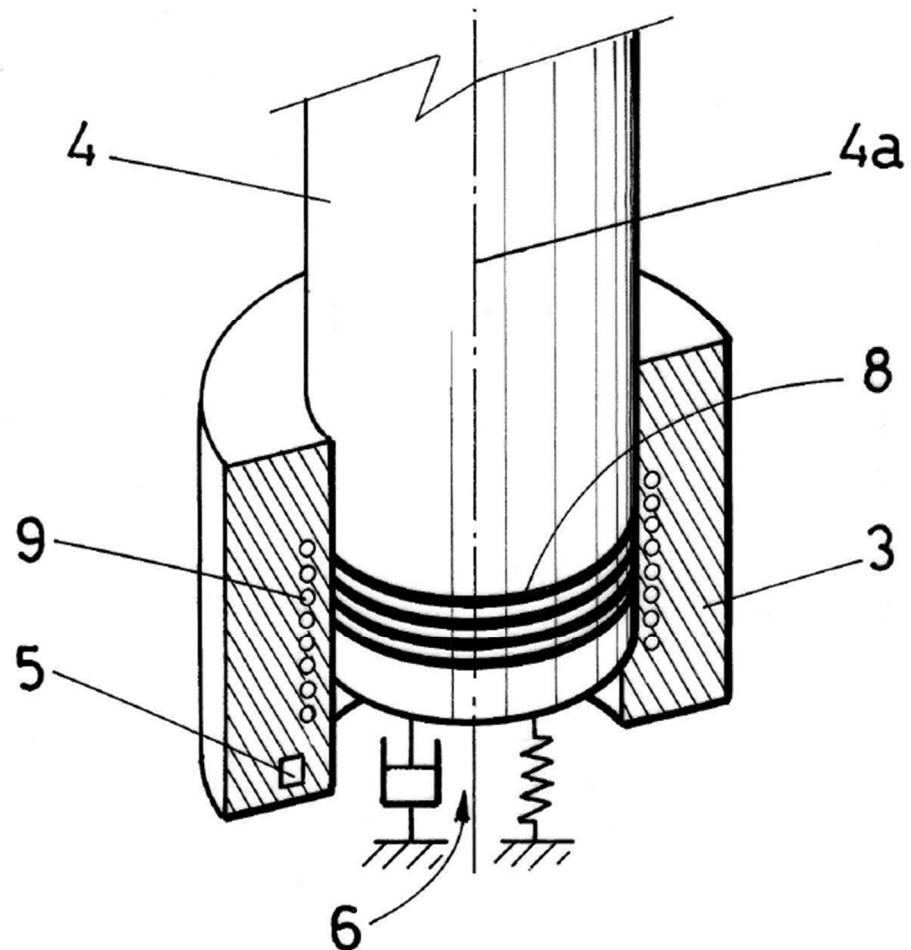


FIG. 2