(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 641 940**

(51) Int. CI.:

F03B 13/14 (2006.01)
F03B 13/24 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.05.2014 E 14382205 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.06.2017 EP 2949920**

(54) Título: **Turbina para aprovechamiento de la energía de las olas**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.11.2017

(73) Titular/es:

SENER INGENIERÍA Y SISTEMAS, S.A. (100.0%)
Avda. Zugazarte, 56
48930 Las Arenas - Bizkaia, ES

(72) Inventor/es:

ZABALA, IÑAKI y
AMEZAGA, ÁLVARO

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

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 para aprovechamiento de la energía de las olas

Campo de la invención

La presente invención se engloba dentro del campo de la captación de energía de las olas utilizando la tecnología de columna de agua oscilante, y más en concreto, en la turbina unidireccional que transforma el flujo de aire en movimiento rotacional para ser transmitido a un generador.

Antecedentes de la invención

En la actualidad, los dispositivos de columna de agua oscilante (también llamada Oscilating Water Column u OWC) para la generación de energía a partir de las olas, son probablemente los que han sido estudiados más extensamente y unos de los pocos que han alcanzado la etapa de prototipo a escala completa. El flujo alternativo de aire desplazado por el movimiento de la superficie libre de agua en el interior de la columna acciona una turbina de aire montada en la parte superior del dispositivo de generación fuera de la acción directa del agua. Dado que el movimiento del aire es bidireccional, para poder utilizar turbinas unidireccionales se debe usar una conversión de flujo alternativo a flujo unidireccional. Alternativamente, la planta puede estar equipada con una turbina bidireccional auto rectificada, la cual elimina la necesidad de válvulas antirretorno u otros medios. Esta última ha sido adoptada en la mayoría de plantas piloto construidas hasta el momento utilizando habitualmente la turbina de tipo Wells.

La eficiencia de las turbinas está muy relacionada con el factor de flujo que depende de la velocidad de giro del rotor, la velocidad de flujo del aire y del ángulo de los álabes, tanto los del rotor como los del estator. Para reducir la influencia de los cambios de flujo en la eficiencia a expensas de una mayor complejidad mecánica y costes, se emplean turbinas de geometría variable controlando el paso de los álabes. Existen múltiples implementaciones sobre el control del paso de los alabes, aplicadas fundamentalmente en el rotor, con mecanismos accionados por sistemas hidráulicos, electromagnéticos, etc., pero se han encontrado con graves problemas técnicos debido a la dificultad de introducir mecanismos en un rotor que se encuentra girando a gran velocidad y que además se encuentra en un entorno marino. Igualmente la situación del rotor, con muy baja accesibilidad, hace muy difícil las operaciones de mantenimiento.

En este sentido, la patente US2005271508 presenta un sistema de paso variable por empuje del aire para álabes simétricos gracias a la flexibilidad del álabe. El empuje del aire deforma la parte flexible del álabe consiguiéndose una forma aerodinámica mejorada, aunque tiene las desventajas de que se aplica solamente a álabes simétricos y la flexibilidad implica una falta de dureza de la superficie del álabe que reduce su durabilidad, provoca crecimiento de suciedad marina y reduce el rendimiento aerodinámico.

La patente US20100290908 muestra un mecanismo de cambio de paso para una turbina OWC basado en un sistema de engranajes. El sistema de cambio de paso es complejo y está situado en el rotor con lo que tiene graves problemas de mantenimiento y elevado consumo para su accionamiento, junto con un bajo rendimiento al ser un álabe simétrico.

La patente US20130255246 describe una turbina bidireccional con rotor con cambio de paso variable donde los álabes pivotan alrededor de un eje y tiene un mecanismo que controla el giro de cada pala. Esta patente cambia el paso de los álabes del rotor y no utiliza álabes guía. Con ello tiene la complejidad mecánica y de mantenimiento.

Y la patente US20130145753 describe una turbina bidireccional con rotor con cambio de paso variable donde los álabes pivotan a través de un eje de giro paralelo al borde de ataque y un mecanismo que controla el giro de cada pala. Esta patente cambia el paso de los álabes del rotor y no utiliza álabes guía. Con ello tiene una gran complejidad mecánica y de mantenimiento.

Otro inconveniente es la necesidad de sensores precisos y actuadores rápidos para el cambio de paso activo de los álabes. Se han propuesto equipos de cambio de paso pasivo de los álabes del rotor y por tanto de acción rápida y sin consumo, gracias a permitir que el aumento del empuje del aire tienda a abrir el ángulo de paso de los álabes. Este efecto positivo se ve limitado debido a que no existe una ley constante válida en todos los casos que regule de manera óptima el grado de apertura de los álabes con el salto de presión y la velocidad de rotación de la turbina.

Otro problema sucede cuando al situar este equipo en el rotor, la rotación de éste produce una fuerza centrífuga en los alabes al no coincidir el centro de gravedad del álabe con el eje de giro de éste, que modifica el equilibrio de fuerzas y varia el ángulo del álabe. Esto solo puede ser compensado parcialmente con álabes de curvatura simple bien contrapesados.

El documento WO2012/112892 muestra un conjunto de turbina axial con características de mejora de la eficiencia del funcionamiento de la turbina. En una realización el conjunto de turbina incluye un rotor con palas que ajustan su ángulo de paso en respuesta directa a la presión del fluido de trabajo en las propias palas o en otras partes del rotor. En otras realizaciones, el conjunto de turbina es desplegable en una aplicación, tal como un sistema de columna de agua oscilate (OWC), en el que el flujo del fluido de trabajo varía a lo largo del tiempo. En una primera de estas realizaciones, el conjunto de turbina incluye una válvula que permite que la presión se construya de forma que el flujo se optimice para los parámetros operativos de la turbina. En una segunda de estas realizaciones, se proporcionan uno o más conjuntos de toberas y obturadores de admisión variable para controlar el flujo a través de la turbina para optimizar el flujo con respecto a los parámetros operativos de la turbina.

El documento GB813343 muestra mejoras relativas a un aparato para el control de fluidos canalizados. El aparato tiene una pluralidad de paletas dispuestas sucesivamente a través del flujo de un fluido, extendiéndose cada uno longitudinalmente en una dirección transversal a dicho flujo. Cada paleta es pivotante alrededor de un eje que se extiende longitudinalmente para variar la obstrucción mediante dicha paleta del fluido a lo largo de su flujo. El aparto tiene medios de control del pivotamiento de cada paleta independientemente de al menos de alguna de las otras paletas dependiendo de variaciones de velocidad del fluido que se aproxima a la región de la paleta para oponerse a tales variaciones variando la obstrucción.

Descripción de la invención

La invención se refiere a una turbina válida para un dispositivo OWC que tiene un alto rendimiento y robustez en operación real, con respuesta inmediata a condiciones cambiantes de mar y del flujo de aire que se producen en segundos.

Es un objeto de la invención una turbina unidireccional cuyo estator tiene álabes guía de paso variable y cuyo rotor tiene álabes fijos. Al ser unidireccional, los perfiles de álabe tienen un diseño aerodinámico asimétrico que es mejor que los usados en las turbinas bidireccionales y, con el cambio de paso variable, se consigue que la turbina tenga alto rendimiento para todos los regímenes de funcionamiento debido a una rápida adaptación del paso del alabe al cambiante estado del mar. Además, el cambio de paso situado en el estator permite instalar un mecanismo mucho más simple que si estuviera en el rotor.

Es un objeto de la presente invención un sistema de actuación de álabes guía con paso variable semi-activo que logra que el álabe consiga instantáneamente de forma pasiva un ángulo de equilibrio que sea el que maximice el rendimiento de la turbina para cada régimen de funcionamiento. Este ángulo de equilibrio se consigue gracias a que el empuje, y consecuente par producido sobre los álabes a causa del arrastre y sustentación del aire al atravesar estos, es compensado por un sistema de actuación que puede incluir un muelle y/o un amortiguador. Dado que el estado de mar varía de manera frecuente, el control es capaz de variar las constantes de rigidez y/o amortiguamiento del sistema de actuación. Y para ampliar el campo de acción eficiente de la turbina incluso en arranques y paradas, el sistema de actuación incluye un actuador que mueve el ángulo de los álabes al rango de funcionamiento más adecuado.

De todo lo descrito anteriormente se desprenden las siguientes ventajas: La invención propuesta mejora el rendimiento de la turbina gracias a la adaptación instantánea de ésta a los cambios de régimen de funcionamiento, así como a un diseño optimizado del perfil de los alabes. Además al estar situados los mecanismos de cambio de paso entre la carcasa interior que cubre el eje de rotación y la cubierta exterior de la turbina, estos quedan fuera del flujo de aire húmedo marino con lo que están protegidos de la corrosión. Además situándolos en la parte superior o lateral de la turbina están a salvo del posible goteo producido en caso de grietas, fisuras o fugas. Además, al estar el sistema de actuación situado en el estator, se evita la complejidad añadida que supone compensar los esfuerzos provocados por el giro del rotor y se facilita el acceso para mantenimiento.

Breve descripción de los dibujos

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 muestra una sección esquemática de la turbina axial.

La Figura 2 representa una vista en perspectiva de la turbina y su carcasa transparente.

La Figura 3 muestra un detalle de los sistemas de actuación sobre los álabes.

La Figura 4 muestra distintas posiciones de los álabes.

La Figura 5 representa la posición del equipo actuador y su interior esquemático.

La Figura 6 muestra la sección de una turbina radial.

Descripción detallada de la invención

Tal y como se muestra en la figura 1 la turbina consta de una cubierta exterior (10) y una carcasa interior (11), un estator (13) con álabes guía (30) y un rotor (14) con álabes fijos (20). Los álabes guía (30) se encuentran anclados entre la carcasa interior (11) y el estator (13). Los álabes guía (30) son de paso variable y regulan el flujo del aire sobre los álabes fijos del rotor (20). Estos alabes (30) se pueden mover ya que cada uno tienen un eje de giro (31) entre los puntos de fijación: carcasa interior (11) y estator (13). El rotor (14) y sus álabes fijos (20) giran acoplados al eje de giro (5).

En una posible implementación mostrada en la figura 2 y en el detalle de la figura 3, todos los álabes guía (30) pivotan sobre su eje longitudinal de giro (31) unidos físicamente entre sí, como por ejemplo a través de un anillo (7). En dicha implementación, cada álabe (30) tiene una biela (6) que está articulada sobre un anillo (7) situado alrededor de la turbina. Al moverse linealmente uno o varios sistemas actuadores (8) acoplados al anillo (7), producen la rotación de este y como consecuencia el giro simultáneo de todos los álabes (30) con el mismo ángulo. En otras implementaciones puede haber otros mecanismos distintos de giro de álabes. En otras implementaciones puede no haber ningún mecanismo teniendo cada álabe su propio sistema actuador.

Tal y como se muestra en la figura 4, la rapidez y adecuado ajuste del sistema de control que comanda el cambio de paso son clave para conseguir un alto rendimiento con un bajo consumo, y utilizando soluciones tecnológicas simples y duraderas. Así se logra que la actuación de los alabes guía (30) permita que el empuje y consecuente par producido sobre estos alabes a causa del arrastre y sustentación producidos por el aire al atravesarlos, tienda a abrir el paso de los mismos. Los parámetros de entrada para el sistema de control adaptativo a cada instante son: el salto de presión de aire, el par del generador, la velocidad de giro del rotor y las condiciones del mar. Otros aspectos a tener en cuenta en el control son el modo de funcionamiento (arranque, operación normal o frenado), la búsqueda de potencia activa y reactiva, etc. El sistema de control manda las señales al sistema actuador (8) el cual consigue que el álabe tenga instantáneamente un ángulo de equilibrio que corresponde con el máximo rendimiento. Sin embargo, se demuestra que la ley de variación de la fuerza de actuación que provoca que el álabe guía tenga la orientación óptima, no es constante, y es para conseguir esta orientación óptima para lo que se varían los parámetros del sistema de actuación (8).

La turbina de la presente invención consta así de un sistema de actuación (8) de álabes guía (30) que permite que el empuje del flujo y consecuente par producido sobre los álabes a causa del arrastre y sustentación producidos por el aire al atravesar estos, tienda a variar el paso de los álabes tal y como se muestra en la figura 4. Así con una compensación adecuada por parte de un muelle y/o amortiguador se puede conseguir que el álabe (30) consiga instantáneamente un ángulo de equilibrio que sea el que maximice el rendimiento de la turbina para cada régimen de funcionamiento. En esta situación el actuador no está activo, pero el álabe está sometido al par del muelle (82) y/o del amortiguador (83). Así pues el sistema de actuación es semi-activo: el muelle y el amortiguador proporcionan un ángulo de giro pequeño pero de actuación instantánea (pasiva), mientras que el actuador (81) proporciona un ángulo de giro más grande pero su actuación es más lenta en el tiempo. Con el sistema de control se modifican las constantes de rigidez del muelle (82) y de amortiguamiento del amortiguador (83) y la extensión/giro del actuador (81). La constante del muelle (82) se modifica con un actuador que lo alarga o lo acorta, y la constante del amortiguador (83) se modifica haciendo pasar el fluido por una válvula de estrangulamiento. En otras implementaciones la modificación de las constantes del muelle y del amortiguador pueden realizarse de maneras diferentes.

En la figura 5 se muestra el sistema de actuación (8) que está formado por un actuador (81), un muelle (82) y un amortiguador (83). Entre otras posibles realizaciones prácticas el actuador (81) puede ser electromecánico o hidráulico, la variación de la constante de muelle puede realizarse mediante un actuador electromecánico o hidráulico, y la variación de la constante de amortiguamiento puede realizarse con el uso de válvulas de estrangulamiento o con el empleo de amortiguadores magneto reológicos que permiten variar la viscosidad del fluido usando un campo magnético.

Tal y como se muestra en la figura, todo lo mencionado con anterioridad es válido tanto para turbinas axiales (las turbinas comentadas hasta el momento), como radiales (la turbina de la figura 6). El flujo de aire (90) atraviesa los alabes guía (30) que se establecen entre el estator (13) y la cubierta (93). El sistema de actuación semi-activo de dichos alabes (30) alcanzan instantáneamente el ángulo de equilibrio para que los alabes (20) de rotor (14) obtengan el máximo rendimiento. Posteriormente el giro del rotor (14) se transmite al generador encargándose este último de generar electricidad.

REIVINDICACIONES

1- Turbina para aprovechamiento de la energía de las olas con dispositivos de columna de agua oscilante, siendo dicha turbina unidireccional y formada por una cubierta exterior (10), y una carcasa interior (11), la cual aloja un estator (13) que comprende álabes guía (30), y un rotor (14) que comprende álabes de rotor (20), el rotor (14) acoplado con su correspondiente generador, donde los álabes guía (30) del estator (13) tienen paso variable y caracterizado por que la turbina comprende al menos un sistema de actuación semi-activo (8) que comprende a su vez un actuador (81) y medios de amortiguación (82,83), los cuales actúan los álabes guía (30) del estator (13) o bien directamente o a través de un mecanismo que sincroniza la variación del ángulo de paso de todos los álabes guía (30) para modificar el paso de dichos álabes, y un sistema de control para comandar el sistema de actuación (8).

2- Turbina para aprovechamiento de la energía de las olas con dispositivos de columna de agua oscilante, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que el sistema de control tiene como datos principales de entrada el salto de presión del aire entre la entrada y la salida de la turbina, la velocidad de giro del rotor, las condiciones del mar y los modos de funcionamiento, siendo la salida del sistema de control las señales que modifican el sistema de actuación.

3- Turbina aprovechamiento de la energía de las olas con dispositivos de columna de agua oscilante, según la reivindicación primera, caracterizado por que los medios de amortiguación comprenden un muelle (82) con rigidez controlable y un amortiguador (83) con amortiguación controlable, la cual compensa el torque en los álabes guía (30) del estator (13) y consiguen un ángulo específico para dichos álabes guía (30), permitiendo que el empuje del flujo de aire y consecuente par producido sobre los álabes guía (30) del estator (13) varíe de forma pasiva el paso de estos, y por que el actuador (81) cambia de manera activa los álabes guía (30).

4- Turbina para aprovechamiento de la energía de las olas con dispositivos de columna de agua oscilante, según la reivindicación primera, caracterizado por que la turbina está seleccionada entre turbinas axiales y radiales.

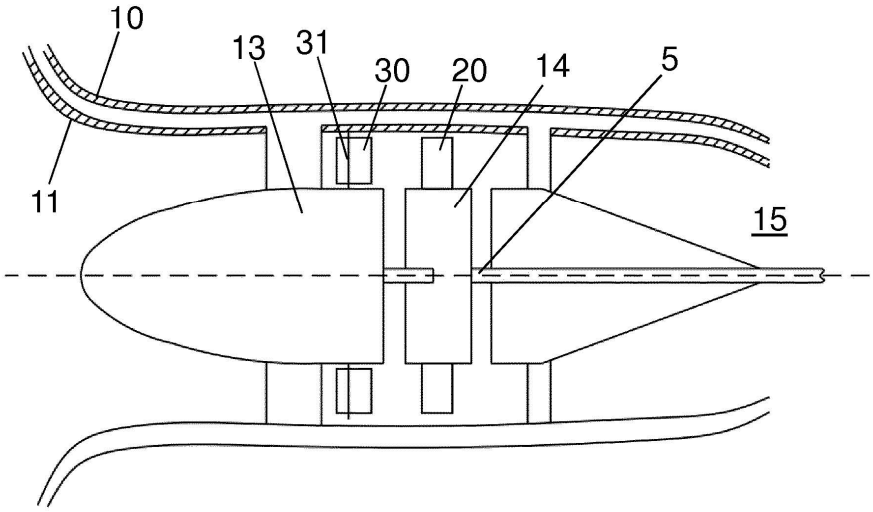

Fig. 1

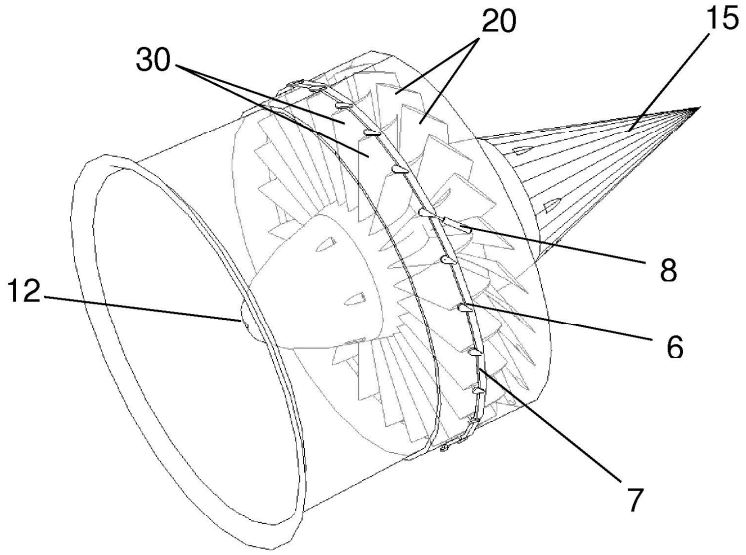

Fig. 2

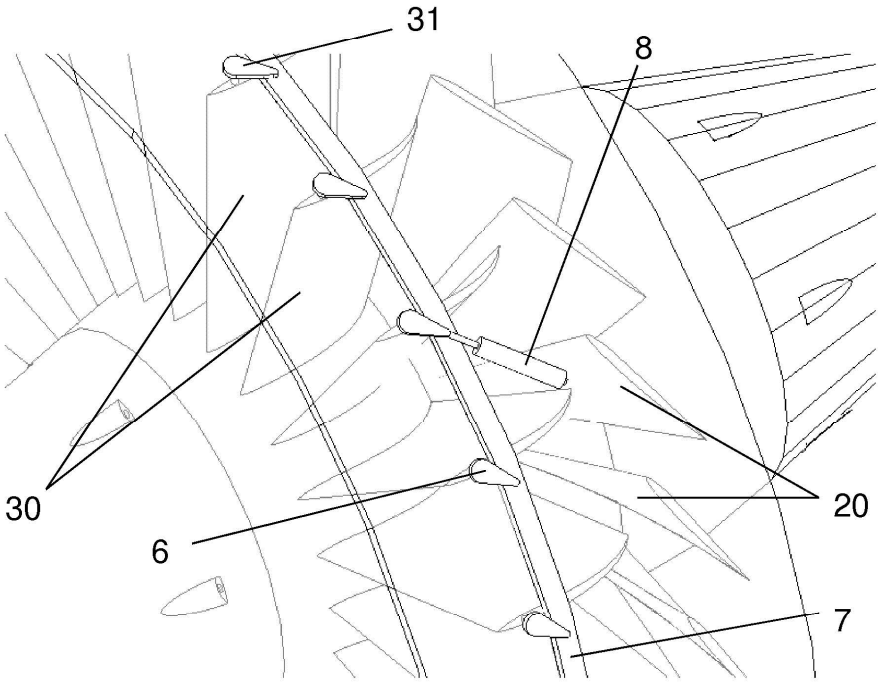

Fig. 3

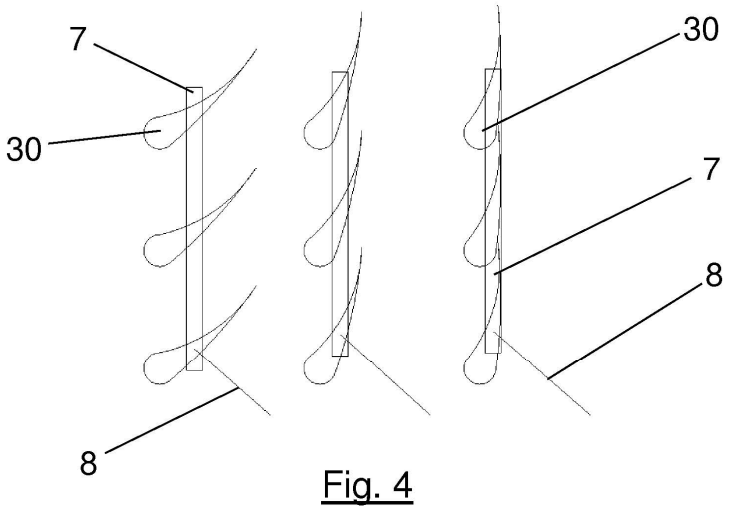

Fig. 4

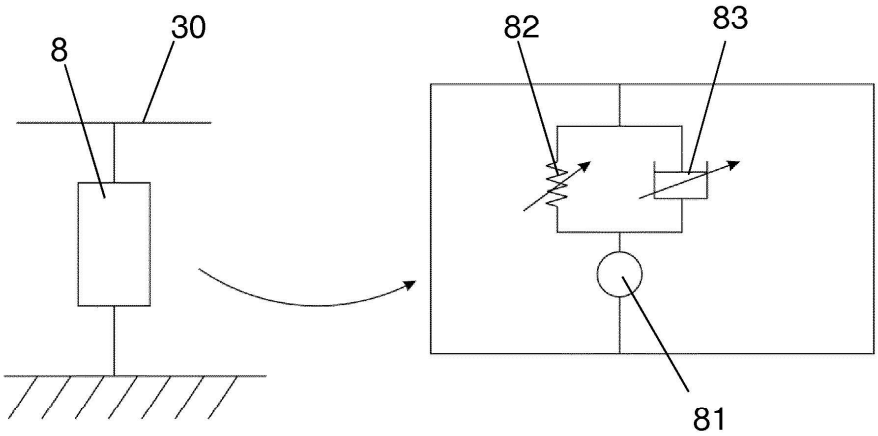

Fig. 5

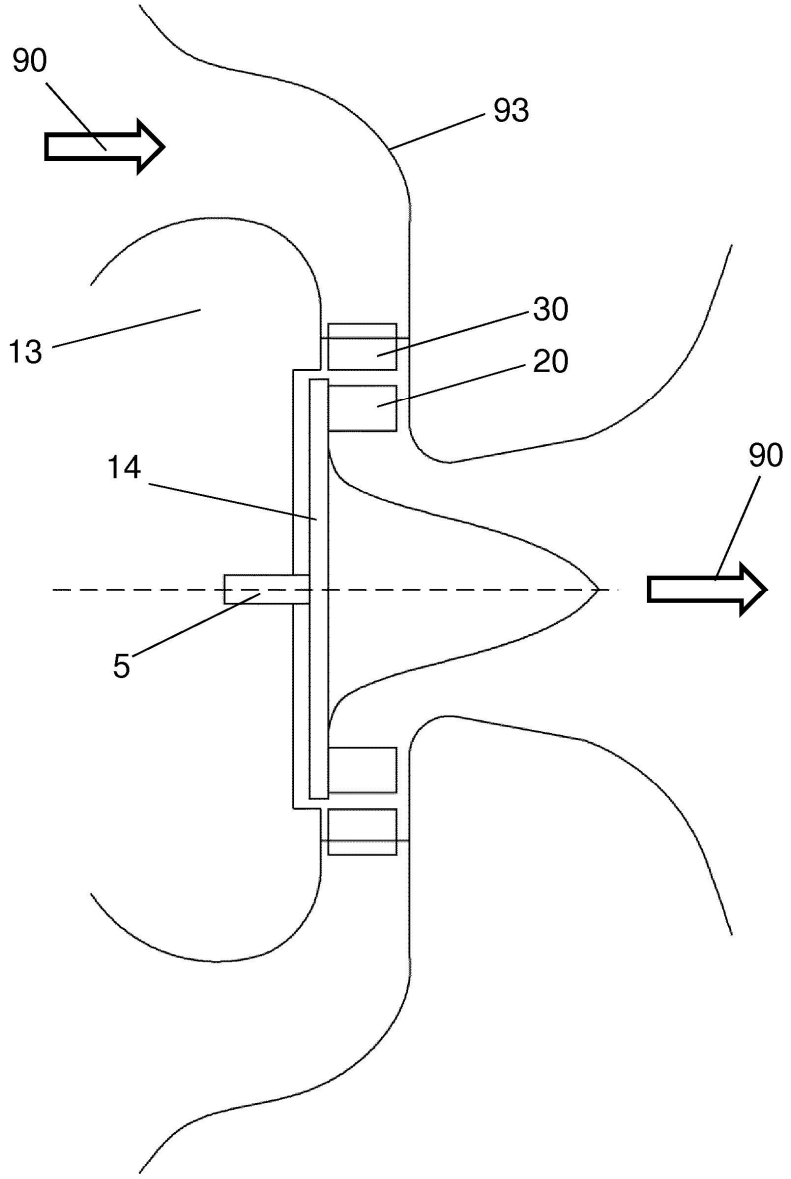

Fig. 6