

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 601 527**

51 Int. Cl.:

F03B 13/16 (2006.01)

F03B 13/18 (2006.01)

F03B 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.11.2007 PCT/NZ2007/000343**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.05.2008 WO08063086**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2007 E 07860987 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2016 EP 2094966**

54 Título: **Convertidor de energía de las olas**

30 Prioridad:

21.11.2006 NZ 55148506

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

15.02.2017

73 Titular/es:

**CALLAGHAN INNOVATION (100.0%)
Gracefield Research Centre, 69 Gracefield Road
Lower Hutt 5010, NZ**

72 Inventor/es:

**GARDINER, ALISTER;
LE-NGOC, LAN y
CAUGHLEY, ALAN JAMES**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 601 527 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 de las olas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un convertidor de energía de las olas. En particular, aunque no exclusivamente, el convertidor de energía de las olas es capaz de extraer energía útil, tal como energía eléctrica, por ejemplo, a partir del movimiento de las olas en una masa de líquido, tal como, pero no necesariamente el mar.

Antecedentes de la invención

10 La energía de las olas ha sido identificada como una posible fuente de energía renovable. Se han propuesto diversos dispositivos de conversión de energía de las olas que tienen como objetivo extraer energía útil a partir de movimiento de las olas en una masa de líquido, tal como el mar. Las olas se crean a través de la transferencia de energía eólica a la superficie de los cuerpos de agua. La energía de las olas se propaga por largas distancias en aguas profundas con mínima atenuación de las fluctuaciones de velocidad y presión interactivas dentro de la masa de agua. El cincuenta por ciento de la energía se propaga por las fluctuaciones de presión y cincuenta por ciento en fluctuaciones de velocidad. Un dispositivo de conversión de energía de las olas de éxito debe maximizar la interacción con estos vectores de energía, que están cambiando continuamente durante intervalos de tiempo que van desde segundos a años. Los dispositivos de conversión de energía de las olas conocidos generalmente se dividen en dos categorías, a saber, dispositivos de longitud de onda y absorbedores puntuales.

20 Los dispositivos de longitud de onda abarcan físicamente las olas de cresta a cresta para proporcionar una referencia flotante para las fuerzas de desplazamiento de la ola, y por lo tanto son muy grandes estructuras de al menos 100 a 200 metros de longitud. Es difícil diseñar un dispositivo rentable de este tamaño que puede responder a los cambios a corto plazo en características de las olas, y por lo tanto dispositivos grandes tienden a tener baja eficiencia global de la conversión. Los absorbedores puntuales son más pequeños y potencialmente más adaptables a las condiciones cambiantes de las olas y por lo tanto pueden tener mayor eficiencia práctica. Utilizan algún otro tipo de referencia, por ejemplo, el lecho marino o la costa, o por medio de una inercia suficiente en uno de los componentes del sistema. Existen muchos tipos diferentes de absorbedores puntuales, incluidas las columnas de agua oscilante y boyas de agitación.

25 Los dispositivos basados en la columna de agua oscilante utilizan por lo general un tubo vertical o cámara en la que el oleaje de las olas de ida y vuelta conduce aire a través de un dispositivo de conversión de energía tal como una turbina de aire.

30 Los absorbedores puntuales de boyas de agitación usualmente operan de modo vertical, a menudo se hace referencia como "agitación", y por lo general utiliza un flotador de superficie que sube y baja con las olas que pasan y reacciona contra el fondo del mar o la inercia de un componente conectado para extraer energía útil. Un tipo común de punto absorbente se conoce como un sistema de boya de agitación de auto-reacción que utiliza una boya de agitación que reacciona contra una placa de arrastre suspendida y sumergida por debajo de la región de la energía de ola activa, o una masa inercial interna que está diseñada para resonar en el periodo de la ola. Existen esencialmente los siguientes tres componentes básicos para un sistema de boya de agitación de auto-reacción: una boya de agitación que flota en la superficie del mar, alguna forma del dispositivo de reacción suspendido y sumergido debajo de la superficie, y una resistencia de carga o toma de energía colocada entre ellos. Las técnicas de toma de energía limitan la capacidad de adaptación a las condiciones del oleaje y rechaza a los beneficios inherentes de la respuesta de absorbedores puntuales. Los absorbedores puntuales de transmisión directa minimizan estas limitaciones como las características de respuesta del dispositivo pueden ser controladas en gran medida por la carga de la toma de energía aplicada al dispositivo.

45 También se han propuesto variaciones de los sistemas de boyas de agitación de auto-reacción básicos descritos anteriormente. Por ejemplo, la Patente de los Estados Unidos 6,857,266 describe un convertidor de energía de las olas que extrae energía útil basado en el movimiento relativo entre dos dispositivos, cada dispositivo que comprende un flotador de superficie y un cuerpo sumergido. El movimiento relativo de los dos dispositivos en respuesta a una ola que pasa se puede utilizar para efectuar una transferencia de energía cuando los dispositivos están conectados por enlaces que por lo general están dispuestos para operar como tomas de energía, por ejemplo, pueden ser dispositivos hidráulicos que están dispuestos para impulsar un generador eléctrico.

50 Otro tipo de diseño basado en el punto de absorción, conocido como un " boya de agitación y cabeceo", se describe en la patente japonesa 3218462. La agitación y cabeceo de boya está dispuesto para extraer la energía útil de movimiento de agitación y también por el movimiento horizontal de rotación, a menudo denominado "cabeceo", causado por la reducción exponencial de la energía con la profundidad de las olas. En particular, las olas que pasan excitan la boya de agitación y cabeceo para oscilar en dos direcciones, es decir, verticalmente para movimiento de agitación y horizontalmente para el movimiento de cabeceo. Más específicamente, el movimiento de agitación se crea en la dirección vertical por la energía potencial de las olas y movimiento de cabeceo se crea en la dirección

horizontal por la energía cinética de la ola. La boya de agitación y cabeceo tiene dos flotadores, un flotador principal y un sub-flotador. Las placas unen a los dos flotadores juntos y un brazo de enlace los conecta a una torre de referencia que está fijada al fondo del mar. El brazo de enlace está conectado de manera giratoria a la torre en un extremo y conectado de forma giratoria al flotador principal en el otro extremo. El flotador principal está dispuesto para extraer energía de las olas a través de sus movimientos de agitación y cabeceo. En particular, el flotador principal está diseñado para resonar con las olas en la agitación y la agitación del sub-flotador también hace que el flotador principal cabecee. Los movimientos oscilación y cabeceo son detectados por el desplazamiento giratorio relativo en las dos conexiones giratorias que son a su vez acopladas a dos bombas de paletas rotatorias para que el movimiento se pueda convertir en energía hidráulica de aceite para un accionar un motor de aceite de un generador eléctrico.

Otro tipo de diseño basado en absorbedores puntuales se propone en la Patente de los Estados Unidos 3,631,670. El dispositivo propuesto comprende dos cuerpos flotantes que están unidos por una barra oscilante. En funcionamiento, los dos flotadores se mecen de arriba y hacia abajo en el agua a diferentes frecuencias y esto imparte un movimiento de balanceo en la varilla oscilante. El dispositivo también comprende un mecanismo para convertir el movimiento de balanceo de la varilla oscilante en un movimiento de giro que se puede utilizar para accionar un generador de energía eléctrica.

En esta memoria descriptiva, donde se ha hecho referencia a las especificaciones de patente, otros documentos externos, u otras fuentes de información, son generalmente con el propósito de proporcionar un contexto para la discusión de las características de la invención. Salvo que se indique específicamente lo contrario, la referencia a tales documentos externos no debe interpretarse como una admisión de que tales documentos, o dichas fuentes de información, en cualquier jurisdicción, son de la técnica anterior, o forma parte del conocimiento general común en la técnica.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un convertidor de energía de olas mejorado para la extracción de energía útil a partir del movimiento de las olas en una masa de líquido, o al menos proporcionar al público una opción útil.

Resumen de la invención

En un primer aspecto, la presente invención consiste ampliamente en una auto-reacción y en la conversión de la energía flotante de las olas para extraer energía útil a partir del movimiento de las olas en una masa de líquido, que comprende: un flotador activo que está dispuesto para flotar sustancialmente hacia o sobre la superficie del líquido, y está dispuesto tanto a la agitación como al oleaje en respuesta al movimiento de las olas que actúan sobre el flotador activo; un cuerpo reactivo alargado que se extiende longitudinalmente entre un extremo superior y un extremo inferior, y que tiene un centro de masa situado en o hacia su extremo inferior y por debajo de su centro de flotación de tal manera que está dispuesto para ser suspendido en una posición vertical sustancialmente vertical y sustancialmente sumergido estando en el líquido por debajo de la superficie, y el cuerpo reactivo que tiene una superficie y una longitud que se extienden en el líquido de la superficie de tal manera que cabecea alrededor de un centro de rotación situado en, o hacia su extremo inferior en respuesta a movimientos de las olas que actúan sobre el cuerpo reactivo, el flotador activo y el cuerpo reactivo están acoplados de forma giratoria en o hacia el extremo superior del cuerpo reactivo para el movimiento de giro con respecto al otro alrededor de un solo eje de giro en respuesta al agitación y la flotación del flotador activo y el cabeceo del cuerpo reactivo causado por el movimiento de las olas en la masa de líquido y en donde el flotador activo y el cuerpo reactivo están acoplados de forma giratoria para permitir que el flotador activo rote completamente 360° alrededor del eje de giro individual; y un sistema de salida de energía que es accionado operativamente por el movimiento de giro alrededor del eje de giro para capturar la energía útil.

Preferiblemente, el flotador activo está dispuesto para tener una inercia baja a media tanto en las direcciones vertical como horizontal para mejorar los movimientos de agitación y de oleaje respectivamente.

Preferiblemente, el flotador tiene forma activa con una o más superficies de arrastre en la que el movimiento de las olas actúa para mejorar los movimientos del oleaje.

En una forma, el flotador activo es al menos parcialmente en forma de hidropiano para crear la fuerza de elevación para mejorar los movimientos de agitación y/o de oleaje en respuesta a la actuación de ola de movimiento en el flotador activa. En otra forma, el flotador activo comprende uno o más componentes en forma de hidroala que se extienden desde la parte inferior del flotador activa en un estado sumergido debajo de la superficie del líquido, el(los) componente(s) en forma de hidroala que tiene(n) una orientación con respecto al flotador activo que está dispuesto para crear la fuerza de elevación para mejorar los movimientos de oscilación y/o de oleaje del flotador activo como movimiento de las olas actúa sobre el(los) componente(s) en forma de hidroala.

Preferiblemente, el flotador activo tiene un peso específico de menos de uno.

ES 2 601 527 T3

Preferiblemente, el flotador activo tiene una relación de flotabilidad con el peso en el intervalo de 1.5:1 a 10:1. Más preferiblemente, el flotador activo comprende una relación de flotabilidad con el peso de 2:1 a 4:1.

- 5 Preferiblemente, el flotador activo es sustancialmente alargado y está definido sustancialmente por una anchura que se extiende paralela al eje de giro, una longitud que se extiende perpendicularmente al eje de giro, y una profundidad que se extiende perpendicularmente a la anchura y la longitud del flotador activo.

En una forma, el flotador activo tiene un perfil de sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de su longitud. En otra forma, el flotador activo tiene un perfil de sección transversal no uniforme a lo largo de su longitud.

- 10 Preferiblemente, el flotador activo es un componente sustancialmente alargado que se extiende entre un primer extremo próximo al cuerpo reactivo y un segundo extremo distal al cuerpo reactivo, el área de sección transversal entre los extremos está definida periféricamente por las superficies opuestas superior e inferior que están unidas por superficies laterales opuestas, la superficie superior está dispuesta para enfrentarse hacia el cielo y la superficie inferior dispuesta para quedar orientada hacia y en el líquido. Más preferiblemente, el primero y/o segundo extremos del flotador activo actúa como una superficie de fricción sobre la que actúan los movimientos de las olas al crear fuerza de arrastre para mejorar los movimientos de oleaje del flotador activo.

- 15 Preferiblemente, el cuerpo reactivo está dispuesto para tener un medio de alta inercia en la dirección vertical para reducir al mínimo los movimientos de agitación que están en fase con el movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo reactivo y bajar la inercia de giro medio alrededor de un eje horizontal que es paralelo al eje de giro para mejorar movimientos de cabeceo del cuerpo reactivo en respuesta a la actuación del movimiento de las olas en el cuerpo reactivo.

- 20 En una forma, el cuerpo reactivo tiene al menos parcialmente forma de hidroala de tal manera que el movimiento de las olas que actúa sustancialmente vertical sobre el cuerpo reactivo crea una fuerza de sustentación horizontal en el cuerpo reactivo para mejorar los movimientos de cabeceo del cuerpo reactivo. En otra forma, el cuerpo reactivo comprende uno o más componentes en forma de hidroala sobre los cuales actúa el movimiento de las olas sustancialmente vertical para crear una fuerza de sustentación horizontal en el cuerpo reactivo para mejorar los movimientos de cabeceo del cuerpo reactivo.
- 25

Preferiblemente, el cuerpo reactivo está dispuesto para tener una gravedad específica de aproximadamente uno de tal manera que tenga ya sea una flotabilidad neutra o ligeramente positiva o ligeramente negativa con respecto a la masa de líquido.

- 30 Preferiblemente, el cuerpo reactivo tiene una relación de flotabilidad con el peso en el intervalo de 0.8:1 a 1.2:1. Más preferiblemente, el cuerpo reactivo está dispuesto para tener una relación de flotabilidad con el peso en el intervalo de 0.9:1 a 1.1:1.

- 35 Preferiblemente, el cuerpo reactivo tiene suficiente anchura perpendicular a su eje longitudinal a lo largo de al menos una parte de su longitud que se extiende desde su extremo inferior con el fin de crear un área suficientemente grande de superficie activa sobre el cual movimiento de las olas actúa para causar movimientos de cabeceo del cuerpo reactivo. Más preferiblemente, el cuerpo reactivo se define sustancialmente por una longitud que se extiende entre sus extremos superior e inferior, una anchura que es perpendicular a lo largo del eje longitudinal entre los extremos superior e inferior, y una profundidad que es perpendicular al eje longitudinal y la anchura, en donde la longitud es mayor que la anchura, y la anchura es mayor que la profundidad, con el fin de formar un cuerpo reactivo sustancialmente alargado sustancialmente en forma de placa.

- 40 Preferiblemente, el cuerpo reactivo comprende una distribución de densidad de masa predeterminada a lo largo de su longitud entre su extremo superior y el extremo inferior, siendo la densidad de la masa alta con una gravedad específica que es sustancialmente mayor que uno a lo largo y hacia el extremo inferior y siendo la densidad de la masa baja, con una gravedad específica de sustancialmente menos de uno a lo largo y hacia el extremo superior del cuerpo reactivo.

- 45 Preferiblemente, el cuerpo reactivo comprende material(es) de alta densidad o estructura(s) en o hacia su extremo inferior y el material de baja densidad(es) o estructura(s) en o hacia su extremo superior.

- 50 Preferiblemente, el cuerpo reactivo comprende uno o más dispositivos de flotación controlables en, o hacia su extremo superior, de manera que los dispositivos de flotación tal vez controlan el aumento o disminución de la flotabilidad del cuerpo reactivo según sea necesario. Más preferiblemente, el(los) dispositivo(s) de flotación controlable comprende tanques controlables de acabado o bolsas de aire.

Preferiblemente, la relación en peso del flotador reactivo de cuerpo activo está en el intervalo de 5:1 a 30:1. Más preferiblemente, la relación en peso del flotador reactivo de cuerpo activo está en el intervalo de 10:1 a 20:1.

ES 2 601 527 T3

- 5 Preferiblemente, el cuerpo reactivo comprende un cuerpo principal del cual se extienden dos brazos separados entre sí, el flotador activa de manera giratoria está acoplado entre los brazos para movimiento de giro alrededor del eje de giro único respecto a los brazos en respuesta a movimientos del flotador activa y/o el cuerpo reactivo causados por el movimiento de las olas en la masa de líquido, siendo los brazos de longitud suficiente para permitir que el flotador activo gire completamente 360° alrededor del eje de giro en respuesta al movimiento de las olas sustancial.
- 10 Preferiblemente, el cuerpo principal del cuerpo reactivo tiene una forma de placa y es alargado entre los extremos superior e inferior, el extremo inferior del cuerpo principal que forma el extremo inferior del cuerpo reactivo, y en donde los brazos del cuerpo reactivo se extienden desde el extremo superior del cuerpo principal en la misma dirección longitudinal que el cuerpo principal alargado para formar el extremo superior del cuerpo de reactivo.
- 15 En una forma, los brazos del cuerpo reactivo se forman integralmente con el cuerpo principal del cuerpo reactivo. En otra forma, los brazos del cuerpo reactivo están unidos al cuerpo principal del cuerpo reactivo.
- 15 Preferiblemente, el flotador activo es un componente sustancialmente alargado que se extiende entre un primer extremo próximo al cuerpo reactivo y un segundo extremo distal al cuerpo reactivo, y en donde los brazos del cuerpo reactivo se extienden desde el cuerpo principal a una distancia suficiente respecto a la longitud del flotador activo para permitir que el flotador activo gire 360° alrededor del eje de pivote entre los brazos y por encima del cuerpo principal en respuesta al movimiento de las olas.
- Preferiblemente, los brazos del cuerpo reactivo se extienden paralelos entre sí.
- Preferiblemente, el sistema de salida de energía está contenido dentro de uno o ambos brazos del cuerpo reactivo.
- 20 Preferiblemente, el cuerpo reactivo es amarrado con holgura con uno o más cuerdas de amarre, cada cuerda de amarre está fijada en un extremo en, o hacia la superficie inferior de la masa de líquido y en el otro extremo en o hacia el extremo inferior del cuerpo reactivo o en el centro del cabeceo del cuerpo reactivo. Más preferiblemente, la masa de líquido es el mar y el uno o más cabos de amarre están fijados por un extremo al fondo del mar y se fijan en el otro extremo en, o hacia la parte inferior del cuerpo reactivo que se extiende en el mar.
- 25 En una forma, el sistema de salida de energía está dispuesto para utilizar la energía útil capturada para presurizar o bombear agua.
- 30 En otra forma, el sistema de salida de energía está dispuesto para generar energía eléctrica a partir de la energía útil capturada desde el movimiento de giro entre el flotador activo y el cuerpo reactivo alrededor del eje de giro, el sistema de salida de energía que comprende un generador eléctrico que tiene una entrada de eje de accionamiento giratorio y el movimiento de giro alrededor del eje de giro está acoplado al eje de accionamiento de giro por un sistema de acoplamiento para accionar el generador eléctrico para producir energía eléctrica.
- 35 En una forma, el sistema de acoplamiento del sistema de salida de energía está dispuesto para acoplar directamente el movimiento de giro en el eje de giro al eje de accionamiento de rotación del generador eléctrico.
- En otra forma, el sistema de acoplamiento del sistema de salida de energía está dispuesto para indirectamente acoplar el movimiento de giro en el eje de giro al eje de accionamiento de rotación del generador eléctrico a través de un sistema de caja de cambios, el sistema de caja de cambios que está dispuesto para convertir el movimiento de giro oscilante que tiene una fuerza mayor y menor velocidad en una fuerza mayor y menor velocidad para accionar el generador eléctrico.
- 40 Preferiblemente, el sistema de acoplamiento comprende además un sistema rectificador que está dispuesto para convertir el movimiento de giro oscilatorio en el eje de giro en un movimiento de rotación en una dirección constante para accionar el generador eléctrico.
- 45 Preferiblemente, el sistema de acoplamiento comprende una cualquiera o más de las siguientes formas de formas sistemas de acoplamiento mecánico, hidráulico y/o neumático.
- 50 Preferiblemente, el sistema de salida de energía está dispuesto para controlar activamente la carga de torque en el eje de giro de acuerdo con la predicción de avance del movimiento de las olas con el fin de aumentar la energía útil capturada. Más preferiblemente, el sistema de salida de energía comprende un generador eléctrico que tiene una entrada del eje de accionamiento giratorio y el movimiento de giro relativo en el eje de giro está acoplado al eje de accionamiento giratorio por un sistema de acoplamiento para accionar el generador eléctrico para producir energía eléctrica, el generador eléctrico que está dispuesto para accionar una carga y el sistema de salida de energía que comprende un sistema de control que está dispuesto para controlar activamente el nivel de carga de acuerdo con la predicción de avance del movimiento de las olas con el fin de optimizar la energía eléctrica generada.
- En una forma, el flotador activo está directamente acoplado de forma giratoria en, o hacia el extremo superior del cuerpo reactivo.

5 En otra forma, el flotador activo indirectamente acoplado de forma giratoria al cuerpo reactivo a través de un sub-bastidor que está conectado en un extremo al flotador activo y acoplado de forma giratoria en el otro extremo en o hacia el extremo superior del cuerpo reactivo. Preferiblemente, el sub-bastidor está conectado de forma segura en, o hacia el centro del flotador activo con respecto a su longitud, el flotador activo está acoplado de forma giratoria al sub-bastidor para el movimiento de giro con respecto al sub-bastidor de tal manera que el flotador activo tiene dos grados de libertad en los que puede girar con respecto al cuerpo reactivo y de giro con respecto al sub bastidor para maximizar la superficie de contacto del flotador activo con el líquido durante el movimiento de las olas en que la orientación del flotador activo puede ajustarse para obtener el máximo contacto con el líquido durante el movimiento de las olas. Más preferiblemente, el sub-bastidor está segura y rígidamente fijado al flotador activo de tal manera que el flotador activo tiene un grado de libertad en donde puede girar con respecto al cuerpo reactivo.

15 Preferiblemente, el convertidor de energía de olas comprende además uno o más flotadores activos que están acoplados de forma giratoria al cuerpo reactivo para el movimiento de giro alrededor del eje de giro individual en respuesta a movimiento de las olas, siendo el sistema de salida de energía impulsado de forma operativa por el movimiento de giro relativo entre los flotadores activos y el cuerpo reactivo para capturar colectivamente la energía útil.

Preferiblemente, la masa de líquido es el mar o el océano.

Preferiblemente, el sistema de salida de energía genera energía eléctrica a partir de la energía útil capturada en el eje de giro.

20 En un segundo aspecto, la presente invención consiste en términos generales en un sistema de conversión de energía de las olas que comprende múltiples convertidores de energía de las olas de acuerdo con el primer aspecto de la invención, cada uno de los convertidores que están unidos en un sistema de salida de energía único que está dispuesto para capturar colectivamente la energía útil. Preferiblemente, el sistema de salida de energía está dispuesto para convertir la energía útil en energía eléctrica.

25 El segundo aspecto de la invención puede comprender uno cualquiera o más de las características del primer aspecto de la invención.

30 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, el término "agitación", a menos que el contexto sugiera lo contrario, pretende describir una forma particular de movimiento de un cuerpo en respuesta a las fuerzas de excitación de movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo, y en particular, se pretende para cubrir los movimientos del cuerpo arriba y abajo en el líquido, tales como el agua del mar, que son sustancialmente en la dirección vertical y que son causados principalmente por hidrostática (flotabilidad) y/o las fuerzas hidrodinámicas.

35 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, el término "oleaje", a menos que el contexto sugiera lo contrario, pretende describir una forma particular de movimiento de un cuerpo en respuesta a las fuerzas de excitación de movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo, y, en particular, se pretende cubrir los movimientos de ida y vuelta del cuerpo en el líquido, tal como agua de mar, que son sustancialmente en dirección horizontal y que son causados principalmente por las fuerzas hidrodinámicas.

40 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, el término "cabeceo", a menos que el contexto sugiera lo contrario, pretende describir una forma particular de movimiento de un cuerpo en respuesta a las fuerzas de excitación de movimiento de las olas que actúa sobre el cuerpo, y en particular, se pretende para cubrir los movimientos de rotación del cuerpo en el líquido, tal como agua de mar, alrededor de un centro de cabeceo en el cuerpo y que son causadas principalmente por las fuerzas hidrodinámicas.

En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, el término "alargado", en el contexto de la descripción de un cuerpo tridimensional que tiene una longitud, anchura y profundidad, está destinado a significar que la longitud del cuerpo es mayor que su anchura y profundidad

45 En la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la expresión "fuerza de elevación" en el contexto del movimiento de las olas que actúan sobre un cuerpo en forma de hidroala pretende significar la fuerza que causa un movimiento del cuerpo en cualquier dirección que no se corresponde con la dirección del movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo, y puede incluir los movimientos arriba y abajo en la dirección vertical, los movimientos de ida y vuelta de lado en la dirección horizontal, o cualquier combinación de los mismos.

50 En la memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la expresión "fuerza de arrastre" en el contexto del movimiento de las olas que actúan sobre un cuerpo en forma de hidroala pretende significar la fuerza que causa un movimiento del cuerpo en la dirección que se corresponde con la dirección del movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo, y puede incluir los movimientos arriba y abajo en la dirección vertical, los movimientos de ida y vuelta de lado en la dirección horizontal, o cualquier combinación de los mismos.

En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la expresión "movimiento de las olas" se destina a cubrir todas las formas de movimiento causado por las olas, marejadas, corrientes, mareas en una masa de líquido, tal como el mar, que dan lugar a la propagación de la energía por las variaciones cíclicas en la velocidad del agua y la presión.

- 5 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la expresión "baja inercia" en el contexto de la descripción de un cuerpo sólido se entiende que significa que el cuerpo sólido tiene un tiempo de respuesta de inercia cuando se somete a las fuerzas de excitación de ola en la dirección de interés que se compara rápido con el período de la ola con la que interactúa. Tener en cuenta que, en el contexto de esta definición, baja inercia no implica necesariamente baja masa.
- 10 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la frase "inercia media" en el contexto de la descripción de un cuerpo sólido se entiende que significa que el cuerpo sólido tiene un tiempo de respuesta de inercia cuando se somete a las fuerzas de excitación de ola en la dirección de interés que es del mismo orden que el periodo de la ola con el que interactúa. Tener en cuenta que, en el contexto de esta definición, inercia media no implica necesariamente la masa media.
- 15 En esta memoria descriptiva y las reivindicaciones adjuntas, la expresión "alta inercia" en el contexto de la descripción de un cuerpo sólido se entiende que significa el cuerpo sólido tiene un tiempo de respuesta de inercia cuando se somete a las fuerzas de excitación de ola en la dirección de interés que es lento en comparación con el período de la ola con la que interactúa. Tener en cuenta que, en el contexto de esta definición, alta inercia no implica necesariamente gran masa.
- 20 El término "que comprende" como se usa en esta memoria descriptiva y reivindicaciones, significa "que consiste al menos en parte". En la interpretación de cada declaración en esta memoria descriptiva y reivindicaciones que incluyen el término "que comprende", características distintas de aquella o aquellas prologadas por el término también pueden estar presentes. Los términos relacionados tales como "comprende" y "comprenden" se han de interpretar de la misma manera.
- 25 La invención consiste en las consideraciones anteriores y prevé también construcciones de las cuales las siguientes sólo dan ejemplos.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones preferidas de la invención se describirán a modo de ejemplo solamente y con referencia a los dibujos, en los que:

- 30 La figura 1a muestra un movimiento del agua idealizado debajo de una ola monocromática superficie libre;
- La figura 1b muestra un gráfico de tiempo de movimiento típico de las olas horizontal y vertical resuelto en mares reales;
- La figura 1c muestra un diagrama esquemático de un convertidor de energía de olas de la invención mientras descansa todavía en el agua y la utilización de cables de amarre de holgura unidos en la parte inferior de un cuerpo reactivo del convertidor de energía de las olas;
- 35 La figura 2 muestra una vista en sección transversal de un flotador activo del convertidor de energía de las olas a través de la línea AA de la dirección B de la figura 1c;
- Las figuras 2a-2c muestran formas de forma hidrodinámica alternativa del flotador activo del convertidor de energía de ola de la misma vista que la figura 1c;
- 40 La figura 3 muestra una vista en sección transversal del cuerpo reactivo del convertidor de energía de las olas a través de la línea CC de la dirección D de la figura 1c;
- Las figuras 3a-3c muestran alternativamente formas en forma hidrodinámicamente del cuerpo reactivos del convertidor de energía de ola de la misma vista que la figura 1c, con los cuerpos reactivos de las figuras 3b y 3c que tienen estabilizadores de la placa de arrastre semicirculares;
- 45 La figura 4 muestra un diagrama esquemático del convertidor de energía de las olas de la figura 1c en modo de supervivencia de tormenta;
- La figura 4a muestra un diagrama esquemático de los movimientos básicos descritos por el flotador activo y el cuerpo reactivo cuando se somete a movimientos de ola idealizados, el flotador activo y el cuerpo reactivo que se muestra en posiciones correspondientes a un pico de la ola;

La figura 4b muestra una representación funcional de los movimientos básicos descritos por el flotador activo y el cuerpo reactivo cuando se somete a movimientos ondulatorios idealizados;

5 La figura 5 muestra un diagrama esquemático de una forma de movimiento de agitación y de cabeceo del flotador activo y el cuerpo reactivo del convertidor de energía de las olas de la figura 1c durante un ciclo típico de ola que pasa;

La figura 6 muestra un diagrama esquemático de una vista en planta horizontal de un sistema de conversión de energía de olas que tiene una cadena de convertidores de energía de las olas unidos de la invención;

La figura 7 muestra un diagrama esquemático de un convertidor de energía de olas de la invención que utiliza un marco de referencia flexible que se fija al fondo marino;

10 Las figuras 8a-8e muestran vistas en perspectiva, lateral, frontal y en planta, respectivamente, de una primera realización preferida del convertidor de energía de las olas de la invención;

Las figuras 9a-9e muestran vistas en perspectiva, lateral, frontal y en planta, respectivamente, de una segunda realización preferida del convertidor de energía de las olas de la invención;

15 La figura 10 es un diagrama de bloques de una forma preferida del sistema de salida de energía del convertidor de energía de las olas que utiliza la carga de torque activa; y

La figura 11 es un gráfico que representa la energía de salida simulada generada entre un absorbedor puntual no cabeceador y un convertidor de energía de olas de la invención que está dispuesto para cabecear en respuesta al movimiento de las olas que actúa en el cuerpo reactivo.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

20 Teoría subyacente del convertidor de energía de las olas

25 La propagación de la energía por las olas del mar es compleja. La energía de las olas se propaga a través de un medio, ya que se transfiere continuamente de manera muy eficiente entre dos formas de energía. Las formas se definen por las propiedades del medio. Para las olas de superficie libre en el océano, la propiedad clave es la masa del agua. La energía en el agua en movimiento se convierte alternativamente entre la variación de la energía cinética (Como resultado de variaciones de la velocidad y la inercia del agua) y variando la energía potencial (como resultado de las variaciones de presión y el peso del agua). Una investigación de las condiciones físicas en cualquier punto por debajo de la superficie muestra que las partículas de agua se someten a presión de rotación y diferenciales de velocidad causadas por el movimiento de las olas, como se muestra para una ola monocromática idealizada en la figura 1a, en la que los siguientes parámetros están asociados con el movimiento de las olas: v = velocidad, p = diferencia de presión, y λ = longitud de onda.

35 El "vector" de fluctuación de la presión conduce la fluctuación de velocidad del "vector" por 90°, lo que obliga al agua a moverse en una trayectoria circular. Esta trayectoria de acceso se encuentra en la dirección de desplazamiento de la ola, con el agua que se mueve directamente hacia delante en la cresta y directamente hacia atrás en el canal. Se mueve directamente arriba en el punto medio de una ola creciente y directamente hacia abajo en el punto medio de la ola que está cayendo. A continuación, "energía potencial" y "energía cinética" se refieren al estado de la energía instantánea de una partícula de agua debido a la ola que pasa. Debido al movimiento circular, cuando se resuelva en los ejes horizontal y vertical de las variaciones de energía son sinusoidales y pico de 90 ° entre sí. En otras palabras, cuando la energía potencial es máxima en el eje horizontal, la energía cinética es máxima en el eje vertical. En consecuencia, en este momento la energía potencial es cero en el eje horizontal, y la energía cinética es 40 cero en el eje vertical. Estas condiciones se repiten en cada ciclo, por lo general de 8-20 segundos. Las relaciones se resumen en el cuadro 1, en donde "MSL" se refiere al nivel medio del mar.

Tabla 1: Fase relativa de los componentes de energía en una ola de mar

Componente de Energía	Ola creciente MSL (0 grados)	Pico de la ola (90 grados)	Ola en caída MSL (180 grados)	Seno de la ola (270 grados)
Cinética vertical	Máximo arriba	Cero	Máximo abajo	Cero
Potencial vertical	Cero	Máximo arriba	Cero	Máximo abajo
Cinética horizontal	Cero	Máximo adelante	Cero	Máximo atrás
Potencial horizontal	Máximo adelante	Cero	Máximo atrás	Cero

Las fuerzas sobre un objeto sumergido en este ambiente de olas, serán sometidas a fuerzas alternantes que varían en intensidad y en el tiempo en diferentes direcciones dependiendo de la forma, el volumen y la masa del cuerpo, y si dispuestos apropiadamente, los cuerpos se pueden hacer para trabajar uno contra el otro en un pivote o bisagra para transferir la energía de la ola.

5 Haciendo referencia a la figura 1a, se puede ver que existen campos de velocidad (energía cinética) y de presión (energía potencial) en proporción al otro en cada eje y ambos disminuyen de manera exponencial junto con la profundidad en el eje vertical de tal manera que los dos flujos de energía son insignificantes a una profundidad de longitud de ola media. La energía potencial no tiende a fluir entre la cresta de la ola y el valle como se piensa convencionalmente. Las fluctuaciones de energía están presentes en el eje vertical pero la energía no fluye en esta
10 dirección debido a que las fluctuaciones están en fase. La energía fluye en la dirección horizontal como resultado de la diferencia de fase en esta dirección. Sin embargo, desde el punto de vista de un observador dentro del campo de olas hay poca diferencia en la intensidad energética vertical u horizontal.

La figura 1b ilustra cómo el movimiento de las partículas de agua en mares auténticos se aparta del ideal. A partir de la velocidad de las partículas de variación continua y la aceleración es evidente que muchas más frecuencias que
15 las fundamentales están presentes. Sin embargo, los componentes horizontal y vertical son todavía básicamente de 90° entre sí y hay una frecuencia dominante presente.

Topología general del convertidor de energía de las olas

El convertidor de energía de las olas de la invención es un absorbedor puntual de auto-reacción que está dispuesto para extraer la energía útil del movimiento de las olas en una masa de líquido. En particular, el convertidor de
20 energía de las olas está dispuesto para extraer energía útil a través de sus movimientos, tales como oleaje, agitación, cabeceo o cualquier combinación de los mismos, que son causados por el paso de las olas. La topología general subyacente en el convertidor de energía de las olas de forma preferida se describirá ahora con referencia a la extracción de energía útil del mar o del océano en el cual el movimiento de las olas se puede proporcionar en
25 forma de olas, marejadas, corrientes, o cualquier combinación de los mismos. Más adelante, se describirán las realizaciones preferidas primera y segunda del convertidor de energía de las olas. Se apreciará que el convertidor de energía de las olas también puede estar dispuesto para operar en otras masas de líquido que tienen suficiente movimiento de olas para excitar el convertidor de energía de las olas.

Haciendo referencia a la figura 1c, se muestra un diagrama esquemático de una forma preferida del convertidor 10
30 de energía de las olas. Los principales componentes del convertidor 10 de energía de las olas son un flotador 12 activo y un cuerpo 14 de reactivo que están acoplados de forma giratoria para el movimiento de giro con respecto al otro alrededor de un eje 16 de giro en respuesta a oscilaciones de agitación y/o cabeceo o movimientos del flotador y cuerpo causados por las olas que pasan, y una salida de energía del sistema 17 que es accionado operativamente por el movimiento de giro alrededor del eje de giro para generar energía útil, tal como energía eléctrica. Las formas del flotador y el cuerpo, como se muestra en la figura 1c se simplifican para una mayor claridad.

35 El convertidor 10 de energía de las olas está dispuesto para someterse a un bamboleo o acción oscilante perpendicular al plano del frente de la ola en respuesta a sobretensiones y/o agitación y/o movimientos de cabeceo del flotador activo 12 y/o el cuerpo 14 reactivo causado por el paso de las olas. En particular, el convertidor de energía de las olas está diseñado para interceptar dos dimensiones principales de potencial cerca de la superficie y el flujo de ola de la energía cinética a través de la agitación y el oleaje creciente del flotador 12 activo y
40 sustancialmente el componente horizontal del flujo de ola de la energía cinética sub superficial a través de la acción de cabeceo del cuerpo 14 reactivo. La figura 1C muestra el convertidor 10 de energía de las olas en una posición estática o de descanso. El flotador 12 activo está dispuesto para flotar hacia o sobre la superficie del mar en reposo y las flechas EF indican el movimiento vertical del flotador activo alrededor del eje 16 de giro en respuesta al movimiento de las olas y este movimiento vertical se conoce como agitación. El flotador 12 activo también puede
45 estar dispuesto para el oleaje de ida y vuelta a lo largo de la superficie del mar, como resultado del movimiento circular del agua causado por el movimiento de las olas. El cuerpo 14 reactivo está dispuesto para flotar en un estado sustancialmente sumergido por debajo de la superficie del mar y las flechas GH indican la dirección predominante del movimiento sustancialmente de rotación del cuerpo reactivo en respuesta a movimiento de las olas. Este movimiento de rotación es conocido como cabeceo. En este caso el cabeceo del cuerpo 14 reactivo
50 vertical se produce por las fuerzas hidrodinámicas de manera exponencial con la profundidad de los reductores, lo que resulta en un momento de giro sobre la longitud del cuerpo. El cuerpo 14 reactivo también puede flotar hacia arriba y abajo en una dirección vertical, y la fase de este movimiento puede ser controlada para extender la acción de giro alrededor del eje 16 de giro. El sistema de salida de energía es accionado de forma operativa por el movimiento de oscilación del flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo y más específicamente el movimiento relativo
55 de giro o movimiento entre ellos sobre el eje 16 de giro, como se indica en general por las flechas IJ, para generar, por ejemplo, la energía eléctrica.

Flotador activo

Como se ha mencionado, el flotador 12 activo está dispuesto para flotar sobre o cerca de la superficie del mar y está diseñado para ser más ligero que la masa de líquido desplazada, por ejemplo, agua de mar, de modo que es boyante. En particular, el flotador 12 activo es un cuerpo sustancialmente alargado y que está dispuesto para flotar en el agua inmóvil aproximadamente horizontal en o hacia la superficie del mar. En la forma preferida, el flotador 12 activo está dispuesto para tener inercia baja o media en las direcciones vertical y horizontal de manera que pueda responder a la fuerza de las olas rápidamente en cualquier dirección alrededor del punto de giro. A modo de ejemplo, el flotador 12 activo tiene preferiblemente una $SG < 1$, donde SG es la gravedad específica. El flotador 12 activo también puede tener preferiblemente una forma hidrodinámica para que se pueda lograr la fuerza de elevación vertical desde el oleaje (horizontal) el movimiento del agua y las fuerzas de elevación horizontales de agitación (vertical) de movimiento del agua. A modo de ejemplo, el flotador 12 activo también puede estar conformada con aletas de arrastre o superficies hidroalas para fomentar el movimiento horizontal (aumento) ya que esto puede mejorar el movimiento de giro alrededor del eje 16 de giro causado por la agitación vertical causado por el paso de las olas. En resumen, el flotador 12 activo es el elemento del convertidor 10 de energía de las olas al que la fuerza de la ola imparte principalmente movimiento en contra de un par de cargas aplicadas sobre el eje 16 de giro, lo que implica que haga el trabajo en contra de la fuerza de las olas, ya sea de flotabilidad (presión) o hidrodinámica (velocidad) inducida. El trabajo realizado en el flotador 12 activo por la fuerza de las olas está representado por la fuerza tiempo distancia en la dirección de la fuerza. Si este producto es negativo, el flotador 12 activo funciona sobre la ola o alrededor del agua mediante la extracción de energía del sistema de potencia, que alternativamente puede ser llamado el despegue del sistema eléctrico. Este es un posible modo de operación sobre las partes del ciclo para posicionar el flotador 12 para la extracción óptima de energía.

Flotador activo - torque inducido por la flotabilidad, peso y arrastre

Con referencia a la figura 4a, el flotador 12 activo de peso ligero tiende a seguir el movimiento de las olas que es básicamente circular. Esto tiende a proporcionar un torque oscilante alrededor del eje 16 de giro. Dependiendo de las necesidades, la forma preferida de flotador 12 activo está dispuesto para ser forzado por las olas al agitación (movimiento vertical) a través de las fuerzas de flotación (arriba) y el peso (hacia abajo) y/o el oleaje (movimiento horizontal) de ida y vuelta a través de las fuerzas de arrastre de tal manera que se mueve en un movimiento circular en el extremo suelto en fase con el movimiento de las olas del agua y es capaz de transferir el torque resultante de estas fuerzas, hasta el punto de giro. La relación entre la flotabilidad, la gravedad y las fuerzas de arrastre se puede cambiar mediante el ajuste del volumen, la masa, y la forma del flotador 12 activo para lograr resultados óptimos para cualquier régimen de ola típica. La forma afecta en gran medida las fuerzas de arrastre y esto se pueden mejorar en la dirección horizontal sobre la flotabilidad mediante el aumento de la sección horizontal expuesta al agua sin aumentar el volumen total interno del flotador por ejemplo mediante la adición de placas verticales de la parte inferior del flotador, o alargando el flotador en la dirección vertical.

Flotador activo – torque inducido por un ascensor hidroala

Las formas de hidroala cuando han resistido en la dirección de movimiento de un fluido que pasa alrededor de la forma pueden inducir de manera eficiente las fuerzas de elevación en un ángulo para el movimiento relativo. Por lo tanto, la forma preferida del flotador 12 activo puede ser, además, de hidroala o en forma que comprenda uno o más componentes en forma de hidroala que se extienden desde su parte inferior en el agua y que están dispuestos para estar completamente bajo el agua durante una parte apropiada del ciclo para mejorar el torque neto sobre el eje 16 de giro. En particular, la forma(s) hidrodinámica se ve forzada a moverse en ángulo en la dirección del movimiento del agua por la naturaleza de las fuerzas hidrodinámicas que actúan sobre la forma(s) de hidroala cuando el movimiento en la dirección del flujo del agua es resistido cargando en el eje 16 de giro. Debido al movimiento circular de las olas, la forma(s) de hidroala puede estar en ángulo para lograr que la hidroala induzca fuerzas netas sobre el eje 16 de giro en cualquier dirección deseada de tal manera que se añada el torque neto en general alrededor del eje de giro cuando la carga o el movimiento es resistido. La(s) forma(s) de hidroala proporciona el torque de fuerza de arrastre inducida en lugar de la elevación inducida por la fuerza sobre el eje 16 de giro cuando es resistido por otras partes del ciclo de la ola y por lo tanto puede sustituir a otras formas de arrastre en la parte de flotación del flotador 12 activo, si se desea.

A modo de ejemplo, las figuras 1c y 2 muestran una forma preferida de flotador 12 activo. El flotador activo puede tener preferiblemente una forma sustancialmente hidrodinámica de superficies con curvatura o arqueado superior 13 e inferior 15, como se muestra en la figura 2a. Esta forma hidrodinámica crea fuerzas cuando el flotador 12 activo está en la parte superior del agua de mar durante el movimiento inicial hacia arriba en la dirección E. En contraste, cuando el flotador 12 activo está bajo la superficie del agua de mar durante una parte del ciclo, la forma hidrodinámica crea una fuerza de sustentación de hidropiano y esto en combinación con la flotabilidad del flotador lo fuerza hacia abajo en la dirección F. Una forma hidrodinámica puede mejorar la extracción de energía mediante la creación de fuerzas de elevación en diferentes direcciones sobre diferentes partes del ciclo. Las figuras 2b-2c muestran otra alternativa posible de configuraciones hidrodinámicas con forma de flotador 12 activo.

Flotador activo - masa, capacidad de respuesta y energía de despegue rápido de control en el eje de giro

Como se ha mencionado, la flotabilidad, la gravedad, el arrastre y las fuerzas de la hidrodinámica inducida actúan para aumentar el torque inducido por el eje 16 de giro por el flotador 12 activo cuando es cargado o resiste, como ocurre cuando la potencia es tomada fuera del eje de giro. La forma preferida de flotador 12 activo es de peso ligero o masa baja de manera que pueda responder o acelerar rápidamente con respecto a la ola inducida por el movimiento del agua y mantenerse sustancialmente en fase con el movimiento del agua, si se desea como cuando se descarga el eje de giro. Su movimiento con respecto al agua es controlado en gran medida por la variación de la carga del torque de acuerdo con un rápido control activo de desconexión de la potencia del eje 16 de giro, como se describirá más adelante. Cuando se descarga el eje 16 de giro, no se extrae ninguna energía y el flotador 12 activo sigue lo más de cerca posible el movimiento de agua local. El aumento de la carga de torque mediante el aumento de la toma de energía resulta en un movimiento que con el tiempo provoca retraso puesto que las fuerzas de movimiento de las olas son insuficientes para superar el torque de la resistencia y la potencia de salida se reduce a cero cuando el eje de giro o eje es bloqueado con eficacia. Como se describirá más tarde, para cualquier condición de ola hay una condición de carga dinámica óptima que puede extraer la máxima potencia desde el eje de giro o eje.

Cuerpo reactivo

El cuerpo 14 reactivo, que también se puede llamar una plataforma o mástil, está dispuesto para flotar en un estado sustancialmente sumergido por debajo de la superficie del mar y está diseñado para tener una masa que es neutra, ligeramente positiva, o ligeramente negativa, flotabilidad relativa a la masa de líquido, por ejemplo, agua de mar. Donde su flotabilidad es negativa, ésta se encuentra suspendida con su punto 16 de giro cerca de la superficie por la flotabilidad del flotador 12 activo. En la forma preferida, el cuerpo 14 reactivo está dispuesto para tener media o elevada inercia en la dirección vertical, por ejemplo, que preferiblemente tiene una sección transversal horizontal pequeña en la intersección de agua-aire para reducir la traslación vertical (movimientos de agitación). También está dispuesto para tener inercia de rotación baja o media en la dirección horizontal para fomentar el tono, o la rotación (por ejemplo, tiene un área de superficie sustancial en la dirección de frente a la propagación de la ola). A modo de ejemplo, el cuerpo 14 reactivo tiene preferiblemente una $SG \sim 1$. El cuerpo 14 reactivo es preferiblemente un cuerpo alargado que está dispuesto para tener un centro de masa por debajo de su centro de flotación, de modo que tiende a permanecer en posición vertical en una posición sustancialmente vertical. El centro de rotación de cabeceo del punto de cabeceo del cuerpo reactivo está localizado entre el centro de la masa y el centro de rotación. En la forma preferida, el extremo inferior del cuerpo 14 reactivo puede estar amarrado flojo al fondo del mar por medio de cables o cadenas 18 con el fin de estabilizar el punto de amarre y aumentar su cabeceo a través de la trayectoria de movimiento GH de la figura 1c estabilizando el extremo inferior del cuerpo. En particular, el cuerpo 14 reactivo tenderá a cabecear sobre el punto 20 de amarre, ya que preferiblemente tiene una inercia relativamente baja en la dirección horizontal o cabeceo de rotación que no inhibe el cabeceo. Esto se consigue mediante la distribución de la densidad del cuerpo 14 reactivo de tal manera que su masa es concentrada alrededor del punto de cabeceo deseado. Se apreciará que el amarre no es esencial para el convertidor de energía de las olas, aunque en la práctica la característica del amarre estabiliza el dispositivo y aumenta potencialmente la magnitud de movimiento de giro relativo entre el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo sobre el eje 16 de giro, y por lo tanto mejora la energía útil extraída del movimiento de las olas.

Las figuras 3a-3c muestran otra alternativa posible de conformaciones hidrodinámica de formas del cuerpo 14 reactivo. Además, un método alternativo o adicional para estabilizar el dispositivo en la dirección vertical es introducir placas 70 de arrastre situadas sobre el centro de cabeceo, como se muestra en las figuras 3b y 3c, de manera que resistan el movimiento vertical del cuerpo 14 reactivo, pero no el movimiento de cabeceo. En resumen, el cuerpo 14 reactivo es la plataforma de referencia o parte más pesada del convertidor 10 de energía de las olas que se utiliza para proporcionar la fuerza de reacción de manera que la energía (fuerza por la distancia o tiempos de torque relativos de desplazamiento angular entre el flotador activo y el cuerpo reactivo) puede ser absorbida por el convertidor de energía de las olas. Puede contener los componentes más pesados, tales como el sistema de producción de energía, incluyendo el generador eléctrico, equipo de alimentación, y otros sistemas auxiliares.

Como se ha mencionado, el cuerpo 14 reactivo está diseñado preferiblemente para resistir el movimiento vertical, y se puede estabilizar en esta dirección en un número de maneras, por ejemplo, porque tiene una alta inercia en la dirección vertical, por las masas de arrastre o placas en la posición adecuada, a través del peso y la resistencia de amarres, o cualquier combinación de los mismos. Además, el cuerpo 14 reactivo puede ser diseñado para operar en una oposición de fase amortiguada o fuera de la respuesta de fase en la frecuencia de la ola predominante, por lo tanto, tiende a tirar del punto 16 de pivote hacia abajo cuando el flotador 12 activo está aumentando, y permitiendo que se eleve cuando el flotador activo está cayendo. Esto acentúa el movimiento angular alrededor del eje 16 de giro.

Como se ha mencionado, el cuerpo 14 reactivo está diseñado y conformado para responder a las fuerzas de cabeceo para aumentar aún más el movimiento relativo entre el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo y por lo tanto la salida de energía en el eje 16 de giro. Se apreciará que la forma, el amarre, y la distribución de masa del cuerpo 14 reactivo se pueden ajustar para promover la acción de cabeceo alrededor de su extremo inferior a través de la trayectoria indicada por las flechas GH de la figura 1c. En particular, el cabeceo puede fomentarse mediante, por ejemplo, la concentración de las placas de masa y/o de arrastre en algún momento cerca de la parte inferior (para fomentar la inercia de rotación), también en el amarre desde cerca de la parte inferior, y la creación de

superficies de arrastre en la parte superior del cuerpo para promover arrastre horizontal cíclico en la parte superior del cuerpo reactivo.

A modo de ejemplo, la figura 3 muestra el perfil de la sección transversal de una forma preferida del cuerpo 14 reactivo. La forma preferida del cuerpo 14 reactivo comprende preferiblemente dos componentes interconectados, a saber, un marco 22 en la parte superior del cuerpo para localizar el eje 16 de giro y un componente 24 de la masa conectado a continuación o suspendido para promover el cabeceo por la interacción con el movimiento de las olas horizontal. El eje 16 de giro se muestra en el extremo superior del bastidor 22 del cuerpo 14 reactivo. Se apreciará que la longitud del cuerpo 14 de reactivo se puede variar. Además, las superficies de arrastre adicionales pueden proporcionarse cerca de la parte superior del cuerpo 14 reactivo para promover el cabeceo como movimiento de las olas alrededor del extremo inferior del cuerpo vertical es razonablemente pequeño en comparación con el movimiento de las olas en la superficie del mar. En la forma preferida, la masa efectiva general del cuerpo 14 reactivo, incluyendo la masa de los cables 18 de amarre, la fricción y la tensión es alta, para resistir adecuadamente movimiento en la dirección vertical. En particular, el cuerpo 14 reactivo está dispuesto preferiblemente para moverse verticalmente fuera de fase, por ejemplo, en oposición de fase, con el movimiento de las olas para aumentar el movimiento de giro relativo entre los cuerpos 12,14 y la salida de energía resultante.

Cuerpo reactivo - diseño del cuerpo reactivo para inducir el movimiento de cabeceo

La forma preferida del cuerpo 14 reactivo tiene un diseño de boya mástil algo convencional para el movimiento en la dirección vertical (respuesta de agitación), pero su sección transversal horizontal está diseñada para interceptar las fuerzas de cabeceo de ola y la transferencia de estos en el torque oscilante alrededor del eje 16 de giro y la distribución de masas del cuerpo reactivo también se ajusta para proporcionar la máxima capacidad de respuesta a la energía del oleaje en el cabeceo, es decir, el decaimiento exponencial de la energía de las olas con la profundidad. La captura y conversión de la energía de paso se logra de la siguiente manera. El área de la sección de cuerpo reactivo frente a la dirección de la ola es grande en comparación con el área del cuerpo perpendicular a la dirección de la ola, es decir, la sección transversal horizontal es alargada como en un componente en forma de placa de tal manera que tiene un área suficientemente grande de superficie activa para interceptar las fuerzas horizontales de la ola. Debido a que el cuerpo reactivo se extiende a una profundidad donde la energía de las olas (y fuerzas) es baja, hay una fuerte tendencia al cabeceo sobre algún punto más bajo debido al momento de fuerza resultante que estaba apoyado en el cuerpo reactivo. La masa del cuerpo reactivo se concentra sobre este punto de cabeceo de modo que su inercia de rotación es lo suficientemente baja para acelerar suficientemente rápido las fuerzas de paso para no tener retardo de fase significativo cuando se descargan en el eje 16 de giro. La ubicación y la concentración de esta masa tienen sin embargo un efecto mínimo en la respuesta del movimiento vertical ya que la respuesta se basa en el movimiento vertical lineal y no en la inercia de rotación. Por lo tanto, estas dos respuestas pueden ser relativamente desacopladas, y diseñadas por separado. Básicamente la respuesta de agitación debe ser pequeña o fuera de fase con el movimiento de las olas (Menor aceleración vertical se consigue por la fuerza vertical neta baja debido a la baja área de intercepción + alta masa relativa a la fuerza) y la respuesta de cabeceo debe ser grande (alta aceleración angular alcanzada por una alta fuerza horizontal neta por encima del centro de masa en la zona alta de intercepción + baja rotación inercia con respecto a la fuerza). Preferiblemente, pero no necesariamente, el amarre de la parte inferior o en el centro del movimiento de cabeceo y la inclusión de una placa de arrastre en forma se puede utilizar para ayudar a la estabilidad vertical (movimiento vertical supresión) sin suprimir significativamente la respuesta de cabeceo. por lo tanto, la energía de cabeceo desde el campo de olas puede ser transferida al cuerpo 14 reactivo de tal manera que está disponible como torque adicional en el eje 16 de giro.

El cuerpo 14 reactivo puede adicionalmente, si se desea, tener una forma de aleta hidrodinámica o estar provisto de uno o más componentes en forma de hidroalas para ayudar a la estabilidad y mantener el cuerpo reactivo en la orientación vertical correcta y al mismo tiempo lograr una mayor potencia de salida útil. Bajo grandes olas cuando el flotador 12 activo se carga en olas crecientes, alto torque está disponible desde el eje de giro o eje debido a las fuerzas de flotabilidad fuertes. En la caída de las olas, las fuerzas sobre el eje de giro debido al peso del flotador 12 activo y la masa añadida del agua no son tan grandes, lo que lleva a un posible desequilibrio y la inclinación del cuerpo 14 reactivo de nuevo hacia las olas que se aproximan, lo que reduce la eficiencia operativa. Por lo tanto, el uso de un cuerpo 14 reactivo vertical en forma de hidroala, por ejemplo, como se muestra en la figura 3a, proporciona una fuerza de elevación horizontal neta debido al flujo de agua vertical que actúa en contra de la forma de hidroala sustancialmente estacionaria. El efecto neto de esta fuerza horizontal aumenta con la altura de las olas y por lo tanto actúa para estabilizar la orientación vertical del cuerpo 14 reactivo en todas las alturas de las olas.

Interacción entre el flotador activo y el cuerpo reactivo

Se puede observar a partir de la figura 4a que si el eje 16 de giro es estacionario en el agua con el cuerpo 14 reactivo vertical y el flotador 12 activo que extiende horizontalmente en la posición de reposo (aproximadamente en ángulos rectos) sólo el componente resuelto de fuerzas actúa sobre el flotador 12 activo tangencial a la fuerza de torque de transferencia de giro al eje de giro. Esto significa que, en virtud de pequeñas fuerzas oleaje (horizontales) de la acción de las olas que actúan sobre el flotador 12 activo tienen poco efecto en la transferencia de energía. Sin embargo, las fuerzas de compensación en el flotador 12 activo tendrá algún efecto cuando el flotador activo es distinto que un ángulo recto, pero para los pequeños ángulos de extensión (del orden de 20° o menos la fuerza

tangencial añadida y por lo tanto la energía capturada es por lo general menor). Sin embargo, ya que el cuerpo 14 reactivo está diseñado para cabecear hacia adelante cuando el flotador 12 activo se eleva tanto el cabeceo del cuerpo 14 reactivo y el oleaje del flotador 12 activo en respuesta al movimiento de las olas permiten un torque adicional y la extensión (aumentando el ángulo o la apertura de incluirse la bisagra o eje formado entre los dos cuerpos 12,14 que en reposo o en posición neutral están aproximadamente en ángulo recto) que se aplicarán al eje 16. El mismo efecto se produce a la inversa en el lado descendente de la ola como el ángulo incluido reduce desde un ángulo recto, (es decir, la bisagra o eje formado entre los dos cuerpos se cierra 12,14).

Los dos cuerpos 12,14 interactúan como se describe anteriormente y la energía mecánica combinada se recupera de un solo eje 16 de giro para un propósito útil para, por ejemplo, conducir un generador de electricidad o de la bomba. Debido a que el sistema está estrechamente acoplado cada cuerpo 12,14 afecta los campos de olas en los alrededores de otros y hay una condición de potencia de carga óptima en el eje de giro constantemente variable que maximiza la potencia retirada de las olas. Como se describirá, el sistema de control del convertidor de energía de las olas ajusta continuamente la toma de energía para mantener este punto a través de un algoritmo de máximo seguimiento del punto de potencia y control de las condiciones del mar. El flotador 12 activo es ligero y suficientemente sensible para realizar un seguimiento de todos los períodos de olas típicas de aproximadamente 6 segundos hacia arriba.

Materiales de construcción para el flotador activo y el cuerpo reactivo

Se apreciará que el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo pueden formarse a partir de una gama de diferentes materiales. El flotador 12 activo, que se requiere para ser receptivo y flotar con una SG significativamente menor que 1 se pueden fabricar a partir de materiales tales como una carcasa de acero protegida la corrosión con un peso ligero del material de relleno, tal como espuma de poliestireno o aire. Es bien conocido que los materiales poliméricos tales como polietileno o resina de fibra de materiales compuestos son robustos en el medio marino y estos también son adecuados para la carcasa del flotador activo, con masa adicional adecuada añadida internamente en forma de agua o de hormigón, por ejemplo. Para el cuerpo 14 reactivo que es más masivo, se requiere adecuadamente distribuida el suministro de una masa de un SG global de aproximadamente 1. Esto se puede lograr mediante el uso de combinaciones de materiales densos de bajo costo, tales como cajones de hormigón y de acero reforzado, con materiales de baja densidad, tales como células cerradas de polímeros o tanques de aire dentro de la estructura de espuma. La flotación y ajuste de compensación se pueden conseguir a través de dispositivos de flotación relativamente pequeños controlables, tales como aire-agua interna o tanques de acabado, por ejemplo.

Acoplamiento giratorio entre el flotador activo y el cuerpo reactivo

Como se ha mencionado, el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo están acoplados de forma giratoria entre sí para permitir el movimiento de giro respecto al otro alrededor de un eje 16 de giro o árbol de giro. Se apreciará que los cuerpos 12,14 pueden estar acoplados de forma giratoria de diversos modos, incluyendo a través de una única conexión giratoria o varias conexiones giratorias alrededor de un solo eje. Varias bisagras o mecanismos de giro son conocidos que podrían ser utilizados para acoplar de forma giratoria el flotador 12 activo al cuerpo 14 reactivo. Una configuración preferida se muestra en la figura 3, donde el flotador 12 activo puede ser situado de forma segura por cojinetes 17 situados en los postes 19 fijados en cada lado del cuerpo 14 principal reactivo. Una característica de esta configuración es que el flotador activo es libre de rotar completamente alrededor del eje de giro, por lo que es de alta capacidad de supervivencia en la tormenta y oleajes anormales, ya que no se requieren límites o restricciones a la rotación del movimiento.

Sistema de salida de energía del convertidor de energía de las olas

El sistema 17 de salida de energía del convertidor 10 de energía de las olas es accionado operativamente por el movimiento de giro relativo entre el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo alrededor del eje 16 de giro para generar energía eléctrica. A modo de ejemplo solamente, un único convertidor 10 de energía de las olas puede estar dispuesto para generar una salida de hasta un Megawatt, pero se apreciará que los módulos de menor capacidad de menor salida, por ejemplo, de 100 kW, podrían también ser diseñados. La capacidad de producción de energía se puede modificar para adaptarse a las condiciones de las olas y la demanda de energía. El sistema de salida de energía comprende preferiblemente un generador eléctrico que tiene una entrada de árbol de accionamiento giratorio que puede ser accionado directamente o indirectamente por el movimiento de giro entre los cuerpos 12,14 alrededor del eje 16 de giro para generar electricidad. Se apreciará que los diversos sistemas de acoplamiento o tomas de energía podrían ser utilizados para transferir el movimiento de giro entre los cuerpos 12,14 a la entrada del eje de accionamiento del generador eléctrico, ya sea mecánico, hidráulico, neumático o cualquier combinación de los mismos. Además, el sistema de acoplamiento puede transferir el movimiento de giro al generador eléctrico directa o indirectamente a través de una caja de cambios o velocidad/torque convertidor (sistema de caja de cambios) para convertir el movimiento de giro oscilatorio en el eje 16 de giro, que tiene una fuerza mayor y menor velocidad, en una fuerza menor a mayor velocidad para accionar el generador eléctrico. En la forma preferida, el árbol primario (eje de giro o punto 16 entre flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo) es "acoplado con fuerza" al generador eléctrico, de manera que la carga de torque en este eje puede ser controlada instantáneamente y con

precisión mediante la gestión del flujo de potencia (y posiblemente desde) el sistema de suministro de electricidad. Se apreciará que esto requiere que el eje de invierta continuamente la dirección, aceleración y desaceleración de manera cíclica.

5 En una forma, el movimiento de giro relativo entre el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo puede estar acoplado directamente a la entrada árbol de accionamiento giratorio del generador eléctrico a través de enlaces mecánicos y/o
 10 acoplamientos, tal como un árbol de accionamiento oscilante o similar. Por ejemplo, un árbol de accionamiento oscilante puede estar montado en el flotador 12 activo, con el bastidor del generador de referencia al cuerpo 14 reactivo, y el eje de accionamiento puede estar dispuesto para oscilar adelante y atrás en respuesta al movimiento de giro relativo entre los cuerpos 12, 14. Es preferible que los componentes de baja inercia del generador (es decir,
 15 los componentes rotativos) estén conectados al flotador 12 activo para mantener la inercia total baja y una rápida respuesta de este cuerpo. El árbol de accionamiento oscilante también puede estar acoplado a través de enlaces y/o enlaces mecánicos a la entrada de eje de accionamiento de rotación del generador eléctrico para hacer que se genere energía eléctrica. El movimiento de giro alternativamente podría ser transferido directamente al eje de accionamiento de rotación del generador eléctrico a través de acoplamientos hidráulicos si se desea. Es preferible que la respuesta de inercia global del sistema de accionamiento utilizado sea lo suficientemente rápida para que los cambios de dirección cíclicos sean posibles sin crear inherentemente más retardo de fase dentro del flotador 12 activo en respuesta a las fuerzas de excitación de la ola.

20 Como se ha mencionado, el movimiento de giro se puede acoplar indirectamente, ya sea mecánica o hidráulicamente, al generador eléctrico a través de una caja de cambios mecánica opcional o un convertidor de velocidad/torque hidráulico. El convertidor de la caja de cambios o de velocidad/torque puede estar dispuesto como una interfaz entre el movimiento de giro lento entre los cuerpos 12, 14 causado por el movimiento de ola lenta y el generador eléctrico, en particular mediante el aumento de la velocidad de rotación para crear la transferencia de energía más eficiente desde el movimiento de las olas al generador eléctrico.

25 En una forma posible, el sistema de acoplamiento puede comprender un eje oscilante que se acopla indirectamente al generador eléctrico a través de, por ejemplo, una caja de cambios mecánica en relación de 1:30. La caja de cambios puede, por ejemplo, estar montado en el eje 16 de giro a unas conexiones giratorias o acoplamientos, y un eje secundario o ejes podría proporcionar 90 unidades de grado con el generador eléctrico que puede, por ejemplo, estar montado en el cuerpo 14 reactivo por debajo del nivel medio del mar (MSL). Alternativamente, el generador eléctrico puede estar montado en un alojamiento que está fijado al cuerpo 14 reactivo, pero que se extiende por
 30 encima de la MSL. Esta es la opción preferida ya que permitiría un acceso más fácil para los ajustes y el mantenimiento de los componentes del sistema de salida de energía. A modo de ejemplo, el generador eléctrico puede ser co-montado con una caja de cambios mecánica en el eje 16 de giro a uno o más de los acoplamientos o conexiones giratorias o al cuerpo 14 reactivo.

35 Como se ha mencionado, un acoplamiento hidráulico directo o unión con el generador eléctrico es también una disposición alternativa de acoplamientos hidráulicos que introducen pérdidas en los circuitos hidráulicos, pero permiten la obtención de altos engranajes y esto debe sopesarse frente a las pérdidas y los requisitos de tamaño del generador que resultan de un eje de velocidad más lenta o las pérdidas de engranajes mecánicos. A modo de ejemplo único, el sistema de salida de alimentación puede utilizar un generador de inducción de 50 Hz estándar que opera a baja velocidad variable a través de un sistema de accionamiento de motor regenerativo. La unidad de motor interconecta el sistema eléctrico 400 V CA de la forma normal, pero se controla principalmente en el modo de regeneración para extraer la energía del sistema mecánico de energía de las olas en lugar de como en un sistema de conducción normal donde el sistema eléctrico proporcionaría energía para accionar un eje de la máquina conectado a una carga. Debido a que se utiliza una adaptación de una unidad electrónica de regeneración estándar, la sofisticada tecnología de corrección de factor de potencia es inherente, y no se ve comprometida la calidad de
 45 energía. Además, el sistema de acoplamiento puede comprender un rectificador hidráulico para convertir el movimiento de rotación de oscilación en el eje 16 de giro en un movimiento de rotación en una dirección constante para accionar el generador eléctrico.

50 Refiriéndose a la figura 10, el sistema de alimentación preferido desprendido comprende una caja de cambios de transición de velocidad o eje de transferencia directa de energía a un generador de inducción con un alto número de polos, que está conectado a través de un sistema de inversor bidireccional controlable a la fuente del sistema de alimentación de CA estándar. El generador se encuentra en el convertidor de energía de las olas en el cuerpo 14 reactivo con el eje de entrada acoplado al eje 16 de giro del flotador activa. El sistema inversor proporciona excitación para el generador a la frecuencia y el voltaje requerido para seguir el movimiento del flotador activo y también invierte la energía generada en el sistema de corriente alterna en el voltaje correcto de corriente alterna y la frecuencia (por ejemplo 400 Vac y 50 Hz) utilizando técnicas bien conocidas en la técnica de la ingeniería eléctrica. El control de la circulación de corriente eléctrica a la red a través del inversor se aplica controlando el torque de carga del flotador 12 activo y la obliga a seguir una trayectoria preferida. La trayectoria se calcula a partir de la información del sensor que recoge características de la ola en tiempo real y permite al dispositivo adaptarse rápidamente y continuamente para maximizar la captura de energía para las condiciones de ola específicas (con un
 60 retardo de tiempo de menos de un segundo). Un sistema de accionamiento alternativo y más avanzado es el uso de

un generador especialmente diseñado con un gran número de polos magnéticos, en cuyo caso una mayor eficiencia eléctrica se puede obtener sin recurrir a unos medios mecánicos o hidráulicos para aumentar la velocidad del eje del generador.

5 El convertidor 10 de energía de las olas también puede comprender preferiblemente un sistema de control, ya sea como parte del sistema 17 de salida de energía o como un módulo separado. El sistema de control puede ser operable, ya sea de forma automática o manual, para controlar el sistema de salida de energía y otros sistemas auxiliares y sensores. Por ejemplo, el sistema de control puede comprender controles de energía electrónicos u otros controles eléctricos que son operables para modificar muy rápidamente la toma de energía a través de la carga activa en el eje 16 de giro. En particular, el sistema de control permite el ajuste inmediato de amortiguación mecánica a través de control de torque en el eje 16 de giro. Esto permite que el sistema de control pueda controlar activamente la posición del flotador 12 activo con respecto al cuerpo 14 a través de reactivos de ajuste de la potencia eléctrica que se extrae, en otras palabras, la carga de torque en el eje 16 de giro. Esto puede incluir la inversión del flujo de potencia activa para posicionar el flotador 12 activo. Debido a que el flotador 12 activo es de baja masa (con respecto al agua) hay una baja inercia asociada a esta respuesta. De ahí que el convertidor 10 de energía de las olas es inherentemente sensible a los cambios en los perfiles de la ola, como ocurre dentro de una longitud de onda debido a las olas aditivas. Por lo tanto, en la forma preferida el convertidor de energía de las olas está dispuesto para responder a los componentes de energía de frecuencia más altos de movimiento de las olas que se discutieron con referencia a la figura 1b y puede ajustar su carga o amortiguación a diversos perfiles de ola y frecuencias para extraer más energía de una ola real.

20 Se apreciará que el sistema de control puede ser programado para ajustar automáticamente la carga del torque (o atenuación eléctrica) en el eje 16 de giro en respuesta a los perfiles de ola detectados por los sensores. En particular, la carga puede ser cambiada por el sistema de control muy rápidamente, por ejemplo, dentro de unos pocos grados del ciclo de la ola, por lo que la respuesta del convertidor 10 de energía de las olas puede ajustarse para realizar un seguimiento de los perfiles de olas de mares reales o arbitrarios. Además, el sistema de control puede comprender algoritmos de anticipación a corto plazo que están dispuestos para predecir los perfiles de ola dentro de cada ciclo, por ejemplo, la subpredominante forma de ola, y ajustar el torque de carga para posicionar el flotador 12 activo para la extracción máxima de energía de las olas que pasan. En la forma preferida, la masa flotante 12 activa relativamente baja es lo suficientemente ligera para estar continuamente sensible a una forma de ola. Siempre tiene una frecuencia de resonancia natural que es mucho mayor que la frecuencia de ola dominante, por ejemplo, un orden de magnitud, y su respuesta a las fuerzas de ola de excitación se efectúa principalmente por la cantidad de energía que se extrae a través del generador eléctrico del sistema de salida de energía.

35 El cuerpo 14 reactivo es un elemento de almacenamiento de energía en virtud de su mayor masa y su respuesta no es controlable de la misma manera, a pesar de las variaciones en el torque de reacción del cuerpo reactivo se ven afectados por la carga del flotador activo. A modo de ejemplo, el sistema de control puede estar dispuesto para mantener el eje 16 de giro sustancialmente en el MSL ajustando activamente la carga de torque neto en el eje 16 de giro de tal manera que el flotador 12 activo opera sobre un ángulo de 90° como se muestra en la figura 1c.

Modo de supervivencia a tormenta

40 El sistema de control puede estar dispuesto para proteger el convertidor 10 de energía de las olas en condiciones de sobrecarga, por ejemplo, durante una tormenta cuando las olas se vuelven demasiado violentas. Por ejemplo, el sistema de control puede estar dispuesto para detectar o percibir una condición de sobrecarga e iniciar un modo de supervivencia no sensible o de tormenta donde el cuerpo 14 reactivo podría estar dispuesto para hundirse por debajo del seno de la ola 26 de las olas dejando el flotador 12 activo parcialmente cargado verticalmente como se muestra en la figura 4. A modo de ejemplo, esto se puede conseguir a través de un freno mecánico proporcionado en el eje 16 de giro que es accionable por el sistema de control para restringir el movimiento entre los cuerpos 12,14 activos y reactivos en la posición extendida mostrada en la figura 4. En esta posición extendida, el convertidor 10 de energía de olas flotaría sustancialmente debajo de la superficie de las olas de ese modo se protege contra daños.

Dimensiones del convertidor de energía de las olas

50 Se apreciará que el tamaño del convertidor de energía de las olas se puede variar y dependerá significativamente de la altura de ola y/o longitud de la ola en el sitio de despliegue elegido. Preferiblemente, el convertidor 10 de energía de las olas es dimensionalmente pequeño (en ambas direcciones paralelas y perpendiculares con respecto a los frentes de la ola) en comparación con la altura de las olas y/o longitud de olas del movimiento de las olas en el mar. Esto es importante para el funcionamiento en mares reales donde las crestas de las olas son cortas y los períodos son variables. En la forma preferida, la longitud efectiva del flotador 12 activo puede ser, a modo de único ejemplo, en el orden de aproximadamente la mitad de la altura de la ola significativa (creta de artesa). Por lo tanto, un convertidor de energía de las olas 10 a 2 m de olas tendrá un flotador 12 activo con un centro de flotabilidad a aproximadamente 1m del eje 16 de giro. La longitud del cuerpo 14 reactivo puede, a modo de ejemplo solamente, estar en el orden de aproximadamente 1/10 de la longitud de onda media en el lugar de despliegue elegido.

Como se mencionó anteriormente, la longitud de giro efectivo del flotador 12 activo puede ser preferiblemente de aproximadamente la mitad de la altura de la ola máxima de la que se va a extraer la energía. Esto define el pico de potencia del convertidor 10 de energía de las olas para una longitud de onda particular. Más allá de este punto, la salida de energía se estabilizará, de una manera similar a una turbina de viento. La longitud del cuerpo 14 reactivo define las longitudes de olas sobre las que el convertidor de energía de las olas absorbe el máximo de energía. Como se mencionó anteriormente, el cuerpo 14 reactivo puede estar preferiblemente en el orden de 1/10 de la longitud de olas para el convertidor de energía de las olas para absorber suficiente energía de la ola. Si es demasiado corta, no describe un movimiento correspondiente en el campo de la energía de la ola para ser un convertidor de energía de las olas eficiente en cualquier longitud de ola particular. Se apreciará que las longitudes de flotador 12 activo y cuerpo 14 reactivo con respecto a la altura de las olas y/o longitud de ola se pueden variar de las proporciones mencionadas anteriormente.

La relación de "flotabilidad con el peso" de flotación sumergida del flotador 12 activo puede variar muy ampliamente, pero preferiblemente es significativamente mayor que 1. Habrá un óptimo en diversas condiciones. La masa se requiere para almacenar algo de energía en el movimiento hacia arriba que se recupera en el movimiento hacia abajo, mientras que también garantiza que el flotador activo hará un seguimiento del movimiento hacia abajo del nivel de la superficie del mar. A modo de ejemplo, la relación de la flotabilidad a peso del flotador 12 activo puede estar en el intervalo de 1.5: 1 a 10:1, y más preferiblemente en el intervalo de 2:1 a 4:1. La proporción de flotabilidad peso sumergido del cuerpo 14 reactivo en el otro lado está muy cerca de 1, preferiblemente en el intervalo de 0.8:1 a 1.2:1, y más preferiblemente en el intervalo de 0.9:1 a 1.1:1 para que pueda ser auto flotante o auto sumergible, en cuyo caso el apego al flotador 12 activo lo mantiene a flote.

La masa del cuerpo 14 reactivo es preferiblemente grande en comparación con la del flotador 12 activo. La forma en que este cuerpo reactivo actúa depende fuertemente de las condiciones del mar y en particular de la longitud de la ola, y se requiere un compromiso para "afinar" que para mejorar el rendimiento general del dispositivo en condiciones medias de mar. La relación "flotador activo-cuerpo reactivo" de peso puede estar preferiblemente en el intervalo de 5:1 a 30:1, y más preferiblemente en el intervalo de 10:1 a 20:1 para un funcionamiento eficaz. Las posiciones del centro de flotación y el centro de masa del cuerpo 14 reactivo son parámetros de diseño importantes, como es la distribución de densidad de masa sobre el cuerpo reactivo. Fundamentalmente, el centro de masa debe mantenerse por debajo del centro de flotación en todo momento, o el cuerpo 14 reactivo se volverá inestable y le dará la vuelta. Preferiblemente, el centro de flotabilidad del cuerpo 14 reactivo es controlable para seleccionar la respuesta de cabeceo apropiada. A modo de ejemplo, el cuerpo reactivo puede comprender una alta densidad (SG >> 1) de hormigón/agregado roca o el volumen de metal en la parte inferior y una densidad baja (SG << 1) el aire o el volumen de espuma rígida en la parte superior, con atrapamiento agua de mar (SG ~ = 1) para proporcionar el volumen de la flotabilidad neutra distribuido según sea necesario, para definir por separado las características de tono y de respuesta del movimiento vertical del cuerpo reactivo, plataforma o larguero. A modo de ejemplo, la concentración de la masa alrededor de un punto particular, en comparación con una masa uniformemente distribuida reduce la inercia de cabeceo (y la capacidad del cuerpo para la energía de paso a almacenar) alrededor de ese punto, pero tiene un efecto mínimo sobre la inercia de agitación (y la capacidad del cuerpo para almacenar energía de agitación). Definir por separado estas características de respuesta es una característica importante del convertidor de energía de las olas. Además, la forma del cuerpo 14 reactivo es importante por la manera en que reacciona con respecto a la agitación y movimientos de cabeceo. En relación a la agitación, los bajos resultados de aceleración de baja fuerza (dependiente del área de sección transversal en la superficie) y la gran inercia en la dirección de movimiento vertical. En relación al cabeceo, resultados de alta aceleración de alta fuerza (en función de una gran superficie frente a la dirección del flujo de la ola) y de baja inercia de rotación.

Funcionamiento del convertidor de energía de las olas

El funcionamiento típico simple del convertidor 10 de energía de las olas de configuración de flotador activo que a continuación se describirá con más detalle. Con referencia a las figuras 4a y 4b, los movimientos idealizados del flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo acoplado en el punto 16 de giro se muestran en respuesta a las olas 8 que viajan en dirección Z, y con el nivel medio del mar que se indican mediante la línea MSL. La trayectoria 12a del flotador 12 activo tiende a seguir las partículas de agua sometidas a ola de excitación, que se mueven en un movimiento circular, con un diámetro del círculo igual a la altura de las olas. La trayectoria 14a del cuerpo 14 reactivo tiende a cabecear sobre su parte inferior, en respuesta a la amplitud exponencialmente decreciente del movimiento de las partículas de agua. Esto, junto resultados en un movimiento cíclico de flexión alrededor del pivote 16, a partir de la cual el poder se puede sacar. Volviendo a la figura 1c, el convertidor de energía de las olas 10 se muestra en una posición de reposo o estática. El flotador 12 activo siendo boyante y que tiene una baja inercia, se apoya en una orientación sustancialmente horizontal o hacia la superficie del océano, y el cuerpo reactivo 14 que tiene una flotabilidad neutra y bajo centro de gravedad se basa en una orientación estado y vertical sustancialmente sumergido. Este movimiento acoplado da como resultado una flexión cíclica alrededor del eje 16, a partir de la cual la energía se puede sacar. Volviendo a la figura 1c, el convertidor de energía de las olas 10 se muestra en una posición de reposo o estática. Siendo el flotador activo 12 flotante y que tiene una baja inercia, se apoya en una orientación sustancialmente horizontal o hacia la superficie del océano, y el cuerpo 14 reactivo que tiene una flotabilidad neutra y bajo centro de gravedad se basa en un estado sustancialmente sumergido y una orientación

5 vertical. Como se ha descrito, el cuerpo 14 reactivo tiene preferiblemente fuerza de recuperación bajo la flotabilidad de manera que no es sensible en la dirección vertical. Además, las superficies del flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo se pueden conformar para maximizar la interacción con el paso de las olas de una manera controlable, de modo que el flotador 12 activo y el cuerpo 14 reactivo oscilan forzosamente sobre el eje 16 de giro para extraer la energía máxima de ola. La energía útil, tal como la energía eléctrica se extrae mediante la carga de forma activa de un generador eléctrico para el movimiento de giro en el eje 16 de giro. La sección de baja inercia o el rotor del generador están acoplados preferiblemente a la baja inercia del flotador 12 activo y el alto marco de inercia del generador está montado en la alta inercia del cuerpo 14 reactivo que actúa como una plataforma de referencia pasiva para el bastidor del generador.

10 La mayor parte de la energía se extrae por la interacción entre el flotador 12 activo y los flujos de energía potencial y cinética más intensos en la parte superior de la masa de agua. Esta energía se transfiere a través del convertidor 10 de energía de las olas como torque sobre el eje 16 de giro, con el cuerpo 14 reactivo que proporciona la reacción necesaria. El funcionamiento del convertidor de energía de las olas se puede mejorar si el cuerpo reactivo puede ser animado a almacenar energía y la transfiere como una fuerza de reacción a través del eje 16 de giro o el eje de giro en una etapa apropiada en el ciclo de ola. Esta es una forma de transferencia de energía de bimodal, donde se transfiere fuera del cuerpo 14 reactivo por un mecanismo y la forma diferente del que entró. En particular, la energía de la ola se transfiere al cuerpo 14 reactivo como cabeceo de inercia sobre un bajo centro de masa puntual y como el movimiento de agitación y los transfiere fuera como torque desde un eje 16 de giro (en la parte superior), a través de la reacción contra las fuerzas de flotación activas en el giro. Más específicamente, la extracción de energía bimodal se logra mediante la absorción de la energía cinética de rotación y el potencial vertical en el cuerpo reactivo por fuerzas de las olas que actúan sobre dicho cuerpo y la extracción de esta energía de rotación al resistir el movimiento del cuerpo reactivo a través del torque sobre el eje 16 de giro.

25 Para lograr el movimiento de giro alrededor del eje 16 de giro, el flotador 12 activo es forzado hacia arriba principalmente en una dirección vertical por las fuerzas de flotabilidad y hacia abajo por su propia masa. Además, las fuerzas hidrodinámicas del movimiento de rotación de las partículas de agua ayudan en las direcciones vertical y horizontal, y también tienden a conducir el flotador 12 activo de una manera circular. La resistencia a este movimiento por la carga de torque en el eje 16 de giro transfiere energía de las olas que pasan al sistema 17 de salida de energía. La resistencia de carga reduce la amplitud de la trayectoria por la baja inercia del flotador 12 activo, pero porque es luz, se puede responder con rapidez y seguir un perfil de ola irregular. El flotador 12 activo no simplemente oscila en un movimiento agitación como energía útil que también se puede extraer a partir del movimiento horizontal (oleaje) acoplado a la acción de cabeceo del cuerpo reactivo en virtud del ángulo extendido logrado sobre el eje 16 de giro.

30 Haciendo referencia a la figura 5, los movimientos típicos de agitación y cabeceo del convertidor 10 de energía de las olas durante cuatro etapas de un ciclo de ola de paso se describirán a modo de ejemplo solamente. El nivel de la ola se indica generalmente por la referencia 28. Se puede observar que la acción del cabeceo del cuerpo 14 reactivo puede aumentar el ángulo de rotación o movimiento de giro alrededor del eje 16 de giro.

35 El convertidor 10 de energía de las olas puede orientarse, ya sea arriba o abajo de la dirección de las olas y se apreciará que el convertidor de energía de las olas puede funcionar a diferentes profundidades del océano, desde poca profundidad, donde la profundidad mínima es de sólo unos pocos metros superiores a la altura sumergida del cuerpo reactivo, a muy profundas. En el ejemplo siguiente el ciclo de ola de la figura 5 asume una orientación hacia abajo, es decir, el convertidor de energía de las olas apunta lejos del frente de la ola. Alternativamente ambos flotadores activos arriba y abajo pueden estar dispuestos de una manera que hace que la orientación en gran medida sea irrelevante.

Descripción de los movimientos de un ciclo de ola típico

45 MSL creciente (0°): El agua se mueve verticalmente hacia arriba, además de la fuerza de flotación tiende a mover el flotador 12 activo hacia arriba y también hacia adelante a partir de la fuerza de arrastre ya que el vector de velocidad del agua gira hacia la horizontal a medida que se acerca la cresta de la ola. A medida que el agua continúa moviéndose hacia arriba alrededor del flotador 12 activo, las fuerzas verticales giran el flotador activo sobre el eje 16 de giro extendiendo el ángulo de giro. El cuerpo 14 reactivo mantiene una posición relativamente estacionaria en la dirección vertical debido a su masa, amarres inferiores y/o placas de arrastre dispuestas en el agua relativamente quieta en la parte inferior del cuerpo reactivo. Este es sin embargo un cabeceo hacia delante (hacia la derecha) alejado de la cresta de la ola que avanza en la parte superior, a medida que el vector de velocidad del agua gira hacia la horizontal cuando se acerca la cresta de la ola. Se aplica torque de carga controlada al eje de giro por el sistema de control resultando en trabajo realizado simultáneamente contra ambos componentes de la energía vertical y horizontal de las olas.

Pico de la Ola (90°): El agua ahora se mueve en la dirección horizontal hacia adelante tenderá a empezar a moverse hacia abajo a medida que el vector de velocidad del agua gira hacia la vertical cuando la ola en caída se aproxima a MSL. Como se ha mencionado, el flotador 12 activo también puede tener forma de hidroala y aerodinámica para modificar el arrastre horizontal, y para proporcionar las fuerzas de elevación resultantes del movimiento de las

partículas de ola horizontales que son más rápidas que el movimiento horizontal del flotador. El peso del flotador 12 activo más la fuerza de elevación hacia abajo comienzan a girar el flotador activo alrededor del eje 16 de giro disminuyendo el ángulo de giro. El agua que se mueve en la dirección horizontal hacia adelante también tenderá a través de las fuerzas de arrastre en la parte superior del cuerpo 14 reactivo para hacer regresar el cuerpo reactivo a la posición más vertical. Se aplica el torque de carga controlado al eje de giro por el sistema de control, lo que resulta en un trabajo realizado simultáneamente contra ambos componentes de energía de ola verticales y horizontales.

MSL descendente (180°): El agua moviéndose ahora hacia abajo en la dirección vertical de la masa del flotador 12 activo tenderá a permitir ahora que el flotador activo continúe girando hacia abajo por su propio peso, ya que las fuerzas de flotación son ahora mínimas, además disminuyendo el ángulo de giro. El cuerpo 14 reactivo estará relativamente estacionario en posición vertical debido a su masa, amarre inferior y/o placas de arrastre en el agua relativamente quieta en la parte inferior del cuerpo reactivo. Ahora se lanzó fuera del seno de la ola de avance en la parte superior, como resultado del movimiento horizontal hacia adelante del agua en la cuarta fase anterior de la ola. Un nivel más bajo de la carga activa de torque se aplica al eje 16 de giro por el sistema de control para extraer energía de la energía potencial almacenada en la masa del cuerpo 14 reactivo y también de fuerza hidrodinámica en el flotador 12 activo causada por el movimiento del agua hacia abajo.

Caída de la Ola (270°): El agua ahora se mueve en la dirección horizontal hacia atrás y no se aplicará ninguna fuerza vertical significativa al flotador 12 activo que ahora está descansando en la superficie. El flotador 12 activo tenderá a empezar a moverse de nuevo hacia arriba a medida que el vector de velocidad del agua lo hace girar hacia la horizontal mientras que la ola creciente se aproxima a MSL, re extendiendo el ángulo de giro. El cuerpo 14 reactivo es ahora vertical, pero las fuerzas de arrastre en la parte superior del cuerpo reactivo del agua en movimiento en la dirección horizontal hacia atrás tenderán a inclinarse hacia la ola que se aproxima. Se aplica carga de torque de nuevo al giro de modo que la fuerza de torsión se acumule rápidamente para superar el movimiento de cabeceo del cuerpo 14 reactivo.

Haciendo referencia a la figura 6, se apreciará que los convertidores 10 de energía de ola múltiple pueden estar unidos entre sí mediante cables 18 de amarre de holgura para proporcionar un sistema 30 de conversión de energía de las olas de capacidad total de salida de mayor potencia. En particular, un número de convertidores 10 de energía de las olas puede ser desplegado en largas cadenas paralela a la dirección de la ola predominante. Cada convertidor de energía de las olas puede ser de hasta 10 m de ancho, con espacio suficiente que se suministre entre cada uno de ellos para evitar coincidir en las tormentas. Los cables 18 de sistema de amarre deben preferiblemente ser utilizados para mantener los convertidores 10 de energía de las olas que se enfrenta al frente de la ola, por lo general indicada por la flecha 32, ya que la tendencia natural será que los dispositivos se alejen a la trayectoria de menor resistencia. La orientación a través del amarre puede ser asistida por otros medios conocidos tales como timones, aletas o forma de auto-orientación de la estructura del cuerpo reactivo flotante.

Haciendo referencia a la figura 7, se muestra una forma alternativa del convertidor 40 de la energía de ola en donde el extremo inferior del cuerpo 14 reactivo está acoplado de forma giratoria en 42 con un marco 44 de referencia que se fija al fondo marino 46, en lugar de cables de amarre de holgura que son fijados o anclados al fondo del mar. A modo de ejemplo, el marco 44 de referencia puede ser un puntal incompresible pero horizontalmente flexible que puede ser ajustable en altura para la variación de MSL debido a las mareas. Alternativamente, un flotador ya activo podría utilizarse con una disposición de este tipo para compensar contra la variación de MSL.

Se apreciará que el convertidor de energía de las olas puede tener más de un flotador activo acoplado de forma giratoria a un cuerpo único reactivo si se desea para aumentar la capacidad de salida de energía, o hacer un dispositivo omnidireccional. En particular, el movimiento de giro entre los múltiples flotadores activos y el cuerpo reactivo único podrían ser combinados y se transfieren a un sistema de salida de energía o sistema de salida de energía, alternativamente separado pueden proporcionarse para cada respectivo flotador activo. Además, se apreciará que puede haber múltiples cuerpos reactivos acoplados de forma giratoria a uno o más flotadores activos en otras formas de varios brazos del convertidor de energía de las olas.

Primera realización preferida - Dispositivo Experimental 2 kW

Haciendo referencia a las figuras 8a-8e, se describirá una primera forma de realización preferida del convertidor 100 de energía de las olas en forma de un dispositivo experimental de 2 kW.

Dispositivo experimental 2 kW - flotador activo

El flotador 120 activo es sustancialmente alargada que se extiende entre un primer extremo 120a que es próximo al cuerpo 140 reactivo y un segundo extremo 120b que es distal al cuerpo reactivo. El área de sección transversal entre los extremos 120a, 120b se define periféricamente por las superficies superior 120c e inferior 120d opuestas que están unidas por superficies 120e, 120f laterales opuestas. El flotador 120 activo tiene un perfil de sección transversal uniforme a lo largo de su longitud, aunque se apreciará que un perfil no uniforme podría ser utilizado alternativamente. El flotador 120 activo tiene una longitud L1 de aproximadamente 1.0 m, la anchura W1 de

aproximadamente 0.7 m, y una profundidad D1 de aproximadamente 0.5 m. El flotador 120 activo tiene un peso en seco de aproximadamente 350 kg. El flotador 120 activo está indirectamente de forma giratoria acoplado al cuerpo 140 reactivo por un sub-marco 122 que comprende dos brazos de conexión 122a, 122b que se extienden perpendicularmente desde un componente 122c del elemento transversal. En particular, el travesaño 122c se extiende a través de la anchura del flotador 120 activo en, o hacia la mitad de la longitud del flotador activa. Los extremos 122e, 122f libres de los brazos 122a, 122b de conexión, están acoplados de manera giratoria al eje 160 de giro o eje previsto en el cuerpo 140 reactivo para permitir así que el flotador 120 activo y el cuerpo 140 reactivo pueda girar con respecto al otro alrededor del eje 160 de giro. Por lo tanto, el flotador 120 activo tiene al menos un grado de libertad en que puede girar con respecto al cuerpo 140 reactivo. El flotador 120 activo puede ser fijo y bloqueado de forma rígida al elemento transversal 122c en una orientación particular o alternativamente el flotador activo puede estar dispuesto para ser libremente giratorio sobre el elemento transversal proporcionando de este modo con dos grados de libertad. Con dos grados de libertad, la extracción de energía mejorada puede obtenerse mientras la orientación del flotador activo puede ajustarse a las formas de la ola para asegurar un contacto de superficie máxima con las olas. Se apreciará que el flotador 120 activo podría alternativamente ser acoplado de forma giratoria en o hacia uno de sus extremos con el cuerpo 140 reactivo, si se desea.

Se apreciará que el flotador 120 activo puede ser de muchas formas diferentes y secciones transversales. Por ejemplo, la superficie 120d inferior del flotador 120 activo puede ser plana o en con forma de cazuela para proporcionar una aplicación muy rápida de la fuerza de empuje de las olas. Diferentes tamaños de dispositivo y niveles de sofisticación del sistema de control para diferentes aplicaciones en el mercado requieren diferentes perfiles de flotación. Arrastre de placas también se pueden añadir al flotador 120 activo para mejorar el movimiento en ciertas direcciones debido a la acción hidrodinámica del movimiento de las olas. También, como se identifica anteriormente, el cuerpo 140 reactivo puede tener flotabilidad negativa y ser mantenido con el eje 160 de giro en o alrededor de la superficie por el flotador 120 activo que tiene un perfil de flotabilidad que se extiende en parte a y/o más allá del eje 160 de giro (por ejemplo, usando los brazos de fijación flotantes huecos) de tal manera que su fuerza de flotabilidad solo mantiene el cuerpo 140 reactivo a flote. Esta configuración permite la máxima relación sumergida masa/volumen que se diseña en el cuerpo 140 reactivo para optimizar su eficiencia de inercia.

Dispositivo experimental 2 kW - cuerpo reactivo

El cuerpo 140 reactivo es alargado sustancialmente y en funcionamiento se extiende en una posición sustancialmente vertical entre un extremo 142 superior enfrentado hacia el cielo y un extremo 144 inferior que se extiende en el agua de mar. El cuerpo 140 reactivo comprende un cuerpo 140a principal del cual dos brazos 140b, 140c de soporte verticales se extienden. El flotador activo está acoplado de forma giratoria por el subbastidor 122 al eje 160 de giro o eje que se extiende entre los brazos 140b,c de soporte, del cuerpo 140 reactivo. Los brazos de soporte 140b,c son de suficiente longitud con respecto a las dimensiones del sub-bastidor 122 y el flotador 120 activo, y en combinación con la ubicación del eje 160 de giro, para permitir que el flotador 120 activo pueda girar completamente 360°. La razón de la capacidad de rotación completa del flotador 120 activo alrededor del eje 160 de giro es de supervivencia. El funcionamiento normal es con el flotador 120 activo moviéndose arriba y abajo alrededor de 645° respecto a la horizontal, y el cuerpo 140 reactivo cabeceando hasta 620° respecto a la vertical.

Por lo tanto, el recorrido angular relativo entre el flotador 120 activo y el cuerpo 140 reactivo puede ser tanto como 665° bajo el funcionamiento normal a la altura de la ola del diseño cuando se descarga el giro. En condiciones de tormenta, el movimiento de giro puede ser más extremo y la capacidad del flotador 120 activo para girar completamente respecto al cuerpo 140 reactivo reduce el riesgo de daños que se produzcan en el dispositivo.

El cuerpo 140 reactivo tiene una longitud L3 total de aproximadamente 6.5 m, anchura W2 de aproximadamente 2.0 m, y una profundidad D2 de aproximadamente 0.5 m. La longitud de los brazos 140b,c de soporte es de aproximadamente 3.5 m y la longitud L4 del cuerpo principal es de aproximadamente 3.0 m. El peso en seco del cuerpo 140 reactivo es de aproximadamente 750 kg, y el peso en húmedo es de aproximadamente 3000 kg. Por lo tanto, la longitud y la anchura del cuerpo 140a principal del cuerpo 140 reactivo es de tal manera que se crea una zona 140d de superficie activa de gran suficiencia en la que el movimiento de las olas puede actuar, y esto en combinación con la longitud total relativa del cuerpo reactivo causa el cabeceo.

Los puntos 146 de conexión de los cabos de amarre para uno o más cabos de amarre para conectarse se proporcionan en el extremo 144 inferior del cuerpo 140 reactivo. Preferiblemente, el dispositivo está amarrado flojo y el punto de anclaje que se encuentra en el centro del cabeceo del cuerpo reactivo, que puede no ser necesariamente hacia el extremo inferior del cuerpo reactivo. Los cabos de amarre pueden estar fijados de forma segura en el otro extremo al fondo del mar u otro punto de anclaje adecuado.

Se apreciará que el cuerpo reactivo alternativamente podría tener la forma de un tenedor de ajuste, o cualquier otra configuración adecuada que permita al flotador 120 activo rotar completamente usando el diseño como meta-poste.

Dispositivo experimental 2 kW - sistema de salida de energía

El sistema de salida de alimentación se encuentra en y dentro de los brazos 140 b,c de soporte. El movimiento de giro entre el flotador 120 reactivo y el cuerpo 140 activo en el eje 160 de giro se extrae mediante un sistema de acoplamiento que comprende cilindro de doble efecto y arreglos 148a,b RAM hidráulicos que están acoplados operativamente al eje 160 de giro y que actúan sobre el muñón. En funcionamiento, el movimiento de giro oscilatorio alrededor del eje 160 de giro hace que los pistones hidráulicos oscilen hacia delante y hacia atrás con sus respectivos cilindros y por lo tanto el bombeo de fluido hidráulico a través de conductos o mangueras impulse los motores hidráulicos situados dentro de las cámaras 150a, b se encuentran al principio de los brazos 140b,c de soporte. Los motores hidráulicos tienen cada uno una salida de árbol de accionamiento giratorio y esto se acopla a la entrada de los generadores eléctricos para generar energía eléctrica para la aplicación a una carga. Se apreciará que los generadores eléctricos pueden estar dispuestos para recibir una salida de oscilación de accionamiento rotacional de los motores hidráulicos o rectificadores alternativamente hidráulicos que puede ser incorporado en el sistema para proporcionar una salida de accionamiento giratorio en una sola dirección para el accionamiento de los generadores eléctricos. La electrónica de control del sistema de control se encuentra en las cámaras 150a,b, que están selladas preferiblemente. El sistema de control incluye la funcionalidad de torque de carga activo para el control de la carga a través de convertidores electrónicos de potencia.

Segunda realización preferida - Dispositivo de 100 kW

Haciendo referencia a las figuras 9a-9e, se describirá una segunda forma de realización preferida del convertidor 200 de energía de las olas en forma de un dispositivo 100 kW. El dispositivo 100 kW es similar en diseño al dispositivo 100 2 kW experimental, pero es más grande en escala. El dispositivo 200 comprende un flotador 220 activo, el cuerpo 240 reactivo (con una del cuerpo 240a principal, y los brazos 240b,c de soporte), y un subbastidor 222 para acoplar de forma giratoria el flotador activo al cuerpo reactivo para permitir el movimiento de giro relativo entre los cuerpos sobre el eje 260 de giro. El sistema de salida de energía puede ser como se describió anteriormente y puede estar integrado en los brazos 240b,c de soporte del cuerpo 240 reactivo.

La longitud L7 total del cuerpo 240 reactivo es de aproximadamente 20 m, siendo la longitud L5 de los brazos 240b,c de soporte aproximadamente de 6.8 m y la longitud L6 del cuerpo 240a principal siendo aproximadamente 13.2 m. El cuerpo 240 reactivo tiene una anchura W3 de aproximadamente 7.5 m y una profundidad D3 de aproximadamente 1.6 m. El peso en seco del flotador 220 activo es de aproximadamente 20,000 kg. El flotador 220 activo tiene una longitud L8 de aproximadamente 4.2 m, la anchura W4 de aproximadamente 3.2 m, y la profundidad D4 de aproximadamente 1.5 m. El peso en seco del cuerpo 240 reactivo es de aproximadamente 10,000 kg y su peso en húmedo es de aproximadamente 135,000 kg.

Materiales de construcción para el flotador activo y el cuerpo reactivo

Para dispositivos de gran tamaño, el flotador activo es principalmente de una construcción de acero de protección a la corrosión con nervaduras internas y reforzadas para la resistencia. Para los dispositivos más pequeños de baja potencia de 1-10 kW la calificación exterior puede ser de polímero semiflexible duro tal como polipropileno o similar. En ambos casos, puede ser llenado con material de espuma para atrapar aire para una mayor fiabilidad contra un posible daño a la protección externa y fugas posteriores. Totalmente sumergido su relación flotabilidad con el peso es preferiblemente de aproximadamente 3:1.

La construcción del cuerpo reactivo es más crítica que la del flotador activo. La masa total del cuerpo reactivo debe equilibrarse con la flotabilidad de tal manera que flote con la línea de agua quieta, aproximadamente en el punto de giro y la flotabilidad con respecto a la masa de poco más de la unidad en todos los niveles de inmersión. También debe ser lo suficientemente fuerte como para sobrevivir en mares extremos. Para dispositivos de gran tamaño la estructura es principalmente de acero protegido contra la corrosión con nervaduras internas y reforzadas para la resistencia. La flotabilidad se logra en la parte superior de la estructura a través de tanques de aire cerrados. Partes de estos tanques pueden llenarse con material de espuma de atrapar aire para una mayor fiabilidad contra un posible daño a la cubierta externa y fugas posteriores. Su índice de masa totalmente sumergida-flotabilidad con el peso es preferiblemente de aproximadamente 1.1:1. Los tanques de flotación adicionales se proporcionan en la parte inferior de la estructura para remolcar el dispositivo en posición de flotación horizontal, como una balsa para la facilidad de despliegue. Estos tanques se inundan de forma selectiva durante la instalación en el punto de amarre para proporcionar el ajuste apropiado. Cuando se implementa en el modo de funcionamiento, una parte significativa de la masa de dispositivo consiste en agua de mar atrapado. El centro de flotabilidad es diseñado para estar a una distancia específica por encima del centro de masa para asegurar la estabilidad vertical, sino también promover la acción cabeceo. Esta distancia es del orden de 0.1 como una relación de longitud sumergido en general, pero puede ser mayor o menor dependiendo de las otras dimensiones del dispositivo. Para ajustar la inercia de rotación, la masa de lastre de alta densidad en forma de acero, hormigón u otros materiales agregados es atrapada alrededor del centro de rotación de cabeceo, que es lo más cercano a la parte inferior del cuerpo reactivo como es práctico.

Resultados simulados en ordenador

Con referencia a la figura 11, se han llevado a cabo simulaciones por ordenador para demostrar el valor de captación de energía de cabeceo con el cuerpo reactivo y energía de oleaje del flotador activo, además de la

energía del oleaje el flotador activo. Las simulaciones demuestran aumentos útiles en la producción de energía a través del cabeceo del cuerpo reactivo. Algunos de estos resultados se muestran en la figura 11 para el dispositivo experimental y 1m de altura de ola. Durante un período de 6 segundos de ola, se calculó el 20% de energía adicional para un cuerpo reactivo que se le permitió el cabeceo en comparación con un cuerpo que no se le permitió el cabeceo.

5

Las formas de realización preferidas del convertidor de energía de las olas se han descrito en el contexto de los dispositivos y sistemas para la captura y la conversión de la energía de las olas en energía útil en forma de energía eléctrica. Sin embargo, se apreciará que la energía útil capturada por el convertidor de energía de las olas puede ser almacenada o utilizada para accionar otros sistemas directa o indirectamente. A modo de ejemplo, la energía cinética en el giro del convertidor de energía de las olas se puede utilizar directamente en la forma de energía de movimiento de giro oscilante o convertirse en cualquier otra forma adecuada, tal como energía de movimiento rotacional o lineal, para la conducción de otros sistemas en varias aplicaciones. Por ejemplo, la energía cinética se puede utilizar para presurizar el agua o para accionar una bomba de agua.

10

15

La descripción anterior de la invención incluye las formas preferidas de la misma. Se pueden hacer modificaciones a la misma sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones acompañantes.

REIVINDICACIONES

1. Un convertidor (10) de energía de olas flotantes y auto-reaccionador para extraer energía útil del movimiento de las olas en una masa de líquido, que comprende:
- 5 un flotador (12) activo que está dispuesto para flotar sustancialmente hacia o sobre la superficie del líquido, y que está dispuesto tanto a la agitación como al oleaje en respuesta a movimiento de las olas que actúan sobre el flotador (12) activo;
- 10 un cuerpo (14) reactivo alargado que se extiende longitudinalmente entre un extremo superior y un extremo inferior, y que tiene un centro de masa situado en o hacia su extremo inferior y por debajo de su centro de flotación de tal manera que está dispuesto para ser suspendido en una posición sustancialmente vertical y sustancialmente en un estado sumergido en el líquido por debajo de la superficie, y el cuerpo reactivo que tiene un área de superficie y una longitud que se extiende en el líquido de la superficie de tal manera que cabecea alrededor de un centro de rotación situado en, o hacia su extremo inferior en respuesta al movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo reactivo,
- 15 estando el flotador (12) activo y el cuerpo (14) reactivo acoplados de forma giratoria en o hacia el extremo superior del cuerpo (14) reactivo para el movimiento de giro con respecto al otro alrededor de un eje (16) de giro único en respuesta a la agitación y el oleaje del flotador (12) activo y al cabeceo del cuerpo (14) reactivo causado por el movimiento de las olas en el cuerpo del líquido, y en donde el flotador activo y el cuerpo reactivo están acoplados de forma giratoria para permitir que el flotador activo rote completamente 360° alrededor del único eje de giro; y
- 20 un sistema de salida de energía que es accionado operativamente por el movimiento de giro alrededor del eje de giro para capturar la energía útil.
2. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el flotador (12) activo está dispuesto para tener una inercia baja a media tanto en las direcciones vertical como horizontal para mejorar los movimientos de agitación y oleaje respectivamente.
- 25 3. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el flotador (12) activo es al menos parcialmente en forma de hidroala para crear la fuerza de elevación para mejorar los movimientos de agitación y/u oleaje en respuesta al movimiento de las olas que actúan sobre el flotador (12) activo.
- 30 4. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores en donde el flotador (12) activo tiene una gravedad específica de menos de uno y el flotador (12) activo comprende una relación de flotabilidad con el peso de 2:1 a 4:1
- 35 5. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el flotador (120) activo es un componente sustancialmente alargado que se extiende entre un primer extremo (120a) próximo al cuerpo (140) reactivo y un segundo extremo (120b) distal al cuerpo (140) reactivo, el área de sección transversal entre los extremos (120a, 120b) estando definida periféricamente por superficies superior (120c) e inferior (120d) opuestas que están unidas por superficies (120e, 120f) laterales opuestas, la superficie (120c) superior que está dispuesta para enfrentarse hacia el cielo y la superficie (120d) inferior dispuesta para quedar orientado hacia y en el líquido, y en donde el primero (120a) y/o segundo (120b) extremos del flotador (120) activo como una superficie de fricción sobre la cual los movimientos de las olas actúan para crear fuerzas de arrastre para mejorar los movimientos de oleaje del flotador (120) activo.
- 40 6. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (14) reactivo está dispuesto para tener una inercia media a alta en la dirección vertical para reducir al mínimo los movimientos de agitación que están en fase con el movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo (14) reactivo e inercia de giro baja a media alrededor de un eje horizontal que es paralelo al eje (16) de giro para mejorar los movimientos de cabeceo del cuerpo (14) reactivo en respuesta al movimiento de las olas que actúan sobre el cuerpo (14) reactivo.
- 45 7. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (14) reactivo es al menos parcialmente en forma de hidroala de tal manera que el movimiento de las olas sustancialmente vertical que actúa sobre el cuerpo (14) reactivo crea una fuerza de elevación horizontal en el cuerpo (14) reactivo para mejorar los movimientos de cabeceo del cuerpo (14) reactivo.
- 50 8. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (14) reactivo está dispuesto para tener una gravedad específica de aproximadamente uno de tal manera que tenga ya sea la flotabilidad neutra o ligeramente positiva o ligeramente negativa con respecto a la masa de líquido y el cuerpo (14) reactivo está dispuesto para tener una relación de flotabilidad con el peso en el intervalo de 0.9:1 a 1.1:1.

- 5 9. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (140) reactivo tiene suficiente anchura (W2) perpendicular a su eje longitudinal a lo largo de al menos una parte de su longitud que se extiende hacia arriba desde su extremo (144) inferior con el fin de crear un área de superficie activa suficientemente grande sobre la que actúa el movimiento de las olas para causar movimientos de cabeceo del cuerpo (140) reactivo.
- 10 10. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (140) reactivo comprende una distribución de densidad de masa predeterminada a lo largo de su longitud entre su extremo (142) superior y el extremo (144) inferior, siendo la densidad de masa alta con una gravedad específica que es sustancialmente mayor que uno a lo largo y hacia el extremo (144) inferior y la densidad de masa baja con una gravedad específica de sustancialmente menos de uno a lo largo y hacia el extremo (142) superior del cuerpo (140) reactivo.
11. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la relación en peso del cuerpo reactivo con el flotador activo está en el intervalo de 10:1 a 20:1.
- 15 12. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (140) reactivo comprende un cuerpo (140a) principal del cual se extienden dos brazos (140b, 140c) separados entre sí, sustancialmente paralelos y el flotador (120) activo es un componente sustancialmente alargado que se extiende entre un primer extremo (120a) próximo al cuerpo (140) reactivo y un segundo extremo (120b) distal al cuerpo (140) reactivo, el flotador (120) activo que está acoplado de forma giratoria entre los brazos (140b, 140c) para el movimiento de giro alrededor del eje (160) de giro único con respecto a los brazos (140b, 140c) en respuesta a los movimientos del flotador (120) activo y/o cuerpo (140) reactivo causado por el movimiento de las olas en el cuerpo del líquido, y en donde los brazos (140b, 140c) del cuerpo reactivo se extienden desde el cuerpo principal a una distancia suficiente con respecto a la longitud del flotador (120) activo para permitir al flotador (120) activo girar 360° alrededor del eje (160) de giro entre los brazos (140b, 140c) y por encima del cuerpo(140a) principal en respuesta al movimiento de las olas.
- 20 25 13. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo (14) reactivo está amarrado con holgura con una o más cuerdas (18) de amarre, estando cada cuerda (18) de amarre fijada en un extremo en, o hacia la superficie inferior del cuerpo líquido y en el otro extremo en o hacia el extremo inferior del cuerpo (14) reactivo o en el centro de rotación del cuerpo (14) reactivo.
- 30 14. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema (17) de salida de energía está dispuesto para utilizar la energía útil capturada para presurizar o bombear agua.
- 35 15. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde el sistema (17) de salida de energía está dispuesto para generar energía eléctrica a partir de la energía útil capturada desde el movimiento de giro entre el flotador (12) activo y el cuerpo (14) reactivo alrededor del eje (16) de giro, el sistema (17) de salida de energía que comprende un generador eléctrico que tiene una entrada del eje de accionamiento giratorio y el movimiento de giro alrededor del eje (16) de giro que está acoplado al eje de accionamiento de giro por un sistema de acoplamiento para accionar el generador eléctrico para producir energía eléctrica.
- 40 45 16. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con la reivindicación 15, en donde el sistema de acoplamiento comprende además un sistema rectificador que está dispuesto para convertir el movimiento de giro oscilatorio en el eje (16) de giro en movimiento de rotación en una dirección constante, y en donde el sistema de acoplamiento del sistema (17) de salida de energía está dispuesto para acoplar el movimiento de rotación del sistema rectificador para el eje de accionamiento de rotación del generador eléctrico a través de un sistema de caja de cambios, el sistema de caja de cambios que está dispuesto para convertir el movimiento de rotación que tiene una fuerza mayor y menor velocidad en una fuerza menor a mayor velocidad para accionar el generador eléctrico.
- 50 55 17. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema (17) de salida de energía comprende un generador eléctrico que tiene una entrada del eje de giro de accionamiento y el movimiento de giro relativo en el eje (16) de giro está acoplado al eje de accionamiento de rotación mediante un sistema de acoplamiento para accionar el generador eléctrico para producir energía eléctrica, el generador eléctrico que está dispuesto para accionar una carga y el sistema (17) de salida de energía que comprende un sistema de control que está dispuesto para controlar activamente el nivel de carga de acuerdo con la predicción hacia delante del movimiento de las olas con el fin de optimizar la energía eléctrica generada.
18. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el flotador (120) activo está indirectamente acoplado de forma giratoria al cuerpo (140) reactivo a través de un sub-bastidor (122) que está conectado en un extremo (122c) con el flotador (120) activo y acoplado de forma giratoria en el otro extremo (122e, 122f) en o hacia el extremo (142) superior del cuerpo (140) reactivo, y en donde el sub-bastidor (122) está conectado de forma segura en, o hacia el centro del flotador (120) activo con respecto a su

- 5 longitud, el flotador (120) activo que está acoplado de forma giratoria al sub-bastidor (122) para el movimiento de giro con respecto al sub-bastidor (122) de tal manera que el flotador (120) activo tiene dos grados de libertad en los que puede girar con respecto al cuerpo (140) reactivo y el giro con respecto al sub-bastidor (120) para maximizar la superficie de contacto del flotador (120) activo con el líquido durante el movimiento de las olas en el que la orientación del flotador (120) activo puede ajustarse para obtener el máximo contacto con el líquido durante el movimiento de las olas.
- 10 19. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-17, en donde el flotador (120) activo está indirectamente acoplado de forma giratoria al cuerpo (140) reactivo a través de un sub-bastidor (122) que está conectado en un extremo (122c) con el flotador (120) activo y acoplado de forma giratoria en el otro extremo (122e, 122f) en o hacia el extremo (142) superior del cuerpo (140) reactivo, y en donde el sub-bastidor (122) está de forma segura y rígidamente fijo al flotador (120) activo de tal manera que el flotador (120) activo tiene un grado de libertad en que puede girar con respecto al cuerpo (140) reactivo.
- 15 20. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes que comprende además uno o más flotadores (12) activos adicionales que están acoplados de forma giratoria con el cuerpo (14) reactivo para el movimiento de giro alrededor del eje (16) de giro único en respuesta al movimiento de las olas, el sistema (17) de salida de energía siendo impulsado de forma operativa por el movimiento de giro relativo entre los flotadores (12) activos y el cuerpo (14) reactivo para capturar colectivamente la energía útil.
21. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el cuerpo líquido es el mar u océano
- 20 22. Un convertidor de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13, en donde el sistema (17) de salida de energía genera energía eléctrica a partir de la energía útil capturada en el eje (16) de giro.
23. Un sistema de conversión de energía de las olas que comprende múltiples convertidores (10) de energía de las olas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-22, cada uno de los convertidores (10) está vinculado en un sistema de salida de energía único que está dispuesto para convertir la energía útil en energía eléctrica.

25

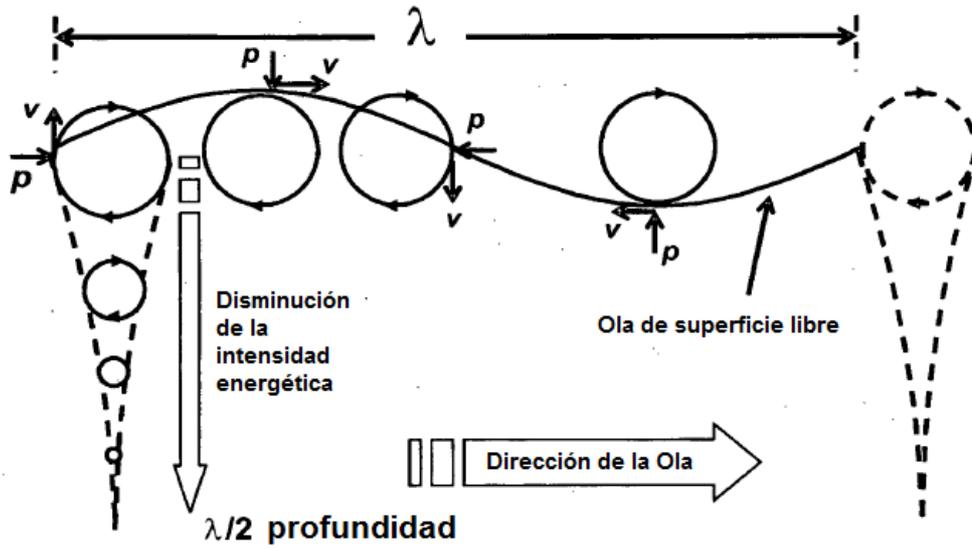


FIGURA 1A

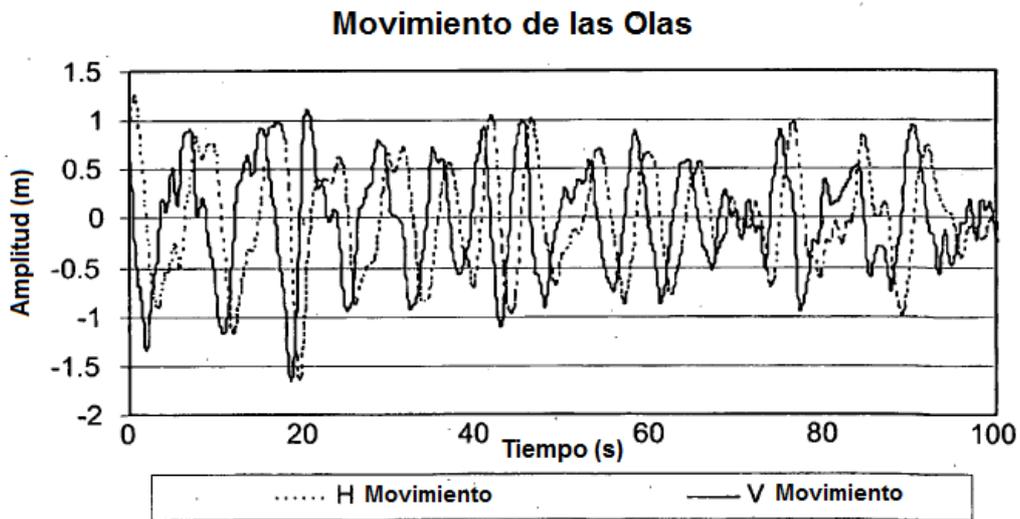


FIGURA 1B

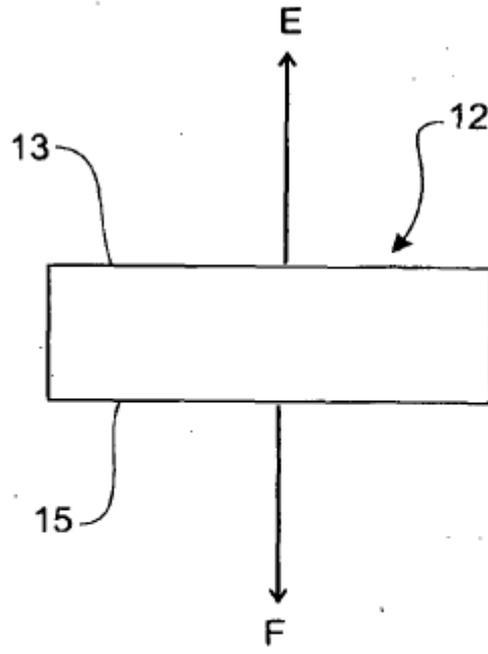


FIGURA 2

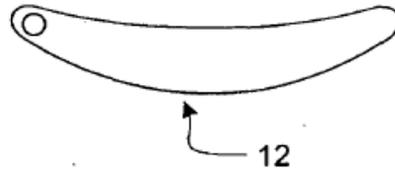


FIGURA 2a

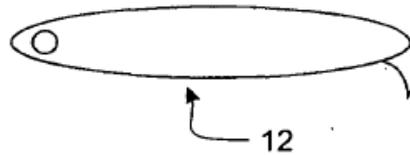


FIGURA 2b

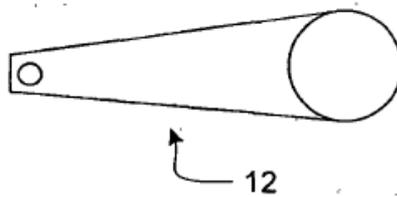


FIGURA 2c

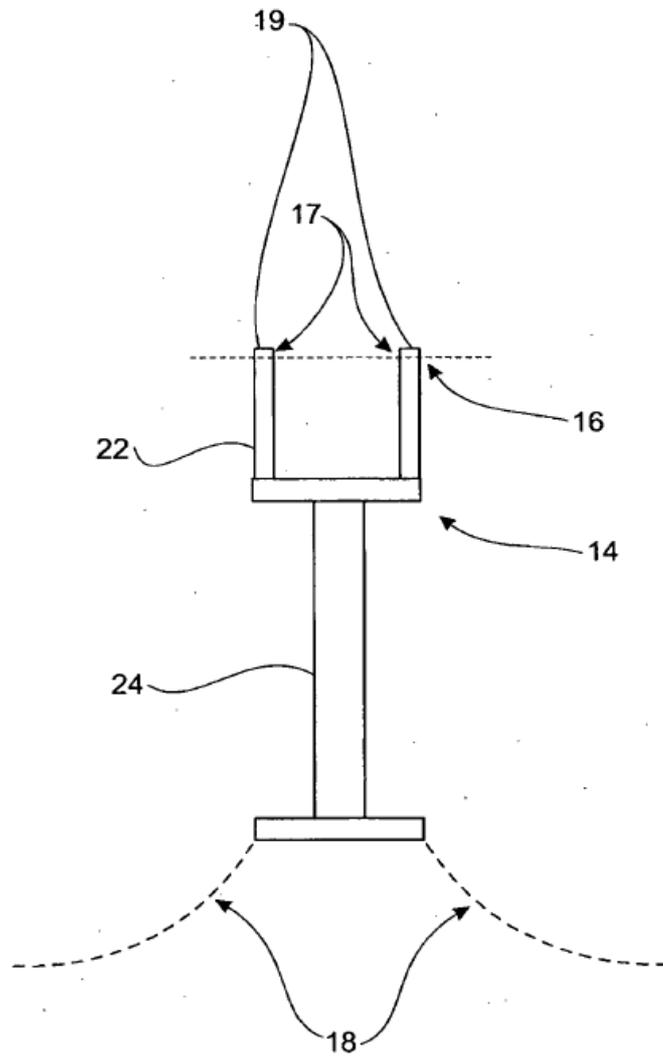


FIGURA 3

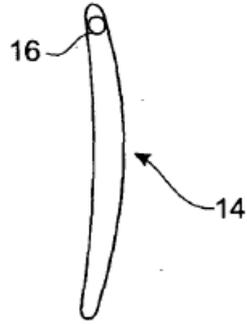


FIGURA 3a

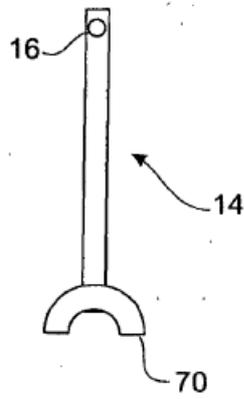


FIGURA 3b

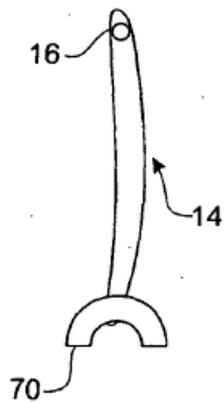


FIGURA 3c

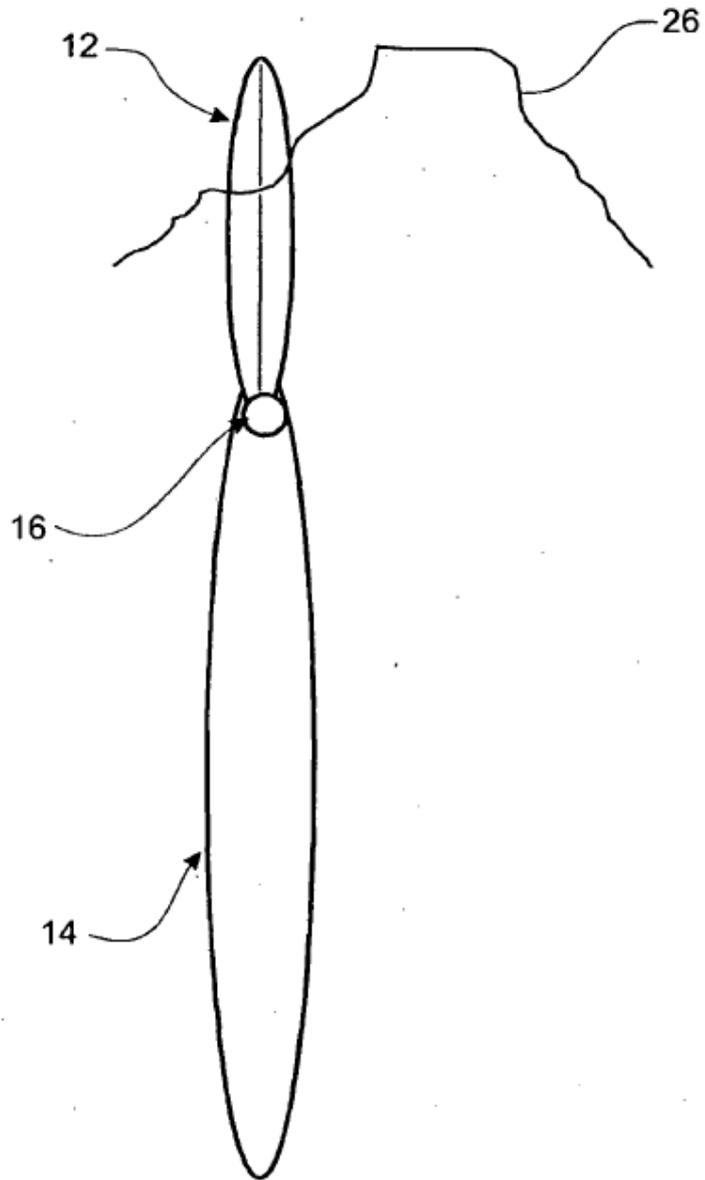


FIGURA 4

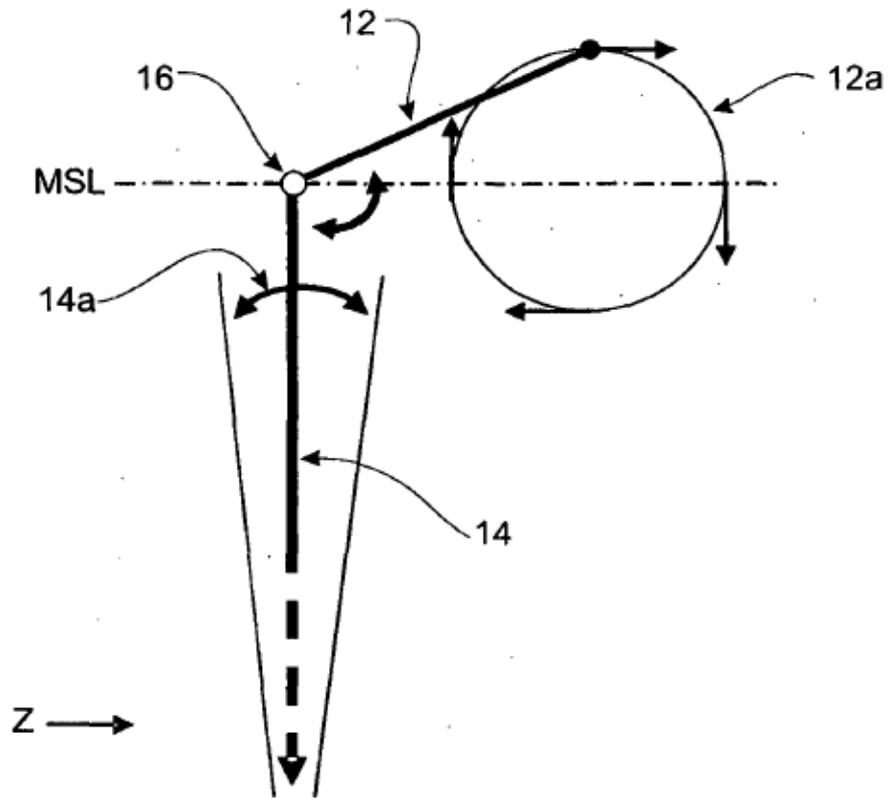


FIGURA 4a

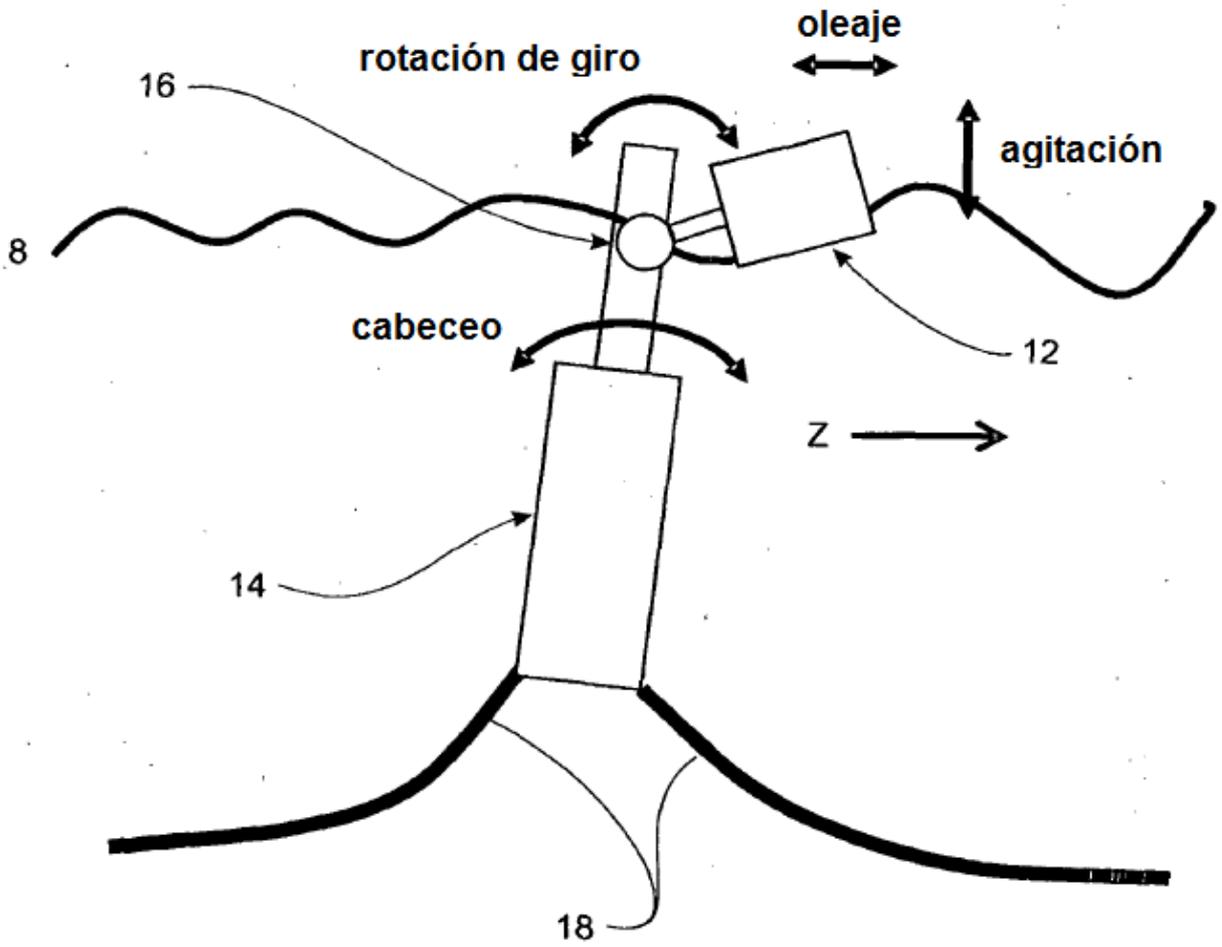


FIGURA 4b

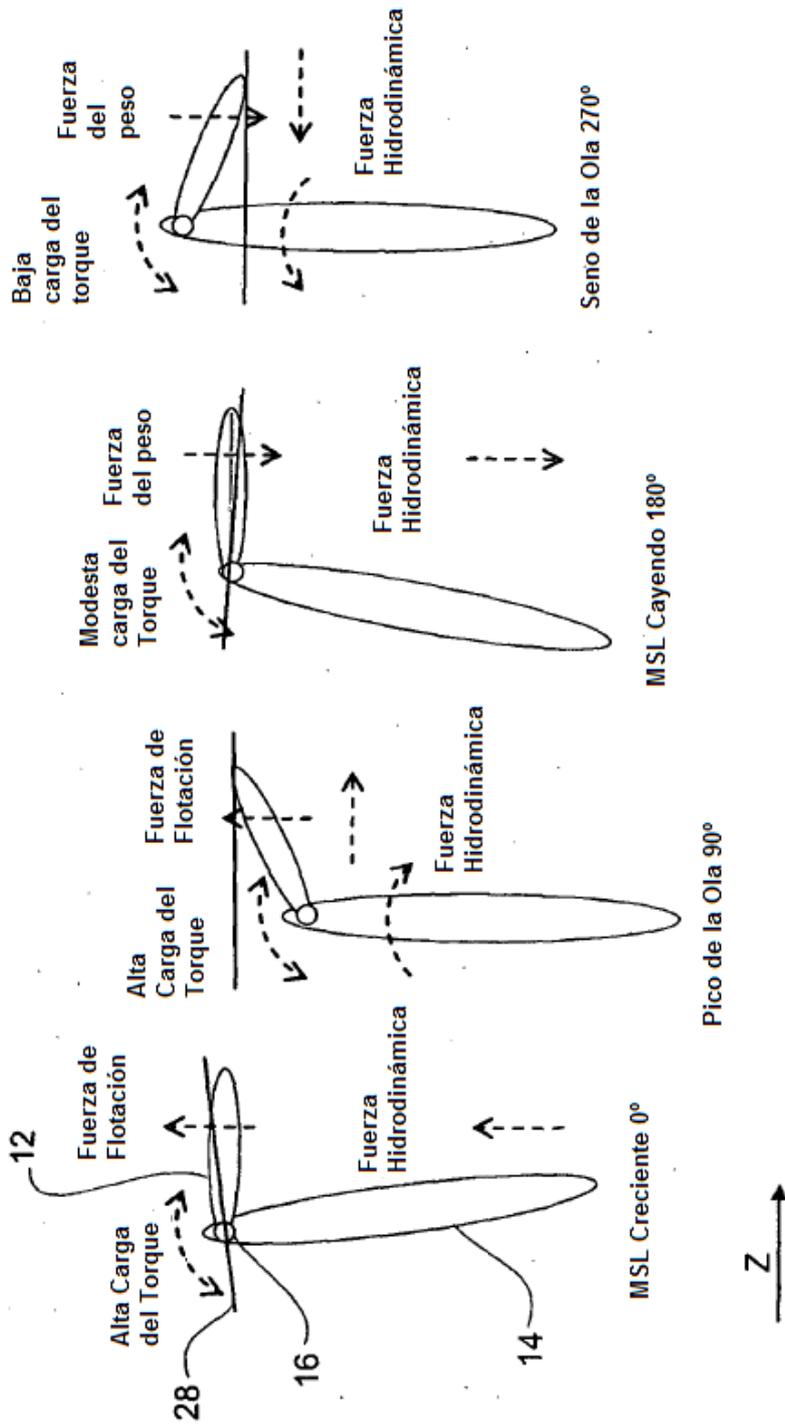


FIGURA 5

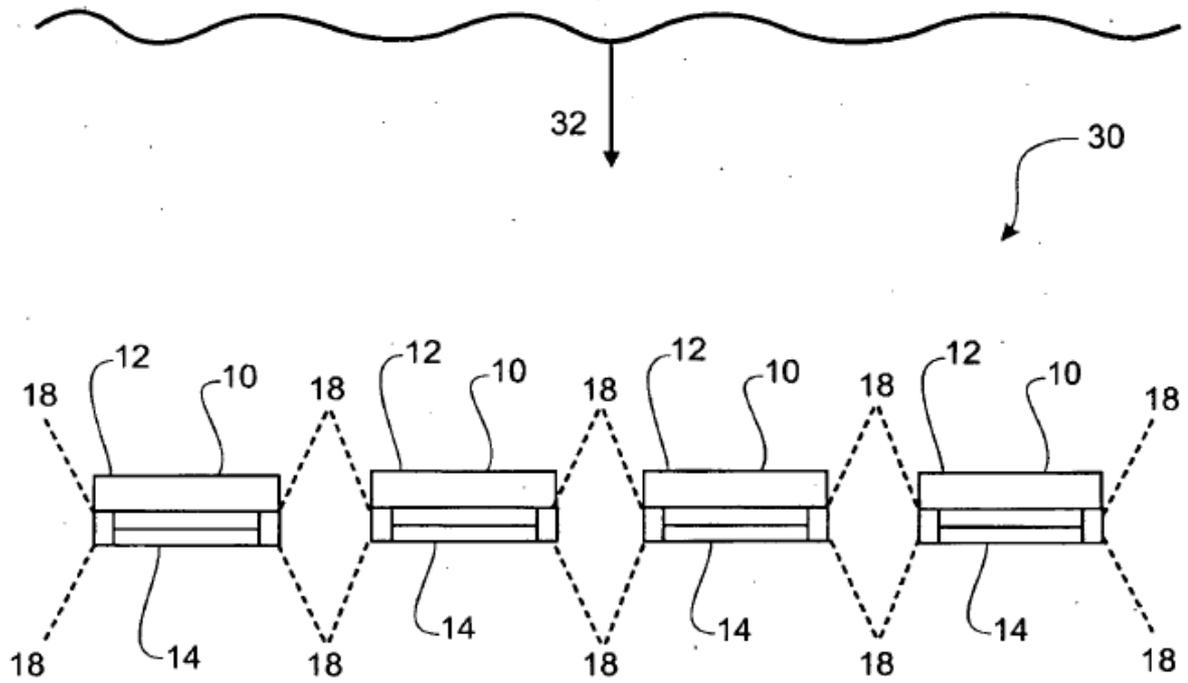


FIGURA 6

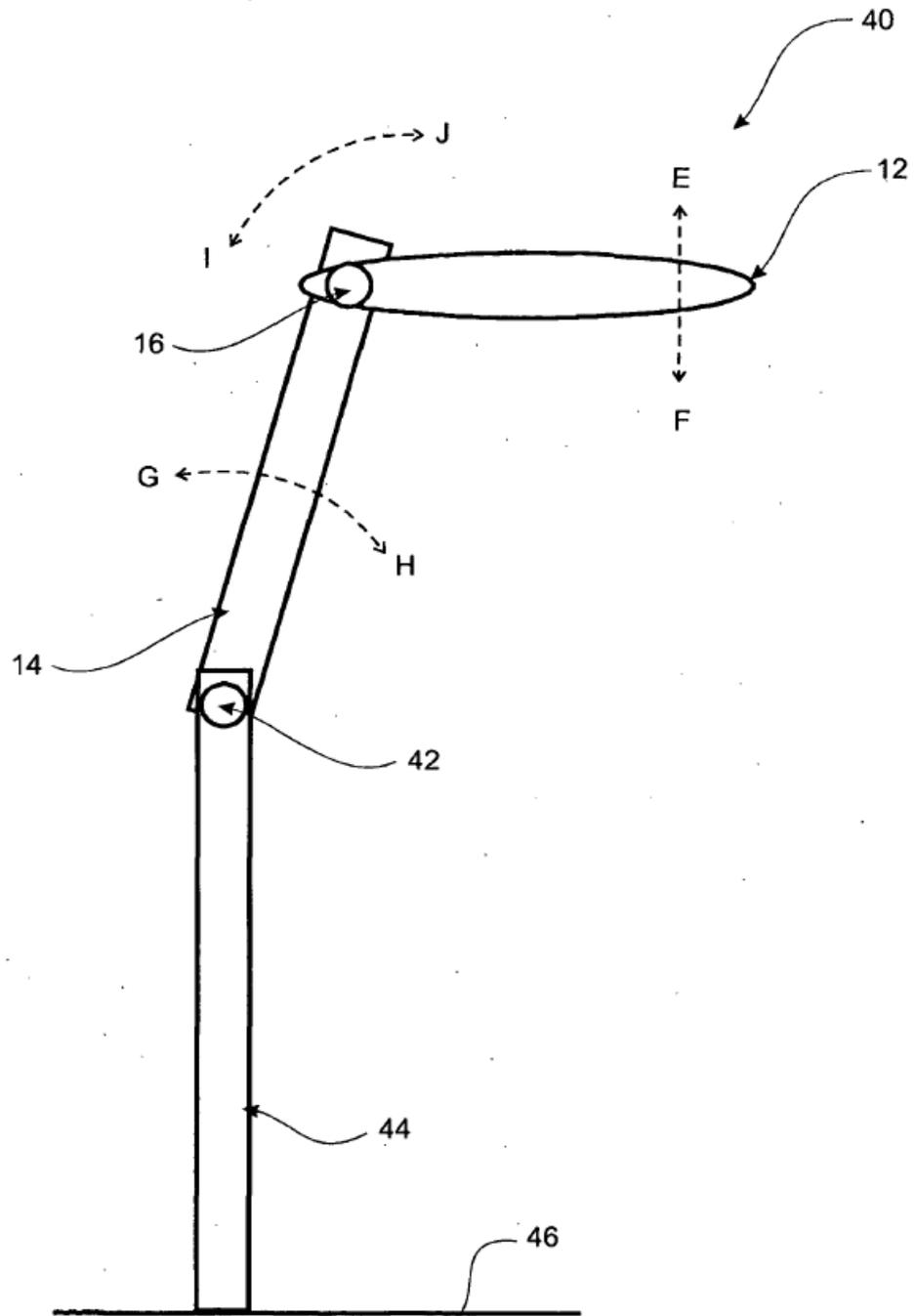


FIGURA 7

FIGURA 8a

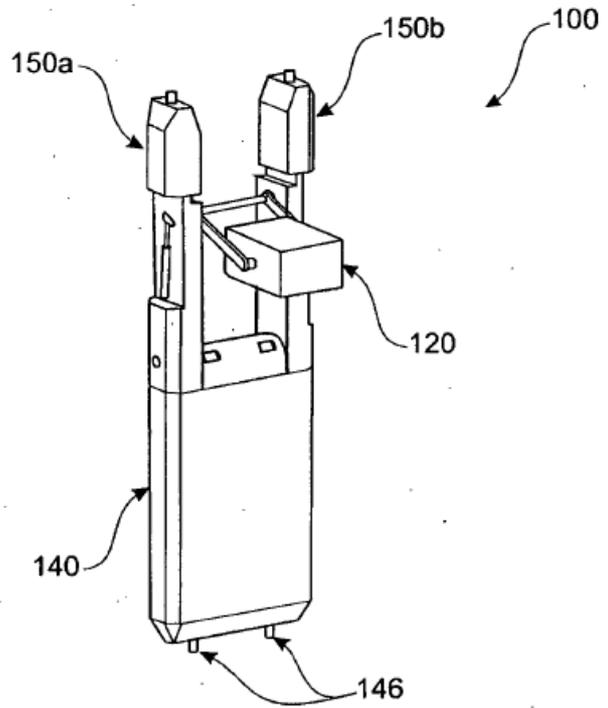


FIGURA 8b

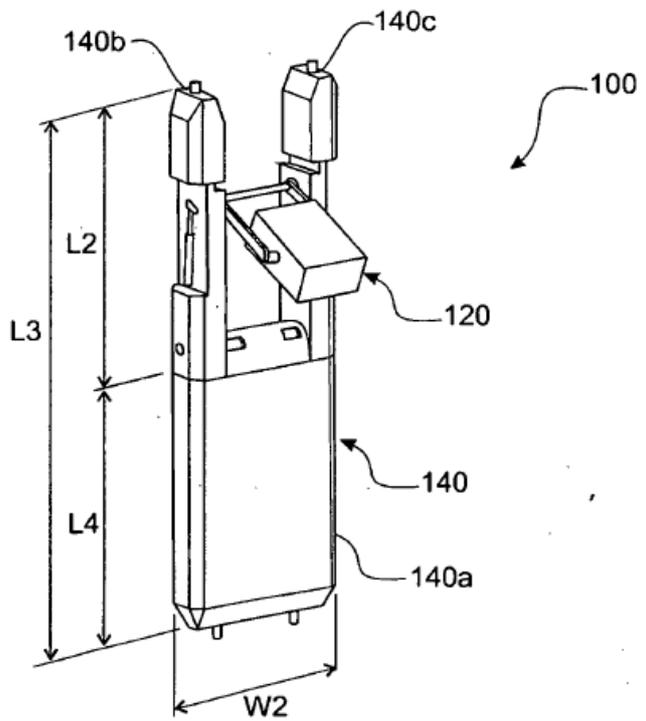


FIGURA 8c

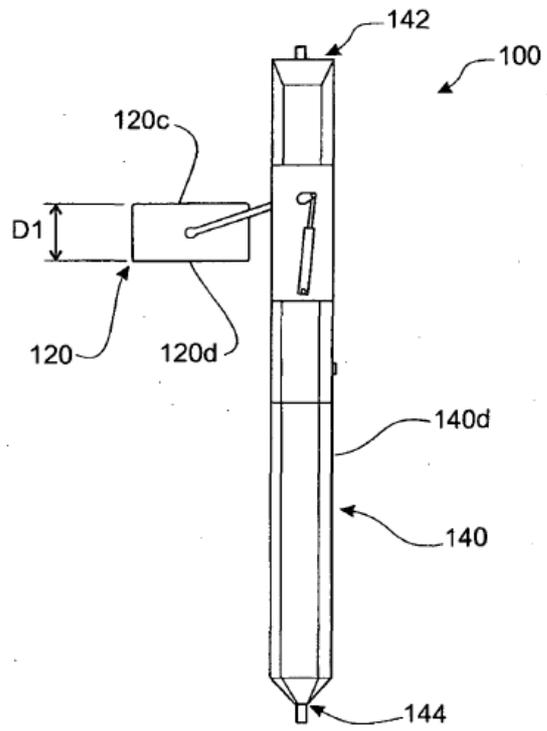
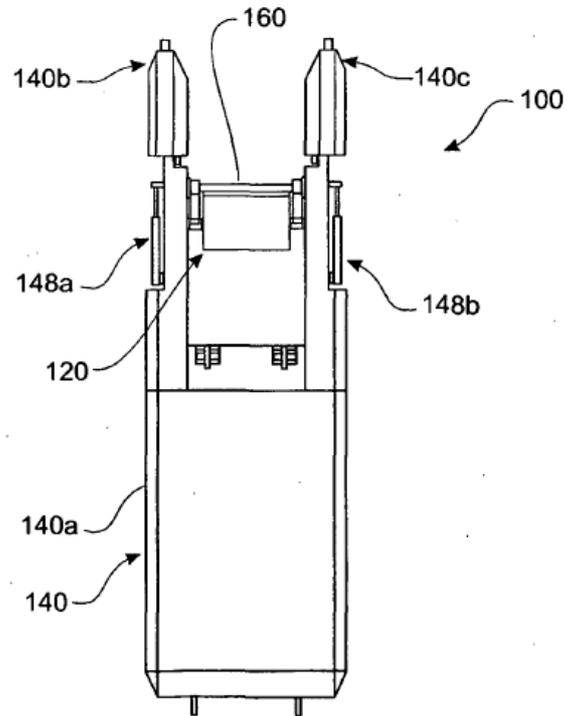


FIGURA 8d



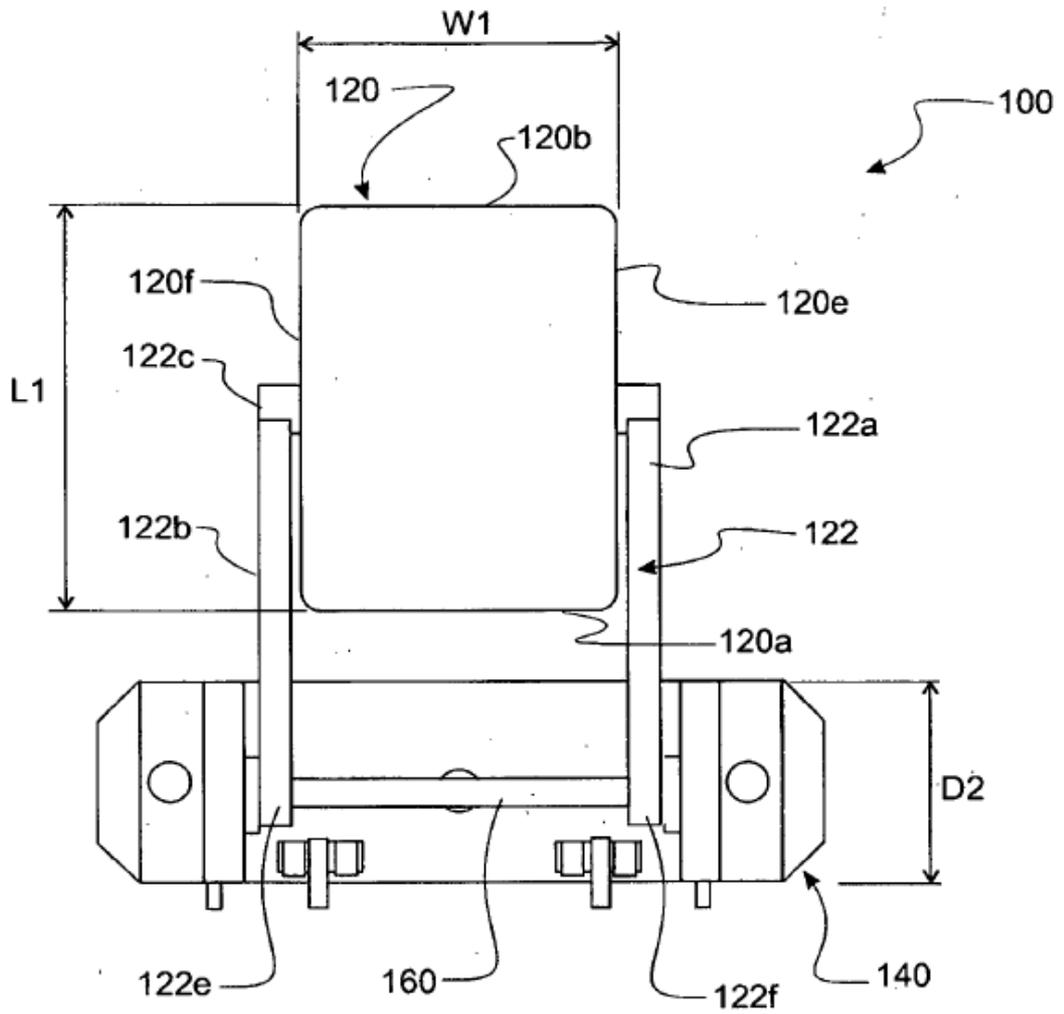


FIGURA 8E

FIGURA 9A

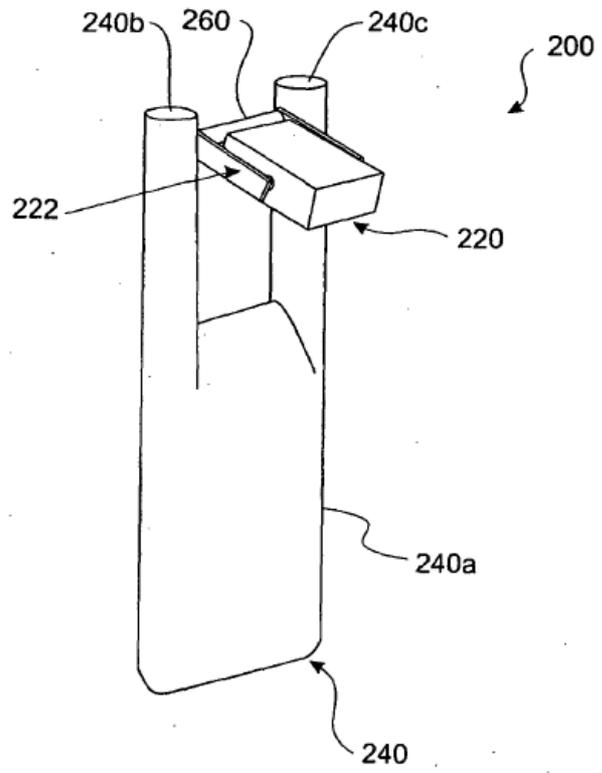
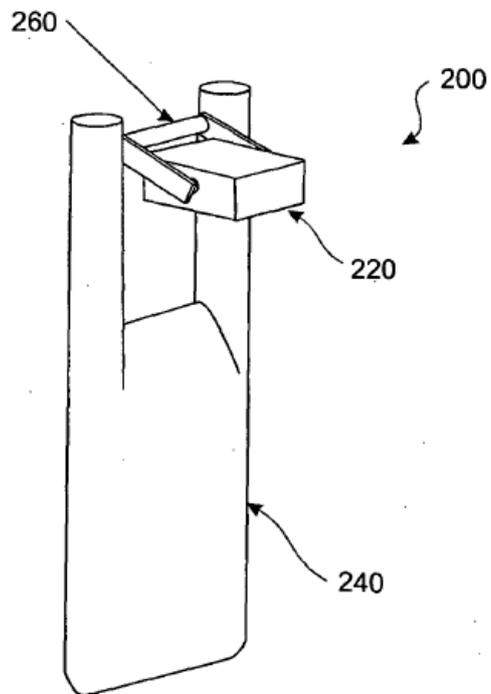


FIGURA 9B



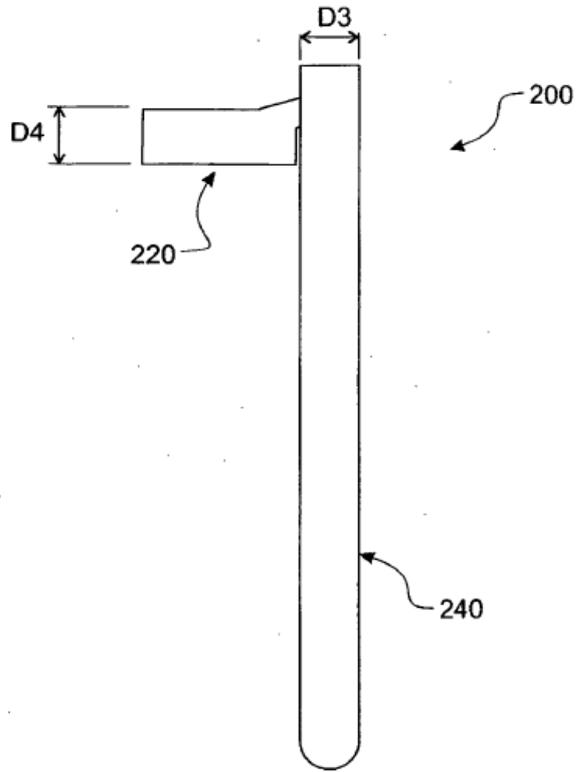


FIGURA 9c

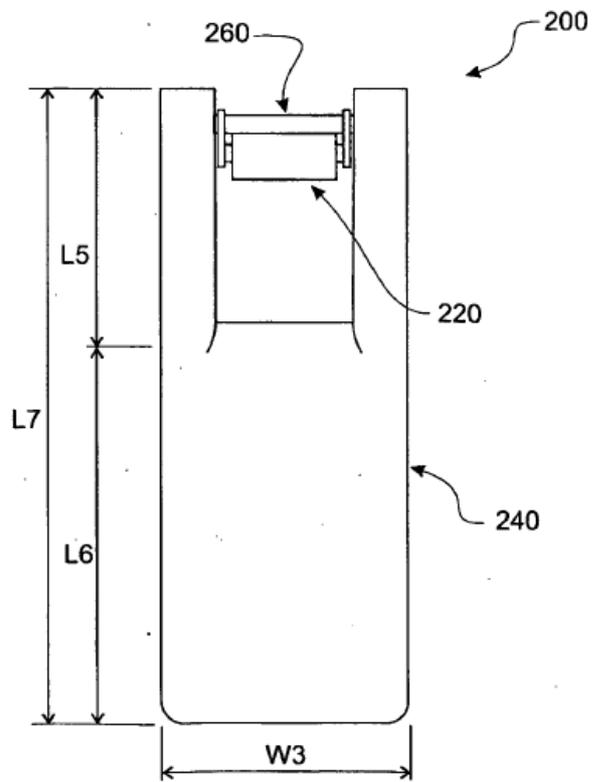


FIGURA 9d

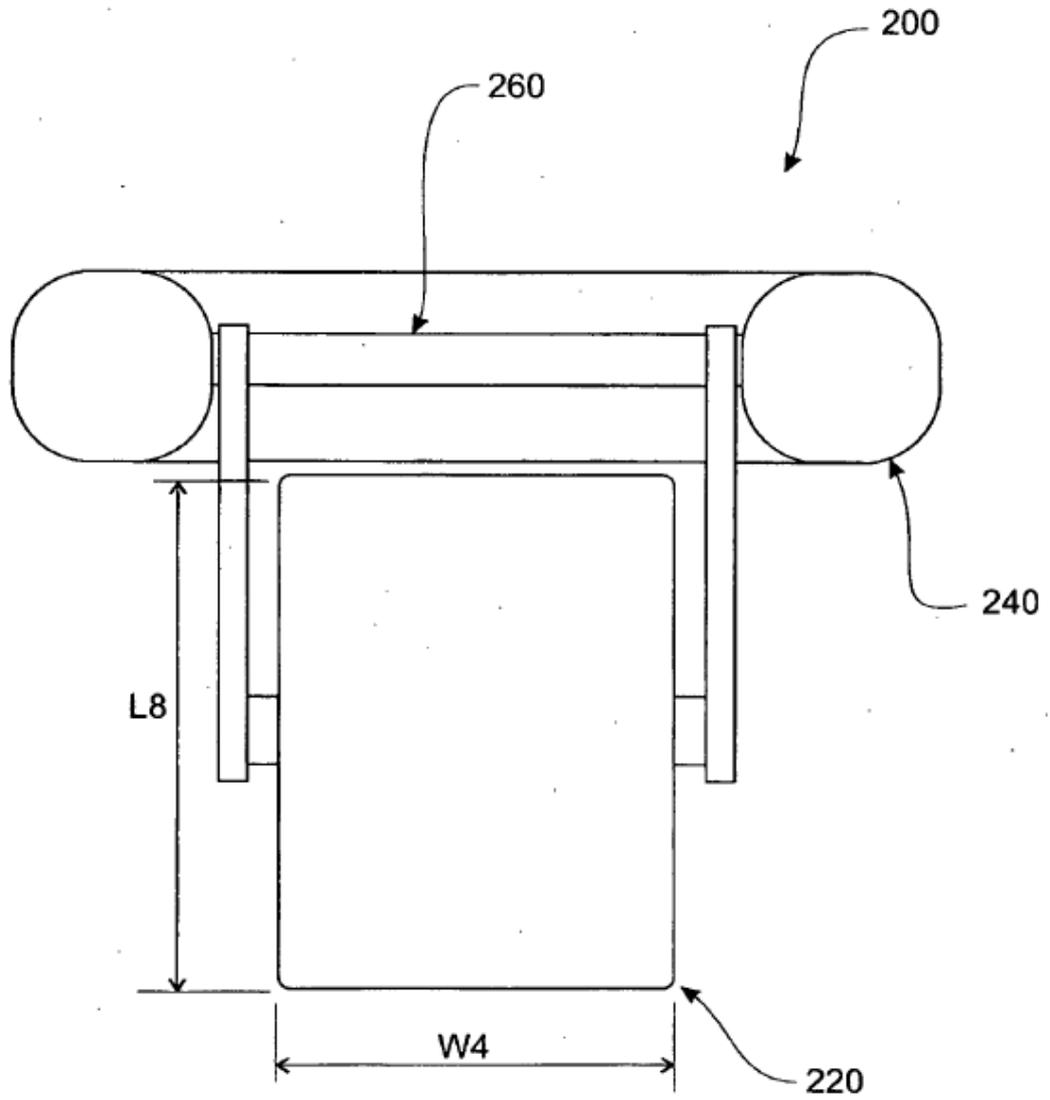


FIGURA 9E

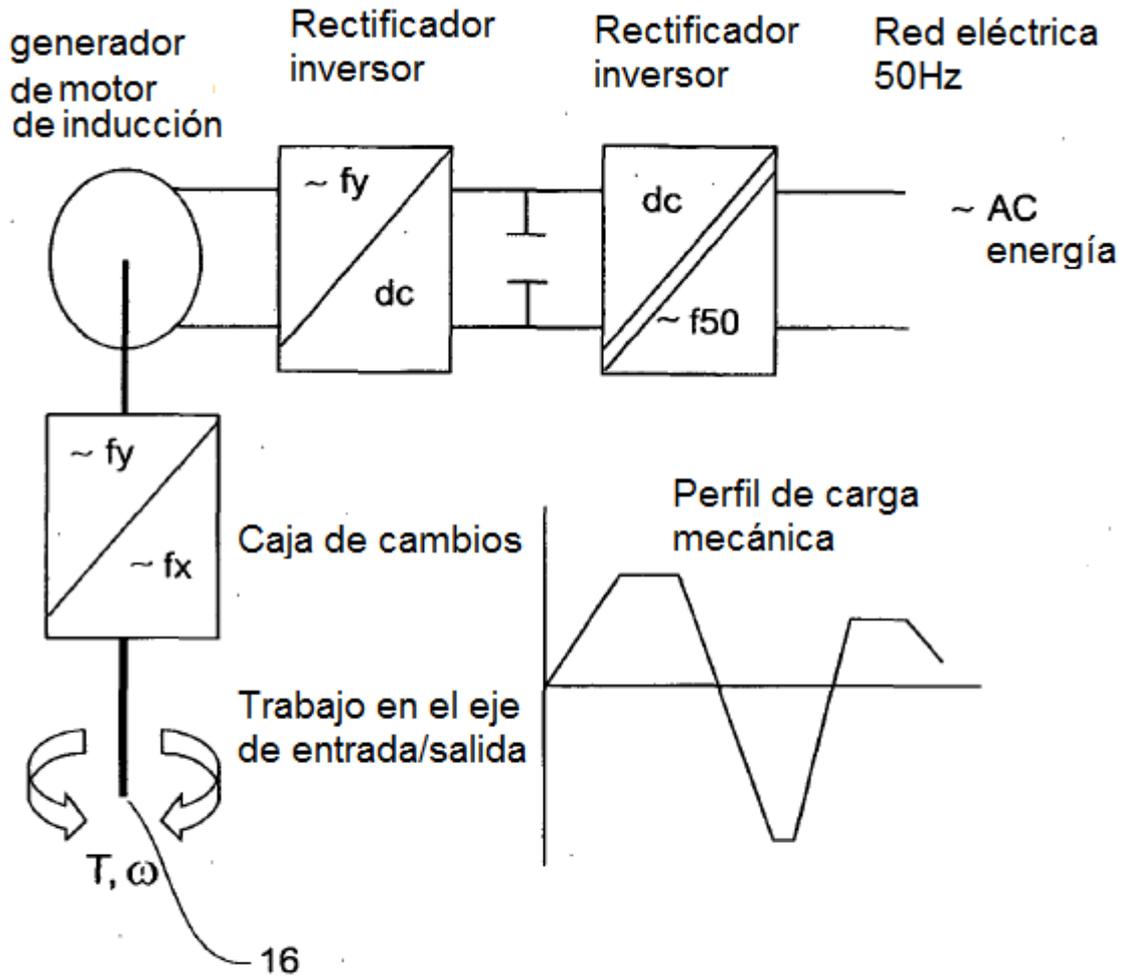


FIGURA 10

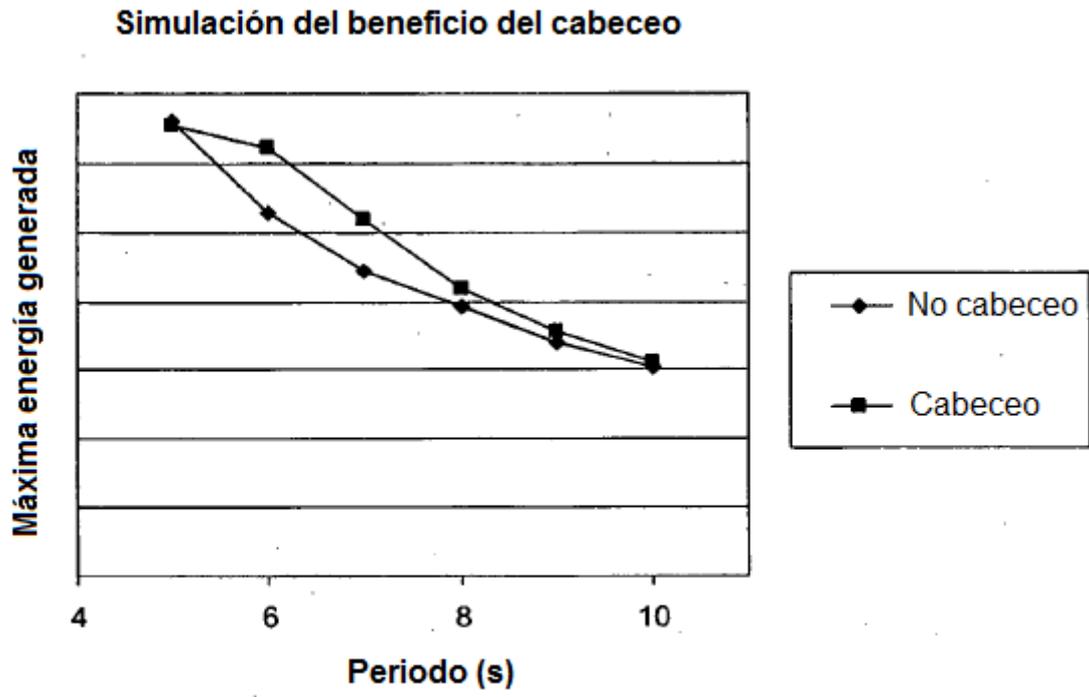


FIGURA 11