

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 952 285**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2021** **E 21158286 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2023** **EP 3869028**

54 Título: **Aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas y convertidor de energía de olas que comprende el mismo**

30 Prioridad:

**20.02.2020 SE 2050189**

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

**30.10.2023**

73 Titular/es:

**NOVIGE AB (100.0%)  
Skjutbanegatan 8A  
723 39 Västerås, SE**

72 Inventor/es:

**SKJOLDHAMMER, JAN y  
POHJANVUORI, TIMO**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 952 285 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

Aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas y convertidor de energía de olas que comprende el mismo

5

**Campo de la técnica**

La presente divulgación se refiere en general a un aparato de toma de fuerza (PTO) para capturar energía de olas, más específicamente para ser utilizado en un convertidor de energía de olas (WEC) de tipo absorbedor puntual.

10

**Antecedentes de la técnica**

Las tremendas fuerzas de las olas del mar como potencial para extraer energía eléctrica es ampliamente conocida. Los ejemplos de convertidores de energía de olas para aprovechar este potencial se divulgan en, por ejemplo, WO 98/20253, EP 0 265 594, WO 2009/093988, US 2004/160060, GB 2472055, US 5,701,740 y WO 2017/217919.

15

Sin embargo, un potencial problema de los sistemas de toma de fuerza conocidos en la técnica es que utilizan agua de mar como fluido de trabajo que es succionado al cilindro, bombeado desde el cilindro hasta la turbina de agua a través del conducto forzado y es devuelto al mar. Esta solución tiene varios inconvenientes, ya que el agua de mar salina es altamente corrosiva para los componentes del sistema PTO, reduciendo la vida útil del sistema PTO y/o requiriendo el reemplazo de los componentes. La adición de aditivos como acondicionadores, lubricantes y agentes anticorrosivos no mitiga este problema a largo plazo, ya que los aditivos serían arrastrados por el agua de mar que pasa por el sistema PTO. Además, dichos aditivos, así como las partículas desde el interior del sistema, procedentes de los sellos, metal, cojinetes y fugas, serán expulsados desde la abertura superior del cilindro o la carcasa de la turbina, lo que con el tiempo podría contribuir a la contaminación del agua de mar circundante. Fabricar todos los componentes en materiales más resistentes a la corrosión, como el acero inoxidable, podría ser una alternativa, pero debido a los graves problemas de corrosión galvánica para los diferentes componentes, así como a los mayores costos del metal asociados, esto no es factible.

20

25

Además, el ingreso de agua de mar puede dar lugar a que la contaminación y/o los escombros, así como los bioorganismos marinos, ingresen en el sistema a través de las aberturas del cilindro. Esto podría dar lugar a la formación de sarro, ensuciamiento y acumulación de residuos en el interior del cilindro, lo que requiere una limpieza a intervalos regulares. Además, sería necesario adoptar medidas de protección para salvaguardar la vida marina de la potente succión submarina intermitente. Las soluciones preventivas para superar estos obstáculos incluyen servicios de filtrado y limpieza de alta capacidad tanto en las entradas como en las salidas de agua. Estos sistemas de filtrado/limpieza de alta capacidad aumentarían el peso y disminuirían el rendimiento técnico, aumentando así el costo de fabricación y servicio del sistema PTO.

30

35

El documento US 4.203.294 A describe un sistema para convertir la energía de las olas del mar en energía útil que comprende una boya, una disposición de pistón-cilindro, recipientes de baja y alta presión, con un tubo de conexión entre ellos y una turbina. Varias válvulas controlan el flujo de fluido a través del sistema. Debido al desplazamiento hacia arriba y hacia abajo de la boya, se bombea fluido desde el recipiente de baja presión al recipiente de alta presión a través del espacio por encima del pistón durante un ciclo de oscilación. Una cierta cantidad de fluido se transfiere desde el recipiente de baja presión al recipiente de alta presión a través del tubo de conexión debido al gradiente de presión para hacer girar la turbina que está conectada a un generador eléctrico para entregar energía útil.

40

45

Por lo tanto, es necesario mejorar los sistemas de toma de fuerza para superar las deficiencias y desventajas mencionadas anteriormente.

50

**Sumario de la invención**

Un objetivo de la presente invención es proporcionar una solución que aborde los problemas antes mencionados. Este objetivo se logra en un primer aspecto de la invención, donde se proporciona un aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas de tipo absorbedor puntual, que comprende un cilindro adaptado para ser fijado a un dispositivo flotante y que comprende un primer extremo superior y un segundo extremo inferior; un pistón dispuesto para girar dentro del cilindro y que tiene un vástago del pistón adaptado para ser fijado a un amarre; al menos un conducto forzado dispuesto en paralelo al cilindro y que comprende un primer extremo inferior en comunicación fluida con el segundo extremo del cilindro a través de una primera abertura entre ellos, y un segundo extremo superior que comprende una segunda abertura, una carcasa dispuesta sobre el primer extremo del cilindro, donde la carcasa está en comunicación fluida con el conducto forzado a través de la segunda abertura; y una turbina de agua dispuesta en el interior de la carcasa y orientada de manera que el fluido de trabajo que entra en la carcasa desde el al menos un conducto forzado a través de la segunda abertura provoca la rotación de la turbina de agua

55

60

para accionar un generador eléctrico conectado a la misma; donde el fluido de trabajo presente en el segundo extremo del cilindro debajo del pistón entrará en el al menos un conducto forzado a través de la primera abertura y saldrá del al menos un conducto forzado a través de la segunda abertura en respuesta a una carrera descendente del pistón en relación con el cilindro, donde la carcasa está en comunicación fluida con el primer extremo del cilindro a través de una tercera abertura en una parte inferior de la carcasa, de manera que el cilindro, el al menos un conducto forzado y la carcasa forman conjuntamente un bucle cerrado para un fluido de trabajo en el aparato de toma de fuerza, y donde el aparato de toma de fuerza comprende además al menos un conducto de avance que tiene al menos una válvula unidireccional dispuesta para permitir el paso del fluido de trabajo solamente en una dirección desde el primer extremo del cilindro sobre el pistón a través del al menos un conducto de avance hasta el segundo extremo del cilindro debajo del pistón en respuesta a una carrera ascendente del pistón en relación con el cilindro.

El dispositivo según la presente divulgación proporciona un sistema de bucle cerrado para contener el fluido de trabajo dentro del aparato de toma de fuerza. Mediante el movimiento recíproco ascendente y descendente del pistón en relación con el cilindro, se bombea un fluido de trabajo hacia el al menos un conducto forzado y se dirige además hacia la turbina de agua para provocar su rotación y generar energía eléctrica. Posteriormente, el fluido de trabajo cae dentro de la carcasa hacia el primer extremo superior del cilindro por influencia de la gravedad, completando así el bucle cerrado. Como resultado, los componentes internos del sistema PTO no estarán expuestos al agua de mar, incluidas las sales corrosivas y los bioorganismos. Esto evita o minimiza el ensuciamiento y el deterioro de los componentes, lo que a su vez reduce la necesidad de servicio y mantenimiento, y prolonga la vida útil del sistema PTO. El novedoso aparato PTO evita la necesidad de filtrado/limpieza, así como la protección contra la corrosión y garantiza así el mantenimiento del rendimiento a largo plazo. Además, el sistema cerrado garantiza que el fluido de trabajo y cualquier partícula presente en él, por ejemplo, procedente del desgaste de los componentes internos, no se expulsará y contaminará el medio ambiente circundante, logrando así una solución mejorada amigable con el medio ambiente para la captura de energía de olas. Además, el sistema cerrado proporciona una mejor protección de la fauna marina, ya que se elimina el riesgo de una potente succión submarina.

Otras ventajas del aparato PTO de acuerdo con la presente divulgación en relación con otros dispositivos de energía marina, es la enorme fuerza de elevación posible, por ejemplo, con una combinación con un flotador rectangular en un sistema WEC, la simple conversión del movimiento lento de las olas al movimiento de rotación de alta velocidad del generador, con una iteración ampliamente probada de la planta de energía hidroeléctrica, el método simple de control de movimiento (*latching*) en el valle de las olas, así como el comportamiento no resonante que evita el ajuste de otro modo muy complejo de los conceptos resonantes en olas irregulares.

En una realización, el al menos un conducto de avance está dispuesto en el pistón. Esta solución elimina las tuberías adicionales externas al cilindro y proporciona una configuración compacta del aparato de toma de fuerza. Alternativamente, el al menos un conducto de avance comprende una línea de retorno dispuesta en el exterior del cilindro.

En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además una unidad de acondicionamiento dispuesta en comunicación fluida con el bucle cerrado formado por el cilindro, conducto forzado y carcasa, donde la unidad de acondicionamiento está dispuesta para rellenar el bucle cerrado del aparato de toma de fuerza con fluido de trabajo, monitorear el fluido de trabajo, limpiar el fluido de trabajo y/o agregar aditivos al fluido de trabajo que reduzcan la fricción y/o la corrosión en el aparato de toma de fuerza. De manera preferente, la unidad de acondicionamiento comprende una cámara de análisis de fluidos, una cámara de mezcla, un filtro, una cámara de residuos y/o una cámara de aditivos. La unidad de acondicionamiento consigue mejorar el rendimiento del aparato de toma de fuerza, ya que los lubricantes y/o anticorrosivos proporcionan un fluido de trabajo óptimo que reduce la frecuencia de mantenimiento y, por tanto, el costo. Se puede realizar un monitoreo continuo del estado del fluido de trabajo y se puede llevar a cabo la limpieza o relleno del fluido de trabajo según sea necesario para garantizar unas condiciones de trabajo óptimas para el aparato de toma de fuerza.

En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además un volante de inercia dispuesto para girar coaxialmente con un eje de rotación de la turbina de agua, donde la turbina de agua y el volante de inercia están separados por una pared divisoria dentro de la carcasa. El volante de inercia está dispuesto para girar conjuntamente con la turbina de agua para almacenar energía de rotación y mantener así la rotación de la turbina de agua durante la carrera ascendente del pistón y ningún fluido de trabajo actúa sobre la turbina de agua, es decir, cuando el dispositivo flotante del convertidor de energía de olas se mueve hacia abajo con las olas.

En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además un tanque de presión dispuesto entre la turbina de agua y el al menos un conducto forzado, donde el tanque de presión está dispuesto para proporcionar una presión esencialmente continua y constante del fluido de trabajo suministrado a la turbina de agua. Al proporcionar un tanque de presión, es posible proporcionar un flujo esencialmente continuo de fluido de trabajo a una presión

esencialmente constante para actuar sobre la turbina de agua, permitiendo así la reducción del peso del volante de inercia o la emisión del volante de inercia todo en conjunto.

5 En una realización, el generador está dispuesto para hacer girar la turbina de agua con el fin de controlar la velocidad de rotación de la turbina de agua cuando el fluido de trabajo no provoca el giro de la turbina de agua. Hacer que el generador actúe como motor para hacer girar la turbina de agua, por ejemplo, durante la fase descendente de una ola cuando no sale fluido de trabajo del conducto(s) forzado para accionar la turbina de agua, es posible mantener un nivel óptimo de RPM de la turbina de agua en relación con la velocidad del fluido de trabajo que golpea los cangilones de la turbina de agua, reduciendo así las pérdidas de energía y logrando una mayor  
10 eficiencia de conversión de energía.

15 En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además al menos una válvula dispuesta en el al menos un conducto forzado y configurada para permitir el paso del fluido de trabajo solamente en una dirección desde el primer extremo inferior al segundo extremo superior del al menos un conducto forzado. Por ejemplo, al proporcionar una válvula unidireccional en el al menos un conducto forzado, se impide el retorno del fluido de trabajo al cilindro durante una carrera ascendente del pistón. Este flujo direccional puede garantizar de otro modo mediante una válvula de accionamiento eléctrico/hidráulico/neumático o de otro tipo, que se cierra cuando el flotador se mueve hacia abajo en las olas y se abre cuando se desea el flujo hacia arriba a la boquilla. Esta válvula también puede estar combinada con la boquilla, a menudo con una válvula de aguja.  
20

25 En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además al menos un primer conducto de derivación dispuesto en comunicación fluida con el al menos un conducto forzado y la carcasa debajo de la turbina de agua o el primer extremo del cilindro, donde el al menos un primer conducto de derivación comprende una primera válvula de alivio configurada para abrirse a una presión predeterminada para permitir el paso del fluido de trabajo desde el al menos un conducto forzado a través del al menos un primer conducto de derivación hasta la carcasa debajo de la turbina de agua o el primer extremo del cilindro.

30 En una realización, el aparato de toma de fuerza comprende además al menos un segundo conducto de derivación que tiene un primer extremo inferior en comunicación fluida con el segundo extremo del cilindro y un segundo extremo superior en comunicación fluida con la carcasa debajo de la turbina de agua o el primer extremo del cilindro, donde el al menos un segundo conducto de derivación comprende una segunda válvula de alivio configurada para abrirse a una presión predeterminada para permitir el paso del fluido de trabajo desde el segundo extremo del cilindro situado debajo del pistón a través del al menos un segundo conducto de derivación hasta la carcasa situada debajo de la turbina de agua o el primer extremo del cilindro sobre el pistón. Opcionalmente, el al menos un segundo  
35 conducto de derivación está dispuesto en el pistón, proporcionando así una solución de derivación compacta.

40 Al proporcionar conductos de derivación en comunicación fluida con varios componentes junto con válvulas de alivio en una o más posiciones a lo largo del sistema de bucle cerrado, se logra una protección redundante del aparato de toma de fuerza contra la presión acumulada en caso de que se impida o bloquee el flujo de fluido de trabajo. Este mecanismo a prueba de fallos garantiza que los componentes de del aparato de toma de fuerza no resulten dañados por el continuo movimiento ascendente y descendente del pistón causado por las ondas entrantes.

45 En una realización, el aparato de toma de fuerza que comprende además una división del cilindro que divide el segundo extremo del cilindro en dos espacios, donde la división comprende una abertura con un sello de alta presión que rodea el vástago del pistón y una pared inferior del cilindro comprende una abertura con un sello de baja presión que rodea el vástago del pistón, donde un espacio inferior está en comunicación fluida con el primer extremo del cilindro a través de al menos un tercer conducto de derivación para permitir el paso del fluido de trabajo en una dirección desde el espacio inferior hasta el primer extremo del cilindro. Al dividir el segundo extremo inferior del cilindro y proporcionar sellos de alta y baja presión alrededor del vástago del pistón, se minimizan aún más las  
50 posibles fugas al agua circundante, además de prolongar la vida útil del sello de alta presión.

55 En una realización, el vástago del pistón comprende una primera sección unida al pistón desde arriba, una segunda sección dispuesta externamente al cilindro paralela a la primera sección, y una tercera sección que une la primera y segunda sección sobre el cilindro, donde el cilindro comprende un par de acoplamientos deslizantes dispuestos para permitir el deslizamiento del cilindro a lo largo de la segunda sección del vástago del pistón. Con una configuración alternativa del vástago del pistón unido al pistón desde arriba, el cilindro ya no requiere un sello en el extremo inferior, asegurando así que el de fluido de trabajo no pueda salir del sistema de bucle cerrado y, por otro lado, no pueda entrar agua de mar en el sistema de bucle cerrado. La ventaja de esta configuración es que el sello entre el cilindro y el vástago del pistón puede ubicarse fuera del contacto directo con el agua de mar al hacer que la parte del  
60 vástago del pistón que entra en el cilindro se extienda hacia arriba.

En una realización, el vástago del pistón está dispuesto para estar unido a una estructura separada en el mar, como la pata(s) de una plataforma petrolera. Esto permite que un convertidor de energía de olas utilice instalaciones

preexistentes, y la profundidad del agua en el lugar de la instalación es irrelevante, ya que el vástago del pistón estará esencialmente fijado en relación con el fondo marino a través de la fijación a la estructura en el mar. Esta unión del vástago del pistón a una estructura independiente en alta mar es posible tanto con el vástago del pistón convencional orientado hacia abajo como con la innovadora configuración inversa con un vástago del pistón orientado hacia arriba descrita anteriormente.

En un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual que comprende un dispositivo flotante y un aparato de toma de fuerza según el primer aspecto.

En un tercer aspecto de la presente invención, se proporciona un uso del aparato de toma de fuerza de acuerdo con el primer aspecto en un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual para generar energía eléctrica a partir de la energía de olas en un cuerpo de agua.

En una realización, el generador se utiliza para hacer girar la turbina de agua para controlar la velocidad de rotación de la turbina de agua cuando el fluido de trabajo no provoca la rotación de la turbina de agua. Al controlar la velocidad de rotación de la turbina de agua por medio del generador que actúa como motor, es posible mantener un nivel óptimo de RPM de la turbina de agua en relación con la velocidad del fluido de trabajo que golpea los cangilones de la turbina de agua, reduciendo así las pérdidas de energía y logrando una mayor eficiencia de conversión de energía.

### Breve descripción de las figuras

La invención se describe ahora, a modo de ejemplo, con referencia a las figuras adjuntas, donde:

La Figura 1 muestra una vista transversal esquemática de un aparato de toma de fuerza de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

La Figura 2 muestra una vista transversal esquemática de un aparato de toma de fuerza de acuerdo con una segunda realización de la presente invención;

La Figura 3 muestra una vista transversal esquemática de un aparato de toma de fuerza que incluye un tanque de presión de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 4 muestra una vista transversal esquemática de un aparato de toma de fuerza que incluye una unidad de acondicionamiento de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 5 muestra una vista esquemática en primer plano de la unidad de acondicionamiento de la Figura 4;

La Figura 6 muestra una vista transversal esquemática de un aparato de toma de fuerza que incluye un vástago de pistón alternativo de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Figura 7 muestra una vista en perspectiva de partes del aparato de toma de fuerza de la Figura 6 visto desde arriba;

La Figura 8 muestra una vista en perspectiva parcialmente recortada de la carcasa del aparato de toma de fuerza de acuerdo con una realización de la presente invención; y

La Figura 9 muestra una vista esquemática de una plataforma flotante con un aparato de toma de fuerza de acuerdo con una realización de la presente invención.

### Descripción de las realizaciones

A continuación, se presenta una descripción detallada de un aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual de acuerdo con la presente invención. En las figuras, los números de referencia similares designan elementos idénticos o correspondientes a lo largo de las distintas figuras. Se apreciará que estas figuras son solamente a título ilustrativo y no restringen ni limitan en modo alguno el alcance de la presente divulgación.

El aparato de toma de fuerza de acuerdo con la presente divulgación funciona según el mismo principio o similar que el divulgado en el documento WO 2017/217919 mencionado anteriormente. A continuación, los términos "(aparato) toma de fuerza" y su abreviatura PTO, así como "convertidor de energía de olas" y su abreviatura WEC, se utilizarán indistintamente.

Con referencia ahora a la Figura 1, se ilustra un aparato de toma de fuerza de acuerdo con una realización de la presente invención. El PTO comprende cuatro componentes principales y una serie de componentes complementarios/opcionales, así como dispositivos de monitoreo/detección conocidos en la técnica para garantizar el funcionamiento y la seguridad del aparato. Los principales componentes comprenden una disposición de pistón-cilindro que incluye un pistón 5 y un vástago del pistón 6 dispuestos de manera recíproca dentro de un cilindro 1; una o más conductos forzados 13 dispuestos en paralelo al cilindro 1; una carcasa 16 dispuesta sobre el extremo superior del cilindro 1; y una turbina de agua 4 dispuesta dentro de la carcasa 16. El cilindro 1, el al menos un conducto forzado 13 y la carcasa 16 están dispuestos en comunicación fluida entre sí de manera de formar un bucle cerrado para un fluido de trabajo que se hace fluir a través de la PTO en respuesta al movimiento hacia arriba y hacia abajo de un dispositivo flotante (no mostrado), al que la PTO se puede unir en las olas del mar.

Con referencia a la Figura 9, se muestra un ejemplo de un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual, que incorpora un aparato de toma de fuerza de acuerdo con la presente invención. El cilindro 1 puede estar conectado a un dispositivo o plataforma flotante 66 a través de un cojinete 3 de manera que permita orientar la PTO de forma esencialmente vertical, independientemente de la orientación de la plataforma flotante debido a las olas. Esto puede lograrse mediante una conexión oscilatoria que permita la rotación en torno a uno o dos ejes de rotación esencialmente horizontales, independientemente el uno del otro, opcionalmente para un movimiento oscilatorio, que se puede aplicar típicamente para un dispositivo de flotación libre. Sin embargo, también se pueden aplicar otras fijaciones al cilindro 1, por ejemplo, en una estructura o bastidor más fijo, con el cilindro y el flotador fijados juntos como una unidad, o por otros medios para que las fuerzas del agua creen una fuerza de elevación. Un dispositivo flotante ejemplar que puede utilizarse junto con el aparato de toma de fuerza de la presente divulgación se divulga en el documento WO 2017/160216. La presente divulgación también abarca otras formas de dispositivos flotantes.

En el interior del cilindro 1 hay un pistón 5, que preferentemente tiene anillos de pistón (no mostrados) adecuados para trabajar con el material del cilindro elegido. Dado que las carreras ascendentes y descendentes del pistón 5 en relación con el cilindro 1 cambiarán de dirección en su mayor parte cada 2-8 segundos, además siendo la velocidad de 0,5-1,5 metros por segundo, los anillos del pistón no tienen que sellar perfectamente. Esto se debe a que el volumen y la velocidad del fluido de trabajo se verán poco afectados por una pequeña fuga de compresión. En una realización, el pistón 5 comprende uno o más conductos de avance formados en el mismo, cada uno de los cuales tiene una válvula unidireccional 17 dispuesta en el mismo o en conexión con el mismo, permitiendo que el fluido de trabajo pase a través del conducto delantero cuando el pistón 5 se mueve hacia arriba en relación con el cilindro 1 a través de un volumen de fluido de trabajo detenido presente en el extremo superior del cilindro 1 sobre el pistón 5. Cuando el pistón 5 se mueve en dirección opuesta, la válvula(s) 17 se cierra, provocando así la compresión en el extremo inferior del cilindro 1. La válvula(s) 17 puede estar ubicada en el propio pistón, o sobre o debajo, también accionada por resorte para soportar el cierre. Esta válvula(s) 17 puede incorporar también una válvula de presión de seguridad, de modo que a partir de una determinada presión, el fluido de trabajo pueda pasar hacia arriba a través del pistón 5.

El pistón 5 está conectado a un vástago de pistón 6, que se desliza en un casquillo, en el extremo inferior del cilindro 1 y se extiende hacia abajo fuera del cilindro 1 a través de una abertura en el mismo. Uno de los propósitos de este casquillo es mantener el vástago del pistón 6 fijo en el centro del cilindro 1. También incluirá un anillo rascador inferior para mantener limpio el vástago del pistón 6, así como un anillo de compresión/sello de alta presión 51 más cercano al interior del cilindro 1 para evitar la fuga de fluido de trabajo hacia el mar circundante.

Como puede observarse en la Figura 1, un conducto forzado 13 está dispuesto en paralelo al cilindro 1 y en comunicación fluida con el interior del cilindro 1 en un extremo inferior del mismo a través de una primera abertura inferior. El conducto forzado 13 se extiende a lo largo del cilindro 1 hacia el extremo superior del mismo y culmina en una segunda abertura superior que desemboca en una carcasa 16 para establecer una comunicación fluida entre ambas. La carcasa 16 se muestra con mayor detalle en la Figura 8. En una abertura superior del conducto forzado 13 está dispuesto al menos una válvula de aguja 12 u otra válvula con una función similar de corte/encendido y/o ajuste, posiblemente en combinación con una válvula de alivio de presión 7 separada o combinada en una sola. La válvula de alivio de presión 7 puede ser una válvula de tambor, bola o solenoide accionada eléctrica, hidráulicamente o por presión de aire. Además, o como alternativa, se puede disponer una válvula unidireccional 11 en el conducto forzado 13. La válvula de aguja 12 está orientada en la carcasa 16 hacia la turbina de agua 4 para dirigir el flujo de fluido de trabajo para accionar la turbina de agua 4. Las válvulas 7, 12 se abrirán cuando se obtenga una presión específica necesaria para la óptima operación de la turbina de agua 4. De este modo, el fluido de trabajo saldrá de las válvulas de aguja 12 a gran velocidad, golpeando los cangilones o palas de impulso de la turbina de agua 4, accionando la turbina de agua 4 a una velocidad óptima.

Es posible, y también se recomienda, disponer de una válvula de alivio de presión 24 en la sección superior del conducto forzado 13 que se abra en un conducto de derivación en forma de un tubo de alivio de presión 20 del conducto forzado desde el conducto forzado 13 hasta la carcasa 16 debajo de la turbina de agua 4 o directamente en el extremo superior del cilindro 1. En caso de que la válvula de aguja 12 se bloquee, la presión acumulada en el

conducto forzado 13 puede liberarse vertiendo el fluido de trabajo directamente en la carcasa 16 o cilindro 1 a través del tubo de alivio de presión del conducto forzado 20, evitando efectivamente así la válvula de aguja 12.

5 Las RPM de la turbina de agua 4, el volante de inercia 14 y el generador 15, preferentemente dispuestos en el mismo eje, se regulan con la toma de carga a la red u otra unidad receptora (como, por ejemplo, un montaje para la producción de hidrógeno ubicado a bordo o el almacenamiento de la batería a bordo o en tierra o en un dispositivo flotante adyacente o en tierra), de manera que la velocidad del fluido de trabajo y las RPM estén en una relación preferente. De manera más sencilla pero menos eficaz, el sistema PTO también podrá funcionar con una boquilla de orificio fijo en la segunda abertura superior del conducto forzado 13 y solamente con una válvula unidireccional 11  
10 dispuesta en la misma, o a lo largo del conducto forzado 13. Por lo tanto, no será capaz de controlar el *latching* completamente en el valle de la ola, sino que a través de la resistencia en la boquilla, será capaz de construir una presión considerable y entregar una alta potencia de salida también. Sin embargo, la capacidad de cortar/encender la función, en la mayoría de las condiciones de las olas, producirá una mayor salida.

15 En otra realización, en la rotación continua del eje común de la turbina de agua 4 y el volante de inercia 14 (en algunos casos también el generador 15), e incluso el ajuste de las RPM para coincidir de manera perfecta con la presión y, por lo tanto, con la velocidad del fluido de trabajo que golpea la turbina de agua 4, se puede utilizar una batería o drenar la corriente desde la red. El generador 15 actuará en cambio como un motor durante esta fase para hacer girar la turbina de agua 14. En esta solución, no hay entrega de electricidad a la red en la fase descendente de  
20 la ola, pero con más de aproximadamente diez unidades en un conjunto de convertidores de energía de olas, esto no afectará a la entrega constante de corriente a la red, ya que la potencia se equilibra con un mayor número de unidades WEC. La ventaja de esto viene del hecho de que las RPM óptimas de una turbina, tienen una relación directa con la velocidad perimetral de la turbina. Por ejemplo, una turbina Pelton necesita el doble de la velocidad del fluido de trabajo versus a la de los cangilones, para obtener el mejor rendimiento.

25 Al tener un volante de inercia más pequeño, posiblemente ninguno, las RPM pueden ajustarse para coincidir con la siguiente ola entrante. Como cada ola entrante tiene una altura específica, hay un calado óptimo del flotador antes de la liberación del *latching*, o sin el *latching*, el tamaño del orificio de la boquilla de la válvula de aguja. Al medir la altura de la ola entrante, ajustar rápidamente las RPM para que coincidan con la presión y la velocidad previstas del  
30 fluido de trabajo, se puede aumentar el rendimiento de la turbina. Para lograr el rendimiento óptimo, un dispositivo de medición ubicado en el lado del dispositivo flotante, o en una boya remota o en el fondo del mar, puede medir la ola entrante más cercana, de manera de ajustar la configuración perfecta para cada ola única, en lugar de solo la ola promedio.

35 La carcasa 16 está dispuesta sobre del cilindro 1, en comunicación fluida con el extremo superior del mismo a través de una tercera abertura en la parte inferior de la carcasa 16, de manera que el fluido de trabajo caerá en el cilindro 1 bajo la influencia de la gravedad. El espacio interno del cilindro 1, el al menos un conducto forzado 13 y la carcasa 16 forman conjuntamente un sistema de bucle cerrado para la circulación de un fluido de trabajo en el mismo. Preferentemente, la carcasa 16 es hermética al menos en las áreas de superficie que normalmente entrarán en  
40 contacto con el fluido de trabajo para evitar fugas. Como puede verse en la Figura 1, la carcasa 16 se estrecha preferentemente en dirección descendente hacia el extremo superior del cilindro 1 para canalizar el fluido de trabajo. Esta configuración también permite alojar en la carcasa 16 equipos de mayor tamaño que el diámetro del cilindro 1.

45 Sobre el cilindro 1, dentro de la carcasa 16, se monta una turbina de agua 4, preferentemente una turbina de impulso como una rueda/turbina del tipo Pelton o una turbina de agua que funcione según un principio similar (por ejemplo, turbina Turgo). Como alternativa, se puede utilizar una turbina de reacción como una turbina Francis o turbinas sumergidas similares, que solamente requieren que la carcasa 16 sea ligeramente más alta para aumentar la altura de la sección húmeda debajo de una división de la carcasa 18 que actúa como suelo divisorio. En otras palabras, con una turbina Pelton, el nivel del fluido de trabajo estará más o menos al nivel de la parte superior del cilindro 1 y con una turbina Francis, el nivel del fluido de trabajo estará sobre la rueda de la turbina de agua,  
50 alternativamente, una turbina que acciona una bomba hidráulica es plausible. La turbina Pelton tiene la ventaja de poder trabajar fuera del agua, es decir, no totalmente sumergida, además de ofrecer un excelente rendimiento en un amplio rango de presiones y tasas de flujo.

55 En funcionamiento, cuando el dispositivo flotante comienza a moverse hacia abajo, la presión y el flujo de fluido de trabajo en el conducto forzado 13 llega a cero, la válvula unidireccional 11 en el extremo superior del conducto forzado 13 se cerrará, si está instalada, así como la válvula de tambor/bola/solenoide 7 se cerrará, si está instalada. Si el cierre y la abertura del flujo se realizan únicamente mediante la válvula de aguja 12, entonces ésta se cerrará. Dado que hay varias opciones mencionadas para cerrar el flujo de fluido de trabajo, el propósito principal es en realidad evitar la inversión del volumen de fluido de trabajo cuando el dispositivo flotante desciende, y esto se puede  
60 hacer de varias maneras, como se explicó anteriormente. Cuando el dispositivo flotante desciende, el pistón 5 comenzará a moverse hacia arriba en relación con el cilindro 1. Las válvulas unidireccionales 17, que están sobre o debajo del pistón 5, que también pueden estar accionadas por resorte, se abrirán y dejarán pasar el fluido de trabajo

a través del pistón 5 desde arriba hacia abajo. El nivel del fluido de trabajo permanecerá bastante constante, ya que el pistón 5 de esta manera solamente se mueve a través del fluido de trabajo. Debido a que las otras válvulas están cerradas, habrá succión por debajo del pistón 5, lo que también contribuye a mantener el fluido de trabajo casi en la misma posición. Tenga en cuenta la descripción con referencia a la Figura 2, en la que se describe una manera alternativa de canalizar el flujo del fluido de trabajo, pero con el mismo efecto.

La válvula unidireccional 11 en el conducto forzado puede omitirse, ya que el cierre de la válvula de aguja 12 o válvula de tambor/bola/solenoide 7 tendrá el mismo efecto. Asimismo, es posible hacer funcionar el sistema sin la válvula de tambor/bola/solenoide 7 o el cierre de la válvula de aguja 12 al disponer únicamente de una válvula unidireccional 11 para controlar el flujo. Si se utiliza esta solución, la abertura, ya sea fija o ajustable, de la válvula de aguja 12 resolverá el aumento de la presión en el sistema, aunque el control *latching*, como se describe a continuación, no es posible.

Al final del descenso del dispositivo flotante, es decir, en el valle de la ola, el pistón 5 estará en su posición más alta al final de su carrera ascendente. El cilindro 1 estará siempre lleno de fluido de trabajo, de manera que el pistón 5 se mueve hacia arriba en relación con el fluido de trabajo mientras el dispositivo flotante desciende. En el caso de la solución alternativa con una línea de retorno exterior 19, como se describe con referencia a la Figura 2 abajo, el cilindro 1 también estará siempre lleno de fluido de trabajo sobre y debajo del pistón 5, pero el fluido de trabajo se moverá alrededor desde la parte superior del pistón 5 hasta debajo del pistón 5, durante la fase de descenso debido a la succión creada por la carrera relativa hacia arriba del pistón 5.

Posteriormente, cuando el dispositivo flotante se mueve hacia arriba con la ola, el cilindro 1 se mueve con él, mientras que el pistón 5 permanece inmóvil. La masa de fluido de trabajo alrededor del pistón 5 también se mantiene principalmente quieta. El fluido de trabajo que se mueve es el fluido de trabajo que se comprime y expulsa por al menos una abertura en la parte inferior del cilindro 1, hacia el al menos un conducto forzado 13, siendo presionado hacia arriba a través del conducto forzado 13 y dirigido hacia la turbina de agua 4 cuando la válvula de aguja 12 y/o la válvula de tambor 7 se abren y permiten que el fluido de trabajo fluya. En otras palabras, la inmensa mayoría del fluido de trabajo se mantiene detenida en relación con el fluido de trabajo circundante, lo que significa que solamente se extraerá una energía menor para este trabajo. Puede haber una o más válvulas unidireccionales 17, en el propio pistón 5 y/o en el línea de retorno 19. También es posible disponer de al menos un conducto forzado 13 dentro del cilindro 1, aunque en ese caso el pistón 5 deberá ser rediseñado.

Una vez que el fluido de trabajo ha golpeado la turbina de agua 4, caerá libremente en el cilindro 1 a través de la tercera abertura entre la carcasa 16 y el extremo superior del cilindro 1, manteniendo el nivel del fluido de trabajo relativamente constante, también ayudado por la succión creada por el pistón 5, que va hacia abajo en relación con el cilindro 1. Una cantidad igual de fluido de trabajo que se expulsa desde el extremo inferior del cilindro 1, regresará en un bucle cerrado en el extremo superior del cilindro 1, según este principio.

La vida útil de las centrales hidroeléctricas normales es de más de treinta años. Si se utiliza agua de mar como fluido de trabajo, debe emplearse un grado ligeramente diferente de acero inoxidable para evitar que se produzcan picaduras en los cangilones y otras partes de la turbina hidráulica 4. Un método habitual es añadir un 2% de molibdeno. En caso contrario, se puede utilizar un concepto de turbina estándar.

Sin embargo, como la presente invención propone un sistema cerrado, el agua dulce, posiblemente con algunos aditivos, es un fluido de trabajo más adecuado que el agua de mar, pero ambos son posibles. Como resultado, el fluido de trabajo utilizado puede ser menos corrosivo para los componentes de la PTO, aumentando así la vida útil y/o reduciendo la frecuencia de mantenimiento y servicio para mantener la PTO operando en condiciones óptimas. Otra razón para montar la turbina de agua 4 directamente sobre el cilindro 1, además de proporcionar el sistema compacto de bucle cerrado, es evitar tener tubos flexibles con una vida útil más limitada y utilizar directamente la potencia de la presión del fluido de trabajo para disminuir las pérdidas de potencia. Por lo tanto, los conductos forzados 13 están preferentemente fabricados de un material rígido para soportar la alta presión del fluido de trabajo.

El material del cilindro 1, el pistón 5, la válvula unidireccional del pistón 17 y el vástago del pistón 6, pueden ser de varias opciones, por ejemplo, como metal o material compuesto de polímero con fibras de refuerzo. El acero o el aluminio en combinación con materiales compuestos son una alternativa, ya que de este modo será fuerte y delgado en relación con el peso. Si es así, la fabricación y la instalación también son más fáciles debido al menor peso. Sin embargo, un material sólido como el acero, perforado hasta el orificio correcto en el interior, así como rebajado en el exterior para adaptarse a las tensiones locales, también es una opción válida.

Con referencia ahora a la Figura 2, se muestra otra realización, donde el al menos un conducto de avance con la válvula unidireccional 17 en el pistón 5, se reemplaza por una línea de retorno 19, que va desde el extremo superior al extremo inferior del cilindro 1, y que contiene una válvula unidireccional 17 que impide que el fluido de trabajo fluya hacia arriba. En la Figura 2, una válvula de alivio de presión 21 opcional está ubicada en el pistón 5, pero una o

más válvulas de alivio de presión 8, pueden estar ubicadas en un tubo de alivio de presión 9, como se muestra en la Figura 1, para complementarse entre sí. El principio de la válvula de alivio de presión 21, puede combinarse con la válvula unidireccional 17 dispuesta en el pistón 5, ya sea en la misma válvula o asentada una al lado de la otra. Al diseñar el flotador de forma que el volumen neto de aire bajo el agua y la fuerza máxima de elevación sean iguales a la carga máxima de la PTO y del flotador, éste actuará como válvula de seguridad por sí mismo. En otras palabras, el flotador se sumergirá bajo el agua si alguna de las válvulas de alivio antes mencionadas no se abrieran, evitando así daños estructurales al flotador o a la PTO. Como la supervivencia a las tormentas es esencial, una solución ampliamente conocida es forzar un WEC bajo agua cuando se producen tormentas. Esto puede lograrse anulando las válvulas de alivio de presión 21/24 a una posición de cierre constante, y a partir de entonces cerrar la válvula 7 o 12 como en el funcionamiento normal en el valle de las olas, pero sin permitir que se abran a una determinada presión como sería normal de otro modo. Esto mantendrá el flotador principalmente sumergido en las partes más altas del movimiento de las olas, evitando así las mayores fuerzas de oleaje lateral de las olas. Para dar lugar a esta opción, la distancia entre el lado superior del flotador al lado inferior de la carcasa 16 debería ser ampliada.

Con referencia ahora a la Figura 3, se muestra un tanque de presión 40 dispuesto en comunicación fluida con el bucle cerrado del aparato de toma de fuerza entre el conducto forzado 13 y la turbina de agua 4. Más específicamente, en esta realización el fluido de trabajo pasa del conducto forzado 13 al tanque de presión 40 antes de pasar por la válvula de aguja 12 e incidir en la turbina de agua 4. El propósito del tanque de presión 40 es proporcionar una presión esencialmente continua y constante del fluido de trabajo suministrado a la turbina de agua 4 para mantener su rotación. Para ello, el tanque de presión 40 comprende una cámara de gas/aire 45 con un pistón o membrana 41, que divide el aire del fluido de trabajo. Alternativamente, el pistón o membrana 41 es prescindible y la línea 41 de la Figura 4 puede representar simplemente el nivel del fluido de trabajo. Un sensor de presión de gas/aire 42 monitorea continuamente la presión y emite una señal si la presión es demasiado alta o baja, de modo que la recarga o evacuación puede realizarse a través de un tapa de recarga de gas/aire 44 si es necesario. Un sensor de nivel de agua/pistón 43, da una señal cuando el nivel del fluido de trabajo alcanza esta altura, tras lo cual esto gatilla el cierre de una válvula (por ejemplo, solenoide) 46, de manera que el gas no pueda salir y en su lugar esperar a que se produzca otra acumulación de presión en un nuevo ciclo.

Con referencia ahora a la Figura 4, para minimizar las pérdidas de fluido de trabajo en el agua de mar circundante, es posible tener una sección de baja presión por debajo del cilindro 1, que recolecta cualquier fluido de trabajo que se filtre a través del sello de alta presión 51 arriba. Para ello, el extremo inferior del cilindro 1 está dividido en dos espacios por medio de una división del cilindro 53 con una abertura de paso para el vástago del pistón 6 donde se sitúa la junta de alta presión 51 para proporcionar un sellado contra el vástago del pistón 6. De este modo, debajo de la división del cilindro 53 se crea un espacio inferior 50 que está en comunicación fluida con el extremo superior del cilindro 1 o la carcasa 16 a través del al menos un tubo de alivio de presión 9, formado por una tubería que se extiende externamente a lo largo del cilindro 1. La pared inferior del cilindro 1 tiene una abertura de paso para el vástago del pistón 6 donde se asienta una junta de baja presión 52. A través del al menos un tubo de alivio de presión 9, cualquier fluido de trabajo que se filtre a través del sello de alta presión 51 al espacio inferior 50 será transportado al extremo superior del cilindro 1. De este modo, cualquier posible fuga menor de fluido de trabajo hacia afuera al ambiente, se reducirá aún más.

Además, en la Figura 4, se muestra una unidad de acondicionamiento 30, ubicada a la derecha en la figura, conectada al conducto forzado 13. Sin embargo, la unidad de acondicionamiento 30 puede colocarse en cualquier lugar en comunicación fluida con el bucle cerrado de PTO para permitir la interacción con el fluido de trabajo, como se explicará a continuación.

Con referencia ahora a la Figura 5, la unidad de acondicionamiento 30 se muestra con mayor detalle, donde la unidad de acondicionamiento 30 comprende una cámara de análisis de fluidos 31, una cámara de mezcla 32, un filtro 33, una cámara de residuos 34, y una cámara de aditivos 35. En la cámara de análisis de fluidos 31, se proporcionan uno o más sensores (no mostrados) para analizar el estado del fluido de trabajo, por ejemplo, en relación con la transparencia/turbidez, la composición química, la presencia y el tamaño de los sólidos, etc. La cámara de mezcla 32 está en comunicación fluida con la cámara de aditivos 35, que contiene aditivos tales como lubricantes, agentes anticorrosivos u otros medios para mejorar el funcionamiento de la PTO. Los aditivos pueden agregarse al fluido de trabajo según sea necesario y mezclarse con el fluido de trabajo en la cámara de mezcla 32 antes de entrar en el bucle cerrado de la PTO.

Además, la unidad de acondicionamiento 30 comprende una cámara de residuos 34 para separar las partículas sólidas del fluido de trabajo que emanan, por ejemplo, del desgaste de los componentes de la PTO. El fluido de trabajo puede ser bombeado a la cámara de residuos 34 a través de un conducto separado (no mostrado) con una válvula de retención y ser devuelto al bucle cerrado a través del filtro 33 para asegurar que los escombros permanezcan en la cámara de residuos 34.

Como probablemente habrá algunas pérdidas con el tiempo, la unidad de acondicionamiento 30 está configurada para rellenar el fluido de trabajo. Un sensor de nivel de fluido de trabajo 22 en la parte superior del cilindro 1, se activará cuando la altura del fluido de trabajo descienda por debajo de un determinado nivel, y la unidad de acondicionamiento 30 rellenará entonces el fluido de trabajo con agua y/o fluido según sea requerido. El agua de lluvia podría ser una fuente de rellenado. Alternativamente, una pequeña bomba eléctrica puede suministrar fluido en el área superior del cilindro 1.

En las proximidades de los puertos de entrada y salida a la unidad de acondicionamiento 30, se pueden proporcionar carenados o divisiones que se extienden en el conducto forzado 13 para desviar parte del fluido de trabajo del conducto forzado 13 y crear así un flujo automático a través de la unidad de acondicionamiento 30.

La unidad de acondicionamiento 30 puede comprender además en alguna realización medios de comunicación con una estación de control externa, por ejemplo, situada en tierra y que monitorea una o más unidades de WEC. Preferentemente, la comunicación se lleva a cabo mediante una conexión inalámbrica establecida entre la unidad WEC y la estación de control, como se conoce en la técnica, o mediante un cable de fibra de Internet contenido en el cable eléctrico submarino que va a la costa. La unidad de acondicionamiento 30 también puede incluir medios para generar una alarma y/o enviar una señal a la estación de control indicando que es necesario realizar un servicio, por ejemplo, si el fluido de trabajo se ha contaminado, los aditivos se han agotado, la cámara de residuos 34 está llena, el nivel del fluido de trabajo se ha vuelto demasiado bajo, alguna de las válvulas está bloqueada o funciona mal, u otras posibles situaciones relacionadas con el funcionamiento del aparato de toma de fuerza, el bucle cerrado o cualquiera de los componentes. Se pueden utilizar sensores adecuados (por ejemplo, de presión, de nivel de fluido de trabajo, etc.) para determinar cuándo se han superado los umbrales predeterminados adecuados para activar la alarma.

El vástago del pistón 6 está conectado en su extremo inferior directamente a una junta en U 23, para contrarrestar el movimiento horizontal del dispositivo flotante. El principio de la junta en U 23 es el mismo que en cualquier juego de llaves de tubo o eje de transmisión de automóvil. También pueden utilizarse otras soluciones flexibles. Si la PTO está montada en un bastidor o similar, solamente con movimiento vertical, puede funcionar una conexión rígida. La junta en U o rótula 23, está a su vez conectada a un anclaje de succión/cubeta de succión/pilotes/peso de amarre 10 en el fondo marino, de manera alternativa tornillos o varilla(s) pueden perforarse y fijarse en la roca del fondo marino. Sin embargo, otras soluciones para fijar el vástago del pistón 6 en relación con el fondo marino para contrarrestar el movimiento relativo entre el pistón 5 y el cilindro 1 debido a las olas también son posibles y entran en el ámbito de la presente invención.

El movimiento de rotación del dispositivo flotante 66 debido a los cambios en la dirección de las olas también crea un movimiento de rotación similar del cilindro 1 si el flotador no tiene forma redonda. Los anillos del pistón y el pistón 5 (conectados al vástago del pistón 6 esencialmente inmóvil fijado al fondo marino) pueden seguir girando dentro del cilindro 1, ya que la fricción se ve aliviada por el movimiento vertical combinado. Para reducir las cargas y el desgaste de la PTO, se prevé una solución para facilitar la rotación entre el pistón 5 y el cilindro 1. Por ejemplo, el pistón 5 podría estar provisto de cojinetes para facilitar la rotación en relación con el cilindro 1. Otra alternativa es introducir una junta de rotación por encima o por debajo de la junta en U 23.

Con referencia ahora a la Figura 6, se muestra otra realización donde el vástago del pistón 6 comprende una primera sección 61 unida al pistón 5 y que se extiende en el cilindro 1 desde arriba, una segunda sección 62 dispuesta en la parte externa al cilindro 1 paralela a la primera, y una tercera sección 63 que une las secciones primera y segunda 61, 62 sobre el cilindro 1. Para alojar la primera sección 61 del vástago del pistón 6, la carcasa 16 se ha diseñado en una configuración desplazada con paredes inclinadas, de manera que el eje de rotación de la turbina de agua 4 se ubica de forma excéntrica con respecto al eje longitudinal del cilindro 1. La línea discontinua de la Figura 6 representa un dispositivo flotante dispositivo flotante 66 al que se acopla el aparato de toma de fuerza de la presente invención para formar una unidad WEC. El dispositivo flotante 66 puede ser de diferentes formas, un ejemplo de un dispositivo flotante adecuado se divulga en el documento WO 2017/160216.

Con referencia ahora a la Figura 7, la carcasa 16 de la PTO se muestra desde una vista desde arriba. En esta vista, solamente es visible la tercera sección 63 del vástago del pistón 6 ubicado sobre el cilindro 1 y de la carcasa 16. En la parte derecha de la Figura 7 se visualiza la ubicación desplazada de los componentes para la conversión de la energía de olas en energía eléctrica, es decir, la turbina de agua 4, el volante de inercia 14 y el generador 15. En las aplicaciones prácticas de la PTO, los componentes estarán cubiertos por una cubierta adecuada para evitar la entrada de agua. En esta configuración inversa del vástago de pistón 6, la carcasa 16 comprende una abertura de paso para que la primera sección 61 entre en el cilindro 1 desde arriba.

La segunda sección 62 del vástago del pistón 6 puede estar adaptada para fijarse al fondo marino mediante una interfaz adecuada 65 en el extremo inferior, por ejemplo, mediante un anclaje de succión/cubeta de succión/pilotes/peso de amarre 10 o indirectamente mediante una junta 23 y/o un amarre como se mencionó

anteriormente. La interfaz del extremo inferior 65 puede clavarse directamente en el fondo marino, o ser un anclaje de succión, pilotes o un peso, y luego puede conectarse la segunda sección 62. El cilindro 1 comprende un par de acoplamientos deslizantes 64 dispuestos longitudinalmente separados entre sí en la superficie externa del mismo y conectados a la segunda sección 62 para permitir el deslizamiento del cilindro 1 a lo largo de la segunda sección 62 del vástago del pistón 6. Con una configuración alternativa del vástago del pistón 6 unido al pistón 5 desde arriba, el cilindro 1 ya no necesita un sello en el extremo inferior, garantizando así que el fluido de trabajo no pueda escapar del sistema de bucle cerrado hacia el agua circundante y, a la inversa, que no pueda entrar agua de mar en el sistema de bucle cerrado.

En una realización alternativa, en lugar de tener la unidad del WEC fijada al fondo marino, el vástago del pistón 6 puede fijarse a una estructura separada en alta mar, por ejemplo a una pata(s) de una plataforma petrolera sumergida bajo la superficie del agua. Esta solución permite reacondicionar la PTO para aprovechar las instalaciones en el mar preexistentes y tiene la ventaja de que la profundidad del agua en el lugar de la instalación es irrelevante, ya que las plataformas petroleras y otras estructuras en el mar similares, con su gran peso y calado, permanecen esencialmente inmóviles en relación con el fondo marino. En la configuración inversa del vástago del pistón 6, como se ha discutido anteriormente en relación con la Figura 6, la segunda sección 62 del vástago del pistón 6 estaría entonces dispuesta de forma paralela y fijada de manera rígida a la pata de la plataforma petrolera.

La válvula de aguja 12, que controla la presión y el flujo del fluido de trabajo que llega a los cangilones de la turbina de agua 4, si también se cierra o ajusta en cada ciclo de olas, podría tener que reforzarse ligeramente, ya que el número de movimientos será mayor que en el uso convencional. Una válvula separada justo antes de la válvula de aguja 12 podría ser una opción para aliviar el desgaste de una válvula de aguja estándar. Puede tratarse, por ejemplo, de una válvula de tambor o de bola 7, de una válvula solenoide o de otra solución capaz de cerrar y abrir la corriente de fluido de trabajo a determinadas presiones. Esta válvula 7 puede ser operada, por ejemplo, eléctricamente, hidráulicamente o por presión de aire. La turbina de agua 4 puede funcionar con boquillas fijas en lugar de válvulas de lanza ajustables, especialmente si tiene múltiples boquillas, y puede por tanto utilizar la válvula separada 7 para dejar entrar el fluido de trabajo presurizado en un conducto de entrada previsto alrededor de la turbina de agua 4.

Para un mayor ajuste y optimización del sistema, el área de abertura de las válvulas de lanza 12 puede ajustarse para coincidir con el tamaño de cada ola entrante, e incluso ajustarse durante el movimiento ascendente en la ola. Esto último para conseguir una relación lo más cercana posible a que la velocidad del fluido de trabajo sea dos veces la velocidad de los cangilones de la turbina de agua. Para obtener el máximo rendimiento, la válvula de aguja 12 o la válvula de tambor 7 mantendrán el sistema bloqueado como un cierre hidráulico cuando la ola esté en su punto más bajo. Cuando la ola sube, el dispositivo flotante se mantiene quieto de forma que se sumerge parcial o incluso totalmente, atrapando una gran cantidad de aire bajo el agua, aumentando así la fuerza de flotación y, por tanto, también la presión ejercida sobre el fluido de trabajo. Cuanto más alta sea la ola, mayor será posible el calado del dispositivo flotante, pero por ejemplo un máximo de tres metros sería práctico en la mayoría de las áreas. Los sensores de presión 64 en la sección inferior del cilindro 1, así como en la sección superior del conducto forzado 13, entregan información al sistema de control. Cuando se logra la presión deseada en relación con la altura de las olas, la válvula del tambor 7 o la válvula(s) de lanza 12 se abren, aliviando el fluido de trabajo de alta presión a la turbina de agua 4, y permitiendo al mismo tiempo que el dispositivo flotante se eleve. Este procedimiento se denomina control *latching* y se consigue de forma muy sencilla en este concepto, a diferencia de otras soluciones marinas. En el caso de las unidades WEC más sencillas y pequeñas, también funcionarán con una boquilla fija, sin válvula de tambor 7 y sin sensores de presión 64, pero con un menor rendimiento.

La turbina de agua 4 está conectada a un generador 15, ya sea un eje preferentemente vertical colocado en una carcasa 16 en la parte superior del cilindro 1, o un eje horizontal con un árbol de transmisión conectado a un generador en el dispositivo flotante. En este último, la conexión puede ser preferentemente un eje de transmisión. Opcionalmente, puede disponerse un volante de inercia 14 en conexión con la turbina de agua 4 y el generador 15. La presión óptima del fluido de trabajo procedente del conducto forzado 13 dependerá del tamaño y la fuerza de elevación de la plataforma flotante, la altura y la velocidad de las olas, el diámetro del cilindro 1, la resistencia al flujo interno, así como la resistencia en el volante de inercia 14 y el generador 15. Como el fluido de trabajo incidirá en la turbina 4 con una gran fuerza durante cada movimiento de oscilación, el generador 15 experimentará una fuerza de aceleración bastante rápida, aunque esté amortiguado por el volante de inercia 14. Esto puede amortiguarse mediante un acoplamiento de torsión o torque entre la turbina de agua 4 y el generador 15, de forma similar a las soluciones en aplicaciones de energía eólica. Si se elige la solución con el generador 15 en el dispositivo flotante, éste podría moverse con un patrón diferente al del cilindro 1, y se necesitaría una conexión flexible con el generador 15. Esto se hace mediante el eje de transmisión, que tiene juntas en U en ambos extremos o cerca de los extremos. Preferentemente, se proporciona un estriado en el área media. De este modo, las juntas en U se encargarán de los movimientos frecuentes y más grandes de las olas que golpean el lado largo de una plataforma rectangular, mientras que el estriado se encargará de los movimientos más pequeños cuando las olas mueven la plataforma

desde el lado corto. Puede instalarse un acoplamiento de torsión o torque en conexión con el eje de transmisión, similar a los conceptos utilizados en las aplicaciones de energía eólica.

También es totalmente plausible tener una turbina de eje horizontal, un volante de inercia y un generador, todos situados en la carcasa 16 sobre el cilindro 1, como una unidad asimétrica. La ventaja de esta configuración es que no se necesita un eje de transmisión, posiblemente menos ruido en la carcasa 16 por las salpicaduras del fluido de trabajo, así como posibles menos pérdidas debido a las alteraciones en el agua. La carcasa 16, debe estar dividida en una sección húmeda para la turbina de agua 4, y una sección seca para el generador 15, y el sistema de control. Esto puede lograrse mediante una división vertical de la carcasa (no mostrada).

La opción con la turbina de eje vertical (rodete colocado horizontalmente) y la turbina de agua 4 colocada directamente sobre la parte superior del cilindro 1, con el agua cayendo directamente en el cilindro 1, es una solución más compacta, cf. Figura 1. La turbina de agua 4 puede tener de una a varias boquillas, así como de uno a varios rodets. En esta realización, el generador 15 puede estar ubicado directamente en la parte superior de la turbina hidráulica 4. En esta configuración, un volante de inercia 14 directamente debajo de la rodete inferior, así como en la parte superior del generador 15, o entre medio, puede ser una solución práctica. La carcasa 16 está dividida en una sección húmeda para la turbina hidráulica 4 y una sección seca para el generador 15 y el sistema de control. Esto puede lograrse mediante la división horizontal de la carcasa 18, como se muestra en la Figura 1. También es posible disponer de dos o más ruedas de turbina 4, también de diferente diámetro y con diferentes tamaños de cangilones, para adaptarse a las diferentes alturas de las olas y aumentar así aún más el rendimiento.

El exterior del cilindro 1 y la plataforma pueden estar recubiertos de pintura anti ensuciamiento. El interior oscuro del cilindro 1 no atraerá a que mucha vida orgánica crezca. Un consultor competente en este campo afirma que esto supondrá un pequeño o moderado problema, ya que la vida orgánica es atraída generalmente por zonas más claras. Como el fluido de trabajo estará en constante movimiento, se reducen considerablemente las probabilidades de que se produzcan problemas importantes en esta área. Lo más probable es que se agregue un aditivo al fluido de trabajo, tanto para evitar este problema como también para posiblemente reducir la fricción y, por tanto, el desgaste de los componentes. El aditivo debería ser amigable con el medio ambiente en caso de posibles fugas. El posible tratamiento con revestimientos cerámicos podría contribuir positivamente a que se atraigan menos organismos a las paredes del cilindro 1.

No obstante, el pistón 5 puede/debe tener anillos rascadores superiores e inferiores para eliminar los residuos que puedan crecer en la pared del cilindro. Como la longitud de la carrera en el funcionamiento normal será muy inferior a la longitud máxima, puede ser necesario limpiar los residuos en el área superior e inferior en intervalos. Esto puede hacerse soltando la junta 23 y moviendo el pistón durante todo el recorrido hacia arriba y hacia abajo. Al soltar uno o varios cabos de anclaje, el pistón 5 también se desplazará hacia abajo, de esta manera, la sección inferior del cilindro 1. Otra opción es montar un pistón rascador adicional de pequeña altura pero del mismo diámetro, en el área superior, posiblemente también en la inferior, y de vez en cuando moverlos hacia el centro.

Para la limpieza del vástago del pistón 6, una solución factible es montar un cepillo móvil alrededor del vástago del pistón, impulsado hacia arriba por la flotabilidad, y hacia abajo con su propio peso o líneas a través de una rueda en el peso 10, y luego hacia arriba hasta el dispositivo flotante. También podría moverse tanto circularmente como hacia arriba y hacia abajo con aire a presión, agua a presión o mediante un motor eléctrico. Una quinta opción serían los robots o boquillas móviles de agua a alta presión, dirigidos desde el exterior por buzos o por medio de controles remotos a bordo.

La electricidad para el funcionamiento de los sistemas puede tomarse desde el generador 15 y, mediante un convertidor a una batería, alimentar los sistemas. Alternativamente, una pequeña y sencilla unidad de energía eólica o solar también puede alimentar a la batería la energía suficiente, ya que los periodos con vientos nulos en el mar son bastante cortos. La corriente inversa de la red también es posible.

En cualquier sistema técnico, existe el riesgo de que las partes fallen o riesgo de cizallamiento. Además de las válvulas de alivio de presión 8, 21, 24 mencionadas anteriormente, pueden o deben instalarse más componentes de seguridad. Estos pueden incluir cartuchos explosivos o puntos más débiles para romper el vástago del pistón 6 o la conexión del cojinete en caso de agarrotamiento del pistón, y/o obstrucción o mal funcionamiento de una válvula. Se podrían aplicar soluciones similares a algunas de las cadenas de amarre para desplazar lateralmente la plataforma desde su ubicación, evitando así que las partes colisionen más de lo necesario en caso de cizallamiento o que las partes se atasquen. Asimismo, el control permite descargar la presión a través de las válvulas de alivio de presión 8, 21, 24, ya sea para evitar que se supere la presión máxima de bares, o para descargar totalmente la presión en caso de algunas averías definidas. Los sensores de advertencia conectados a los sistemas de extinción de incendios, así como a las bombas de sentina, también serán relevantes. Sin enumerar todas las opciones, se necesitarán configuraciones conservadoras similares a las de la navegación y la aviación, especialmente en las versiones más grandes y costosas de este concepto de plataforma y toma de fuerza.

Se han descrito anteriormente realizaciones preferidas de un aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual. Sin embargo, el experto en la materia se da cuenta de que esto puede variar dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas.

5

**Lista de signos de referencia**

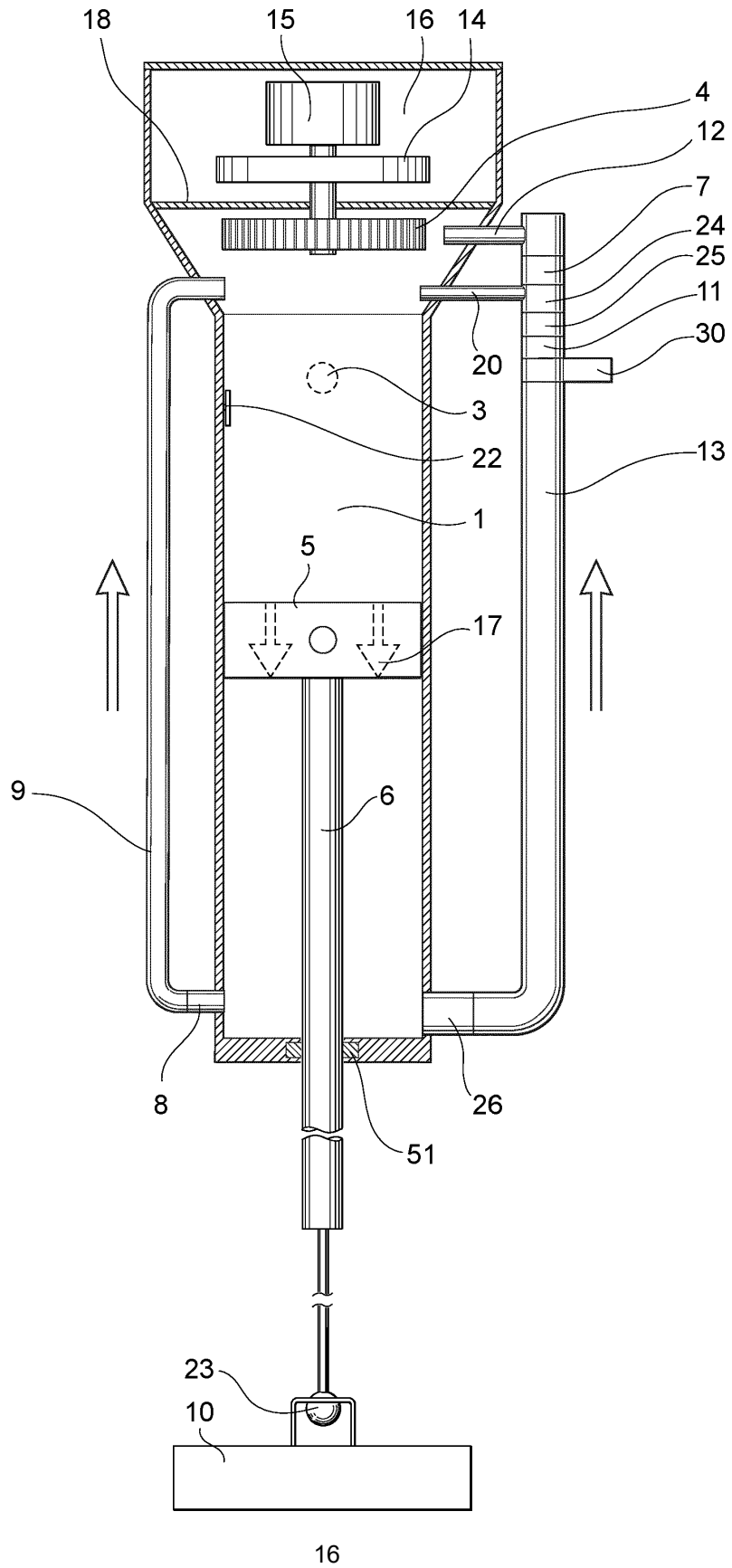
- 1 cilindro
- 3 cojinete de conexión al flotador
- 10 4 turbina hidráulica/de agua
- 5 pistón
- 6 vástago del pistón
- 7 válvula de tambor/ de bola/solenoide
- 8 válvula de alivio de presión del cilindro
- 15 9 tubo de alivio de presión
- 10 fondo marino, peso, anclaje de succión o pilotes
- 11 válvula unidireccional
- 12 válvula de aguja
- 13 conducto forzado
- 20 14 volante de inercia
- 15 generador
- 16 carcasa
- 17 válvula(s) unidireccional del pistón
- 18 división de la carcasa (piso divisorio, sección húmeda y seca)
- 25 19 línea de retorno alternativa
- 20 tubo de alivio de presión del conducto forzado
- 21 válvula de alivio de presión del pistón
- 22 sensor de nivel de fluido de trabajo
- 23 junta en U/junta de bola
- 30 24 válvula de alivio de presión del conducto forzado
- 25 sensor de presión superior
- 26 sensor de presión inferior
- 30 unidad de acondicionamiento
- 31 cámara de análisis de fluidos
- 35 32 cámara de mezcla
- 33 filtro
- 34 cámara de residuos
- 35 cámara de aditivos
- 40 tanque de presión
- 40 41 pistón/membrana o nivel de fluido de trabajo
- 42 sensor de presión de gas/aire
- 43 sensor de nivel de agua
- 44 tapa de rellenado de gas/aire
- 45 cámara de gas/aire
- 45 46 válvula solenoide/de cierre
- 50 cámara de baja presión
- 51 casquillo/sello de alta presión
- 52 casquillo/sello de baja presión
- 53 división del cilindro
- 50 61 primera sección del vástago del pistón
- 62 segunda sección del vástago del pistón
- 63 tercera sección del vástago del pistón
- 64 acoplamiento deslizante
- 65 interfaz
- 55 66 dispositivo de flotación

## REIVINDICACIONES

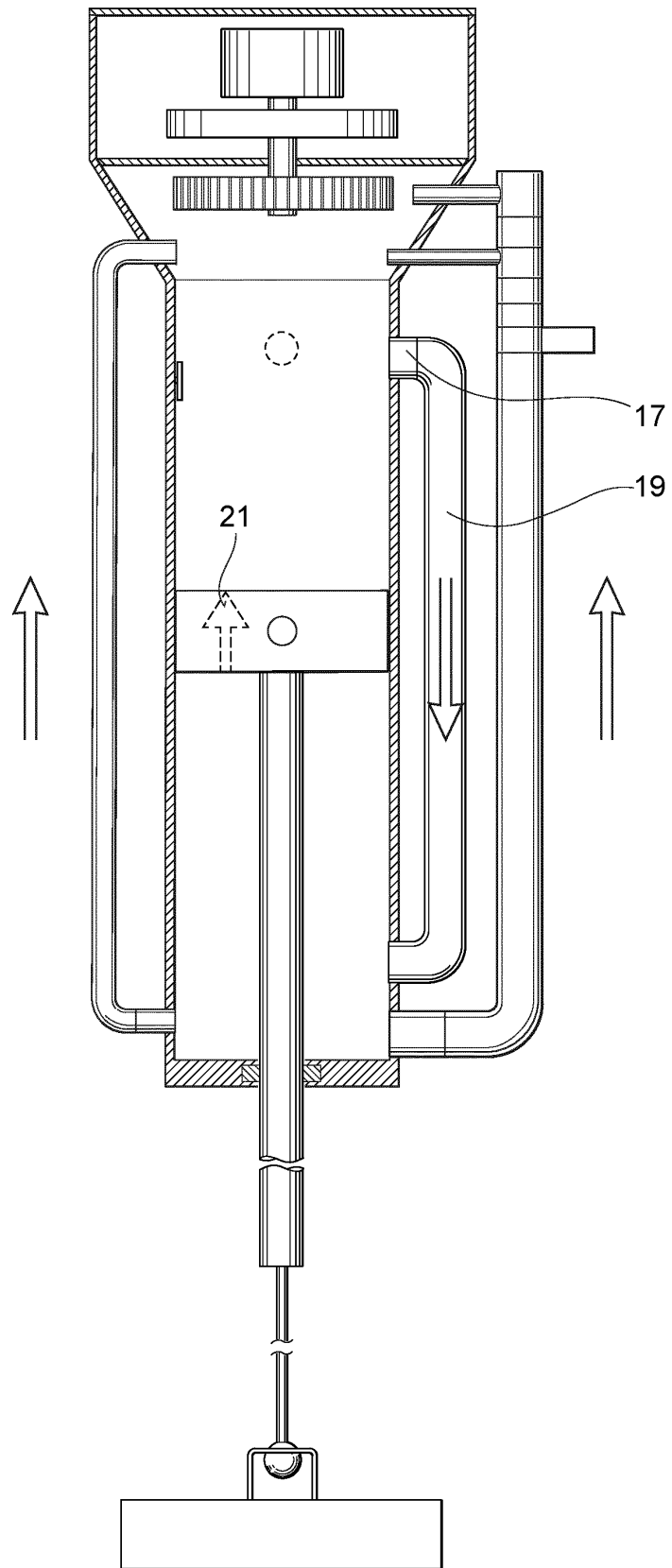
1. Un aparato de toma de fuerza para un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual, que comprende:
- 5       - un cilindro (1) adaptado para ser fijado a un dispositivo flotante y que comprende un primer extremo superior y un segundo extremo inferior;
- un pistón (5) dispuesto de forma recíproca en el interior del cilindro (1) y que tiene un vástago del pistón (6) adaptado para ser fijado a un amarre;
- 10       - al menos un conducto forzado (13) dispuesto en paralelo al cilindro (1) y que comprende un primer extremo inferior en comunicación fluida con el segundo extremo del cilindro (1) a través de una primera abertura entre ellos, y un segundo extremo superior que comprende una segunda abertura;
- una carcasa (16) dispuesta sobre el primer extremo del cilindro (1), donde la carcasa (16) está en comunicación fluida con el conducto forzado (13) a través de la segunda abertura; y
- 15       - una turbina de agua (4) dispuesta en el interior de la carcasa (16) y orientada de manera que el fluido de trabajo que entra en la carcasa (16) desde el al menos un conducto forzado (13) a través de la segunda abertura provoca la rotación de la turbina de agua (4) para accionar un generador eléctrico (15) conectado a la misma;
- en donde el fluido de trabajo presente en el segundo extremo del cilindro (1) por debajo del pistón (5) entrará en el al menos un conducto forzado (13) a través de la primera abertura y saldrá del al menos un conducto forzado (13) a través de la segunda abertura en respuesta a una carrera descendente del pistón (5) en relación con el cilindro (1);
- 20       en donde la carcasa (16) está en comunicación fluida con el primer extremo del cilindro (1) a través de una tercera abertura en una parte inferior de la carcasa (16), de manera que el cilindro (1), el al menos un conducto forzado (13) y la carcasa (16) forman en conjunto un bucle cerrado para un fluido de trabajo en el aparato de toma de fuerza; y
- 25       en donde el aparato de toma de fuerza comprende además al menos un conducto de avance que tiene al menos una válvula unidireccional (17) dispuesta para permitir el paso del fluido de trabajo solamente en una dirección desde el primer extremo del cilindro (1) sobre el pistón (5) a través del al menos un conducto de avance hasta el segundo extremo del cilindro (1) por debajo del pistón (5) en respuesta a una carrera ascendente del pistón (5) en relación con el cilindro (1).
- 30
2. El aparato de toma de fuerza según la reivindicación 1, en donde el al menos un conducto de avance y la al menos una válvula unidireccional (17) está dispuesta en el pistón (5).
3. El aparato de toma de fuerza según la reivindicación 1, en donde el al menos un conducto de avance comprende una línea de retorno (19) dispuesto en el exterior del cilindro (1).
- 35
4. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además una unidad de acondicionamiento (30) dispuesta en comunicación fluida con el bucle cerrado formado por el cilindro (1), el conducto forzado (13) y la carcasa (16), donde la unidad de acondicionamiento (30) está dispuesta para rellenar el bucle cerrado con fluido de trabajo, monitorear el fluido de trabajo, limpiar el fluido de trabajo y/o agregar aditivos al fluido de trabajo que reduzcan la fricción y/o la corrosión en el aparato de toma de fuerza.
- 40
5. El aparato de toma de fuerza según la reivindicación 4, en donde la unidad de acondicionamiento (30) comprende una cámara de análisis de fluidos (31), una cámara de mezcla (32), un filtro (33), una cámara de residuos (34) y/o una cámara de aditivos (35).
- 45
6. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además un volante de inercia (14) dispuesto para girar coaxialmente con un eje de rotación de la turbina de agua (4), donde la turbina de agua (4) y el volante de inercia (14) están separados por una pared de separación (18) dentro de la carcasa (16).
- 50
7. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además un tanque de presión (40) dispuesto en comunicación fluida con el bucle cerrado entre la turbina de agua (4) y el al menos un conducto forzado (13), donde el tanque de presión (40) está dispuesto para proporcionar una presión esencialmente continua y constante del fluido de trabajo suministrado a la turbina de agua (4).
- 55
8. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el generador (15) está dispuesto para hacer girar la turbina de agua (4) con el fin de controlar la velocidad de rotación de la turbina de agua (4) cuando el fluido de trabajo no provoca la rotación de la turbina de agua (4).
- 60
9. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además al menos una válvula (11) dispuesta en el al menos un conducto forzado (13) y configurada para permitir el paso del fluido de trabajo únicamente en una dirección desde el primer extremo inferior hasta el segundo extremo superior de el al menos un conducto forzado (13).

- 5 10. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además al menos un primer conducto de derivación (20) dispuesto en comunicación fluida con el al menos un conducto forzado (13) y la carcasa (16) situada debajo de la turbina de agua (4) o del primer extremo del cilindro (1), donde el al menos un primer conducto de derivación (20) comprende una primera válvula de alivio (24) configurada para abrirse a una presión predeterminada para permitir el paso del fluido de trabajo desde el al menos un conducto forzado (13) a través del al menos un primer conducto de derivación (20) hasta la carcasa (16) situada debajo de la turbina de agua (4) o del primer extremo del cilindro (1).
- 10 11. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además al menos un segundo conducto de derivación (9) y que tiene un primer extremo inferior en comunicación fluida con el segundo extremo del cilindro (1) y un segundo extremo superior en comunicación fluida con la carcasa (16) por debajo de la turbina de agua (4) o del primer extremo del cilindro (1), donde el al menos un segundo conducto de derivación (9) comprende una segunda válvula de alivio (8; 21) configurada para abrirse a una presión predeterminada para permitir el paso del fluido de trabajo desde el segundo extremo del cilindro (1) por debajo del pistón (5) a través del al menos un segundo conducto de derivación (9) a la carcasa (16) por debajo de la turbina de agua (4) o al primer extremo del cilindro (1) sobre del pistón (5).
- 15 12. El aparato de toma de fuerza según la reivindicación 11, en donde el al menos un segundo conducto de derivación (9) con la segunda válvula de alivio (21) está dispuesto en el pistón (5).
- 20 13. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, comprende además un división del cilindro (53) que divide el segundo extremo del cilindro (1) en dos espacios, donde la división comprende una abertura con un sello de alta presión (51) que rodea el vástago del pistón (6) y una pared inferior del cilindro (1) comprende una abertura con un sello de baja presión (52) que rodea el vástago del pistón (6), donde un espacio inferior (50) está en comunicación fluida con el primer extremo del cilindro (1) a través de al menos un tercer conducto de derivación (9) para permitir el paso del fluido de trabajo en una dirección desde el espacio inferior (50) al primer extremo del cilindro (1).
- 25 14. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el vástago del pistón (6) comprende una primera sección (61) fijada al pistón (5) desde arriba, una segunda sección (62) dispuesta externamente al cilindro (1) paralela a la primera sección, y una tercera sección (63) que une la primera y la segunda sección sobre el cilindro (1), donde el cilindro (1) comprende un par de acoplamientos deslizantes (64) dispuestos para permitir el deslizamiento del cilindro (1) a lo largo de la segunda sección (62) del vástago del pistón (6).
- 30 35 15. El aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el vástago del pistón (6) está dispuesto para ser fijado a una estructura separada en el mar.
- 40 16. Un convertidor de energía de olas del tipo absorbedor puntual, que comprende un dispositivo flotante (66), y un aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 45 17. El uso de un aparato de toma de fuerza según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15 en un convertidor de energía de olas de tipo absorbente puntual se utiliza para generar energía eléctrica a partir de la energía de olas en un cuerpo de agua.
- 50 18. El uso según la reivindicación 17, en donde el generador (15) se utiliza para hacer girar la turbina de agua (4) para controlar la velocidad de rotación de la turbina de agua (4) cuando el fluido de trabajo no provoca la rotación de la turbina de agua (4).

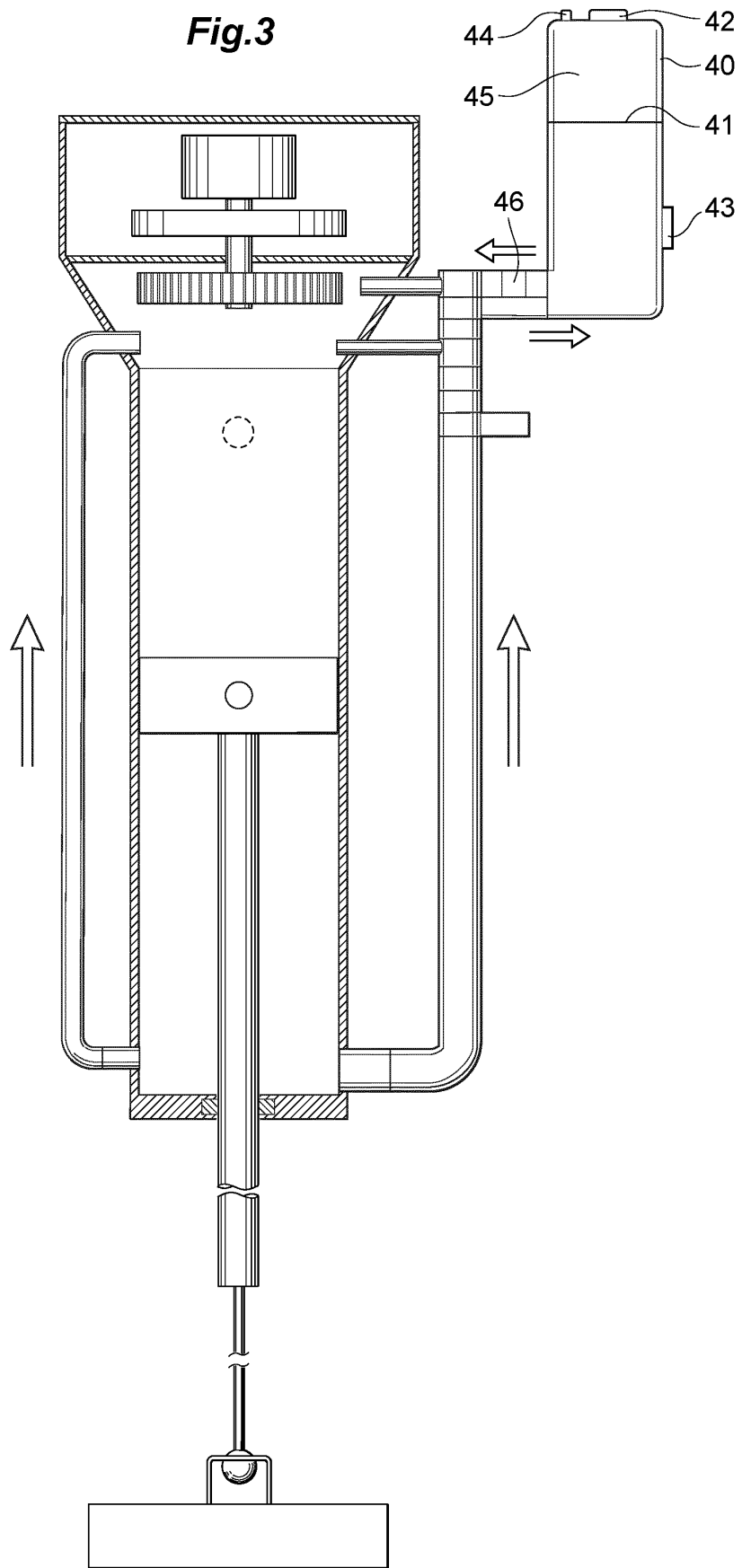
**Fig.1**



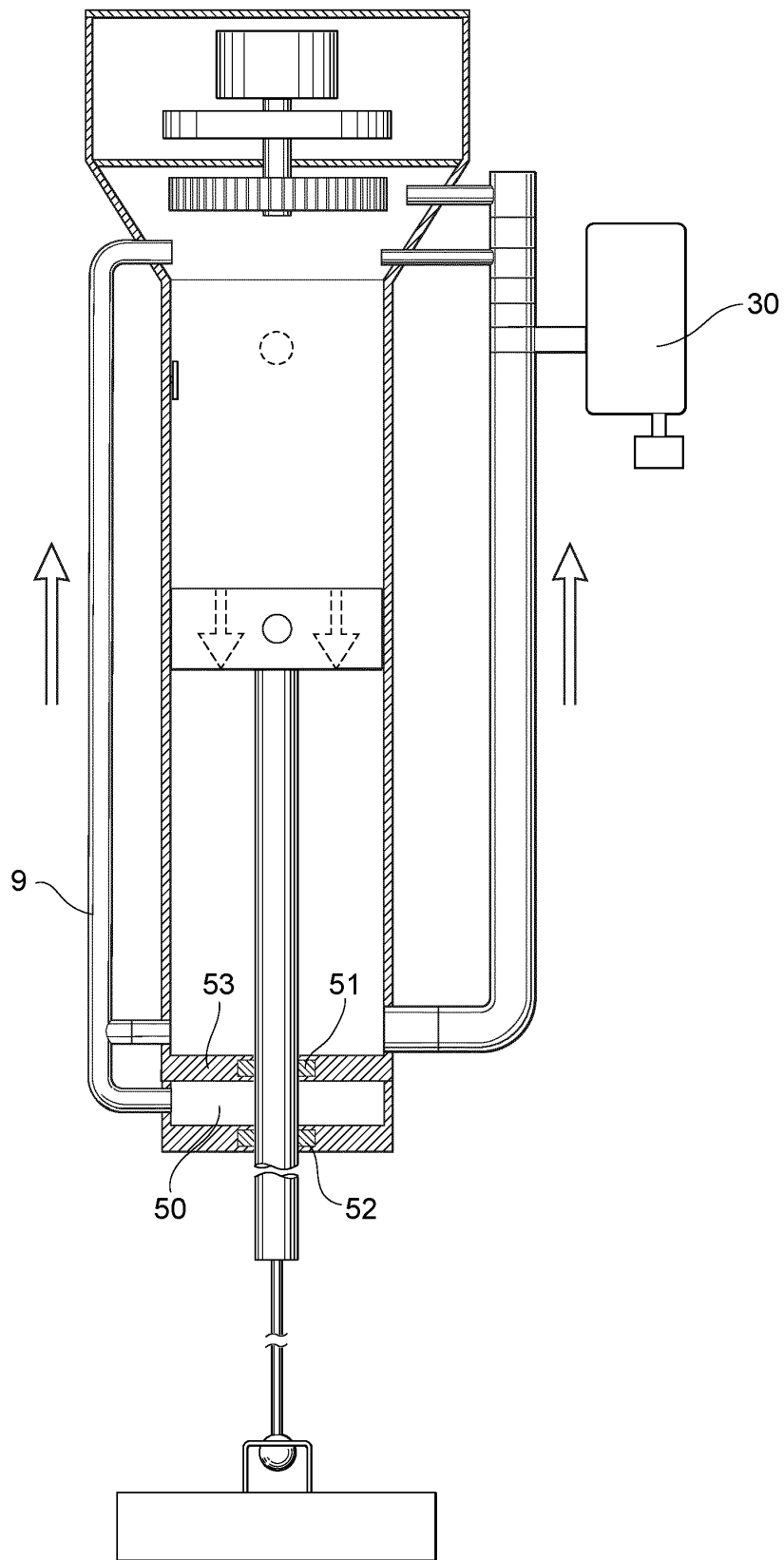
**Fig.2**

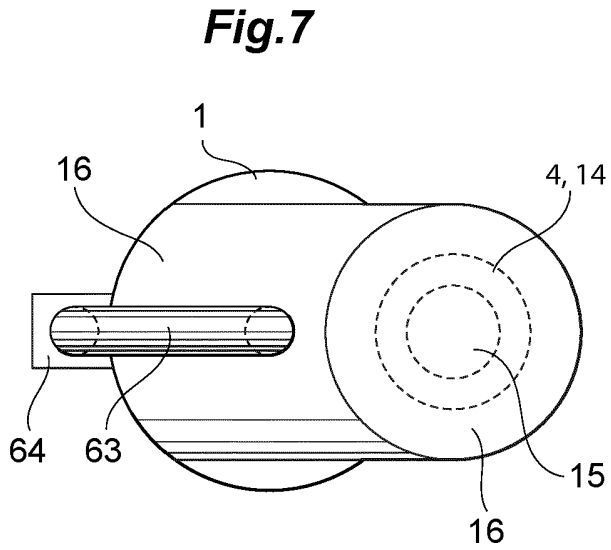
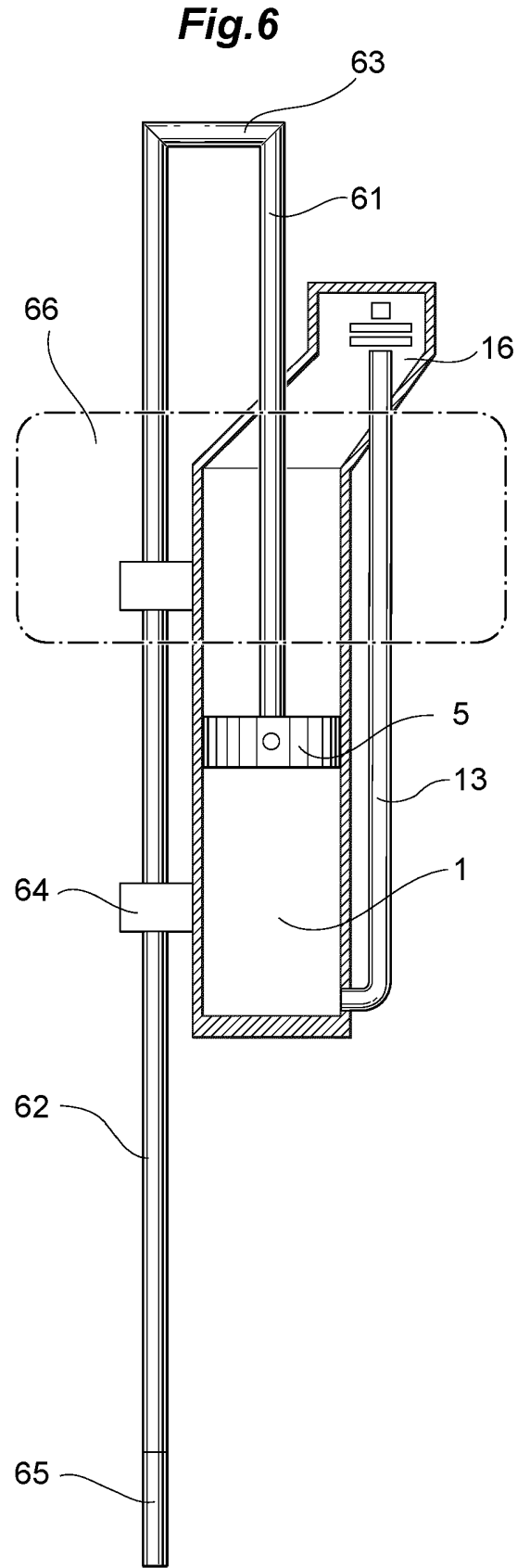
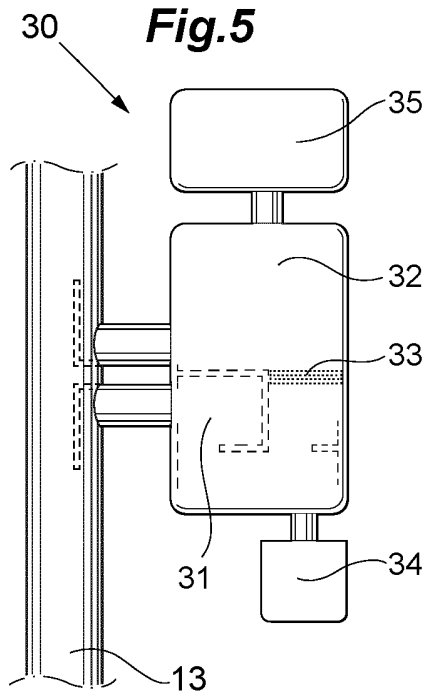


**Fig.3**

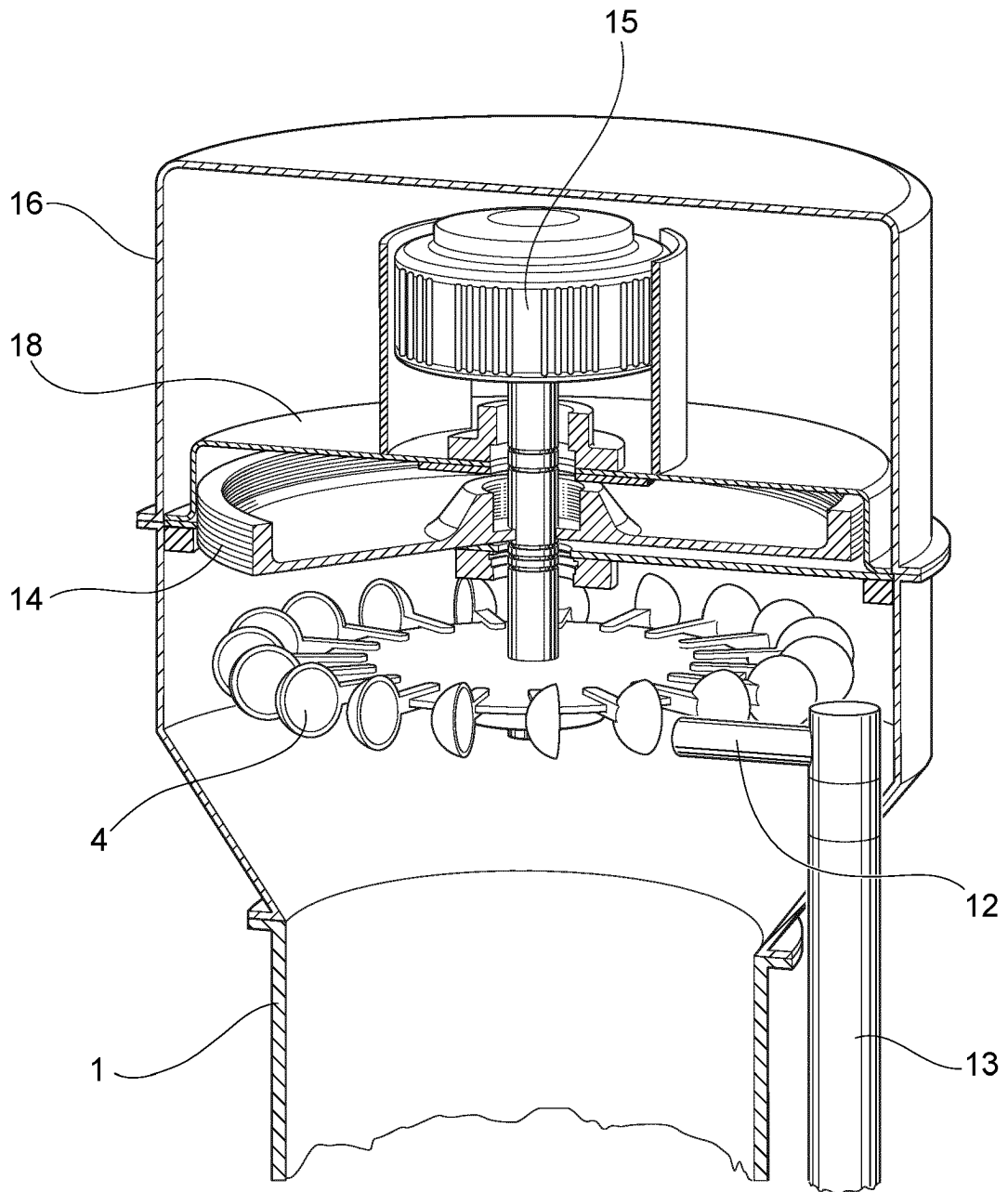


**Fig.4**





**Fig.8**



**Fig.9**

