

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 538 222**

51 Int. Cl.:

F03B 13/20 (2006.01)

F03B 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2009 E 09707198 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.04.2015 EP 2245299**

54 Título: **Aparato de conversión de energía undimotriz**

30 Prioridad:

07.02.2008 GB 0802291

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

18.06.2015

73 Titular/es:

**PURE MARINE GEN LIMITED (100.0%)
ECIT Building NI Science Park Titanic Quarter
Belfast BT9 9DT, GB**

72 Inventor/es:

**BREWSTER, PAUL y
IRWIN, PHILIP**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 538 222 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 conversión de energía undimotriz

5 El recurso de energía undimotriz sigue siendo una de las mayores fuentes de energía sin explotar en el mundo. La energía undimotriz se produce debido a los movimientos del agua cerca de la superficie del mar. Las olas se forman por los vientos que soplan sobre la superficie del agua. Este movimiento contiene energía cinética, cuya cantidad está determinada por la velocidad y la duración del viento, el área de la superficie del mar sobre la que sopla, la profundidad del agua y las condiciones del lecho del mar. La energía undimotriz también está influenciada por la interacción con los movimientos de las mareas.

Se han hecho muchos intentos para utilizar la energía undimotriz para producir electricidad, agua potable u otros productos útiles relacionados con la energía.

15 La mayoría de los recursos comercialmente accesibles están contenidos en aguas con profundidades superiores a 20 metros, por lo general denominadas alta mar.

Para poder explotar este recurso con un coste comercialmente viable, un convertidor de energía undimotriz normalmente necesita ser flotante y auto reactivo, teniendo un desplazador flotante que comprende un cuerpo a mover por las olas y un reactor que comprende un cuerpo para proporcionar una reacción al desplazador, por lo que la energía cinética del movimiento relativo del reactor y el desplazador debido a la acción de las olas puede ser absorbida por medios adecuados, tales como amortiguadores, bombas o turbinas.

25 El factor clave en el desarrollo de dispositivos de energía undimotriz en alta mar es el coste de la energía que se calcula considerando los costes de capital para construir y desplegar los dispositivos, la operación y el mantenimiento del conjunto de dispositivos de la granja de olas, y la productividad anual global en términos de electricidad generada y suministrada a través del sistema de transmisión a los usuarios finales. Los desarrollos previos de dispositivos flotantes de energía undimotriz autorreactivos se han concentrado en absorbedores puntuales de oscilación vertical y en dispositivos flotantes articulados con bisagras.

30 Un absorbedor puntual puede describirse como una estructura flotante que absorbe la energía en todas las direcciones en virtud de sus movimientos en la superficie del agua, o cerca de la misma. Puede estar diseñado para resonar y puede capturar la potencia sobre una anchura del frente de una ola incidente que sea más ancha que la anchura del dispositivo.

35 Esto es atractivo por razones económicas.

Los dispositivos que están diseñados para extraer energía de los movimientos de oscilación vertical inducidos por las olas tienen una anchura máxima, sobre la que pueden absorber la energía de la ola, que es igual a la longitud de la ola/dos veces π ($\lambda / 2\pi$).

Los absorbedores puntuales de oscilación vertical no pueden aprovechar el movimiento horizontal inducido por las olas.

45 Ejemplos incluyen: -

Finavera Renewables – Aquabuoy
Wavebob Ltd. – WaveBob
Ocean Power Technologies - PowerBuoy

50 El Pelamis tiene una disposición diferente, siendo un dispositivo de energía undimotriz de tipo flotante articulado con bisagras, que es una estructura de tipo serpiente que absorbe la energía undimotriz a través del movimiento del dispositivo tanto arriba y abajo como de lado a lado. Aunque puede hacerse referencia al Pelamis como un dispositivo de energía undimotriz de modos múltiples, no es un absorbedor puntual y su referencia deriva de su longitud. Por lo tanto, normalmente es largo en relación con las olas, mientras que los absorbedores puntuales tienden a ser estructuras de tipo boya cuya anchura es pequeña en relación con las longitudes de ola de las que, por su diseño, absorben energía eficientemente.

60 Es deseable producir energía útil a partir de los movimientos tanto verticales como horizontales inducidos en un sistema. Un absorbedor puntual, que pudiera absorber energía de los movimientos tanto verticales como horizontales del dispositivo debidos a la ola incidente, puede absorber energía sobre una anchura hasta tres veces mayor que un dispositivo de oscilación sólo vertical, y la anchura máxima de absorción viene dada por $3\lambda/2\pi$. Se han hecho algunos intentos para desarrollar un sistema de este tipo, pero parecen ser poco prácticos de realizar o es poco probable que generen costes de generación de electricidad que presenten interés alguno para el desarrollo comercial.

5 En el documento GB 2 414 771 se da a conocer un diseño conocido para un aparato de generación de energía undimotriz que trata de generar energía útil a partir del movimiento tanto horizontal como vertical de las olas. El aparato comprende un flotador, una vasija de reacción y una pluralidad de pistones entre el flotador y la vasija de reacción, en el que el movimiento vertical y/o angular relativo entre el flotador y la vasija de reacción puede convertirse a través de los pistones en energía útil. Sin embargo, los enlaces rígidos entre el flotador y la vasija de reacción son propensos a grandes momentos de flexión y pueden ser poco prácticos y costosos de construir

El documento GB 2 002 052 da a conocer una bomba para conversión de energía undimotriz.

10 Nick Wells ha desarrollado un diseño de un absorbedor puntual de modos múltiples, conocido como Tetron. Este dispositivo utiliza puntales en ángulo dispuestos alrededor de una esfera central, teniendo cada puntal una masa de reacción en un extremo distal del mismo. Las masas de reacción están interconectadas por espías de sujeción no rígidos. Utilizando esta disposición, puede absorberse la energía del movimiento de las olas en las direcciones tanto horizontal como vertical. Sin embargo, la estructura del Tetron es poco práctica debido a los grandes esfuerzos de flexión sobre los puntales.

15 El documento US 4453894 da a conocer una instalación para la explotación de la energía de los océanos, que comprende al menos un miembro flotante, o flotador, capaz de moverse a lo largo de la superficie del mar bajo la acción de las olas, y al menos un miembro de referencia sumergido profundamente, no estando dicho miembro de referencia sustancialmente afectado por las olas. Dado que el miembro de referencia es un miembro sustancialmente inmóvil, el movimiento relativo entre el miembro flotante y el miembro de referencia depende únicamente del movimiento del miembro flotante. En consecuencia, la generación de energía depende únicamente del movimiento del miembro flotante.

20 Un objeto de la presente invención es proporcionar un absorbedor puntual de modos múltiples que sea un convertidor de energía undimotriz, flotante y autorreactivo, que capture la energía de los componentes de energía tanto verticales como horizontales de las olas del océano.

25 De acuerdo con la presente invención, se proporciona un de conversión de energía undimotriz de acuerdo con la reivindicación 1.

30 Dado que tanto el uno o más miembros de boya como la una o más masas de reacción son móviles, puede lograrse un aumento del movimiento relativo entre el/los miembro/s y la/s masa/s. Por ejemplo, si el paso de una ola del océano provoca la oscilación de un miembro de boya, la oscilación del miembro de boya se transmite a una masa de reacción a través de los enlaces a fin de proporcionar dos cuerpos dinámicamente oscilantes. Tanto el miembro de boya como la masa de reacción poseerán cada uno una energía cinética que se puede convertir en energía útil. Si tanto el miembro de boya como la masa de reacción oscilan de manera desincronizada, se aumenta la cantidad total de movimiento relativo entre el miembro flotante y la masa de reacción.

35 Dado que tanto el miembro de boya como la masa de reacción son móviles, la cantidad de movimiento relativo entre el miembro de boya y la masa que se requiere para generar una cantidad particular de energía es menor que el movimiento relativo entre el miembro de boya y la masa requerido para generar la misma cantidad de energía si el miembro de boya o la masa de reacción fueran inmóviles (es decir, fijos). Las corrientes submarinas que fluyen a través de la/s masa/s de reacción también proporcionan energía cinética a la/s masa/s de reacción. Adicionalmente, tanto el/los miembro/s de boya como la/s masa/s de reacción son libres de experimentar movimientos laterales los unos con respecto a las otras que pueden aumentar la cantidad de energía útil producida por el aparato.

40 En particular, el hecho de que tanto el miembro de boya como la masa de reacción se muevan permite extraer la misma energía en comparación con un cuerpo fijo y uno móvil según el documento US 4453894. Esta energía también puede extraerse con una "carrera" más pequeña de un convertidor de energía, tal como un mecanismo de toma de fuerza.

45 El miembro o miembros flotantes son cuerpos de penetración de superficie cuya masa es menor que el volumen de agua que desplazan, por lo que el cuerpo de penetración de superficie presenta una flotabilidad neta positiva. La masa o masas de reacción son cuerpos sumergidos cuya masa es mayor que el volumen de agua que desplazan, por lo que el cuerpo sumergido presenta una flotabilidad neta negativa.

50 El movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya y la, o cada, masa de reacción puede estar causado por los movimientos de las olas del mar o del océano, que también pueden incluir movimientos de las mareas y corrientes (incluyendo las corrientes submarinas).

55 El uno o más miembros de boya pueden ser axisimétricos (es decir, simétricos sobre un eje, siendo dicho eje preferiblemente paralelo a la dirección de la ola, tal como un cilindro). Este diseño permite que los miembros respondan a olas procedentes de cualquier dirección. La una o más masas de reacción pueden ser axisimétricas. Tal diseño permite que las masas respondan a las fuerzas de corrientes submarinas procedentes de cualquier dirección. El uno o más miembros de boya pueden tener cualquier forma, aspecto o diseño adecuados.

Preferiblemente, el uno o más miembros de boya son cilíndricos. El uno o más miembros de boya pueden ser toroidales. La una o más masas de reacción pueden tener cualquier forma, aspecto o diseño adecuados. Preferiblemente, la una o más masas de reacción tienen forma toroidal, o cilíndrica, o elipsoide o esférica.

5 El uno o más miembros de boya y la una o más masas de reacción pueden estar diseñados para tener diferentes respuestas de oscilación vertical, movimiento lineal horizontal y cabeceo (tanto en amplitud como en fase) con ante el movimiento de las olas o entre sí. Preferiblemente, las propiedades hidrodinámicas de al menos uno del uno o más miembros de boya son diferentes a las propiedades hidrodinámicas de al menos una de la una o más masas de reacción. Las olas del mar/océano incidentes harán que el/los miembro/s de boya oscilen. Las oscilaciones del/los miembro/s de boya se transmiten a la/s masa/s de reacción a través de los enlaces. Debido a sus diferentes propiedades hidrodinámicas, cada uno del/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción oscilarán con diferentes amplitudes y fases (es decir, cada uno del/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción tiene diferentes respuestas de oscilación vertical, movimiento lineal horizontal y cabeceo ante las olas del océano/mar incidentes). Esto se traduce en un aumento global del movimiento relativo entre el/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción. Cabe señalar que cada uno del/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción también oscilará con amplitudes y fases que difieren de la amplitud y fase de las olas del océano/mar incidentes, (aunque generalmente la frecuencia de la fuerza de las olas será la misma para ambos).

20 Los enlaces entre los cuerpos oscilantes que reaccionan los unos contra los otros incluyen cables (o enlaces no rígidos) diseñados para estar permanentemente en tensión, lo que proporciona una solución mucho más práctica y rentable que las conexiones rígidas o puntales y evita la necesidad de cojinetes o guías a lo largo de estas conexiones.

25 Los enlaces, en general, permanecen tensos entre el miembro de boya y la masa de reacción. Preferentemente, los enlaces están tensos para que el movimiento de las masas o de los miembros se transmita totalmente de unos a otros. Por ejemplo, el movimiento de las olas a lo largo de la superficie del mar/océano hará que el miembro de boya oscile. Como los enlaces están tensos, el movimiento oscilante del miembro de boya se transmitirá plenamente a la masa de reacción por lo que también comenzará a oscilar. Dado que tanto el miembro de boya como la masa de reacción oscilan, el nivel de tensión de los enlaces variará entre un nivel alto y un nivel bajo de tensión.

30 Cuando el aparato está en uso, los enlaces siempre permanecerán en tensión. La tensión dentro de los enlaces puede variar, por ejemplo la tensión dentro de los enlaces puede variar entre 1 N y 25.000 kN aproximadamente a medida que la/s masa/s de reacción y el/los miembro/s de boya oscilen.

35 Preferiblemente, en uso, los enlaces tienen una tensión de aproximadamente 10.000 KN cuando el/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción no está/n moviéndose (por ejemplo, cuando el agua del mar/océano está en calma).

40 Los enlaces pueden estar dispuestos de tal manera que estén orientados en un ángulo con respecto a un plano definido por al menos uno del uno o más miembros de boya. Los enlaces pueden estar dispuestos de tal manera que estén orientados en un ángulo con respecto a un plano definido por al menos una de la una o más masas de reacción. Los enlaces pueden estar dispuestos cada uno de tal manera que estén orientados con los mismos o diferentes ángulos. Preferiblemente, los enlaces están dispuestos cada uno de tal manera que estén orientados en el mismo ángulo cuando el miembro de boya y la una o más masas de reacción no estén moviéndose. El ángulo de orientación de los enlaces puede ser de entre 0 y 90 grados.

45 Los enlaces están conectados al/los miembro/s de boya y la/s masa/s de reacción en puntos de contacto. Preferiblemente, la distancia entre los puntos de contacto en la una o más masas de reacción será mayor que la distancia entre los puntos de contacto en el uno o más miembros de boya. Tal disposición asegura que la distancia entre enlaces adyacentes disminuya en la dirección desde la una o más masas de reacción hacia el uno o más miembros de boya.

Los enlaces pueden tener cualquier longitud. Preferiblemente, los enlaces tendrán una longitud superior a 5 m.

55 Al menos uno de los enlaces puede comprender uno o más medios de sollicitación. Al menos uno de los enlaces puede comprender además uno o más medios de amortiguación. Preferiblemente, cada uno de los enlaces comprende ambos medios de sollicitación y de amortiguación. Preferiblemente, cada uno de los enlaces comprende un número igual de medios de sollicitación y medios de amortiguación. El medio de sollicitación puede ser un muelle. El medio de amortiguación puede ser un amortiguador.

60 Preferiblemente, la fuerza de sollicitación de los medios de sollicitación es ajustable. Por ejemplo, si un muelle proporciona el medio de sollicitación, entonces la fuerza de empuje puede ajustarse mediante el ajuste de la rigidez del muelle. Preferiblemente, la fuerza de amortiguación de los medios de amortiguación es ajustable. La ventaja de proporcionar medios de sollicitación y de amortiguación ajustables es que se puede calibrar el aparato. Mediante el ajuste de las fuerzas de amortiguación y de sollicitación puede cambiarse el movimiento relativo entre el uno o más miembros de boya y la una o más masas de reacción, al aplicar una fuerza particular. Por ejemplo, el aumento de la fuerza de sollicitación de los medios de sollicitación restringe el movimiento relativo entre el uno o más miembros de

boya y el uno o más miembros de reacción, de modo que se requiere una mayor fuerza para efectuar el movimiento relativo entre el miembro de boya y la masa de reacción.

5 Los enlaces pueden proporcionar una rigidez de entre 100-100.000 kN/m. Preferiblemente, los enlaces proporcionan una rigidez de aproximadamente 2.000 kN/m. Los enlaces pueden proporcionar una amortiguación (resistencia) entre cero e infinito, generalmente en el intervalo de 100-100.000 kNs/m. Preferiblemente, los enlaces proporcionan una amortiguación (resistencia) de 500-10.000 kNs/m aproximadamente. El aparato de conversión de energía undimotriz puede comprender adicionalmente un medio por el cual pueda ajustarse la rigidez y/o la amortiguación proporcionada por los enlaces. Un usuario puede ajustar la rigidez y/o la amortiguación del enlace para ajustar finamente el de conversión de energía undimotriz para adaptarlo a las condiciones del entorno en el que vaya a utilizarse el aparato de conversión de energía undimotriz.

Preferiblemente, los enlaces comprenden acero, polímero o cuerda.

15 El aparato puede ajustarse finamente de manera que sea adecuado para su uso en condiciones variables de tiempo/mar. Los enlaces pueden tener una longitud ajustable. La longitud de los enlaces puede cambiarse para alterar las respuestas dinámicas del sistema, permitiendo así la calibración/descalibración. Mediante el ajuste de la longitud de los enlaces, puede calibrarse el aparato de manera que sea adecuado para su uso en condiciones climáticas variables. Por ejemplo, la longitud de los enlaces puede aumentarse para un aparato que vaya a utilizarse en condiciones de mar tempestuoso. El aumento de la longitud de los enlaces permite aumentar la distancia entre el uno o más miembros de boya y la una o más masas de reacción, permitiendo así situar las masas de reacción a mayor profundidad. Esto aumenta la estabilidad del aparato en el agua. En consecuencia, puede decirse que los enlaces de longitud ajustable proporcionan un medio para calibrar el aparato de modo que sea adecuado para su uso en condiciones climáticas variables.

25 Adicionalmente, proporcionar enlaces de longitud ajustable permite ajustar los ángulos de orientación de los enlaces. El ajuste de los ángulos de orientación de los enlaces altera la respuesta dinámica del aparato cuando se ve sometido a movimientos del mar, tales como olas y corrientes. Al proporcionar un medio para ajustar las dinámicas del aparato, se consigue un mayor control sobre la generación de energía.

30 El aparato puede comprender adicionalmente al menos un tambor. Uno o más de los enlaces pueden enrollarse alrededor del tambor, o desenrollarse del tambor, para poder ajustar la longitud de los enlaces. La configuración y las masas del absorbedor puntual de modos múltiples de la presente invención se seleccionan de manera que las conexiones de cable siempre permanezcan bajo tensión.

35 Los enlaces y el mecanismo de amortiguación que permiten absorber la energía undimotriz están en ángulo de modo que pueda capturarse la energía de los movimientos relativos tanto horizontales como verticales entre los cuerpos oscilantes.

40 Así, la presente invención tiene como objetivo proporcionar un dispositivo de energía undimotriz en alta mar que tenga ventajas significativas de productividad sobre los conceptos conocidos de energía undimotriz, utilizando una estructura y unas conexiones que sean más prácticas y rentables.

Preferiblemente la, o cada, masa de reacción tiene al menos dos de dichos enlaces conectados a la misma.

45 En una realización, dicho al menos un miembro extensible comprende un muelle u otro/s miembro/s alargado/s de solicitación. Alternativamente, dicho al menos un miembro extensible puede comprender un pistón hidráulico o neumático a presión. En una realización adicional, dicho al menos un miembro extensible comprende una bomba de manguera, siendo una manguera de elastómero especialmente reforzada, cuyo volumen interno disminuye a medida que se estira. Puede utilizarse cualquier otro medio por el cual una resistencia a este movimiento relativo pueda convertirse en energía útil, tal como energía eléctrica.

Cada enlace puede comprender un cable alargado conectado en serie con dicho al menos un miembro extensible.

55 Alternativamente, cada enlace puede comprender un miembro elástico alargado que defina dicho al menos un miembro extensible.

60 En una realización, cada enlace puede comprender un cable conectado al o a uno de los miembros de boya por medio de un brazo de palanca en voladizo con un primer extremo montado de forma pivotante sobre dicho miembro de boya y un segundo extremo distal conectado a un extremo de dicho enlace, comprendiendo dicho al menos un miembro extensible un medio de recuperación, tal como un muelle o un pistón a presión, que solicite el brazo de palanca en voladizo en una dirección ascendente.

65 Los medios de conversión de energía pueden incluir medios para mover un fluido en respuesta al movimiento relativo entre el miembro o miembros de boya y la masa o masas de reacción, y uno o más convertidores para convertir la energía cinética de dicho fluido en energía útil. Los medios de conversión de energía pueden incluir al

menos una célula magneto-hidrodinámica, comprendiendo dicho fluido un fluido eléctricamente conductor. Alternativamente, los medios de conversión de energía pueden comprender una turbina, por ejemplo una turbina Pelton, impulsada por dicho fluido en movimiento y que accione un generador de electricidad.

5 El aparato puede comprender adicionalmente uno o más espías de sujeción que se extiendan entre el uno o más miembros de boya o la masa o masas de reacción y una ubicación fija, tal como el lecho marino, para amarrar el aparato en dicha ubicación fija. Preferiblemente, dicho uno o más espías incluyen, o están asociados con, uno o más convertidores para convertir en energía útil la energía cinética del movimiento relativo entre dichos uno o más miembros de boya o dicha una o más masas de reacción y dicha ubicación fija. Preferiblemente, la masa o masas
10 de reacción comprenden una pluralidad de miembros de reacción, medios para permitir el movimiento relativo entre dicha pluralidad de miembros de reacción, y uno o más convertidores para convertir en energía útil la energía cinética de dicho movimiento.

15 En una realización, la masa o cada masa de reacción puede comprender tres miembros de reacción, estando dispuestos los miembros de reacción, y el miembro de boya del que están suspendidos, en una configuración tridimensional adecuada, por ejemplo tetraédrica.

20 La una o más masas de reacción tienen preferiblemente forma aerodinámica para minimizar la resistencia de arrastre del movimiento dinámico de las masas de reacción. La una o más masas de reacción pueden tener forma esférica, toroidal o elíptica.

25 La una o más masas de reacción pueden comprender un cuerpo hueco. El cuerpo hueco puede tener aberturas u orificios en el mismo, de modo que el agua de mar pueda pasar al interior del cuerpo hueco para que el cuerpo hueco no constituya una vasija a presión. Esto permitirá fabricar el cuerpo hueco con un material delgado y barato, dado que no tendrá que soportar la presión del agua. El cuerpo hueco puede estar construido como estructuras de concha. Estas estructuras de concha pueden estar formadas, por ejemplo, con acero y/u hormigón. Preferiblemente, el cuerpo hueco se llena con al menos uno de entre aire, agua u otro material adecuado, tal como, arena o plomo, para proporcionar lastre.

30 La longitud de los enlaces podrá ajustarse alterando el lastre del cuerpo hueco, por ejemplo, para aumentar la longitud de los enlaces podrá reemplazarse con agua el aire del interior del cuerpo hueco. Esto provoca un aumento en el peso del cuerpo hueco, haciendo así que el enlace se estire. Por el contrario, para acortar los enlaces podrá reemplazarse con aire el agua del interior del cuerpo hueco.

35 Al menos una de la una o más masas de reacción puede tener un volumen total de entre 500-4.500 metros cúbicos. Preferiblemente, al menos una de la una o más masas de reacción tendrá un volumen total de 3.149 metros cúbicos aproximadamente.

40 En un ejemplo, al menos una de la una o más masas de reacción puede tener un peso total de entre 750-3.000 toneladas. Al menos una de la una o más masas de reacción puede tener un peso total de entre 1.400 a 1.500 toneladas.

45 Al menos una de la una o más masas de reacción puede comprender hormigón con un volumen de 750 metros cúbicos aproximadamente. El volumen restante puede llenarse parcial o totalmente con agua u otro lastre (por ejemplo, arena y/o plomo) para aumentar el peso de la, o cada, masa de reacción hasta un peso de 4.200 toneladas aproximadamente. Como su fuerza de flotación máxima es ~3.150 toneladas en sí misma, la masa de reacción se hundirá. Sin embargo cuando está conectada a la boya cilíndrica con los enlaces en ángulo, que son susceptibles de estar fabricados con cables de acero o cuerda de polímero, el resultado neto será que la boya cilíndrica ahora flotará con un calado de ~10 m y los enlaces tendrán una tensión de ~1.000 toneladas.

50 Es preferible formar la masa de reacción lo más barata posible. Un material particularmente adecuado es el hormigón.

55 Una o más masas de reacción o contrapesos adicionales pueden estar conectados a la una o más masas de reacción a través de enlaces alargados no rígidos adicionales. Tales enlaces alargados no rígidos adicionales pueden estar provistos de, o asociados con, uno o más convertidores para convertir en energía útil la energía cinética del movimiento relativo entre la, o cada, masa de reacción y dicha una o más masas de reacción adicionales debido a la acción de las olas.

60 El miembro de boya puede comprender una boya cilíndrica. La boya cilíndrica puede comprender una estructura estanca al agua. Preferiblemente, el miembro de boya tiene un diámetro de entre 3m-40m. Más preferiblemente, el miembro de boya tiene un diámetro de entre 10m-30m. Más preferiblemente, el miembro de boya tiene un diámetro de 20m aproximadamente.

Preferiblemente, el miembro de boya comprende hormigón. Preferiblemente, el miembro de boya tiene un peso de entre 1.000-4.000 toneladas. Más preferiblemente, el miembro de boya tiene un peso de 2.200 toneladas aproximadamente. Tal miembro de boya flotará, por sí solo, con un calado de ~6.8m.

5 En una realización, el aparato puede comprender uno solo de dichos miembros de boya y una sola de dichas masas de reacción, extendiéndose dicha pluralidad de enlaces entre los mismos.

10 En una realización alternativa, el aparato puede comprender una pluralidad de dichos miembros de boya y una pluralidad de dichas masas de reacción, una pluralidad de dichos enlaces situados entre dicha pluralidad de miembros de boya y dicha pluralidad de masas de reacción, en el que cada masa de reacción está conectada al menos a dos miembros de boya adyacentes por unos respectivos enlaces, por lo que puede convertirse en energía útil el movimiento relativo causado por la acción de las olas entre dicha pluralidad de masas de reacción y dicha pluralidad de miembros de boya, en las direcciones tanto horizontal como vertical.

15 Puede proporcionarse adicionalmente un medio para restringir el movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya y la, o cada, masa de reacción. Preferiblemente, el medio para restringir el movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya y la, o cada, masa de reacción impide el movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya y la, o cada, masa de reacción. Los medios para restringir el movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya y la, o cada, masa de reacción pueden utilizarse para evitar que el aparato genere cualquier energía mientras se
20 llevan a cabo trabajos de mantenimiento y/o trabajos de reparación del aparato in situ.

De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona una masa de reacción adecuada para su uso en el aparato de conversión de energía según lo descrito anteriormente.

25 De acuerdo con un aspecto adicional de la presente invención, se proporciona un miembro de boya adecuado para su uso en el aparato de conversión de energía según lo descrito anteriormente.

A continuación se describirán realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 La Figura 1 es una vista esquemática de un aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una primera realización de la presente invención;
La Figura 2 ilustra una modificación de la realización de la Figura 1;
La Figura 3 ilustra los componentes internos del miembro de boya de la realización mostrada en la Figura 2;
35 La Figura 4 ilustra la calibración de un de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;
La Figura 5 es una vista esquemática de un aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;
La Figura 6 es una vista esquemática de una configuración del sistema de toma de fuerza, que es parte del
40 aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;
La Figura 7 proporciona una vista ampliada de un conjunto de la figura 6;
La Figura 8 es una vista esquemática de un aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una realización adicional de la presente invención; y
La Figura 9 es una vista esquemática de un aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con una
45 realización adicional de la presente invención.

50 En una primera realización, tal como se muestra en la Figura 1, un aparato de conversión de energía undimotriz 10 comprende un miembro de boya móvil que es una boya flotante 12 que flota sobre la superficie del océano 11. La boya flotante 12 está conectada a una masa de reacción móvil, que es una estructura de reacción sumergida 14, a través de unos espías 16 en ángulo, estando dichos espías en ángulo asociados con los enlaces y el medio de toma de fuerza que permiten el movimiento relativo entre la estructura de reacción 14 y la boya 12, que proporcionan una fuerza de recuperación para mantener la tensión en los espías 16, y que permiten extraer energía al resistir el movimiento vertical y horizontal relativo de la boya de superficie 12 y la estructura de reacción sumergida 14. La boya 12 puede tener cualquier forma o tamaño, siempre y cuando esté diseñada para flotar y soportar la estructura de reacción 14 por debajo de la misma. Los espías 16 pueden estar formados con cualquier material adecuado que
55 tenga suficientes flexibilidad y resistencia a la tracción.

60 En una realización, el medio de toma de fuerza puede comprender una disposición de bomba de tubo Dunlop y una turbina, por ejemplo una rueda Pelton, y un generador eléctrico.

65 Alternativamente, puede utilizarse un conjunto de pistones hidráulicos que actúen en serie con los espías en ángulo. Esto puede integrar un sistema de toma de fuerza más eficiente con el sistema amarrado, tal como un sistema basado en bomba hidráulica. Es poco probable que la eficiencia de la bomba de manguera/rueda Pelton sea tan alta como la de un sistema de toma de fuerza hidráulico, con pistones hidráulicos que accionen conjuntos de motor-generador, preferiblemente con suavizado de potencia proporcionado a través de acumuladores.

Alternativamente, el medio de toma de fuerza pueden comprender una bomba de manguera consistente en una manguera elastomérica especialmente reforzada cuyo volumen interno disminuye a medida que se estira. El ascenso y el descenso del flotador estira y relaja la manguera, presurizando de esta manera el agua de mar, que puede suministrarse a través de una válvula unidireccional a una unidad de turbina y generador.

Alternativamente, los pistones hidráulicos podrán estar conectados a una unidad magnetohidrodinámica (MHD), en la que un fluido conductor de la electricidad se hace pasar a través de un campo magnético, generando una corriente en el mismo. La unidad MDH podrá estar desarrollada para proporcionar una variación de la resistencia a través de la sustitución de los imanes fijos por electroimanes, o una variación de la carga eléctrica en el dispositivo MHD, controlada variando la corriente eléctrica en las bobinas. La patente Estadounidense N° 4.151.423 da a conocer un generador eléctrico magnetohidrodinámico (MHD) para la conversión directa de la energía cinética, utilizando agua de mar conducida que fluye a través de una porción estrechada de un conducto expuesto a un campo magnético fuerte, por lo que se genera electricidad debido al flujo del líquido eléctricamente conductor a través del campo magnético.

Ventajosamente, el campo magnético puede ser generado por un electroimán, pudiéndose variar el campo magnético variando la potencia suministrada al electroimán, por lo que puede variarse la resistencia al flujo del fluido a través del conducto. La capacidad para variar la resistencia del enlace de amortiguación, que absorbe la energía del movimiento de las olas, puede tener ventajas en la maximización de la productividad del dispositivo de energía undimotriz, a través de la calibración del dispositivo para las diferentes condiciones del mar.

Una bomba de manguera puede estar conectada a la unidad magnetohidráulica. Las ventajas de un sistema de este tipo implican la combinación de una bomba de tubo de carrera larga, fiable, con una resistencia que puede estar diseñada para proporcionar una resistencia más variable, y medios más eficientes de generación de electricidad que las combinaciones de bomba de manguera/turbina utilizadas anteriormente.

Debido a que la estructura de reacción sumergida 14 está suspendida por debajo de la boya flotante 12 por medio de espías no rígidos 16, que pueden comprender cables de acero o cualquier otro material de amarre adecuado, tal como cuerda, esto elimina la necesidad de superficies de guía/soposte, con significativas reducciones de tamaño y costes en comparación con la presencia de una conexión rígida para transmitir las fuerzas generadas por el movimiento relativo entre la estructura de reacción 14 y la boya 12. El uso de enlaces de cable elimina la necesidad de cojinetes y guías o puntales que, de otra manera, tendrían que superar significativos problemas de diseño por esfuerzos a flexión y fatiga.

Al menos dos espías 16 pueden estar situados entre la boya 12 y la estructura de reacción 14 para asegurar que los espías 16 se extiendan en una orientación inclinada con la que pueda absorberse el movimiento inducido entre la boya 12 y la estructura de reacción 14 en las direcciones tanto vertical como horizontal. En la realización mostrada en la Figura 1, se proporcionan tres espías 16 dispuestos con una separación uniforme, alrededor de la periferia de la estructura de reacción 14, para asegurar que pueda absorberse la energía de todo el movimiento relativo vertical y horizontal entre la boya y la estructura de reacción, independientemente de la dirección de dicho movimiento. Los enlaces pueden estar diseñados para proporcionar componentes de muelle y componentes de amortiguación, en la conexión entre la boya y la estructura sumergida, que permitan la absorción de la energía procedente del movimiento relativo de la boya y la estructura sumergida inducido por la acción de las olas incidentes que se desplazan sobre la superficie del océano 11.

La estructura de reacción 14 comprende una disposición de uno o más cuerpos aerodinámicos, con una forma optimizada para mantener a un mínimo los efectos de arrastre en el movimiento de la estructura de reacción. Tal estructura puede comprender uno o más de un tanque esférico, un tanque cilíndrico, una combinación de cilindros conectados entre sí en una forma circular o de múltiples lados, o cualquier combinación de los anteriores conectados entre sí ya sea con conexiones rígidas o con conexiones de cable. La estructura de reacción sumergida no necesita necesariamente estar diseñada para ser estanca al agua. El movimiento relativo entre los componentes de la estructura sumergida puede utilizarse para absorber la energía undimotriz, si resultara ventajoso hacerlo, teniendo si es necesario sistemas de amortiguación y componentes de muelle conectados entre las partes de la estructura sumergida. Mantener la flotabilidad de todo el dispositivo puede requerir añadir cierta flotabilidad adicional a la estructura sumergida. Por lo tanto pueden ser necesarios algunos compartimentos estancos al agua.

La estructura de reacción 14 puede estar sujeta mediante espías al lecho marino 13 o a una estructura fija por medio de unas líneas de amarre 25 para amarrar el aparato en una ubicación fija. La posición del lecho marino 13 en la Figura 1 (y en los otros dibujos relevantes adjuntos) no está a escala, en tanto a que las líneas de amarre 25 por lo general se extienden más allá de los espías 16 (y los enlaces asociados), siendo por ejemplo > 30 m o 50-100 m de largo o más, en comparación con los espías 16, etc., que tienen varios metros más de largo, tal como 5-50 m de largo, o 15-30m de largo, de modo que la estructura de reacción 14 por lo general sólo estará varios metros por debajo de la boya 12. Alternativamente, tales líneas de amarre pueden estar conectadas a la boya 12. También se prevé que puedan proporcionarse espías adicionales que se extiendan entre la boya 12 y/o la estructura de reacción 14 y el lecho marino 13 o la estructura fija asociada con medios de toma de fuerza adicionales, para convertir la

energía cinética del movimiento relativo entre la boya 12 y/o la estructura de reacción 14 y el lecho marino 13 o una estructura fija.

5 Debe comprenderse que, aunque en la Figura 1 se ilustra una estructura de reacción 14, cualquier número de estructuras de reacción podrán estar suspendidas del miembro de boya 112. Alternativamente, cuando se proporcionan una pluralidad de estructuras de reacción, la primera estructura de reacción podrá estar suspendida del miembro de boya y cada sucesiva estructura de reacción podrá estar suspendida de la anterior estructura de reacción para proporcionar una cadena de estructuras de reacción suspendidas.

10 Adicionalmente, la posible configuración de la estructura sumergida 14 no se limita a las disposiciones mostradas en el presente documento, y de hecho puede realizarse como una estructura con cualquier número de lados, tal como un cuadrado, hexágono, etc. incluyendo una estructura circular que no precise necesariamente tener un hueco en el centro.

15 En la Figura 2 se muestra una realización alternativa de la invención. Tal como es evidente por el dibujo, el miembro de boya 12 está conectado a la estructura de reacción 14 por medio de una pluralidad de enlaces 16A. Cada uno de los enlaces 16A comprende un componente de muelle 7 y un componente de amortiguación 9. Tal como se muestra en la Figura 2, una masa de reacción adicional o contrapeso 18 está conectado a la estructura de reacción sumergida 14 por unos enlaces 20 adicionales, que también pueden estar asociados con unos medios de toma de fuerza adicionales. Al igual que con los enlaces 16A, cada uno de los enlaces 20 adicionales también está compuesto por un componente de muelle 7 y un componente de amortiguación 9. Alternativa o adicionalmente, la masa de reacción adicional puede estar conectada a la estructura de boya flotante 12. Al proporcionar un componente móvil adicional en el sistema, se introducen posibilidades adicionales de captura de energía. Además, la opción de añadir un contrapeso podrá ayudar a reducir las tensiones en la estructura de reacción sumergida y ofrecer una serie de soluciones de amarre alternativas.

20 La Figura 3 ilustra los componentes internos del miembro de boya 12 mostrado en la figura 2. El miembro de boya 12 comprende una carcasa 3. Un convertidor de energía 41 está situado dentro de la carcasa 3 del miembro de boya 12. El convertidor de energía 41 está conectado a los componentes de amortiguador 9 de los enlaces 16A de tal modo que el movimiento relativo entre la estructura de reacción (no mostrada) y el miembro de boya 12 pueda convertirse en energía útil. Los componentes de muelle 7 de los enlaces 16A también se muestran conectados al exterior de la carcasa 3 del miembro de boya 12.

35 La Figura 4 ilustra una realización adicional de la invención en la que se proporciona un miembro de boya 112 con forma toroidal. La estructura de reacción 14 está suspendida del miembro de boya 112 por medio de espías 16. Una segunda estructura de reacción 24 está suspendida del miembro de boya 112 y sumergida. La segunda estructura de reacción 24 está suspendida por medio de unos espías en ángulo adicionales 22. Los espías en ángulo adicionales 22 están asociados con los enlaces y con el medio de toma de fuerza. El medio de toma de fuerza también proporciona una fuerza de recuperación para mantener la tensión en los espías adicionales 22 y también para permitir extraer energía al resistir el movimiento relativo vertical y horizontal del miembro de boya 112 y la estructura de reacción sumergida 24. En la realización de la Figura 3 se genera energía útil por el movimiento relativo entre el miembro de boya 112 y cualquiera de las estructuras de reacción 14 o 24. También se genera energía útil por el movimiento relativo entre las estructuras de reacción 14 y 24. Debe comprenderse que, aunque en la Figura 4 se ilustran dos estructuras de reacción 14 y 24, cualquier cantidad de estructuras de reacción podrán ser suspendidas del miembro de boya 112. Alternativamente, cuando se proporciona una pluralidad de estructuras de reacción, la primera estructura de reacción podrá estar suspendida del miembro de boya y cada estructura de reacción sucesiva podrá estar suspendida de la estructura de reacción anterior para proporcionar una cadena de estructuras de reacción suspendidas.

50 La posible configuración de la estructura sumergida 14 no se limita a estas disposiciones, y de hecho puede realizarse como una estructura con cualquier número de lados, tal como un cuadrado, un hexágono, etc., incluyendo una estructura circular que no precisa necesariamente tener un hueco en el medio.

55 La Figura 4 también ilustra otra posible realización de la invención en la que la estructura de reacción 14 está suspendida del miembro de boya 112 en una primera posición, tal como se muestra, por medio de espías 16. Cuando se desee o sea necesario, puede 'calibrarse' el aparato para que resulte adecuado para su uso en condiciones variables de tiempo y/o mar. Para lograr esto, podrán extenderse los espías 16 desde el miembro de boya 112 para permitir que la estructura de reacción 14 alcance una posición mostrada por la 'segunda' estructura de reacción 24, suspendida adicionalmente por debajo del miembro de boya 112, de tal modo que los espías se extiendan ahora como espías 22 'con nueva angulación'.

60 El principio general de las estructuras sumergidas es proporcionar masa al sistema dinámico de osciladores minimizando a la vez la introducción de efectos de arrastre en el sistema dinámico. La estructura sumergida se diseñará para proporcionar esta 'masa' de la manera más económica posible, además de mantener la estructura tan aerodinámica como sea posible para reducir cualquier resistencia al avance del movimiento dinámico de todo el

convertidor de energía undimotriz. Un material particularmente adecuado para la estructura de reacción puede ser el hormigón, debido a su bajo coste y facilidad de moldeo.

5 La estructura de reacción puede comprender alternativamente un cuerpo hueco que tenga unas aberturas en el mismo para permitir la entrada del agua de mar, por lo que la estructura no se ve sometida a presión y de este modo no necesita ser diseñada como una vasija a presión. La estructura puede ser abierta para permitir que el agua fluya a través de la estructura para reducir adicionalmente más el arrastre.

10 Se ha establecido que, en un sitio con niveles medios de potencia de ~60 kW/m, un aparato de conversión de energía undimotriz de acuerdo con la presente invención podrá generar 4.700 GWh de electricidad por año. Con fines comparativos, un dispositivo de tamaño similar configurado para capturar energía sólo a partir del movimiento de oscilación vertical podría generar 3.000 GWh. La posibilidad de aumentar la potencia de salida en más del 150%, con costes estructurales similares al concepto de boya de oscilación vertical, puede proporcionar una drástica reducción en los costes de energía, en los que la relación entre la energía generada y los costes de construcción es un factor clave.

15 La Figura 5 ilustra una realización adicional de la invención. Una estructura de reacción 14A de forma ovalada está conectada por medio de unos enlaces 16B a un miembro de boya 12. Los enlaces 16B están formados por cables de acero y pueden conectarse en serie con una disposición de amortiguación por muelle 30 para proporcionar la resistencia requerida para poder variar la longitud total de los enlaces 16B entre posiciones extendidas y no extendidas para permitir el movimiento relativo entre la boya 12 y la estructura de reacción 14A. Las disposiciones de amortiguación por muelle pueden comprender pistones a presión mediante los que el fluido a presión situado en los mismos proporcione la fuerza de recuperación requerida para solicitar cada enlace 16B a su configuración no extendida, y mantener así la tensión en los enlaces 16B durante el movimiento relativo entre la boya y la estructura de reacción.

20 El aparato de conversión de energía undimotriz puede amarrarse al lecho marino 13 o a una estructura fija de manera similar a la mostrada en la figura 1. El sistema de amarre puede consistir en una combinación de líneas de amarre y boyas, si es necesario, conectadas a uno o a ambos del tanque sumergido y la boya flotante, diseñadas para conectar el dispositivo al lecho marino con fines de mantenimiento de la estación. Puede incorporarse algún sistema de amortiguación adicional en el sistema de amarre que proporcione una absorción adicional de energía undimotriz. Las líneas de amarre 25 pueden tener configuraciones compatibles tanto flojas como tensas, según se requiera para una solución de diseño factible. Un conjunto de dispositivos pueden estar interconectados mediante cables de amarre y/o anclajes compartidos para reducir los costes de instalación de un conjunto de dispositivos.

35 En la Figura 6 se muestra otra realización de la invención en la que se proporcionan enlaces en forma de espías 16C que comprenden cables de alta resistencia. Cada espía 16C está conectado a la boya 12 a través de un brazo de palanca en voladizo 40. Entre cada brazo de palanca en voladizo 40 y la boya 12 se proporciona un amortiguador 42 junto con unos muelles 44 para solicitar el brazo de palanca en voladizo 40 en una dirección ascendente. Unos cabos elásticos u otros miembros elastoméricos 144 conectan los brazos de palanca en voladizo 40 a un miembro de soporte 150. Los cabos elásticos 144 también actúan para solicitar los brazos de palanca en voladizo 40 en una dirección ascendente. Los cabos elásticos 144 y los muelles 44 pueden omitirse si el amortiguador 42 proporciona por sí solo suficiente fuerza de recuperación. La disposición mostrada en la figura 6 tiene la ventaja de que todos los componentes funcionales del medio de toma de fuerza están situados en un lugar fácilmente accesible por encima de la superficie del agua.

40 La Figura 7 proporciona una vista ampliada del conjunto de brazo en voladizo 40, el amortiguador 42, el cabo elástico 144 y el muelle 44 de la Figura 6. Como es evidente a partir de los dibujos, el amortiguador 42 está conectada a un medio de conversión de energía 41. El movimiento relativo entre la estructura de reacción (no mostrada) y el miembro de boya 12 se transmite, por medio de los espías 16C, al brazo en voladizo 40 para efectuar el movimiento del mismo. La energía cinética del brazo en voladizo 40 se transmite por medio del amortiguador 42 a un convertidor de energía 41 en el que se produce energía útil. Adicionalmente, el cabo elástico 144 y el muelle 44 aplican una fuerza de recuperación sobre el brazo en voladizo 40 que obliga al brazo en voladizo 40 a regresar a su posición original. La energía cinética demostrada por el brazo en voladizo 40, a medida que retorna a su posición original bajo la influencia de la fuerza de sollicitación aplicada por el muelle 44 y el cabo elástico 144, también se convierte en energía útil por medio del convertidor de energía 41.

50 En la Figura 8 se muestra una realización adicional de la invención. Al igual que en la realización mostrada en la Figura 5, la realización mostrada en la Figura 8 también comprende una estructura de reacción 14A de forma ovalada. Se proporciona una pluralidad de enlaces 16D que conectan la estructura de reacción 14A con el miembro de boya 12. Los enlaces 16D proporcionan el grado requerido de elasticidad para permitir el movimiento relativo entre el miembro de boya 12 y la estructura de reacción 14A, ya sea por estar formados a partir de un material elástico y/o por estar conectados en serie con un muelle. En esta realización, cada uno de los enlaces 16D comprende un amortiguador 50 y un espía 51. El amortiguador 50 está conectado en paralelo con el espía 51 por medio de un cable 52 adicional relativamente no elástico. Se proporcionan unos medios para solicitar el

amortiguador hacia una configuración no extendida para mantener la tensión en el cable 52. Tales medios de sollicitación pueden proporcionarse con el fluido de trabajo en el amortiguador 50.

5 Cada espía 51 puede comprender, o estar conectado en serie con, un tubo hueco que define una bomba de manguera, evitando la necesidad de un amortiguador independiente.

10 Diversas modificaciones y variaciones a las realizaciones descritas de la invención resultarán evidentes para los expertos en la técnica sin apartarse del alcance de la invención según lo definido en las reivindicaciones adjuntas. Aunque la invención se ha descrito en conexión con realizaciones preferidas específicas, debe comprenderse que la invención según se reivindica no deberá limitarse indebidamente a dicha realización específica.

15 Aunque la realización anteriormente descrita analiza una sola estructura de reacción suspendida de una sola boya, en la práctica es probable que se proporcione un conjunto de tales estructuras para proporcionar una mayor capacidad de generación de energía. Tal conjunto de estructuras pueden estar interconectadas para formar una estructura dinámica, tal como se ilustra en la Figura 9, con una pluralidad de boyas 12 y una pluralidad de estructuras de reacción de forma esférica 14B, interconectadas entre sí por una pluralidad de enlaces en ángulo 16A y espías 25, de modo que pueda convertirse en energía útil el movimiento relativo entre cada estructura de reacción y/o cada boya, y las restantes boyas y estructuras de reacción.

20 En tal disposición, cada estructura de reacción puede estar conectada a varias boyas adyacentes por medio de espías inclinados y cada boya, a su vez, conectada a varios miembros de reacción adyacentes para definir un conjunto de miembros entrelazados, pudiendo convertirse en energía útil el movimiento vertical y horizontal entre los miembros. Por ejemplo, cada boya puede estar conectada a tres estructuras de reacción y cada estructura de reacción conectada a tres boyas para definir un conjunto tetraédrico de estructuras interconectadas.

25

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de conversión de energía undimotriz (10) que comprende uno o más elementos móviles de boya (12); una o más masas de reacción móviles (14) ubicadas independiente del lecho marino; estando dichas una o más masas de reacción (14) suspendidas por debajo de dichos uno o más miembros de boya (12) por una pluralidad de enlaces (16), comprendiendo cada enlace un miembro alargado no rígido que permite al, o a cada, miembro de boya (12) y a la, o cada, masa de reacción (14) moverse el uno con relación a la otra; extendiéndose al menos dos de dichos enlaces (16) entre el, o uno de dichos, uno o más miembros de boya (12) y la, o una de dichas, una o más masas de reacción (14) en una orientación inclinada con respecto a la vertical; comprendiendo cada enlace (16), o estando asociado con, al menos un miembro extensible por lo que la longitud efectiva de cada enlace (16) puede variar entre una configuración extendida y una no extendida, de modo que la, o cada, masa de reacción (14) pueda moverse con respecto al, o a cada, miembro de boya (12) y al lecho marino en una dirección tanto vertical como horizontal, proporcionando cada miembro extensible una fuerza de recuperación para solicitar el respectivo enlace (16) hacia una configuración extendida en la que se mantenga el enlace en tensión, y uno o más convertidores para convertir en energía útil la energía cinética del movimiento relativo entre el, o cada, miembro de boya (12) y la, o cada, masa de reacción (14).
2. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en la reivindicación 1, en el que las propiedades hidrodinámicas de al menos un miembro de boya (12) son diferentes a las propiedades hidrodinámicas de al menos una masa de reacción (14).
3. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que la, o cada, masa de reacción (14) tiene al menos dos de dichos enlaces (16) conectados a la misma inclinados en diferentes direcciones.
4. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que dicho al menos un miembro extensible (16) comprende un medio de sollicitación (7, 44), y/o un amortiguador (9, 30, 42).
5. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que dicho al menos un miembro extensible comprende una bomba de manguera.
6. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que cada enlace (16C) comprende un cable conectado al miembro, o a uno de los miembros, de boya (12) por medio de un brazo de palanca en voladizo (40) que tiene un primer extremo montado de forma pivotante sobre dicho miembro de boya (12) y un segundo extremo distal conectado a un extremo de dicho enlace (16C), comprendiendo dicho al menos un miembro extensible un medio de recuperación que solicita el brazo de palanca en voladizo (40) en una dirección ascendente.
7. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que dichos uno o más convertidores incluyen al menos una célula magnetohidrodinámica, en el que la célula magnetohidrodinámica incluye un electroimán para generar un campo magnético, por lo que la energía suministrada al electroimán puede variarse para ajustar la restricción de flujo efectiva de la célula para poder calibrar el aparato para su uso en diferentes condiciones del mar o del océano.
8. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que la, o cada, masa de reacción (14) comprende una pluralidad de miembros de reacción, para permitir el movimiento relativo entre dicha pluralidad de miembros de reacción, incluyendo uno o más convertidores para convertir la energía de tal movimiento en energía útil.
9. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en la reivindicación 8, en el que la, o cada, masa de reacción (14) comprende una pluralidad de miembros de reacción, estando dispuestos la pluralidad de miembros de reacción y el miembro de boya (12) del que están suspendidos en una configuración tridimensional adecuada.
10. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que dichas una o más masas de reacción (14) tienen una forma esférica, toroidal o elíptica y/o dichos uno o más miembros de boya (12) tienen una forma cilíndrica.
11. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que dichas una o más masas de reacción (14) comprenden un cuerpo hueco que tiene aberturas u orificios en el mismo.
12. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquier reivindicación precedente, en el que una o más masas de reacción adicionales o contrapesos (18, 24) están conectados a la una o más masas de reacción (14) a través de enlaces alargados no rígidos (20, 22).

13. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en la reivindicación 12, en el que dichos enlaces alargados no rígidos (20, 22) están provistos de, o asociados con, uno o más convertidores para convertir en energía útil la energía cinética del movimiento relativo entre la, o cada, masa de reacción y dichas una o más masas de reacción adicionales.
- 5
14. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende uno solo de dichos elementos de boya (12) y una sola de dichas masas de reacción (14), extendiéndose dicha pluralidad de enlaces (16) entre los mismos.
- 10
15. Un aparato de conversión de energía undimotriz según lo reivindicado en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, que comprende una pluralidad de dichos miembros de boya (12) y una pluralidad de dichas masas de reacción (14B), estando situados una pluralidad de dichos enlaces (16A) entre dicha pluralidad de miembros de boya (12) y dicha pluralidad de masas de reacción (14B), en el que cada masa de reacción (14B) está conectada al menos a dos miembros de boya (12) adyacentes por los respectivos enlaces (16A), por lo que el movimiento relativo entre dicha pluralidad de masas de reacción (14B) y dicha pluralidad de miembros de boya (12) en la dirección tanto horizontal como vertical puede convertirse en energía útil.
- 15

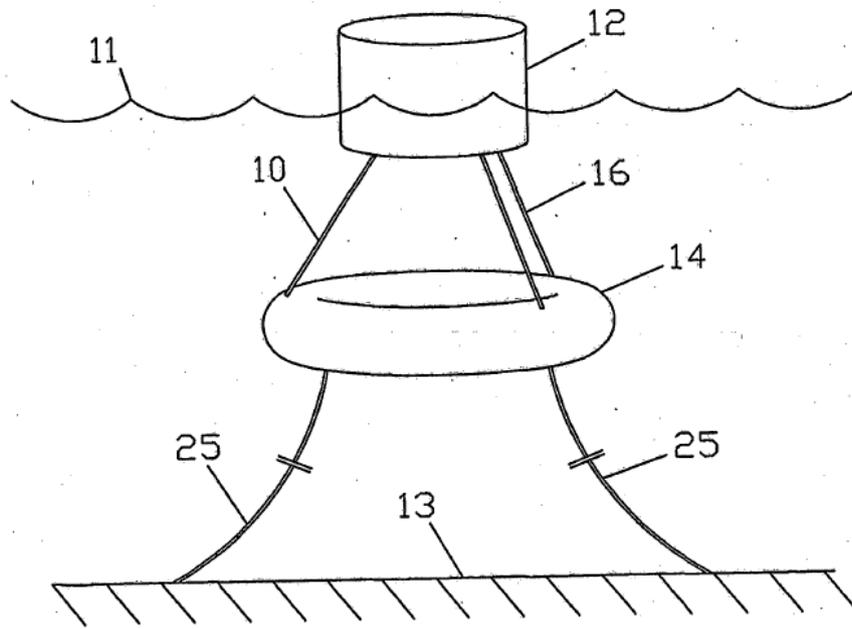


Fig 1

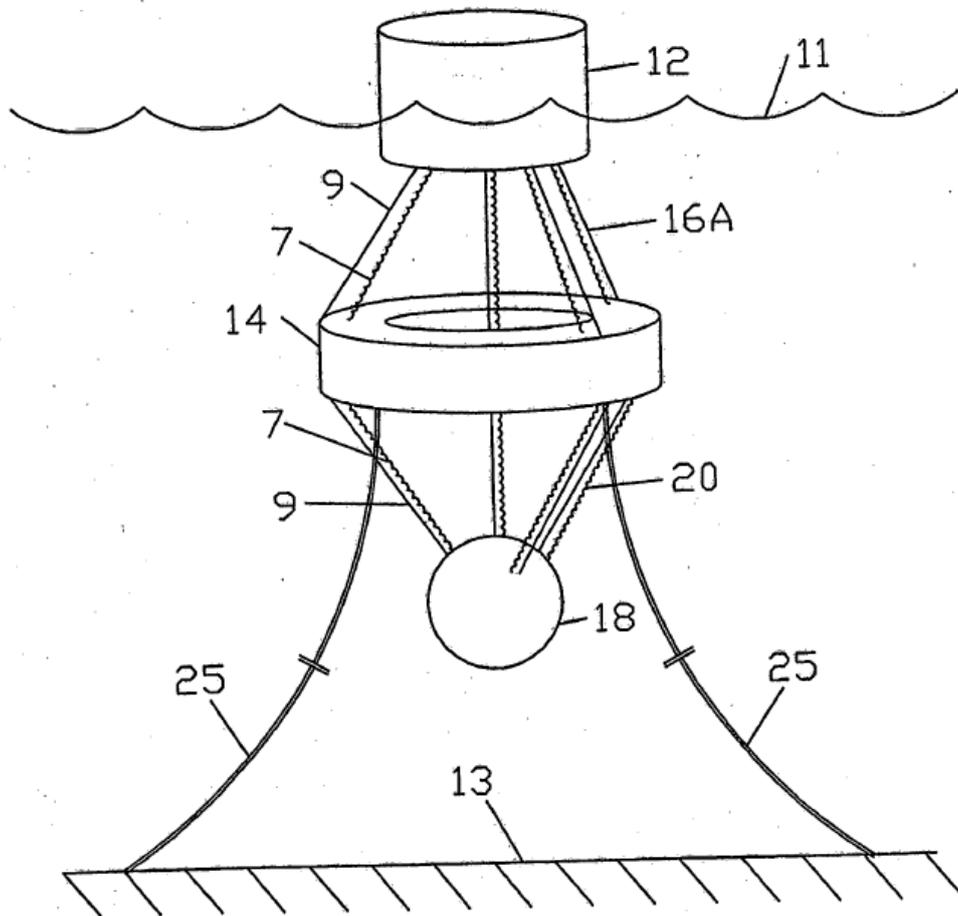


Fig. 2

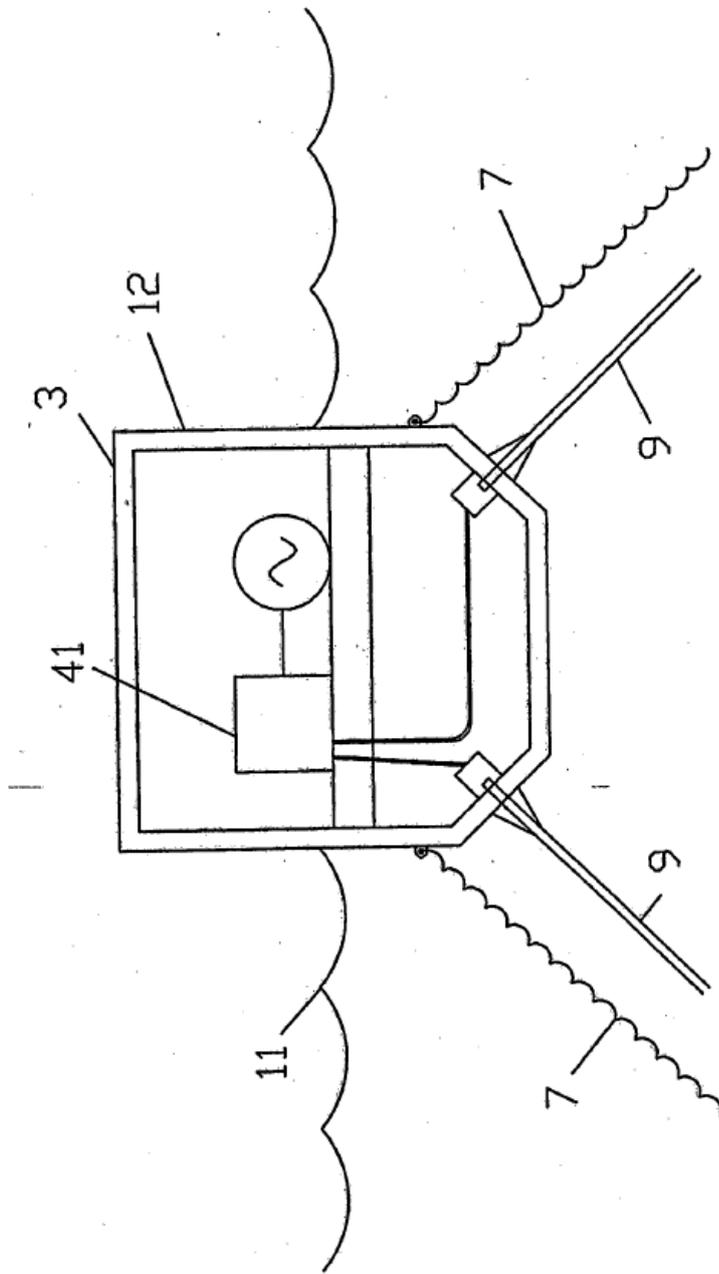


FIG. 3

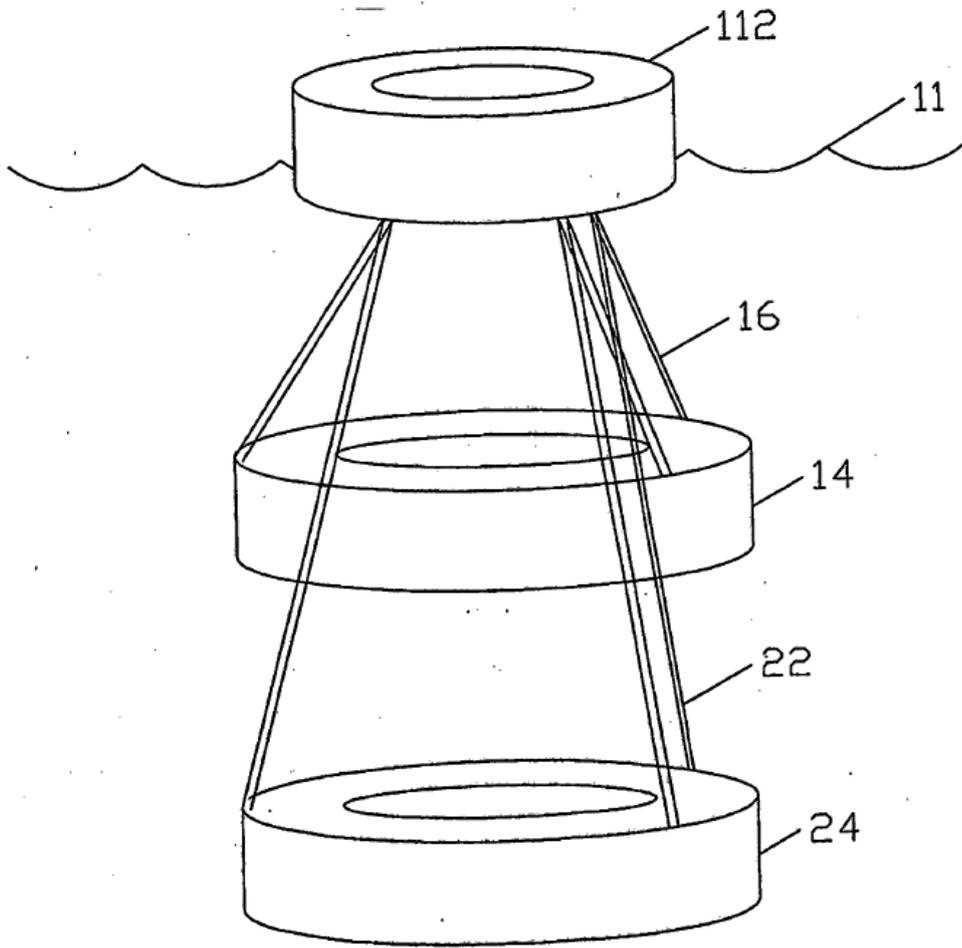


Fig.4

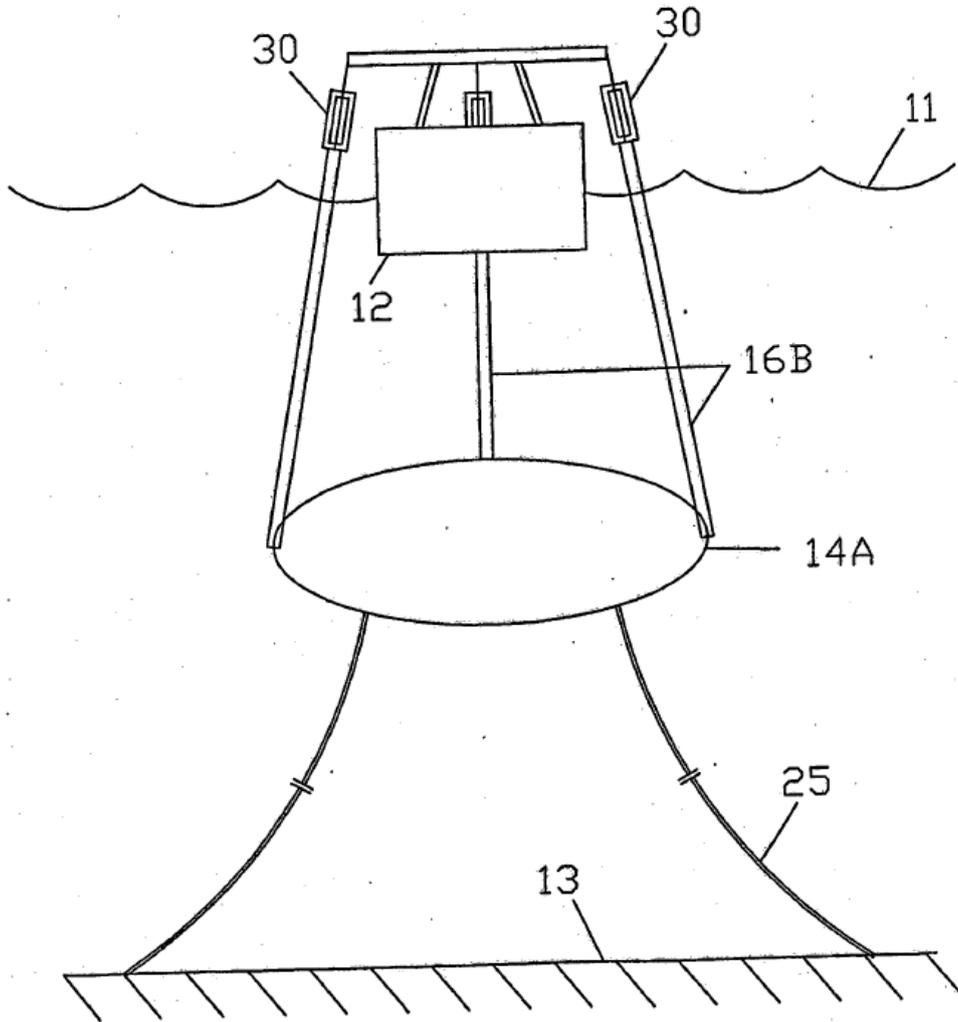


Fig.5

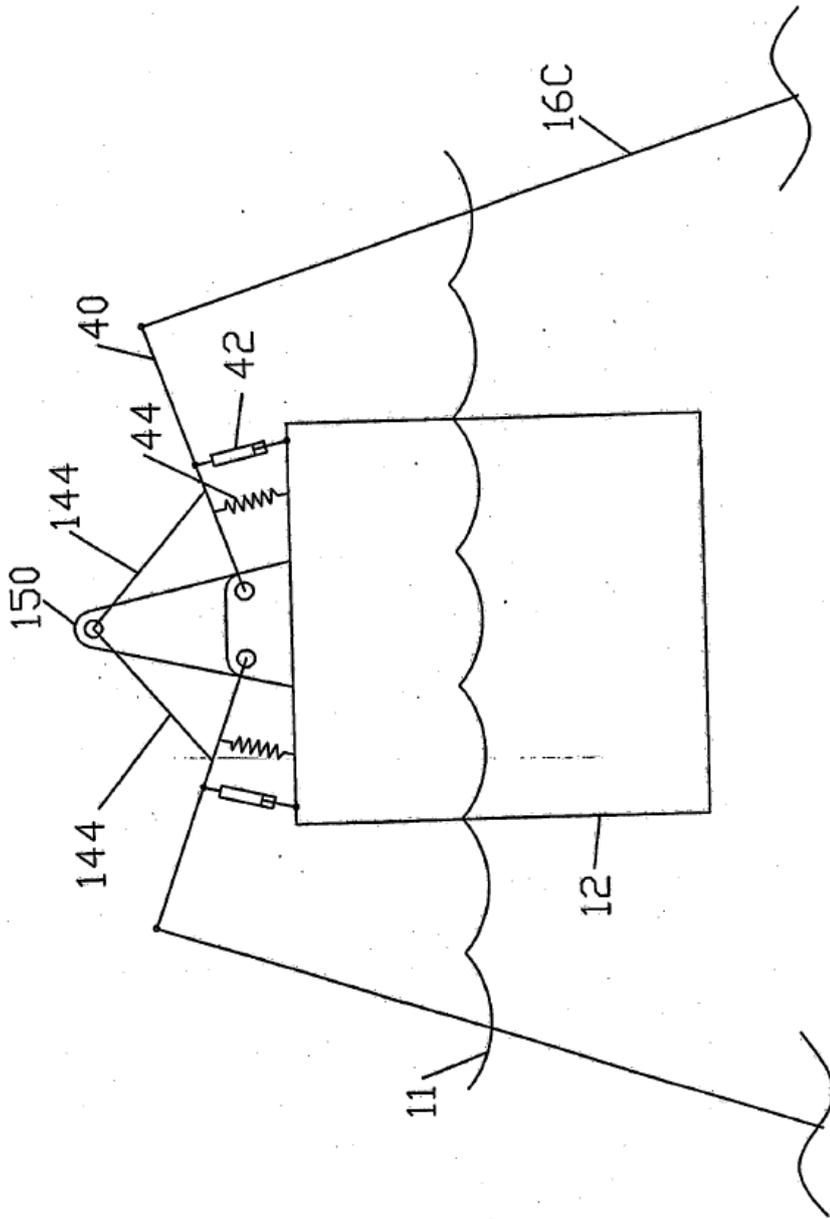


Fig. 6

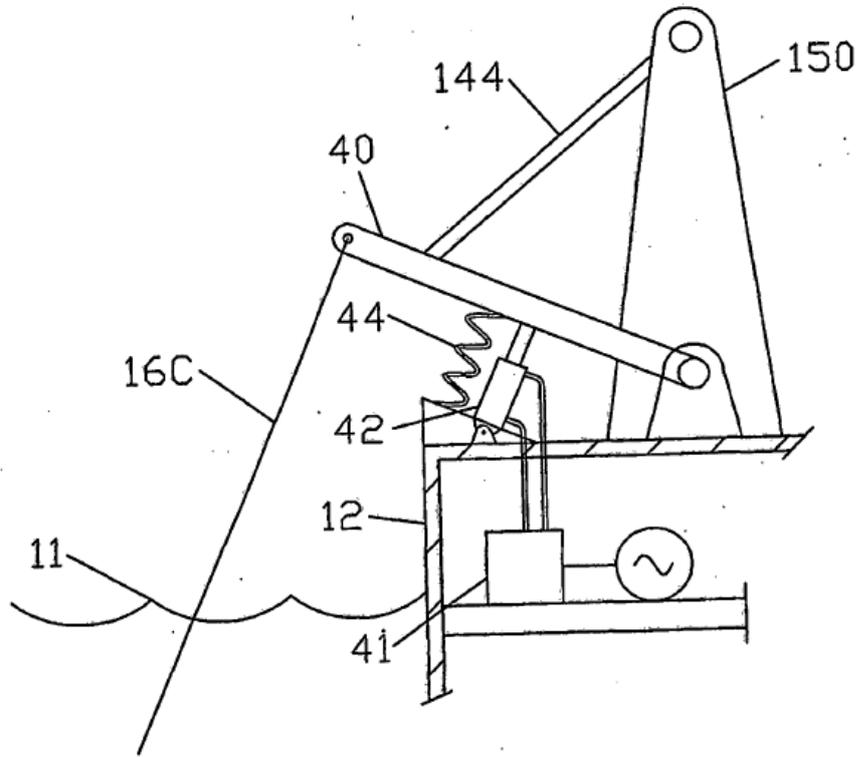


Fig. 7

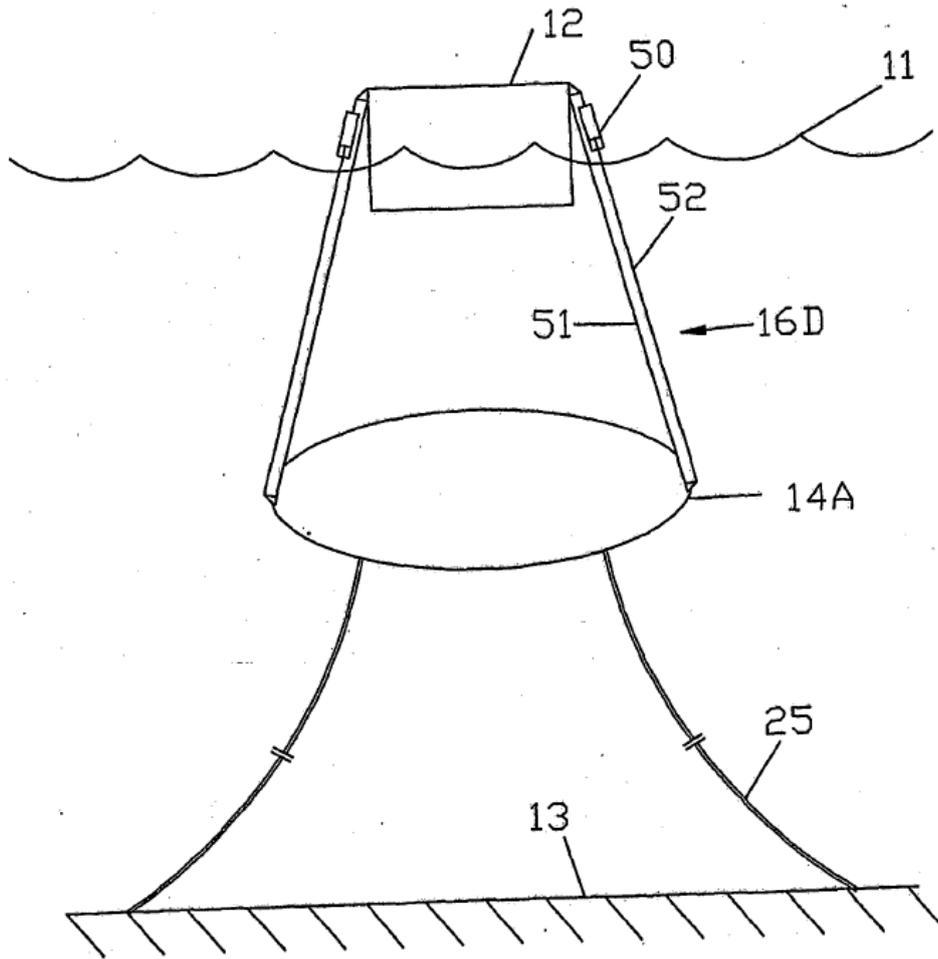


Fig. 8

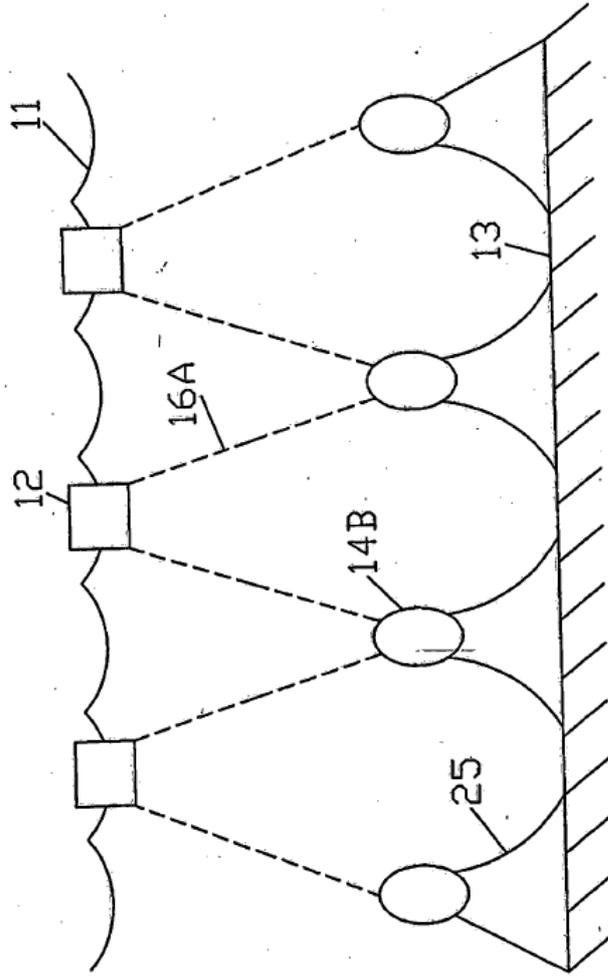


FIG. 9