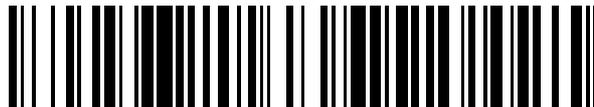


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 730**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/14** (2006.01)

**F03B 13/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.05.2014 PCT/PT2014/000033**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.11.2014 WO14185806**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.05.2014 E 14729069 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2997252**

54 Título: **Turbina de aire para aplicaciones de conversión de la energía de las olas**

30 Prioridad:

**16.05.2013 PT 10694313**

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

**23.04.2018**

73 Titular/es:

**INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO GALTEC  
(100.0%)  
Avenida Rovisco Pais  
1049-001 Lisboa, PT**

72 Inventor/es:

**DE OLIVEIRA FALCÃO, ANTÓNIO FRANCO;  
DE CARVALHO GATO, LUÍS MANUEL y  
DE CAMPOS HENRIQUES, JOÃO CARLOS**

74 Agente/Representante:

**DURAN-CORRETJER, S.L.P**

ES 2 664 730 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

Turbina de aire para aplicaciones de conversión de la energía de las olas

5 La presente invención se refiere a una turbina de aire que puede, sin cambiar el sentido de su velocidad de rotación, absorber de manera eficiente la energía asociada con diferencias de presión que cambian sucesivamente de signo, tal como en el caso de algunos sistemas de conversión de la energía de las olas del mar.

**Sector técnico de la invención:**

10 En las últimas décadas, se ha propuesto una amplia variedad de sistemas para absorber la energía de las olas del mar, con diversos grados de éxito.

15 Una clase importante de dispositivos se caracteriza por una estructura fija o flotante, abierta al mar en su parte sumergida. Mediante la acción de las olas, una columna de agua oscila en el interior, y con respecto a la estructura. Este movimiento relativo y las fuerzas resultantes se pueden convertir en energía útil mediante una turbina. En algunos sistemas, conocidos como sistemas de columna oscilante de agua, el movimiento alternativo de la interfaz aire-agua en la parte superior de la columna oscilante de agua comprime y descomprime el aire alternativamente, lo que favorece el movimiento de una turbina de aire. La turbina impulsa, directa o indirectamente, un generador eléctrico si el objetivo es la producción de energía eléctrica.

20 Debido a la naturaleza ondulatoria del movimiento de la superficie del mar, es necesario que la turbina absorba energía de un flujo bidireccional y, por lo tanto, debe ser auto-rectificadora, a menos que el dispositivo esté equipado con un sistema de rectificación compuesto por válvulas de retención, tal como en la patente GB 2 299 833 A, que se ha descubierto es poco práctico y costoso.

25 Se han propuesto turbinas de aire auto-rectificadoras, y se utilizan en flujos bidireccionales para conversión de la energía de las olas. La turbina Wells, descrita en la patente británica número 1595700, es posiblemente la mejor conocida y más frecuentemente utilizada en flujos de aire bidireccionales. Es una turbina de flujo axial. Su eficiencia máxima en condiciones de flujo estacionario puede superar el 70 %. No obstante, el rango de caudales en el que la turbina Wells puede funcionar eficientemente es relativamente estrecho, lo que tiene como resultado eficiencias medias moderadas en condiciones reales de olas irregulares. Además, la turbina Wells se caracteriza por presentar una velocidad de rotación relativamente grande y un par de torsión pequeño. Estas características pueden ser inconvenientes en las aplicaciones de energía de las olas, especialmente en lo que se refiere a las tensiones mecánicas excesivas en las partes giratorias de la turbina y del generador eléctrico.

30 La turbina de impulso de flujo axial auto-rectificadora es, posiblemente, la alternativa a la turbina Wells más frecuentemente propuesta para aplicaciones de energía de las olas. La turbina de impulso de flujo axial ha sido utilizada desde los últimos años del siglo XIX como turbina de vapor (la turbina de vapor de De Laval). En la versión clásica de flujo unidireccional, el fluido es acelerado y desviado circunferencialmente en una fila de toberas y, a continuación, entra en un rotor con palas. Aquí es desviado de nuevo, estando su velocidad de salida aproximadamente en la dirección axial. Las palas del rotor están conformadas de tal manera que la presión de entrada del rotor es aproximadamente igual a la presión de salida (lo que caracteriza a una turbina de impulso). En aplicaciones de flujo bidireccional, la turbina debe funcionar de la misma manera cuando se invierte el sentido del flujo entrante. Por lo tanto, debe haber dos filas de toberas o paletas de guía, una a cada lado del rotor, de tal forma que la turbina (rotor y paletas de guía) tenga un plano de simetría que sea perpendicular a su eje de rotación. Se describe una turbina con una disposición de este tipo para aplicaciones de energía de las olas en la Patente U.S.A. número 3 922 739. Como consecuencia de la disposición simétrica requerida, el fluido, después de pasar a través de la primera fila de paletas de guía y del rotor, es admitido en la segunda fila de paletas de guía con un ángulo de incidencia excesivo. La desalineación entre las paletas de guía de la segunda fila y el flujo entrante desde el rotor da lugar a grandes pérdidas aerodinámicas, lo que tiene como resultado una eficiencia de la turbina relativamente baja. Este problema puede ser superado (por lo menos parcialmente) si el ángulo de ajuste de las paletas de guía o la geometría de la paleta es ajustable, y se cambia cada vez que se invierte el sentido del flujo a través de la turbina, tal como se propone en la patente japonesa número 2064370. La implementación práctica de este tipo de control requiere que la turbina esté equipada con mecanismos que aumentan los costes de construcción y el mantenimiento, y reducen la fiabilidad de la máquina. Esto ha dificultado la utilización del control mediante paletas de guía. Un procedimiento alternativo para reducir las pérdidas aerodinámicas debidas al ángulo de incidencia excesivo en la entrada de la segunda fila de paletas de guía consiste en aumentar la distancia entre las filas de paletas de guía y las palas del rotor, con el objetivo de reducir la velocidad (y con ello la energía cinética) del flujo en la entrada a la segunda fila de paletas de guía y, de esta manera, reducir las pérdidas de energía debidas a la separación de la capa límite (estancamiento) en dichas paletas. Esta metodología fue propuesta en la patente WO 2008/0112530, en la que se establece que las dos filas de paletas de guía, una a cada lado del rotor, estén separadas de las palas del rotor, tanto radial como axialmente, con conductos anulares que conectan los conjuntos de paletas de guía con la fila de palas del rotor. La separación radial permite, mediante la conservación del momento angular, reducir la componente circunferencial de la velocidad de flujo en la entrada a la segunda fila de paletas de guía. Esta separación radial, combinado finalmente con un aumento en el espacio entre las paredes interior y

exterior de los conductos anulares (es decir, un aumento en la envergadura de la pala del sistema del estátor), produce asimismo una disminución en la componente meridiana (proyectada sobre un plano axial) de la velocidad del flujo.

5 La patente japonesa número 2008095569 propone una turbina con un rotor de flujo radial, en la que el flujo es unidireccional y centrípeto. Existen dos filas de paletas de guía, que rectifican el flujo admitido en el rotor por desplazamiento axial.

10 La patente EP 2 538 070 A se refiere a una turbina auto-rectificadora. La entrada y la salida del rotor son radiales, siendo la dirección del flujo centrípeta en la entrada y centrífuga en la salida. El estátor está provisto de dos filas de paletas de guía situadas circunferencialmente alrededor del rotor. El flujo entre cada entrada/salida del rotor y la fila correspondiente de paletas de guía es esencialmente radial. La conexión es proporcionada por un conducto formado por dos paredes de revolución alrededor del eje de rotación, teniendo posiblemente una o ambas paredes forma de discos planos perpendiculares al eje de rotación. En la entrada a la segunda fila de paletas de guía, la velocidad de flujo desde el rotor se puede reducir separando radialmente las paletas de guía lejos del rotor. De esta manera, se pueden reducir las pérdidas aerodinámicas debidas al ángulo de incidencia excesivo. Una manera alternativa de evitar las pérdidas debidas al ángulo de incidencia excesivo a la entrada de la segunda fila de paletas de guía consiste simplemente en retirar esas paletas de guía del espacio de flujo. Esto se puede llevar a cabo mediante la traslación axial de los dos conjuntos de paletas de guía, de tal modo que cada conjunto sea retirado del espacio del flujo dependiendo de la dirección del flujo.

#### Descripción detallada de la invención:

25 La invención se refiere a una turbina de aire que puede, sin cambiar el sentido de su velocidad de rotación, funcionar eficientemente entre un primer espacio -A- y un segundo espacio -B-, con presiones  $p_A$  y  $p_B$ , respectivamente, de tal manera que el signo de la diferencia de presión  $p_A - p_B$  cambia periódicamente. Por esta razón, se puede emplear en sistemas de columna oscilante de agua para la conversión de la energía de las olas y, de manera más general, en la utilización de la energía asociada a una diferencia de presión cuyo signo cambia periódicamente, como en algunos sistemas de energías renovables o en otras aplicaciones.

30 La turbina se muestra esquemáticamente en la figura 2, en una vista de una sección en un plano axial. -A- y -B- son los espacios entre los que funciona la turbina. Estos espacios están separados por la propia turbina, por una pared -1- y por otras paredes no representadas. El primer espacio -A- puede ser la atmósfera, y el segundo espacio -B-, la cámara de aire del dispositivo de columna oscilante de agua, o viceversa. La primera y segunda filas -2- y -3- de palas del rotor y la primera y segunda filas -4- y -5- de paletas de guía del estátor están proyectadas circunferencialmente sobre el plano del dibujo. El rotor comprende una primera fila de palas del rotor -2- y una segunda fila de palas del rotor -3-, separadas axialmente, fijadas a un cubo -6- montado en un árbol -7-. El cubo consiste de un solo elemento o en más de uno. El estátor comprende una primera fila de paletas de guía -4- y una segunda fila de paletas de guía -5- montadas circunferencialmente alrededor del rotor. El primer conjunto de palas -I- que consiste en la primera fila -2- de palas del rotor y la primera fila -4- de paletas de guía del estátor es similar al sistema de palas de una turbina convencional de flujo mixto o radial (figura 2a) o el sistema de palas de una turbina convencional de flujo axial (figura 2b); el ángulo de ajuste de las paletas de guía -4- del estátor puede ser fijo, o puede ser controlable como en el sistema de compuertas de paso de las turbinas Francis. La misma descripción se aplica al segundo conjunto de palas -II-, que consiste en la segunda fila -3- de palas del rotor y la segunda fila -5- de paletas de guía del estátor. La primera fila -4- de paletas de guía del estátor está conectada al primer espacio -A- a través de un primer conducto de entrada -8-, y la segunda fila -5- de paletas de guía del estátor está conectada al segundo espacio -B- a través de un segundo conducto de entrada -9-. La primera fila -2- de palas del rotor está conectada al segundo espacio -B- a través de un primer conducto sin palas de paredes curvas -10-, a través de un primer conducto de salida -11- formado por dos paredes de revolución -12- y -13- con forma de discos planos o no planos, y a través de un primer conjunto de  $n$  conductos -14- de eje curvo situados circunferencialmente alrededor de la periferia del primer conducto de salida -11-. Idénticamente, la segunda fila -3- de palas del rotor está conectada al primer espacio -A- a través de un segundo conducto sin palas de pared curva -15-, a través de un segundo conducto de salida -16- formado por dos paredes de revolución -12- y -17- en forma de discos planos o no planos, y a través de un segundo conjunto de  $n$  conductos -18- de eje curvo situados circunferencialmente alrededor de la periferia del segundo conducto de salida -16-. Los  $n$  conductos del segundo conjunto de conductos -18- de eje curvo abiertos al primer espacio -A- se alternan circunferencialmente con los  $n$  conductos del primer conjunto de conductos -14- de eje curvo abiertos al segundo espacio -B-. El número  $n$  de conductos está comprendido entre 2 y 30.

60 La figura 3a se corresponde con la figura 2a, y muestra una sección de la primera fila de paletas de guía -4- y la primera fila de palas -2- del rotor a través de un plano que es perpendicular al eje de rotación. La figura 3b se corresponde con la figura 2b, y muestra una sección, proyectada sobre un plano, de la primera fila de paletas de guía -4- y la primera fila de palas -2- del rotor a través de una superficie de revolución cilíndrica que es coaxial con el eje de rotación.

La figura 4 representa esquemáticamente una vista axial del rotor desde uno de los espacios -A- o -B-, y muestra las bocas -19- de los  $n$  conductos curvos abiertos a ese espacio, y, en líneas de trazos, las bocas -20- de los  $n$  conductos curvos abiertos al otro espacio. En el caso representado en la figura, es  $n = 9$ .

5 La figura 5 representa una sección en un plano -C-C- que es perpendicular al eje de rotación, y muestra los carenados -21- destinados a evitar o reducir las pérdidas aerodinámicas debidas a la separación de la capa límite en la transición desde el conducto -11- a los  $n$  conductos -14- de eje curvo abiertos al espacio -B-. Carenados idénticos, no representados en la figura, evitan o reducen las pérdidas en la transición desde el conducto -16- a los  $n$  conductos -18- de eje curvo abiertos al espacio -A-.

10 La figura 6 proporciona una vista en perspectiva de los  $n$  conductos -14- y -18- de eje curvo, abiertos, respectivamente, al espacio -B- y al espacio -A-.

15 Las turbinas convencionales, en general, están diseñadas, especialmente en lo que respecta a la geometría del rotor y a las palas del estátor, para un determinado signo de la diferencia de presión disponible y para un determinado sentido de rotación del rotor, que en el presente documento se denominarán "normales". En la turbina en cuestión, existen dos conjuntos de palas: un primer conjunto de palas -I-, que consiste en la primera fila de paletas de guía -4- del estátor y la primera fila -2- de palas del rotor; y un segundo conjunto de palas -II-, que consiste en una segunda fila -5- de paletas de guía del estátor y una segunda fila -3- de palas del rotor. Con respecto al conjunto de palas -I-, el signo de la diferencia de presión disponible normal está dado por  $p_A - p_B > 0$ , y la dirección de flujo normal es 8  $\xi$  4  $\xi$  2  $\xi$  10  $\xi$  11  $\xi$  14, mientras que para el conjunto de palas -II-, es  $p_A - p_B < 0$ , siendo la dirección de flujo normal 9  $\xi$  5  $\xi$  3  $\xi$  15  $\xi$  16  $\xi$  18. La geometría de las palas de la turbina y de las paletas de guía es tal que el sentido de rotación normal es el mismo para ambos conjuntos de palas -I- y -II-, lo que es cierto si los conjuntos son simétricos con respecto a un plano medio que sea perpendicular al eje de rotación. Cuando  $p_A - p_B < 0$ , la medida radial del conducto -11- permite la recuperación de una gran parte de la energía cinética asociada con las componentes de velocidad circunferencial y radial a la salida de la fila -2- de palas del rotor. Cuando  $p_A - p_B < 0$ , lo mismo aplica al conducto -16- y a la energía cinética del flujo a la salida desde la fila -3- de palas del rotor.

25 Suponiendo que la velocidad de rotación es en el sentido normal, si la diferencia de presión  $p_A - p_B$  es negativa, entonces el flujo a través del conjunto de palas -I- se invierte. Los resultados de las pruebas de laboratorio revelan que, bajo tales condiciones, el caudal y el par de torsión (en valores absolutos) son mucho menores que los valores correspondientes en las llamadas condiciones normales. Lo mismo se aplica al conjunto de palas -II- cuando la diferencia de presión  $p_A - p_B$  es positiva. Por lo tanto, cuando  $p_A - p_B > 0$ , el aire fluye, esencialmente y de forma normal, del espacio -A- al espacio -B- a través del conjunto de palas -I-, y las pérdidas de fluido asociadas con el flujo inverso a través del conjunto de palas -II- son relativamente pequeñas.

30 Lo mismo se puede decir cuando  $p_A - p_B < 0$ , intercambiando el conjunto de palas -I- por el conjunto de palas -II-. Esto significa que, con la concepción adoptada, independientemente del signo de la diferencia de presión disponible  $p_A - p_B$ , existe un conjunto de palas, -I- o -II-, mediante el cual la conversión de energía tiene lugar de manera eficiente; por otra parte, las pérdidas de flujo ocurren en el flujo invertido a través del otro conjunto de palas; se ha descubierto, mediante ensayos, que dichas pérdidas son relativamente pequeñas.

35 Estas pérdidas se pueden evitar si la turbina está equipada con una válvula cilíndrica -22- de dos posiciones, tal como la mostrada en la figura 7. La válvula debe estar en la posición de la figura 7a cuando  $p_A - p_B > 0$  (evitando que el aire fluya a través del conjunto de palas -II-, pero no a través del conjunto de palas -I-), y en la posición de la figura 7b cuando  $p_A - p_B < 0$  (evitando que el aire fluya a través del conjunto de palas -I-, pero no a través del conjunto de palas -II-).

40 De manera alternativa, la turbina puede estar equipada con una válvula cilíndrica de tres posiciones -23-, tal como la mostrada en la figura 8. En la posición de la figura 8a, la válvula cierra la conexión entre los espacios -A- y -B-. En la posición de la figura 8b, la válvula cierra la conexión entre los espacios -A- y -B- a través del conjunto de palas -II-, pero no a través del conjunto de palas -I-. En la posición de la figura 8c, la válvula cierra la conexión entre los espacios -A- y -B- a través del conjunto de palas -I-, pero no a través del conjunto de palas -II-. Esta disposición, que permite que la conexión entre los espacios -A- y -B- se cierre temporalmente por una acción de válvula rápida, permite la implementación del control de fase mediante retención como medio para acercar el dispositivo de columna oscilante de agua a las condiciones de resonancia, y aumentar de este modo la cantidad de energía absorbida de las olas.

45 El movimiento axial de traslación de la válvula cilíndrica -22- de dos posiciones o de la válvula cilíndrica -23- de tres posiciones se puede producir por medio de un accionador eléctrico, neumático, hidráulico o de cualquier otro tipo.

50 El conjunto representado en la figura 2, que comprende las dos filas -2- y -3- de palas del rotor, las dos filas -4- y -5- de paletas de guía del estátor, y los conductos de conexión -10-, -11-, -14- y -15-, -16-, -18-, puede ser simétrico con respecto a un plano medio que es perpendicular al eje de rotación. No obstante, en otras realizaciones, la simetría puede estar ausente o ser solo parcial, para una mejor adecuación a condiciones cambiantes cuando la dirección del flujo se invierte, tal como es el caso debido a la asimetría entre crestas y valles de ondas de gran amplitud, o debido

a las diferencias en densidad entre el aire en la cámara del dispositivo de columna oscilante de agua y el aire en la atmósfera exterior.

5 Esta invención combina, por una parte, la alta calidad de la eficiencia de las turbinas Francis convencionales o las turbinas de flujo axial de gas y vapor convencionales, y, por otra parte, la capacidad de utilizar la energía asociada con una carga de presión cuyo signo se invierte a intervalos de unos pocos segundos, lo que no implica mecanismos complejos aparte de un rotor giratorio y el control del movimiento de traslación de una válvula simple. En concreto, esta turbina no requiere ningún movimiento de traslación de las paletas de guía. La turbina puede alojar fácilmente una válvula de acción rápida, que puede ser utilizada para conseguir el control de fase mediante la retención del dispositivo de columna oscilante de agua.

10 Se debe observar que, a diferencia del rotor de la turbina descrita en la patente EP 2 538 070 A2, no es necesario que la fila -2- de palas del rotor ni la fila -3- de palas del rotor en las configuraciones de la figura 2 sean simétricas con respecto a un plano que es perpendicular al eje de rotación. Por esta razón, dichas palas del rotor (tal como las palas del rotor de las turbinas Francis y la mayor parte de las turbinas de vapor y gas) pueden ser muy asimétricas y adecuadas para funcionar como en las turbinas de reacción. En el flujo a través de rotores de turbinas de reacción, el gradiente de presión mejora la estabilidad de la capa límite, lo que es beneficioso para el rendimiento aerodinámico de una turbina sometida a un caudal de aire extremadamente variable, como ocurre en los convertidores de la energía de las olas de columna oscilante de agua.

20 **Descripción de las figuras:**

25 La figura 1 representa esquemáticamente la sección de la turbina a través de un plano que contiene su eje de rotación. El primer espacio -A- y el segundo espacio -B- son los espacios de aire entre los cuales funciona la turbina. La turbina comprende un primer conjunto de palas -I- y un segundo conjunto de palas -II-, cada uno de los cuales es similar al sistema de palas de una turbina hidráulica convencional de flujo mixto o radial. La turbina comprende asimismo un sistema de conductos que conecta el primer espacio -A- con el segundo espacio -B- mediante cualquiera de los dos conjuntos de palas -I- y -II-.

30 La figura 2 representa esquemáticamente una sección de la turbina a través de un plano que contiene su eje de rotación. El primer espacio -A- y el segundo espacio -B- son los espacios de aire entre los cuales funciona la turbina. Estos están separados entre sí por la propia turbina, por una pared -1- y por otras paredes no representadas. El primer espacio -A- puede ser la atmósfera, y el segundo espacio -B-, la cámara de aire del dispositivo de columna oscilante de agua, o viceversa. La primera fila -2- de palas del rotor, la segunda fila -3- de palas del rotor, la primera fila -4- de paletas de guía del estátor y la segunda fila -5- de paletas de guía del estátor se proyectan circunferencialmente sobre el plano del dibujo. El rotor comprende una primera fila de palas -2- y una segunda fila de palas -3-, separadas entre sí axialmente, fijadas a un cubo -6- montado en un árbol -7-. El estátor comprende una primera fila de paletas de guía -4- y una segunda fila de paletas de guía -5- montadas circunferencialmente alrededor del rotor. El primer conjunto de palas -I-, que consiste en la primera fila -2- de palas del rotor y la primera fila -4- de paletas de guía del estátor, es similar al sistema de palas de una turbina convencional de tipo radial o de flujo mixto, tal como se representa en la figura 2a, o al sistema de palas de una turbina de flujo axial convencional, tal como se representa en la figura 2b. El ángulo de ajuste de las paletas de guía -4- del estátor puede ser fijo, o puede ser controlable como en el sistema de compuertas de paso de las turbinas Francis. La misma descripción aplica al segundo conjunto de palas -II-, que consiste en la segunda fila -3- de palas del rotor y la segunda fila -5- de paletas de guía del estátor. La primera fila -4- de paletas de guía del estátor está conectada al primer espacio -A- a través de un primer conducto de entrada -8-, y la segunda fila -5- de paletas de guía del estátor está conectada al segundo espacio -B- a través de un segundo conducto de entrada -9-. La primera fila -2- de palas del rotor está conectada al segundo espacio -B- a través de un primer conducto sin palas -10- de paredes curvas, a través del primer conducto de salida -11- formado por dos paredes de revolución -12- y -13- con forma de discos planos o no planos, y a través de un primer conjunto de  $n$  conductos -14- de eje curvo situados circunferencialmente alrededor de la periferia del primer conducto de salida -11-. Idénticamente, la segunda fila -3- de palas del rotor está conectada al primer espacio -A- a través de un segundo conducto sin palas -15- de paredes curvas, a través del segundo conducto de salida -16- formado por dos paredes de revolución -12- y -17- con forma de discos planos o no planos, y a través de un segundo conjunto de  $n$  conductos -18- de eje curvo situados circunferencialmente alrededor de la periferia del segundo conducto de salida -16-. Los  $n$  conductos del segundo conjunto de conductos de eje curvo abiertos al primer espacio -A- se alternan con los  $n$  conductos del primer conjunto de conductos de eje curvo abiertos al segundo espacio -B-.

60 La figura 3a se corresponde con la figura 2a, y representa una sección de la primera fila de paletas de guía -4- del estátor y la primera fila de palas del rotor -2- a través de un plano que es perpendicular al eje de rotación. La figura 3b se corresponde con la figura 2b, y representa una sección, proyectada circunferencialmente sobre un plano, de la primera fila de paletas de guía -4- del estátor y la primera fila -2- de palas del rotor a través de una superficie cilíndrica de revolución que es coaxial con el eje de rotación.

La figura 4 representa esquemáticamente una vista axial de la turbina desde uno de los espacios -A- o -B-, mostrando las bocas -19- de los  $n$  conductos curvos abiertos a ese espacio, y, en líneas de trazos, las bocas -20- de los  $n$  conductos curvos abiertos al otro espacio. En el caso representado en la figura, es  $n = 9$ .

5 La figura 5 representa una sección en un plano -C-C- que es perpendicular al eje de rotación, y muestra los carenados -21- destinados a evitar o reducir las pérdidas aerodinámicas debidas a la separación de la capa límite en la transición desde el conducto -11- a los conductos curvos -14- abiertos al espacio -B-.

10 La figura 6 proporciona una vista en perspectiva del primer y del segundo conjuntos de  $n$  conductos -14- y -18- de eje curvo abiertos respectivamente al segundo espacio -B- y al primer espacio -A-. El primer espacio -A- y el segundo espacio -B- están separados entre sí por la propia turbina, y por paredes no representadas en la figura.

15 La figura 7 se corresponde con la figura 2, con una válvula cilíndrica de dos posiciones -22- que puede deslizarse axialmente. En la posición representada en la figura 7a, la válvula cierra la conexión entre el primer espacio -A- y el segundo espacio -B- a través del segundo conducto de salida -16-. En la posición representada en la figura 7b, la válvula cierra la conexión entre el primer espacio -A- y el segundo espacio -B- a través del primer conducto de salida -11-.

20 La figura 8 se corresponde con la figura 2, con una válvula cilíndrica -23- de tres posiciones a la que se puede hacer desplazar axialmente. En la posición representada en la figura 8a, la válvula cierra la conexión entre el primer espacio -A- y el segundo espacio -B- a través del primer conducto de salida -11-, así como a través del segundo conducto de salida -16-. En la posición representada en la figura 8b, la válvula cierra la conexión entre los espacios -A- y -B- a través del conducto -16-, pero no a través del conducto -11-. En la posición representada en la figura 8c, la válvula cierra la conexión entre los espacios -A- y -B- a través del conducto -11-, pero no a través del conducto -16-.

25

**REIVINDICACIONES**

5 1. Turbina de aire para aplicaciones en la conversión de la energía de las olas asociada con una diferencia de presión entre un primer espacio (A) y un segundo espacio (B) cuyo signo cambia alternativamente, que comprende un rotor con una primera fila (2) de palas del rotor y una segunda fila (3) de palas del rotor, separadas axialmente entre sí, montadas circunferencialmente en un cubo (6) fijado a un árbol, (7), y un estátor con una primera fila de paletas de guía (4) y una segunda fila de paletas de guía (5), en la que un primer conjunto de palas (I) consiste en la primera fila (2) de palas del rotor y la primera fila (4) de paletas de guía del estátor, y un segundo conjunto de palas (II) consiste en la segunda fila (3) de palas del rotor y la segunda fila (5) de paletas de guía del estátor, aplicando lo siguiente a dicha turbina:

10 a) su primera fila (4) de paletas de guía del estátor está conectada al primer espacio (A) a través de un primer conducto de entrada (8), y su segunda fila (5) de paletas de guía del estátor está conectada al segundo espacio (B) a través de un segundo conducto de entrada (9);

15 b) su primera fila (2) de palas del rotor está conectada segundo espacio (B) a través de un primer conducto sin palas (10) de paredes curvas, a través de un primer conducto de salida (11), formado por dos paredes de revolución (12), (13) con forma de discos planos o no planos, y a través de un primer conjunto de  $n$  conductos (14) de eje curvo dispuestos circunferencialmente alrededor del primer conducto de salida (11), siendo  $n$  un número entero entre 2 y 30;

20 c) su segunda fila (3) de palas del rotor está conectada al primer espacio (A) a través de un segundo conducto sin palas (15) de paredes curvas, a través de un segundo conducto de salida (16), formado por dos paredes de revolución (12), (17) con forma de discos planos o no planos, y a través de un segundo conjunto de  $n$  conductos (18) de eje curvo dispuestos circunferencialmente alrededor del segundo conducto de salida (16);

25 d) los  $n$  conductos del primer conjunto de conductos (14) de eje curvo, abiertos al segundo espacio (B) se alternan circunferencialmente con los  $n$  conductos del segundo conjunto de conductos (18) de eje curvo abiertos al primer espacio (A).

30 2. Turbina según la reivindicación 1, en la que el estátor contiene una válvula cilíndrica (22) de dos posiciones deslizante axialmente que cierra, dependiendo de su posición axial, la conexión entre el primer conducto de salida (11) y la primera fila (2) de palas del rotor, o la conexión entre el segundo conducto de salida (16) y la segunda fila (3) de palas del rotor.

35 3. Turbina según la reivindicación 1, en la que el estátor contiene una válvula cilíndrica (23) de tres posiciones deslizante axialmente que cierra, dependiendo de su posición axial, la conexión entre el primer conducto de salida (11) y la primera fila (2) de palas del rotor, o la conexión entre el segundo conducto de salida (16) y la segunda fila (3) de palas del rotor, o ambas conexiones.

40

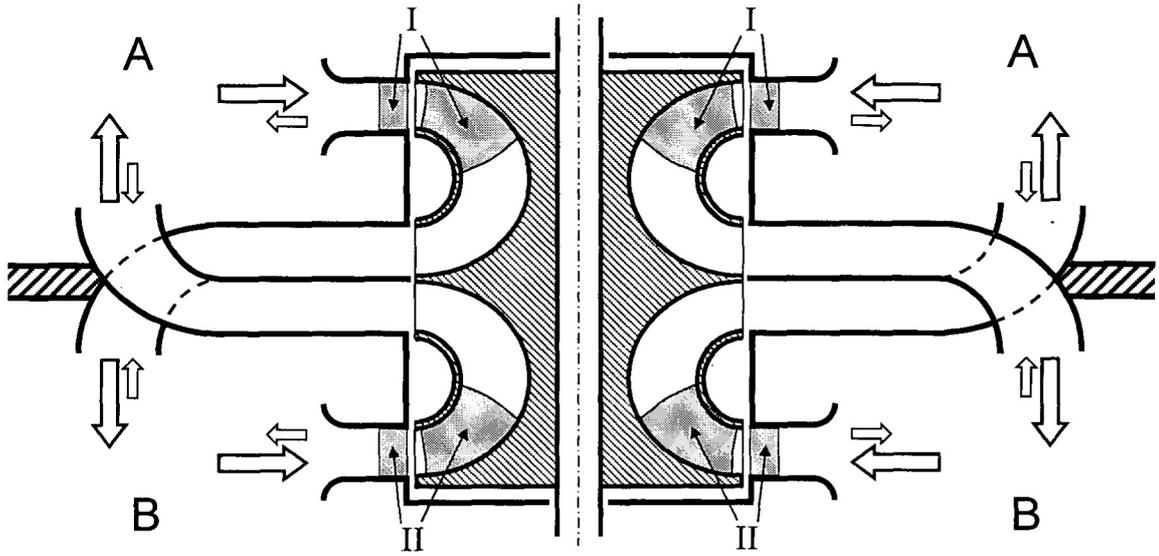


Figura 1

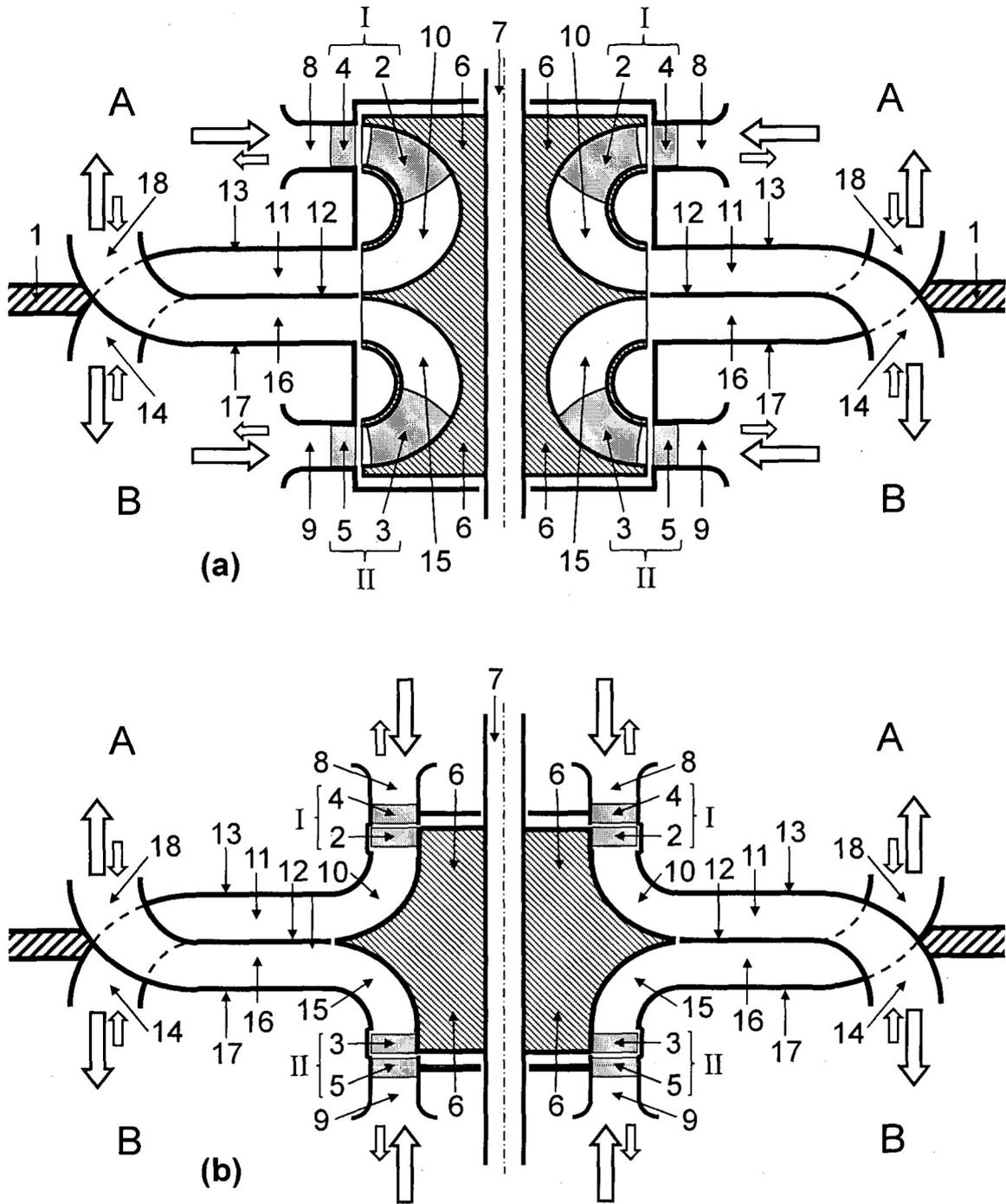


Figura 2

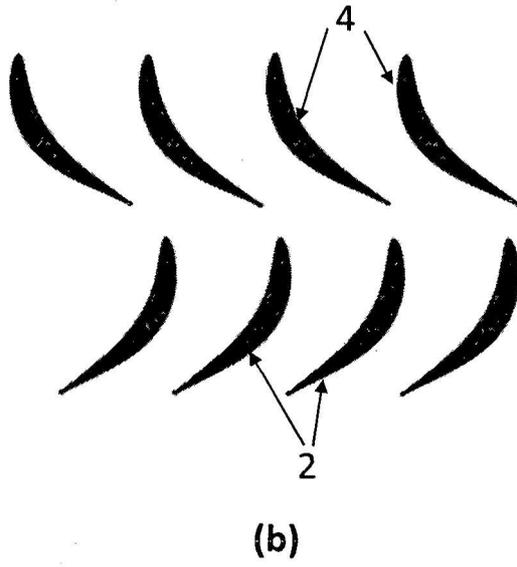
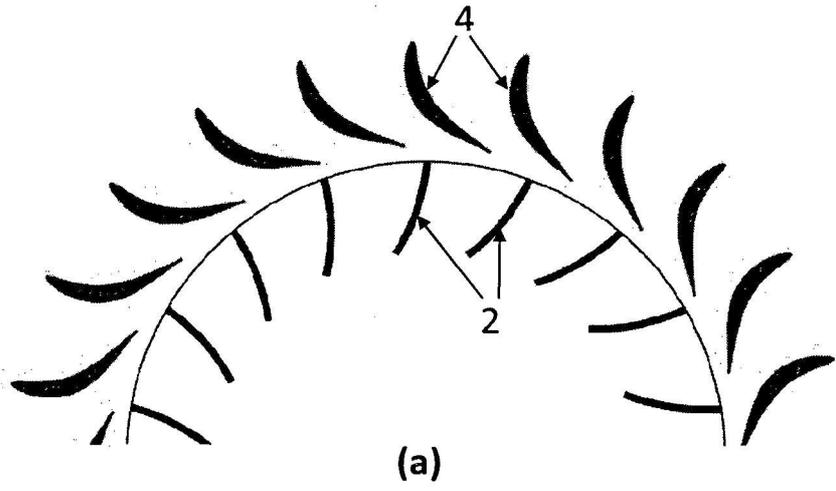


Figura 3

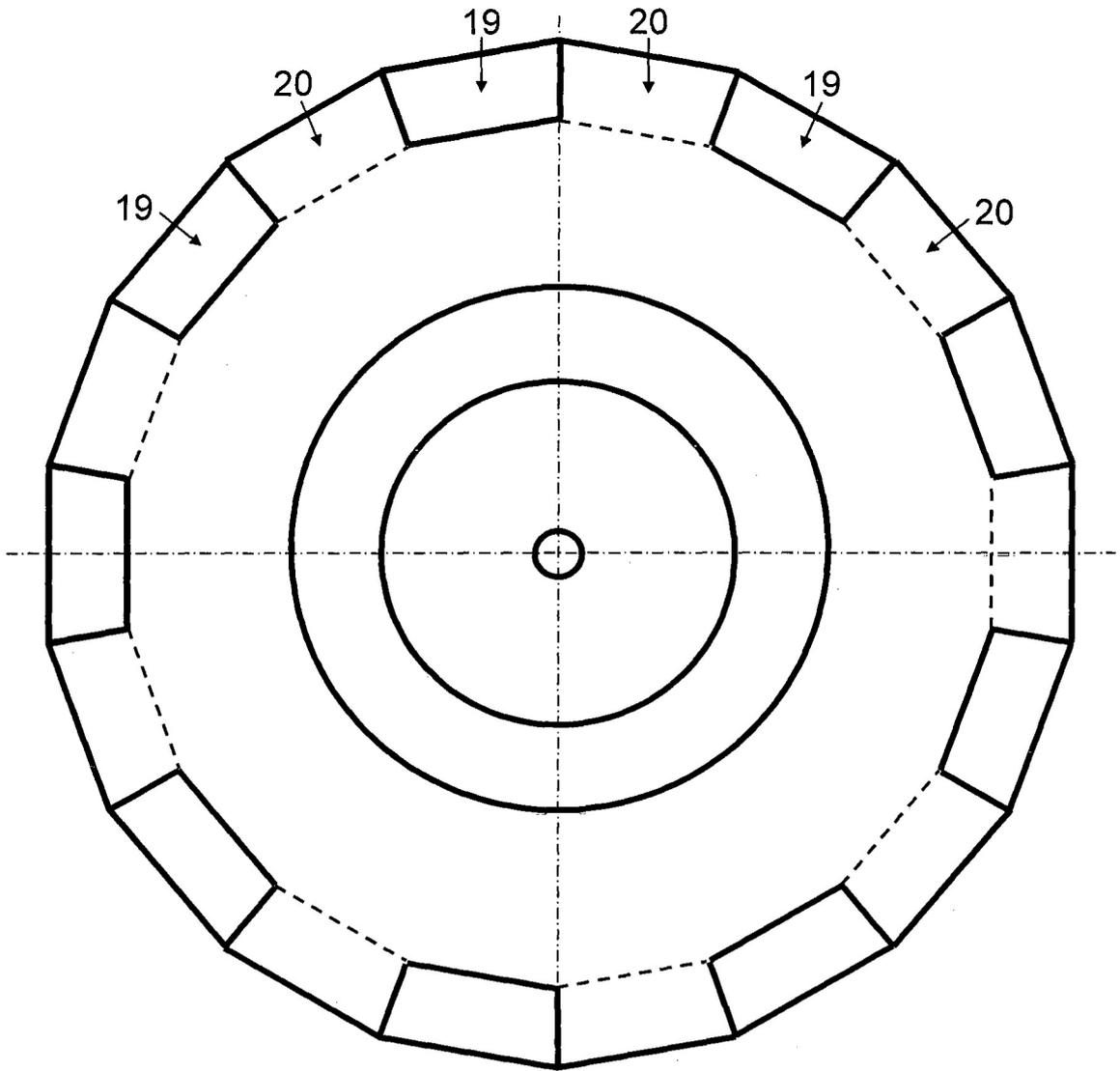


Figura 4

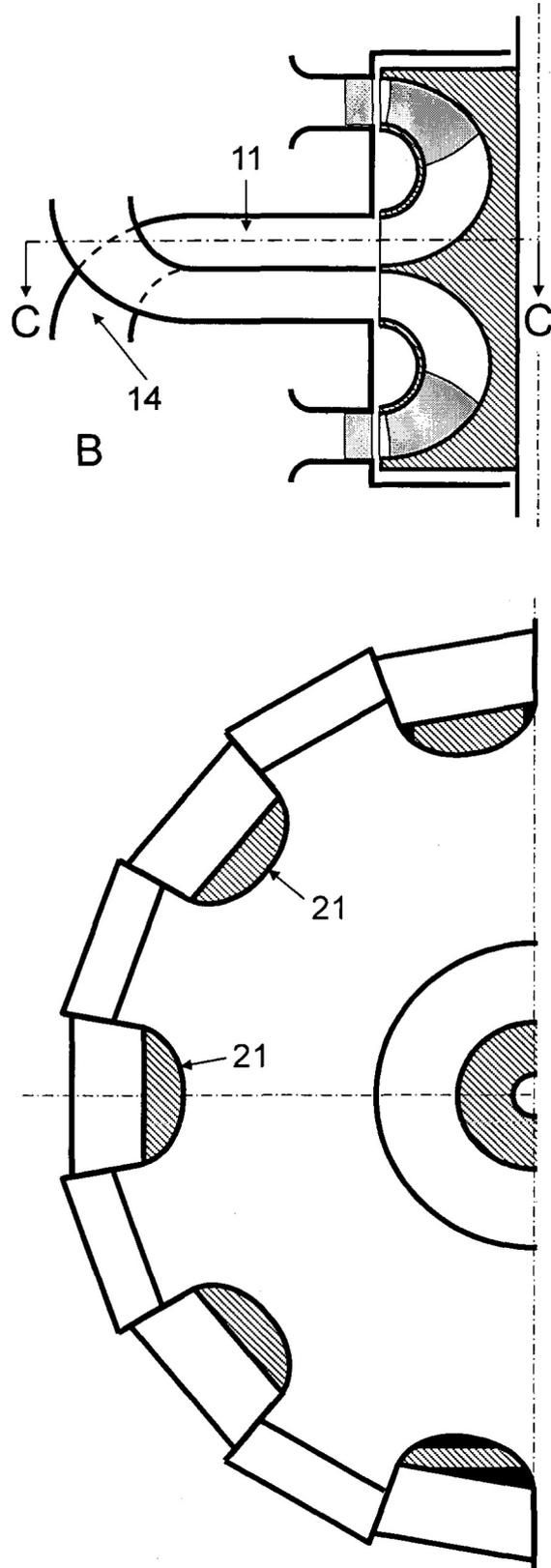


Figura 5

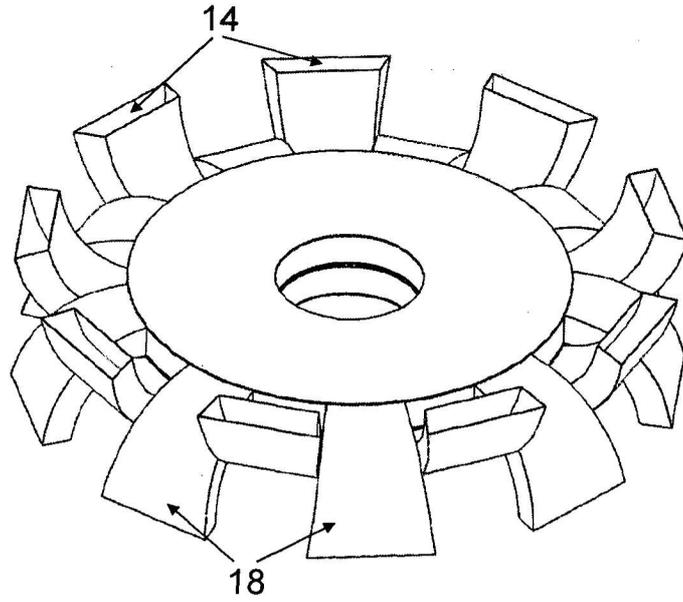


Figura 6

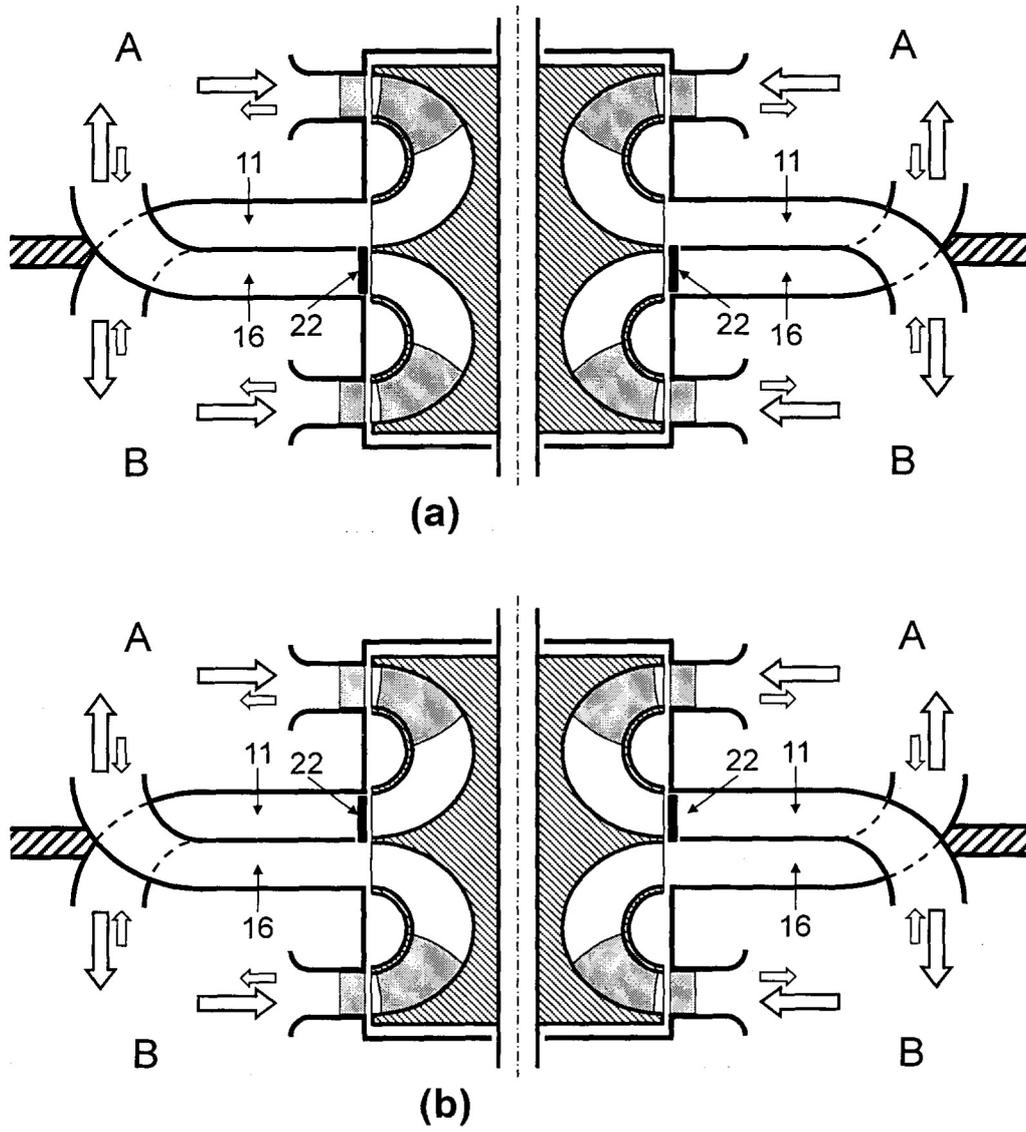


Figura 7

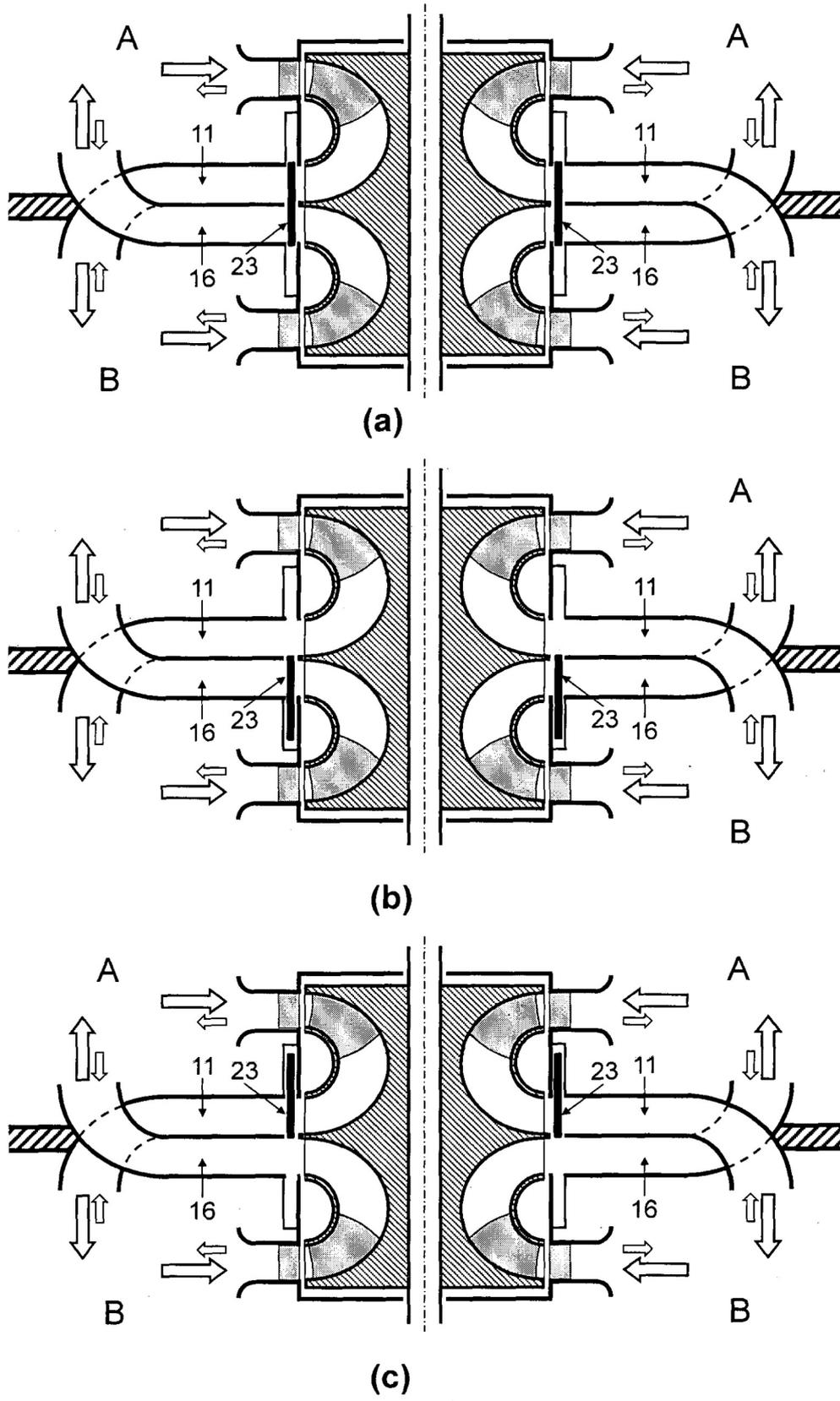


Figura 8