

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 207**

51 Int. Cl.:

**F03B 13/20**

(2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06832342 .7**

96 Fecha de presentación: **28.11.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **2162617**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.03.2010**

54 Título: **Convertidor de energía undimotriz completamente sumergido**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

**19.12.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

**19.12.2012**

73 Titular/es:

**40SOUTH ENERGY LIMITED (100.0%)  
16 Hanover Square  
London W1S 1HT, GB**

72 Inventor/es:

**GRASSI, MICHELE**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

ES 2 393 207 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

Convertidor de energía undimotriz completamente sumergido

## 5 Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de los convertidores de energía undimotriz (WEC, del inglés "Wave Energy Converters"), es decir aquellas instalaciones o dispositivos para la generación de electricidad a partir de las olas marinas. En particular, la invención se refiere a un aparato convertidor de energía undimotriz como se define en el preámbulo de la reivindicación 1. Tal aparato es conocido del documento WO 99/28623.

### Antecedentes de la invención

Se han propuesto varias clases de convertidores de energía undimotriz en la técnica anterior. Sin embargo, los WEC sufren de muchos inconvenientes, que hasta el momento han limitado su uso y difusión.

Básicamente, los principales problemas se relacionan con una baja eficiencia, un diseño complejo y/o un mantenimiento costoso. Estos problemas son debidos a un cierto número de factores, en algún grado relacionados entre sí.

En primer lugar, los WEC conocidos usan principalmente el componente vertical del movimiento de la ola. Dado que el movimiento de las olas es generalmente circular, se desperdicia un componente significativo del movimiento, véanse por ejemplo los dispositivos en los documentos US-4453894, US6857266, W02004065785, US4232230, US4672222, US5411377, y los dispositivos Pelamis, AWS WEC y AquaBuOY comercializados respectivamente por las compañías OPD Ltd. ([www.oceanpd.com](http://www.oceanpd.com)), AWS Ocean Energy Ltd ([www.waveswing.com](http://www.waveswing.com)) y AquaEnergy Group Ltd ([www.aquaenergygroup.com](http://www.aquaenergygroup.com)).

En algunos casos, por ejemplo en los dispositivos mostrados en los documentos US4453894 y US6857266, la instalación tiene una frecuencia natural de oscilación y, por lo tanto, es capaz de usar eficientemente sólo olas con ciertas frecuencias, o se precisa de un mecanismo de enclavamiento para superar esta limitación.

Por otro lado, para buscar la eficiencia más alta posible, los WEC conocidos que usan elementos flotantes o próximos a la superficie necesitan estar orientados dependiendo de la dirección del sistema de olas que se aprovechará para energía. En cualquier caso, la eficiencia es satisfactoria solamente cuando se aprovechan olas monocromáticas, o en cualquier caso olas que se muevan todas en la misma dirección general, como en el dispositivo del documento US2005167988A1, y en el dispositivo Pelamis y Waveplane (de la compañía WavePlane Production A/S, [www.waveplane.com](http://www.waveplane.com)).

Adicionalmente, muchos dispositivos conocidos deben estar ligados a tierra o colocados en la zona de oleaje, como por ejemplo en los documentos US2005167988A1, US5411377, y en los dispositivos anteriormente mencionados AWS WEC, Pelamis y AquaBuOY. Por lo tanto, no se pueden situar dónde las olas son mayores y con la energía potencial más alta. Los que están en la costa o cerca de la costa son voluminosos y difícilmente compatibles con la protección medioambiental.

Finalmente, como se ha mencionado, la mayoría de los dispositivos conocidos usan un flotador superficial para extraer energía del movimiento de la ola o en cualquier caso tienen una parte sustancial de su volumen por encima de la superficie del agua al menos durante alguna parte del ciclo de la ola, lo que los puede exponer entonces excesivamente a un tiempo atmosférico severo y a arrastres debido al viento y a pequeñas olas. Este es el caso de las instalaciones conocidas en los documentos US4453894, US6857266, W02004065785, US4232230, US46722.22, US5411377, y los Pelamis, AquaBuOY, WavePlane y wave Dragon (de la compañía Wave Dragon ApS, [www.wavedragon.net](http://www.wavedragon.net)). Debido a la presencia de elementos superficiales que tienen necesariamente un tamaño limitado, existe también una limitación estructural a la cantidad de energía que un único dispositivo puede aprovechar.

El documento WO2005/045136 describe un rompeolas flotante que comprende al menos dos elementos mutuamente conectados mediante medios de conexión móviles para permitir el desplazamiento mutuo de dichos elementos en respuesta a las olas en la que se sitúa el aparato, comprendiendo adicionalmente el aparato medios de conversión de la energía para la conversión del movimiento de dichos medios de conexión en energía eléctrica y medios para almacenamiento y/o transporte a otro lugar de la energía producida, estando dichos elementos mutuamente separados de modo que adopten posiciones respectivas afectadas de modo diferente por el movimiento del agua inducido por las olas.

El documento WO99-28623 describe un aparato convertidor de la energía undimotriz que comprende al menos dos elementos mutuamente conectados mediante medios de conexión móviles para permitir el desplazamiento mutuo de dichos elementos en respuesta a las olas en la que se sitúa el aparato, comprendiendo adicionalmente el aparato medios de conversión de la energía para la conversión del movimiento de dichos medios de conexión en

energía eléctrica y medios para el almacenamiento y/o transporte a otro lugar de la energía producida y en el que los dichos al menos dos elementos se sumergen completamente y están mutuamente separados de modo que asuman posiciones respectivas afectadas de modo diferente por el movimiento del agua inducido por las olas.

## 5 Sumario de la invención

El objetivo de la presente invención es sortear las limitaciones anteriormente mencionadas de los WEC conocidos, proporcionando un aparato con al menos las siguientes ventajas:

- 10 - una eficiencia más elevada mediante la utilización de todos los componentes del movimiento de la ola;
- eficiencia de funcionamiento tanto con un sistema de olas monocromáticas como con uno no monocromático, sin que quede afectado significativamente por la dirección de la ola y por olas de longitud de onda más pequeña;
- un diseño simple, fácil de implementar y mantener;
- 15 - un movimiento despreciable debido a las oscilaciones naturales;
- la posibilidad de estar situado fuera de la costa, en aguas muy profundas;
- resistencia satisfactoria a un tiempo atmosférico extremadamente severo.

20 Este objetivo se consigue con las realizaciones preferidas del convertidor de energía undimotriz mejorado de acuerdo con la presente invención, cuyas características esenciales se definen en la primera de las reivindicaciones adjuntas.

### Breve descripción de los dibujos

25 Las características y ventajas del convertidor de energía undimotriz mejorado de acuerdo con la presente invención se harán más claras a partir de la descripción a continuación de una realización del mismo, realizada a modo de ejemplo no limitativo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la figura 1 es una vista en perspectiva de una primera realización del WEC de acuerdo con la invención;
- 30 - la figura 2 es una vista lateral del WEC de la figura 1;
- la figura 3 es una vista inferior del WEC de las figuras anteriores;
- la figura 4 es una vista en sección axial de una parte central de un elemento inferior del WEC de las figuras anteriores;
- la figura 5 es una vista en perspectiva de una segunda realización del WEC de acuerdo con la invención;
- 35 - la figura 6 es una vista inferior del WEC de la figura 5;
- la figura 7 es una vista en sección axial de una parte central de un elemento inferior del WEC de la figura 5;
- la figura 8 es una vista en perspectiva de una tercera realización del WEC de acuerdo con la invención;
- la figura 9 es una vista en sección axial de un poste del WEC de la figura 8;
- la figura 10 es una vista en perspectiva de una cuarta realización del WEC de acuerdo con la invención;
- 40 - la figura 11 es una vista en perspectiva de una parte periférica de un elemento inferior del WEC de la figura 10;
- la figura 12 es una vista en perspectiva de una quinta realización del WEC de acuerdo con la invención;
- la figura 13 es una vista en sección axial de una parte central del elemento inferior del WEC de la figura 12;
- la figura 14 es una vista en sección axial de una estructura de la jaula del WEC de la figura 12;
- las figuras 15 y 16 son, respectivamente, una vista en perspectiva y en sección axial de un colector de agua del
- 45 WEC de la figura 12.

### Descripción de las realizaciones preferidas

50 Con referencia las figuras 1 a 4, una primera realización del convertidor de energía undimotriz mejorado de acuerdo con la invención comprende las siguientes partes principales: un elemento sumergido superior 1 (por ejemplo un tanque cilíndrico que contiene principalmente agua y aire, con una masa de inercia tan baja como sea posible); un elemento sumergido inferior 2, por ejemplo que comprende seis tanques cilíndricos 3 más pequeños que contienen principalmente agua y aire, enlazados rígidamente juntos en una configuración circular alrededor de una pieza de enlace 5 generalmente cilíndrica, central; un poste 4 que se extiende entre el elemento superior 1 y el elemento inferior 2 a lo largo de los ejes comunes de los mismos, proyectándose más allá del elemento inferior 2 y provista internamente con un sistema de contrapeso apropiado (no mostrado), en algún punto a lo largo de su longitud correspondiente a la posición media del elemento sumergido inferior 2; y dos turbinas 6 montadas en los extremos respectivos de una barra transversal 7, que cruza integral y ortogonalmente el poste 4 en correspondencia con el extremo libre, inferior del mismo.

60 El poste puede tomar la forma también de una estructura reticulada de acero, con una sección más grande que la que aparece en los dibujos o en cualquier caso una estructura que asegure suficiente rigidez y resistencia para las fuerzas en juego. La pieza de enlace 5 se ampliará y modificará en consecuencia. Para ayudar a mantener la posición de los elementos sumergidos 1 y 2 fijos con respecto al agua que los rodea íntimamente, se pueden proveer también con medios de masa virtual, en la forma de agua parcialmente encerrada y/o aletas.

El poste 4 se fija a una superficie inferior, plana 1a del tanque 1 sumergido superior a través de la junta 8, en una forma que permita el cambio de orientación del poste con respecto al tanque 1. La junta 8 puede ser por ejemplo una articulación del tipo rótula. Se fija una pluralidad de elementos de flotabilidad 9, por ejemplo pequeños tanques cilíndricos llenos de aire, a una cara plana superior 1b del elemento 1 sumergido superior por medio de los cables

5 10. Bajo la acción de las olas los elementos de flotabilidad 9 ayudan a mantener el tanque superior 1 a una distancia constante de la superficie del agua y con su cara superior 11a paralela a ella. Quedarán sumergidos o expuestos alternativamente por las olas de longitudes de onda más corta, de modo que su fuerza de flotabilidad media dará como resultado una acción de estabilización.

10 La conexión entre el mismo poste y el elemento sumergido inferior 2 se realiza, como se ha mencionado, por medio de la pieza de enlace 5. Con mayor detalle, la pieza de enlace comprende un cuerpo 11 con forma de disco sobre cuya superficie lateral exterior 11b se montan los tanques 3, más pequeños. Se forma una carcasa esférica 11a en el interior del cuerpo 11 para el alojamiento de modo rotativo de un elemento de bola 12 con un agujero pasante 12a para la inserción deslizante del poste 4.

15 Por lo tanto, se asegura el movimiento relativo del elemento sumergido inferior 2 a lo largo de la dirección axial del poste 4, gracias al acoplamiento deslizante de este último con el orificio 12a del elemento de bola 12 de la pieza de enlace 5. Adicionalmente, el elemento inferior 2 puede oscilar alrededor del poste por medio del acoplamiento rotativo del elemento de bola dentro de la carcasa 11a del cuerpo 11. Tanto el deslizamiento como la rotación

20 pueden estar ayudados por la provisión de bolas y/o rodillos como en una configuración de cojinete de rodillos o bolas u otros medios para ayudar al movimiento relativo entre las partes de modo que el elemento inferior pueda desplazarse y oscilar libremente con respecto al poste.

25 Por razones de simplicidad, en los dibujos el elemento inferior 2 se sitúa generalmente en la mitad del poste 4. En la práctica, sin embargo, la parte del poste 4 entre los elementos 1 y 2 será en promedio más larga que la parte por debajo y más allá del elemento 2, para imprimir un mayor movimiento sobre las turbinas 6 en respuesta al movimiento del elemento superior 1.

30 La barra transversal 7 está enlazada a un segmento giratorio del extremo 4a del poste 4, de modo que la barra pueda girar alrededor del eje del mismo poste 4, mientras mantiene su centro sobre el mismo eje. Las turbinas 6 se unen a los extremos de la barra 7 con su lado frontal mirando hacia la barra y con un montaje que les permita girar alrededor del eje central de la misma barra.

35 Un sistema de máquinas para acumular y/o transformar la energía producida por el movimiento de las turbinas 6, como se explicará posteriormente, ni se muestra ni se describe, ya que tiene las características que, como tales, se pueden aprender o derivar de la técnica anterior. El sistema de máquinas se puede situar en el interior del elemento sumergido inferior 2 y puede ser por ejemplo un dispositivo para la electrólisis del agua y la generación de hidrógeno, que se puede almacenar entonces fácilmente y recuperar periódicamente mediante barcos. Si es apropiado, se puede usar también un cable para transmitir la electricidad generada a una sala de máquinas flotante

40 o sumergida, o directamente a la red eléctrica.

Durante el uso, el aparato, como conjunto, tiene una flotabilidad normal en funcionamiento normal y en reposo. Durante el funcionamiento normal, el elemento inferior 2 se moverá mucho menos que el elemento superior 1 que está bajo la influencia directa de la acción de la ola, dado que la influencia de la ola disminuye rápidamente con la

45 profundidad. En particular, en una situación límite en la que la longitud de onda más grande de las olas incidentes sea menor que, o igual a, la distancia entre los elementos 1 y 2, el elemento inferior 2 permanecerá aproximadamente inmóvil durante el ciclo de las olas. En una utilización real, en el que por razones prácticas la distancia promedio mencionada anteriormente entre los elementos 1 y 2 será en general más corta que una longitud de onda completa, el movimiento del elemento inferior se puede reducir adicionalmente incrementando su masa de

50 inercia (y correspondientemente su flotabilidad, para dejarlo con una flotabilidad totalmente neutra).

Por otro lado, el elemento superior 1 tenderá a moverse en una trayectoria circular bajo la influencia de una ola monocromática con una longitud de onda comparable a la distancia anteriormente mencionada (tal como es usual en el movimiento de las partículas de agua bajo la influencia de una ola monocromática). Si el sistema de olas no es

55 monocromático, el movimiento del elemento superior 1 será una superposición de varias trayectorias circulares determinadas por las varias olas monocromáticas que sean los componentes dominantes del sistema de olas.

La flotabilidad del elemento superior 1 y los elementos de flotabilidad 9 se equilibran con precisión mediante el contrapeso en el interior del poste 4 y el peso del mismo poste junto con la barra transversal 7 y las turbinas 6, para

60 mantener el nivel de agua a aproximadamente la mitad de altura de los elementos de flotabilidad 9 como promedio. Debido a la presencia del elemento sumergido inferior 2 y la inercia del contrapeso en el interior del poste 4, el movimiento circular del elemento superior 1 se transforma en una trayectoria cerrada del extremo inferior del poste 4. Esa trayectoria es sólo muy aproximadamente circular, dado que el movimiento sería circular sólo si el elemento inferior 2 estuviese siempre exactamente en el punto medio del poste 4, lo que no ocurre en un funcionamiento

65 normal.

Bajo la acción de la ola, el extremo inferior del poste 4 se mueve entonces con respecto al agua que lo rodea y por lo tanto del conjunto completo de la barra transversal 7 y las turbinas 6 se mueven poniendo a las turbinas en movimiento. Usando álabes y/o motores las turbinas 6 se puede mantener siempre apuntando en la dirección del movimiento con respecto al agua que las rodea, de modo que se obtenga una mejor eficiencia. Durante el ciclo de la ola completo de un sistema de olas monocromáticas las turbinas realizan un giro de 360° alrededor del eje de la barra transversal 7. Con un sistema de olas no monocromáticas la barra 7 no gira con respecto al poste 4. Si el sistema de olas fuese una superposición de diferentes sistemas de olas no monocromáticas, las turbinas 6 siempre se mantendrían apuntando en la dirección del movimiento con poco esfuerzo debido al hecho de que describen una trayectoria cerrada con respecto al agua que las rodea y por ello la redirección puede ser incremental.

Dependiendo de la eficiencia de las turbinas 6 en la extracción de la energía a partir de su movimiento a través del agua y a la posición de la pieza de enlace 5 junto con el poste 4 durante un ciclo de ola, la trayectoria del extremo inferior del poste tenderá a ser aproximadamente elíptica en lugar de circular. En un grado más pequeño también la trayectoria del elemento superior 1 tenderá a ser aproximadamente elíptica. Variando la posición del elemento inferior 2 con respecto a los dos extremos del poste 4, se puede modificar la forma y tamaño de esta trayectoria. En particular puede ser útil adaptar al menos ligeramente esta posición dinámicamente, dependiendo del régimen de olas, elevando o descendiendo el elemento inferior 2 por medio de unos dispositivos de flotabilidad variable y/o propulsores, para optimizar la velocidad y por lo tanto la eficiencia de las turbinas 6.

Durante un ciclo de ola completo, el resultante de las fuerzas ejercidas sobre el elemento sumergido inferior 2 será aproximadamente vertical y dependerá solamente de la energía y forma de las olas que afectan al aparato. Por lo tanto, para mantener el elemento inferior 2 en una posición media constante, será suficiente tener un sistema de control que considere su posición media después de muchos ciclos de olas, y las intervenciones serán incrementales y pequeñas comparadas con la energía de las olas que actúan sobre el aparato. En particular, si la forma y energía de las olas permanecen constantes durante un momento, el aparato alcanzará el equilibrio y no serán necesarias intervenciones adicionales para estabilizar el elemento inferior 2. El sistema de control puede ser un dispositivo estático de la clase de los elementos de flotabilidad 9 (véase la segunda realización descrita adicionalmente) o incluso consistir en dispositivos de flotabilidad variable accionados mediante un dispositivo de control computarizado.

La longitud del poste 4 para un aparato oceánico podría superar los 50 metros para tener el elemento inferior 2 en una región mucho menos afectada por las olas dominantes que el elemento superior 1, pero podría ser más corto para reducir costos. De hecho, incluso con un poste más corto el aparato trabaja en una forma satisfactoria, dado que la acción de las olas disminuye rápidamente con la profundidad y más aún el componente horizontal del movimiento del extremo inferior del poste 4 estaría en una dirección aproximadamente opuesta a la del agua que lo rodea. Las dimensiones se optimizarán en cualquier caso para obtener un dispositivo altamente eficiente, teniendo también en cuenta los regímenes de olas dominantes en el área de utilización.

El elemento superior 1 permanecerá por encima del elemento inferior 2 incluso después de muchos ciclos de olas, debido a la naturaleza del movimiento de las olas que, en una buena aproximación, no involucra un desplazamiento global del agua. Para compensar la posible acción del viento, la fricción, y las corrientes de agua con diferentes velocidades y/o direcciones a las diferentes profundidades de los elementos 1 y 2, y también para posibles eventos extraordinarios no predichos, la flotabilidad del elemento superior 1 y el peso del poste 4 y las turbinas 6 se optimizarán para proporcionar un momento de elevación suficientemente fuerte. Como alternativa, o para ser capaces de compensar más rápidamente el efecto de eventos excepcionales, se pueden colocar pequeños propulsores sobre los elementos 1 y 2 y/o a lo largo del poste 4, controlados mediante un sistema de control computarizado.

Los elementos de flotabilidad 9 se pueden sustituir por dispositivos de flotabilidad variable fijados al elemento superior 1 y accionados mediante un sistema de control computarizado. El elemento superior 1 tenderá en cualquier caso a permanecer a una distancia media constante desde la superficie del agua y en promedio con su cara superior paralela a ella, y por lo tanto las intervenciones de este sistema de control serán de una pequeña escala comparada con la energía de la acción de las olas sobre el aparato. En esta forma se puede conseguir una inmersión total, posiblemente muchos metros por debajo de la superficie del mar, lo que puede ser útil para minimizar desgastes y roturas y la posibilidad de peligros para los barcos.

En una configuración oceánica típica, el tanque superior 1 tendrá un volumen en el intervalo de 1000 m<sup>3</sup>, mientras que los tanques inferiores más pequeños 3 tendrán un volumen en el intervalo de 200 m<sup>3</sup>. El volumen del elemento sumergido inferior 2, que superará fácilmente los 1000 m<sup>3</sup> en una utilización oceánica, deja un amplio espacio para las varias configuraciones del sistema de conversión de energía que pudieran desearse utilizar.

En una versión simplificada, la unión entre el poste 4 y el elemento superior 1 puede ser rígida, manteniendo el poste siempre perpendicular a la superficie inferior 1a del tanque 1, que en este caso puede tomar más eficientemente una forma esférica con solamente un elemento de flotabilidad 9 fijado con un cable a su poste superior. La pieza de enlace 5 puede tomar la forma de un tipo de articulación de rótula, especialmente en utilizaciones a pequeña escala, o hacer uso de una junta cardán.

En otra versión simplificada, la función del elemento sumergido inferior 2 se puede aceptar mediante la única pieza de enlace 5, colocada en una posición fija a lo largo del poste 4 y conteniendo el contrapeso. Esta simplificación, junto con la mencionada previamente en relación con la unión entre el poste y el elemento superior, aunque produce una cierta disminución en la eficiencia del aparato, permite una rápida construcción de implementaciones muy

simples y baratas, lo que es útil entre otras cosas para propósitos de ensayos y prototipos. Si el aparato se conecta directamente a la red eléctrica o a una sala de máquinas externa por medio de un sistema de cables, tampoco hay necesidad de una sala de máquinas realizada en el aparato, reduciendo de ese modo adicionalmente su complejidad.

Con referencia ahora a las figuras de la 5 a la 7, en una segunda realización del aparato de acuerdo con la invención, las partes que corresponden a las de la primera realización se indican con los números de referencia correspondientes y no se describirán de nuevo. También el comportamiento general de este aparato bajo la acción de las olas es el mismo que el de la primera realización, con un elemento sumergido inferior 102 que permanece principalmente en reposo y un elemento sumergido superior 101 que sigue el movimiento de las olas debido al paso de las olas y que mantiene su orientación de modo que su cara superior 101b sea siempre sustancialmente paralela a la superficie del agua. También en este caso, se puede contemplar el uso de medios de masa virtual (agua encerrada y/o paletas).

Sin embargo, en esta realización el extremo inferior del poste 104 está libre, esto es carece del conjunto de barra transversal y turbinas. La extracción de la energía a partir del movimiento del aparato se realiza mediante dispositivos hidráulicos y/o eléctricos alojados dentro de una junta 108 que conecta la cara inferior 101a del tanque superior 101 con el poste 104, y también dentro de la pieza de enlace 105 entre el poste 104 y el elemento inferior 102. La junta 108, de la misma forma que en la realización previa, permite el cambio de la orientación entre el poste y el tanque superior, y su movimiento relativo, accionado por el movimiento de las olas, se explota mediante los dispositivos citados anteriormente para extraer energía. Los dispositivos realizados en la pieza de enlace 105 extraen energía del movimiento oscilante del poste 104 a través del orificio 112a. Este tipo de dispositivos ya son conocidos como tales, y no se describirán en detalle. Por ejemplo, dentro del elemento 105 puede haber un generador eléctrico lineal (véase por ejemplo el dispositivo de generador lineal en el interior del WEC flotante propuesto por el MRSF de la School of Electrical Engineering and Computer Science, Oregon State University <http://eecs.oregonstate.edu/msrf/>), mientras que en el interior del elemento 108 se puede tener una o más poleas o rodillos accionados por el movimiento relativo y enlazados a dinamos.

En esta realización se puede notar una pluralidad de elementos de flotabilidad adicionales 113 fijados al elemento sumergido inferior 102 por medio de travesaños radiales 114 que se proyectan desde los tanques más pequeños 103, y cables 115 conectados a los extremos libres de los travesaños 114. Los elementos 113 contribuyen a la preservación de la orientación y posición del aparato con respecto a la superficie promedio del agua. También, el resultante promedio de las fuerzas ejercidas sobre el elemento inferior 102 cambiará de la posición de reposo al funcionamiento normal y los elementos 113 compensarán esto. El orificio 112a en el elemento de bola 112 es en este caso un taladro de una funda 112b que se proyecta axialmente desde los lados opuestos del elemento de bola.

En una versión simplificada de esta realización, el poste 104 se puede sustituir por un cable con el contrapeso fijado a su extremo inferior. En este caso, puede ser práctico colocar el elemento inferior 102 a mucha mayor distancia del elemento superior 1 que en la configuración con un poste. Entonces, el elemento inferior 102 puede finalizar en la proximidad del fondo del mar y si es apropiado puede incluso estar amarrado a él para simplificar el diseño. Esta versión final del aparato sería sin embargo más difícil de instalar y mantener, y más expuesta al tiempo atmosférico severo.

Una alternativa adicional es conectar los elementos superior e inferior sumergidos por medio de un poste extensible, del tipo descrito adicionalmente para una tercera realización, provisto con sistemas de extracción de energía que exploten el movimiento de extensión y contracción alternativo del poste. En esta forma, se pueden descartar los dispositivos de extracción de energía en la pieza de enlace 105 en sí misma y el poste 104 puede finalizar en la pieza de enlace en lugar de pasar a través y más allá de ella. Esto hace al aparato más compacto, aunque con el inconveniente de una estructura más compleja del poste. Bajo olas excepcionalmente grandes todo el aparato se moverá, dado que en este caso también el elemento inferior quedará afectado por la acción de la ola. Esto reduce la probabilidad de un movimiento capaz de desmontar el aparato.

En cualquier caso, una posible separación de las dos partes no sería destructiva y el aparato se puede volver a montar posteriormente dejando que el poste retroceda a través de su carcasa en la pieza de enlace (o conectando de nuevo entre sí las dos partes del poste si se adopta un diseño como en la tercera realización). Esta operación también se puede hacer automáticamente, con un sistema de control computarizado sobre ambas partes y pequeños propulsores, más la posibilidad de cambio de la distancia del elemento inferior desde la superficie del agua (por ejemplo mediante el alargamiento de los cables que mantienen los elementos 113 en su sitio).

Con referencia a las figuras 8 y 9, en una tercera realización del aparato de acuerdo con la invención, se captura el movimiento de la ola completa usando solamente generadores eléctricos lineales. En esta realización el aparato comprende una pluralidad de elementos sumergidos 201, por ejemplo cuatro elementos que tienen la forma de

tanques esféricos que contienen principalmente agua y aire, mutuamente unidos mediante postes de conexión 204 de modo que se defina una estructura en 3D, generalmente tetraédrica en el ejemplo.

Cada poste 204 (figura 9) consiste en una vara 204a que se acopla coaxial y telescópicamente de una forma deslizante dentro de una funda tubular 204b. Los extremos del conjunto así obtenido se conectan a los elementos sumergidos 201 respectivos. Un generador eléctrico lineal 205 de potencia, alimentado por el movimiento alternativo mutuo de la vara 204a y la funda 204b, se une al extremo interior de la misma funda. También esta clase de dispositivo de generación de potencia es conocido por sí mismo, representado esquemáticamente y no descrito en detalle. Se puede hacer referencia sin embargo a lo que ya se ha mencionado para la segunda realización.

Tanto el elemento único 201 como el poste único 204 (con el pertinente generador 205) quedan neutralmente flotantes cuando se sumergen en agua a su profundidad de funcionamiento media. Bajo la influencia de las olas los diferentes tanques 201 se encontrarán a sí mismos en diferentes regímenes de movimiento del agua, o bien porque están separados por una distancia que es múltiplo de una longitud de onda o bien porque están a diferentes profundidades. El movimiento relativo entre ellos creará una tensión o presión sobre los postes de conexión 204. Como consecuencia, la vara interior 204a se moverá con respecto a la funda exterior 204b, y este movimiento alternativo lineal se explota para la generación de electricidad. La potencia se extrae por lo tanto a partir del movimiento relativo de las diferentes partes de los medios de conexión entre ellos mismos. La geometría de la estructura, también en este caso, es tal que todo movimiento (circular) de las partículas de agua debido a la acción de la ola es aprovechado para energía.

Como media, todos los elementos 201 tenderán a permanecer en la misma posición, permaneciendo sustancialmente en reposo con respecto al agua que los rodea, cuya posición media no se desplaza incluso después de muchos ciclos de movimiento de las olas. Los medios de masa virtual se pueden usar también en este caso. Sin embargo, para mantener los elementos sumergidos 201, como promedio, en su configuración tetraédrica nominal, será necesario de vez en cuando devolver parte de la energía, para mover la posición media de los tanques y postes de modo que se contrarreste cualquier desplazamiento debido a la deriva, diferencia de flotabilidad en diferentes profundidades, corrientes o funcionamiento desequilibrado de las varias partes. Esto se puede realizar mediante el uso de los generadores lineales como motores eléctricos lineales y/o mediante la fijación de pequeños propulsores a la estructura y/o situando muelles en el interior de los postes y/o usando dispositivos de flotabilidad variable.

Si uno de los tanques 201 es más pesado que los otros tres idénticos (aunque desplacen la misma cantidad de agua), el sistema, diseñado para tener en cualquier caso una flotabilidad total neutra, tenderá a orientarse a sí mismo con los tres tanques sumergidos en la parte superior y uno en la inferior. En este caso, estos elementos más ligeros con los postes que los conectan entre sí podrían ser sustituidos por un único elemento sumergido como el elemento superior 1, 101 de las realizaciones previas, de modo que el aparato en conjunto se pueda mantener a una profundidad sustancialmente fija por debajo de la superficie del agua. Los otros postes de conexión a los tanques inferiores se podrían sustituir también por un único poste, de modo que se genere la variante concebida anteriormente cuando se referían a la segunda realización. Se pueden concebir unas degeneraciones análogas de la estructura de esta tercera realización si un tanque es más ligero que los otros tres idénticos. Como en las realizaciones previas, el aparato se puede mantener en promedio a una profundidad fija por debajo de la superficie mediante el uso de unos dispositivos de flotabilidad variable fijados a los tanques y controlados mediante un sistema de control computarizado.

La sala de máquinas se puede situar en el interior de uno o más de los tanques 201 que en una utilización oceánica típico pueden tener un volumen de  $1000 \text{ m}^3$  (el volumen real dependerá de la optimización elegida, que a su vez dependerá, entre otros factores, del régimen de olas típico de la región de utilización).

Como en la realización previa, bajo olas extremadamente grandes el aparato tenderá a moverse como un conjunto, y por lo tanto no habrá un movimiento relativo excesivo entre sus partes. Mediante la colocación de dispositivos de flotabilidad variable sobre los tanques y/o sobre los postes, enlazados a un sistema de control computarizado, se puede disponer también el aparato completo para que se hunda más profundamente en respuesta a olas más grandes y para elevarse cuando las olas sean más pequeñas, protegiéndole de ese modo del tiempo atmosférico severo y optimizando su eficiencia.

La estructura tetraédrica mostrada en el ejemplo es la estructura rígida en 3D más simple que se puede adoptar; pero son posibles otras muchas configuraciones en 3D con el mismo simple diseño básico. Por ejemplo, se pueden interconectar una pluralidad de módulos tetraédricos como el descrito anteriormente para formar una capa estructural completa, que se extienda en muchos kilómetros cuadrados. Tal estructura se puede mantener a una profundidad fija de unas pocas decenas de metros por debajo de la superficie media del mar, para evitar la interferencia con barcos y minimizar los peligros debidos a tormentas y olas muy grandes. Tal estructura sería modular con respecto a la generación de energía y el mantenimiento, considerando que el fallo de módulos simples no impediría un funcionamiento satisfactorio del conjunto del sistema.

Con referencia a las figuras 10 y 11, en una cuarta realización del aparato de acuerdo con la invención, se captura el movimiento de la ola completo usando sólo dinamos conectadas a los cables por medio de poleas. También en esta

realización, sin embargo, se extrae la energía del movimiento relativo entre un elemento superior sumergido y un elemento inferior sumergido y a partir del desplazamiento posterior de un sistema de conexión de los elementos. De hecho, esta realización comparte muchas características con la primera y segunda realizaciones descritas anteriormente y las partes correspondientes se indican con los números de referencia correspondientes. En esta  
5 realización un elemento sumergido inferior 302 consiste en una pluralidad de tanques 303, conectados rígidamente entre sí en secuencia por medio de un anillo central 305 y rodeándolo.

En lugar de un poste que conecta el elemento sumergido superior 301 (con elementos de flotabilidad 309) con el elemento sumergido inferior 302, se fijan unos cables 304 con un primer extremo al elemento superior 301 y con el  
10 otro extremo a unos pesos 316, que pasan a través de poleas de desviación 317 soportadas por las estructuras 318 montadas en el exterior de los tanques 303 sumergidos respectivos. Las poleas 317 accionan las dinamos respectivas para la generación de electricidad, no mostradas, situadas en el interior de las estructuras de soporte 318 o en los tanques 303. Bajo la acción de una ola monocromática (considerada aquí por simplicidad), el elemento superior 301 tiende a describir una trayectoria generalmente circular. Esto determina una atracción o relajación  
15 alternativa sobre los cables, lo que hará que las poleas 317 se muevan y por lo tanto generen electricidad.

La presencia de los pesos 316 garantiza la generación de energía tanto durante la tracción como en la relajación y también que en promedio el elemento superior 301 se situará por encima del centro de masas del elemento inferior 302. Los tanques inferiores 303 tienden a permanecer en promedio en su posición, debido al agua que desplazan, a  
20 su masa de inercia y la su masa virtual debida al agua parcialmente encerrada y/o a aletas. Para compensar eventos excepcionales y derivas pequeñas debidas a fricciones o corrientes desequilibradas, se podrían asociar pequeños propulsores y/o dispositivos de flotabilidad variable a los tanques 303 o al anillo 305, controlados mediante un sistema de control computarizado. En una variante de esta realización los tanques sumergidos inferiores 303 se pueden mantener en su posición también mediante elementos adicionales de flotabilidad como en la segunda  
25 realización.

Con referencia ahora a las figuras de la 12 a la 16, una quinta realización del aparato de acuerdo con la invención es similar a la primera realización, como queda claro también por el uso de los números correspondientes para partes idénticas o análogas. El elemento sumergido superior 401, con elementos de flotabilidad 409 y el elemento  
30 sumergido inferior 402 tienen la misma estructura general que en la primera realización. Lo mismo es aplicable a una pieza de enlace 405 con un cuerpo con forma de disco exterior 411 y un elemento de bola rotativo 412 con un orificio 412a (figura 13). Como en las realizaciones previas, se puede hacer uso también de medios de masa virtual (agua parcialmente encerrada y/o paletas).

El orificio 412a, mucho más ancho que en las realizaciones previas, aloja un bloque cilíndrico central 404d de un poste 404, representado esquemáticamente, que encierra un contrapeso y una sala de máquinas para la producción de energía eléctrica, como se explica a continuación. El poste 404 comprende además un núcleo central 404b que se extiende axialmente desde ambas bases planas del bloque 404d. Alrededor del núcleo 404b se proyecta axialmente una jaula de refuerzo 404c desde la periferia del bloque 404d.  
35

El extremo superior del poste 404 se conecta al elemento sumergido superior 401 por medio de una junta 408, de nuevo en una forma análoga a las realizaciones ya descritas. El extremo inferior del poste 404 soporta de modo pivotante un par de colectores de agua 406, cada uno con una boca frontal de entrada 406a y una cola con aletas 406b. El conjunto de los dos colectores puede girar libremente alrededor del eje central del poste 404, como la barra transversal con las turbinas de la primera realización. Más aún, cada colector puede oscilar alrededor de un eje transversal (ortogonal al eje central del poste), indicado como 407 en la figura 14. Los colectores se conectan hidráulicamente a un circuito de agua, no mostrado, formado en el núcleo 404b del poste 404. El circuito de agua se comunica con la sala de máquinas en el interior del bloque 404d que aloja un sistema de generación, por ejemplo una turbina Francis, para la conversión del flujo de agua en energía eléctrica.  
40

El elemento sumergido superior 401 es un tanque completamente sumergido lleno de aire, cuya flotabilidad se equilibra por el peso del poste 404 (incluyendo el bloque central 404d con el contrapeso) y los colectores de agua 406. Bajo la acción de las olas, el poste 404 se moverá en un movimiento alternativo vertical con respecto a la pieza en de enlace 405 y junto con el elemento de bola 412 se moverá en un movimiento de inclinación oscilante con respecto al elemento sumergido inferior 402. El bloque 404d puede deslizarse en el exterior del orificio 412a sin afectar el funcionamiento del aparato, dado que la estructura de la jaula 404c entrará en este caso en contacto con el elemento de bola 412 y proporcionará la resistencia requerida. El movimiento posterior del extremo inferior del poste 404 dará como resultado una entrada de un flujo de agua presurizada al circuito interno del poste, a través de los colectores 406 y, en consecuencia, un flujo de agua que acciona la turbina en la sala de máquinas. También en esta realización, por lo tanto, se extrae la energía del movimiento relativo de los elementos sumergidos, que produce el movimiento de un extremo del poste de conexión con respecto al agua que lo rodea.  
45  
50  
55  
60

Como en la primera realización, son posibles un número de variantes en las que o bien la función del elemento sumergido inferior 402 se realiza simplemente mediante la pieza de enlace 405 y el bloque 404d, y/o bien la junta superior 408 es rígida, o ambas de estas simplificaciones al mismo tiempo. Es posible también considerar una variante en la que los colectores 406 se sustituyen por una pluralidad de colectores colocados rígidamente sobre el  
65



extremo inferior del poste y mirando, por encima y más allá del número de diferentes direcciones horizontales, varias direcciones inclinadas hacia arriba y hacia abajo con respecto al eje del poste. En este caso, podría ser necesario colocar válvulas sobre la parte interior de los colectores, para bloquear el flujo de agua en aquellos que no miran en la dirección del movimiento del extremo inferior del poste. Tal variante (con las tres simplificaciones al mismo tiempo) sería menos eficiente que la realización que se muestra en las figuras, pero tendría la ventaja importante de no tener ninguna parte móvil externa.

Se apreciará a partir de lo anterior que el aparato de acuerdo con la invención es capaz de sortear todas las limitaciones de los convertidores de energía undimotriz de la técnica anterior, y que usa un sistema conceptualmente diferente para extraer energía de las olas.

El aparato de acuerdo con la invención se sitúa, cuando está en uso, completamente bajo el agua, de modo que se puede proteger del tiempo atmosférico severo y si se desea también aislado de las olas de longitud de onda más corta, que son unos contribuyentes al desgaste y roturas de las estructuras marinas. Se usan, mantienen y reposan con respecto al agua que los rodea dos o tres elementos sumergidos por medio de cualquier combinación de lo siguiente: agua parcialmente encerrada (masa virtual), paletas, masas de inercia, propulsores.

Algunos de los elementos sumergidos (posiblemente como en la primera, segunda, cuarta y quinta realizaciones) tienen masas de inercia tan bajas como sea posible, y un tamaño pequeño con respecto a la más pequeña de las longitudes de onda principales que se desea aprovechar para energía, pero suficientemente grande para interceptar suficiente movimiento de agua. Otros elementos sumergidos o medios de conexión tienen en correspondencia muy grandes masas de inercia (en la primera, segunda, cuarta y quinta realizaciones), para compensar la flotabilidad de los previos. En la tercera realización, en su lugar, todos los elementos sumergidos tienen la masa de inercia para compensar la flotabilidad en su interior.

Los elementos tienden a seguir el movimiento del agua que los rodea íntimamente, que es aproximadamente circular para una ola monocromática simple. Cuando los elementos se sitúan en diferentes regímenes de movimiento con respecto a las longitudes de onda principales (por ejemplo a diferentes profundidades), se mueven relativamente entre sí. Al enlazarlos con medios de conexión, es posible extraer energía de este movimiento relativo o a partir del movimiento relativo inducido en los medios de conexión con respecto a algunos medios sumergidos o al agua que los rodea.

Por ello, las ventajas del presente aparato se pueden resumir como sigue.

- Es más eficiente debido a que usa todos los componentes del movimiento de la ola, manteniéndose sus elementos en reposo tanto como sea posible con respecto al agua que los rodea, al contrario de un aparato tradicional que usa uno o más flotadores como elementos superficiales.
- Puede tener un diseño simple, muy fácil de implementar y mantener, especialmente en alguna de las variantes simplificadas descritas. Como se ha mencionado, esto puede ser útil también con propósitos de realización de prototipos.
- Teniendo sólo elementos sumergidos con masas de inercia muy bajas, o muy grandes, tiene un movimiento despreciable debido a las oscilaciones naturales.
- Se puede situar fuera de la costa, en aguas muy profundas. Su posición geográfica media se puede mantener constante con el uso de medios de inserción, o pueden en cualquier caso estar señalizados por medio del sistema GPS acoplado a transmisores de radio y/o emisores de luz y/o boyas de sonar.
- Se puede diseñar de tal manera que permanezca ampliamente sin afectar o sólo ligeramente afectado, por el tiempo atmosférico extremadamente severo. El aparato completo se moverá debido a las olas grandes, de modo que la distancia relativa entre los elementos excederá el punto límite solamente bajo una combinación de factores muy improbable. En cualquier caso, si el movimiento no excede el límite máximo, el aparato se puede diseñar para simplemente desmontarse y que se pueda volver a disponer para que el sistema se vuelva a montar por sí mismo una vez que haya pasado la tormenta (posiblemente en una forma automatizada, si los elementos están provistos con propulsores).
- Funciona tan eficientemente con un sistema de olas monocromáticas como con uno no monocromático y no es sensible a la dirección de las olas;
- El tamaño del aparato y la energía que puede aprovechar de las olas está limitado solamente por la longitud de onda. Unos cálculos simplificados muestran que sería posible construir aparatos que produzcan más de 10 MW de potencia (como media) a partir de las olas monocromáticas de aguas profundas de 5 m de altura (o más altas).

Se han descrito todas las realizaciones con referencia a su configuración oceánica; las realizaciones destinadas para su utilización en áreas con ondas de longitud de onda más pequeñas se reducirán en consecuencia.

Otros cambios y/o modificaciones se pueden llevar al convertidor de energía undimotriz mejorado de acuerdo con la presente invención, sin separarse del alcance de protección de la invención en sí como se define por las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un aparato convertidor de energía undimotriz que comprende al menos dos elementos (1, 2) conectados mutuamente mediante medios de conexión (4) móviles para permitir el desplazamiento mutuo de dichos elementos (1, 2) en respuesta a las olas en el agua en la que el aparato se sitúa, comprendiendo los elementos (1, 2), cuando se usan, un elemento sumergido superior (1) y uno inferior (2), comprendiendo adicionalmente el aparato medios (6) de conversión de la energía para la conversión del movimiento de dicho medios de conexión (4) en energía eléctrica, y medios para el almacenamiento y/o transporte a otro lado de la energía producida, estando el aparato **caracterizado por que** dichos al menos dos elementos (1, 2) son elementos completamente sumergidos que dan al aparato, tomado como conjunto, una flotabilidad neutra, proporcionándose medios para mantener la posición de cada uno de dichos elementos sumergidos sustancialmente en reposo con respecto al agua que los rodea con la que están en contacto directo, de modo que los elementos (1, 2) se moverán bajo la acción de las olas sustancialmente en la misma forma que una partícula de agua sin perturbar colocada en la misma región, estando mutuamente separados dichos al menos dos elementos sumergidos (1, 2) de modo que asuman posiciones respectivas afectadas de modo diferente por el movimiento del agua inducido por las olas en los que los dos o más elementos sumergidos se mantienen en reposo con respecto al agua que los rodea por dicho medio que comprenden cualquier combinación de los siguientes: agua parcialmente encerrada, paletas, masas de inercia, propulsores.
2. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos elementos superior (1) e inferior (2) comprenden cada uno al menos un tanque (1, 2) lleno con agua y aire, comprendiendo dichos medios de mantenimiento de la posición unos medios de contrapeso asociados con dichos medios de conexión (4).
3. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos medios de conexión comprenden un elemento alargado (4) que se extiende entre dichos elementos y conectado en una forma móvil al menos con dicho elemento sumergido inferior (2).
4. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicho elemento sumergido inferior (2) comprende una pieza de enlace (5) para el enlace del elemento sumergido (2) a dicho elemento alargado (4), comprendiendo dicha pieza de enlace (5) un elemento de bola (12) con un orificio (12a) para el acoplamiento de modo deslizante de dicho elemento alargado (4), siendo giratorio dicho elemento de bola (12) dentro de una carcasa (11a) definida por un cuerpo externo (11) de dicha pieza (5).
5. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 3 ó 4, en el que dicho elemento alargado (4) se conecta a dicho elemento sumergido superior (1) a través de una rótula (8).
6. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dicho elemento alargado (4) se extiende más allá de dicho elemento sumergido inferior (2), comprendiendo dicho medios de conversión de la energía medios de turbinado (6) conectados al extremo inferior (4a) de dicho elemento alargado (4).
7. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dicho elemento alargado (404) se extiende más allá de dicho elemento sumergido inferior (402), comprendiendo dichos medios de conversión de energía medios de recogida del agua (406), conectados al extremo inferior de dicho elemento alargado (404), formando un circuito de agua dentro de dicho elemento alargado (404) y comunicado con dichos medios de recogida del agua (406), y unos medios de turbinado del agua colocados en dicho elemento alargado (404) y accionados por el agua que se suministra por dicho circuito de agua.
8. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dicho elemento alargado (404) comprende un núcleo axial (404b) en el que se forma dicho circuito de agua, extendiéndose desde un bloque central (404d) acoplado dentro de dicho orificio (412a) de dicho elemento de bola (412) y englobando una sala de máquinas para dicho elemento de turbina de agua, y una jaula de refuerzo (404c) que rodea dicho núcleo (404b) y que se proyecta axialmente desde la periferia de dicho bloque (404d).
9. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 8, en el que dichos medios de conversión de la energía comprenden unos medios generadores accionados por el desplazamiento mutuo entre dicho elemento alargado (4, 404) y dicho elemento de bola (12, 412), y entre dicho elemento de bola (12, 412) y dicho cuerpo externo (11, 411).
10. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dichos medios de conexión comprenden una pluralidad de cables (304) fijados con un primer extremo a dicho elemento sumergido superior (301) y con el otro extremo a los pesos (316), pasando dichos cables (304) a través de poleas de desviación (317) soportadas por estructuras (318) montadas sobre dicho elemento sumergido inferior (302), comprendiendo dichos medios de conversión de energía unos medios como dinamo accionados por dichas poleas (317) y alojados dentro, o asociados a, dicho elemento sumergido inferior (302).

11. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 10, en el que dicho elemento sumergido superior (1, 101, 301, 401) tiene un tamaño pequeño con respecto a la más pequeña de las longitudes de onda principales que se desea aprovechar.
- 5 12. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 11, en el que dicho elemento sumergido inferior (2, 102, 302, 462) comprende una pluralidad de tanques (3, 103, 303, 403) dispuestos periféricamente alrededor de una superficie lateral cilíndrica de un cuerpo con forma de disco central (5, 405) o con forma de anillo (305).
- 10 13. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, en el que se conectan una pluralidad de elementos de flotabilidad (9, 109, 309, 409) por medio de cables (10, 110, 310, 410) a una superficie superior (1b, 101b, 301b, 401b) de dicho elemento sumergido superior (1, 101, 301, 401).
- 15 14. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 2 a 12, en el que se conectan una pluralidad de elementos de flotabilidad (113) por medio de cables (115) a los extremos respectivos de travesaños radiales (114) que sobresalen desde dicho elemento sumergido inferior (102).
- 20 15. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicho elemento alargado (4, 104, 404) tiene una estructura extensible axialmente, comprendiendo dichos medios de conversión de energía unos medios generadores accionados por el movimiento de extensión y contracción alternativo del elemento alargado (4, 104, 404).
- 25 16. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende una pluralidad de elementos sumergidos comprendiendo cada uno al menos un tanque (201) lleno con agua y aire, estando dichos elementos sumergidos mutuamente conectados por medio de una pluralidad de elementos alargados (204) de modo que formen un conjunto en 3D, teniendo dichos elementos alargados (204) una estructura axialmente extensible, comprendiendo dichos medios de conversión de la energía unos medios generadores accionados por el movimiento de extensión y contracción alternativo de los elementos alargados (204).
- 30 17. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 16, que comprende cuatro elementos sumergidos (201) conectados por medio de seis elementos alargados (204) de modo que formen un conjunto tetraédrico.
- 35 18. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 16 ó 17, en el que cada elemento alargado (204) comprende una vara (204a) acoplada coaxial y telescópicamente de una manera deslizante dentro de una funda tubular (204b), unos medios generadores que se conectan al extremo inferior de la misma funda de modo que se alimenten por el movimiento alternativo mutuo de la vara y la funda.
- 40 19. El convertidor de energía undimotriz de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que dichos elementos sumergidos (201) tienen un tamaño pequeño con respecto a la más pequeña de las longitudes de onda principales que se desea aprovechar.

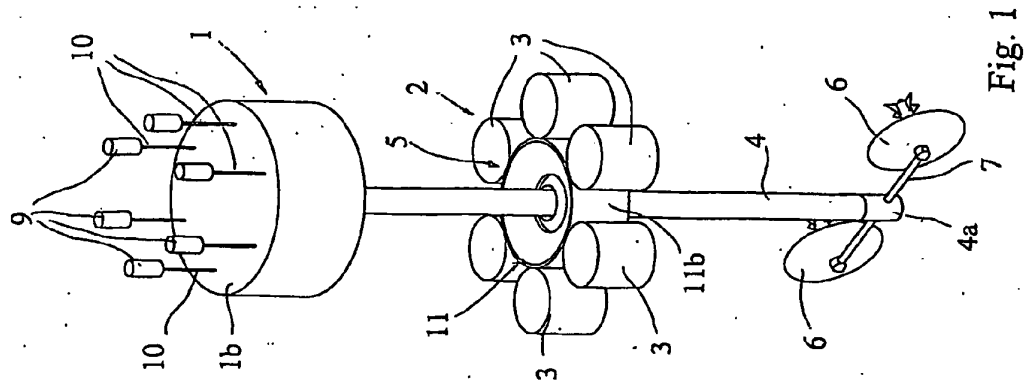


Fig. 1

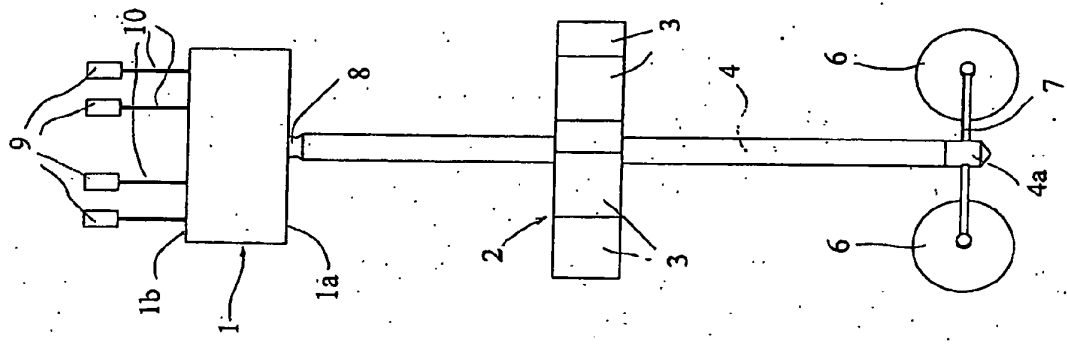


Fig. 2

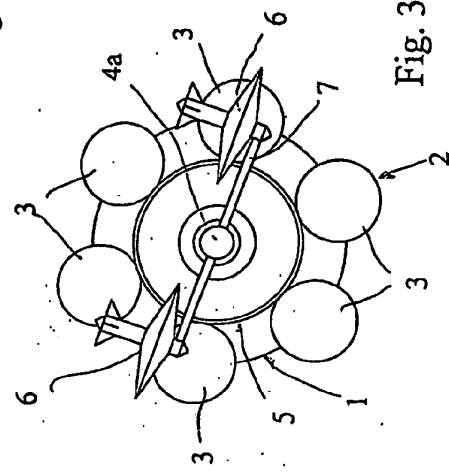


Fig. 3

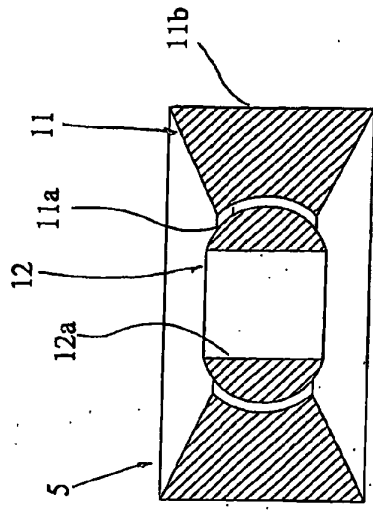


Fig. 4

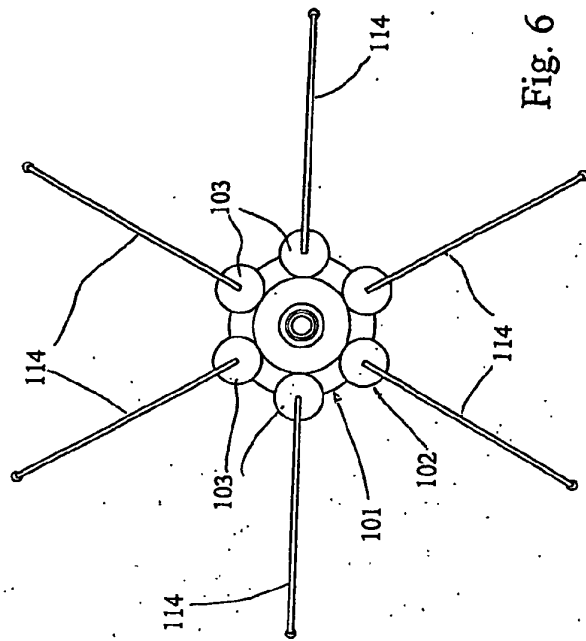


Fig. 6

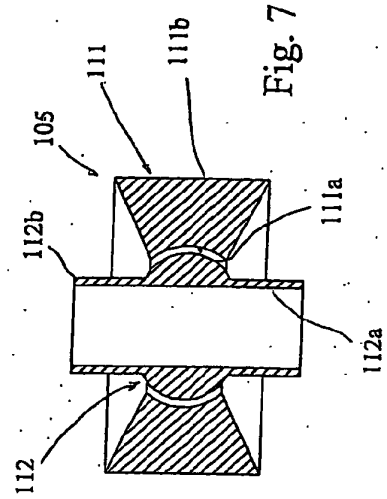


Fig. 7

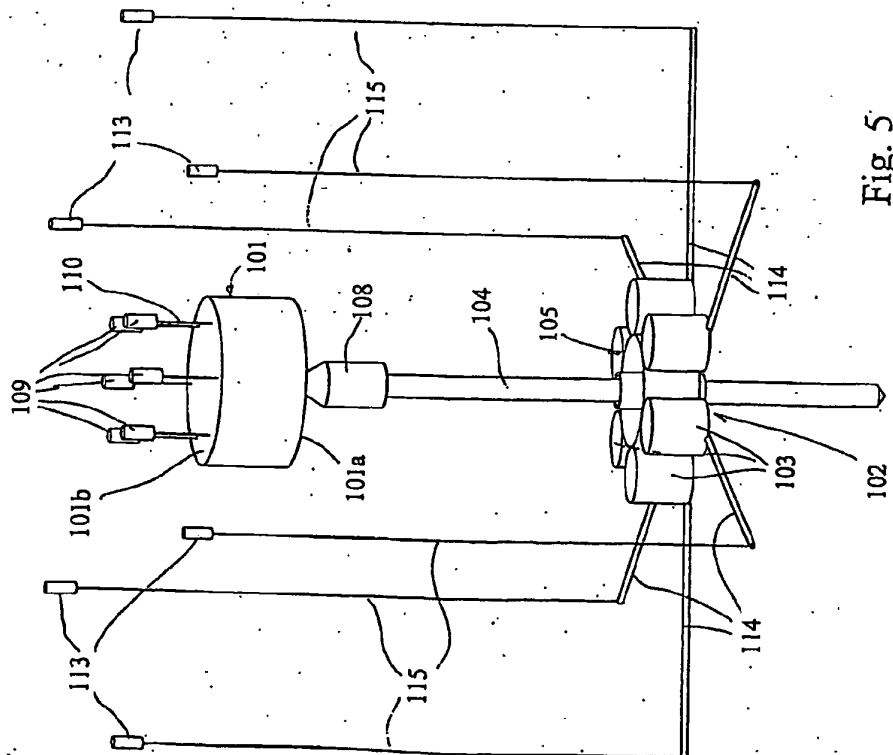


Fig. 5

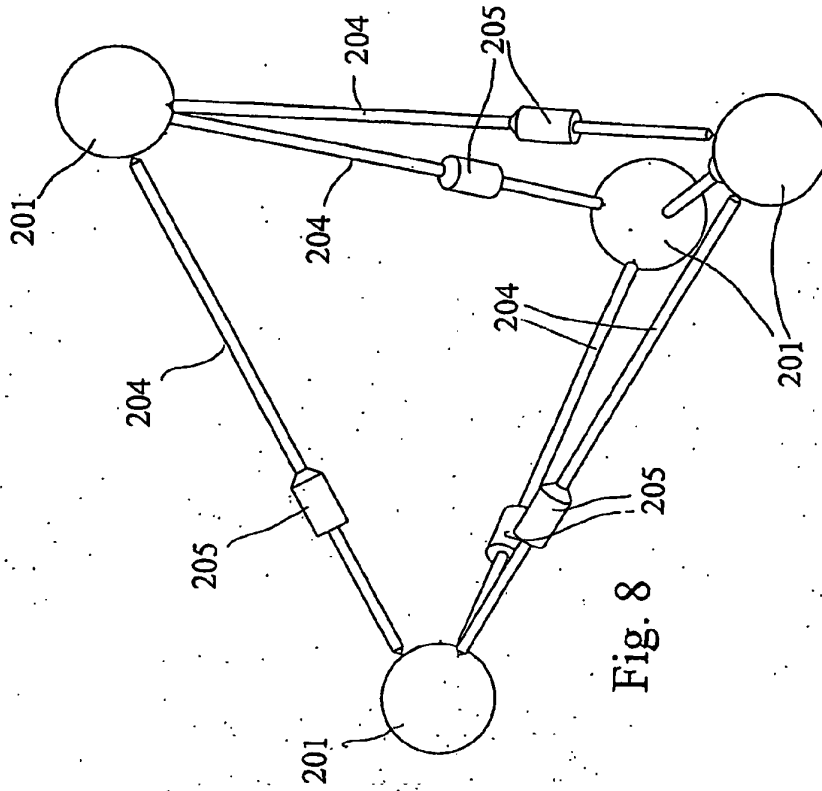


Fig. 8

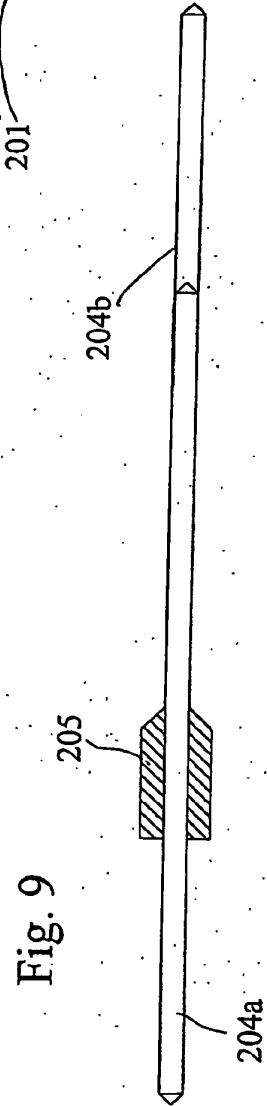


Fig. 9

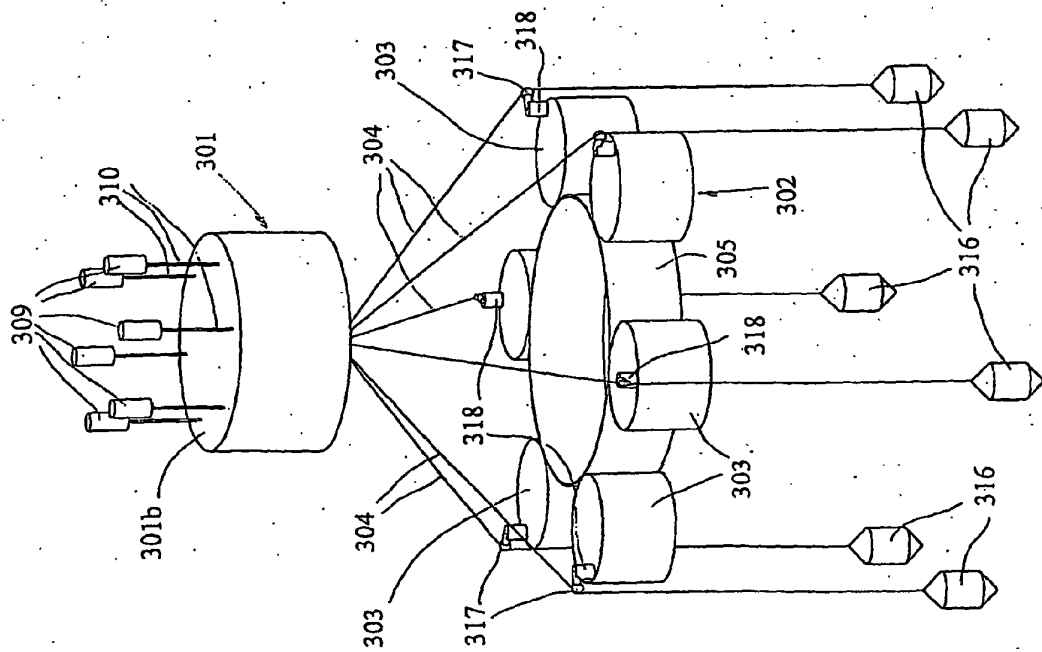


Fig. 10

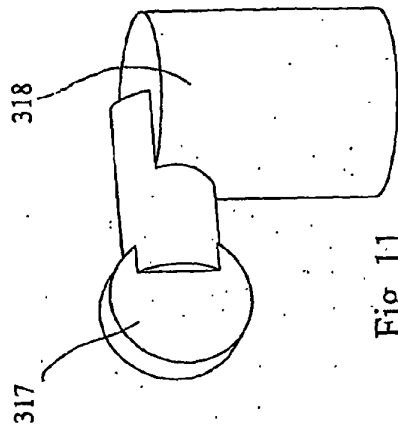


Fig. 11

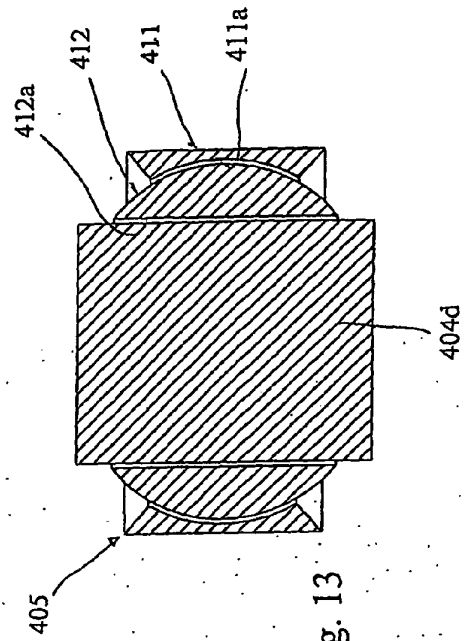


Fig. 13

