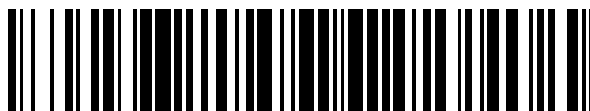


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 688 775**

51 Int. Cl.:

**B63B 39/00** (2006.01)  
**F04B 35/02** (2006.01)  
**B63B 35/44** (2006.01)  
**B63B 39/06** (2006.01)  
**E02B 9/08** (2006.01)  
**F03B 13/18** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2007 PCT/US2007/010513**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.11.2007 WO07130385**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2007 E 07776546 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 2016228**

54 Título: **Placas de amortiguación (de oscilación vertical) con características mejoradas**

30 Prioridad:

**01.05.2006 US 796388 P**

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

**06.11.2018**

73 Titular/es:

**OCEAN POWER TECHNOLOGIES, INC. (100.0%)  
28 Engelhard Drive, Suite B  
Monroe Township NJ 08831, US**

72 Inventor/es:

**BULL, DIANA**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 688 775 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

Placas de amortiguación (de oscilación vertical) con características mejoradas.

5 [0001] Esta invención se refiere a mejoras en placas de amortiguación (también conocidas como placas de oscilación vertical) y, aunque no se limita a ello, se refiere particularmente a placas de amortiguación usadas en equipos para convertir la energía contenida en las olas en la superficie de cuerpos de agua en energía útil.

10 [0002] El uso de placas de amortiguación, por ejemplo, una placa plana orientada horizontalmente fijada a un Spar vertical sumergido de una plataforma petrolífera flotante, es generalmente conocido. Las placas tienen el efecto de aumentar la masa y la resistencia viscosa de los miembros a los que se fijan, haciendo así que sea menos probable que los miembros sean impulsados a movimientos destructivos por olas superficiales excesivamente altas y vientos.

15 [0003] Tales placas de amortiguación son también útiles en ciertos tipos de equipos, conocidos como convertidores de energía de las olas (WEC), para convertir la energía de las olas superficiales en cuerpos de agua en energía útil. Un tipo de tal WEC comprende un par de flotadores que se mecen arriba y abajo en respuesta a las olas superficiales pasantes. Los movimientos relativos entre los flotadores se usan para impulsar un convertidor de energía, por ejemplo, un generador eléctrico conectado entre los flotadores para generar energía eléctrica o cualquier energía útil.

20 [0004] La cantidad de energía producida por un WEC determinado es una función de, entre otras cosas, la masa de los flotadores puestos en movimiento por las olas pasantes. Para aumentar la masa efectiva de al menos uno de los flotadores, una práctica es suspender una placa de amortiguación o de oscilación vertical sumergida desde el flotador. La masa efectiva del flotador del que se suspende la placa de amortiguación se aumenta debido al hecho de que la aceleración y la deceleración de la placa a través del agua requiere movimientos de algún volumen de agua alrededor de la placa. A mayor cantidad de agua movida por la placa, mayor es el aumento de la masa del flotador.

25 [0005] La cantidad de agua movida por una placa de amortiguación determinada es una función del tamaño de la placa. La adición de una estructura que se extiende verticalmente, por ejemplo, un labio a lo largo de los bordes de la placa de oscilación vertical, aumenta significativamente la cantidad de agua movida por la placa y, por lo tanto, la cantidad de masa añadida al flotador.

30 [0006] Aunque útil para añadir masa efectiva a un flotador, un problema asociado al uso de placas de amortiguación, al menos en relación con los WEC, es que las fuerzas de resistencia viscosa asociadas con las placas tienden a impedir movimientos relativos, tendiendo así a afectar negativamente a la generación de potencia. La presente invención proporciona medios para minimizar las fuerzas de resistencia típicamente asociadas al uso de placas de amortiguación del tipo descrito.

35 [0007] WO2004/065785A1 y US4232230A revelan estructuras donde la placa de amortiguación comprende una primera placa para ser fijada al extremo sumergido de un flotador de tipo Spar en un cuerpo de líquido y sometida a movimiento hacia arriba y hacia abajo en las direcciones verticales, donde dicha primera placa es generalmente de configuración plana y tiene un par de superficies principales enfrentadas opuestamente que se extienden transversalmente al movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador de tipo Spar, y que se extienden verticalmente montadas sobre dichas superficies principales.

## Resumen de la invención

40 [0008] La placa de amortiguación de la invención se caracteriza por el hecho de que las estructuras que se extienden verticalmente forman una estructura circundante para dicha placa que encierra, con dicha placa, un volumen de líquido, aumentando así el volumen de líquido empujado hacia arriba y hacia abajo durante los movimientos de la placa a través del líquido, donde dichas estructuras que se extienden verticalmente tienen configuraciones aerodinámicas, minimizando así la cantidad de resistencia creada por la placa de amortiguación.

## Breve descripción de los dibujos

45 [0009] Los dibujos son esquemáticos y no están a escala.

50 La figura 1 es una vista lateral de un convertidor de energía de las olas de tipo conocido que incluye un flotador "Spar" alargado que tiene una placa de amortiguación fijada al extremo inferior del mismo; La figura 2 muestra el extremo inferior del flotador Spar mostrado en la figura 1, pero con una modificación conocida de la placa de amortiguación; y Las figuras 3 a 9 son similares a la figura 2, pero muestran placas de amortiguación según la invención instantánea.

55

Descripción detallada de la invención

[0010] Como se muestra esquemáticamente en la figura 1, un WEC preferido comprende un primer flotador anular 10 con una configuración generalmente plana, y un segundo flotador alargado 20, al que se hace referencia como un flotador "Spar", que se extiende a través de una abertura 22 a través del flotador anular 10. Conforme a la tecnología conocida, los dos flotadores se configuran para mecerse arriba y abajo generalmente en relación de fuera de fase en respuesta a las olas superficiales pasantes. Un dispositivo de toma de fuerza (PTO) 100 se conecta entre el flotador y el Spar para convertir su movimiento relativo en energía útil (por ejemplo, eléctrica).

[0011] Una placa de amortiguación 30 se dispone en el extremo inferior del flotador Spar 20 para aumentar así su masa efectiva. Como se ilustra, la placa de amortiguación comprende una placa esencialmente plana que tiene superficies principales 32 y 34 que se extienden transversalmente a las direcciones de movimiento de la placa 30 a través del agua.

[0012] El efecto de la placa de amortiguación 30 es añadir masa significativamente mayor que aquella de la propia placa al flotador Spar 20. Tal masa añadida se debe al hecho de que la aceleración o deceleración de la placa requiere el movimiento de algún volumen de fluido alrededor de la placa a medida que esta se mueve. Se ha establecido que el volumen de fluido que la placa moverá, por sí misma y sin la estructura añadida aquí descrita, es proporcional al volumen equivalente de la placa por algún factor determinado experimentalmente [véase, Chakrabarti, S. K. (1987), "Hydrodynamics of Offshore Structures", WIT Press and Computational Mechanics Publications.] El volumen de fluido movido es también una función de la frecuencia con la que se mueve la placa. Este parámetro se trata en este documento.

[0013] El volumen equivalente de la placa depende de la geometría de la placa, y la regla general es que el volumen equivalente es igual al área de la placa multiplicado por una dimensión de altura igual a una dimensión lateral de la placa; por ejemplo, el ancho de una placa rectangular, el lado de una placa cuadrada, o el diámetro de una placa circular.

[0014] La fuerza de inercia del flujo acelerado provocado por la placa de amortiguación es la masa añadida del sistema (la densidad del agua por el volumen equivalente por el factor determinado experimentalmente) por la aceleración del sistema, o:

$$F_{ds \text{ inercia}} = (C_m V_{\text{equivalente}} \rho) a = \text{Masa añadida} * a, \quad \text{Ecuación 1}$$

donde  $C_m$  es el factor determinado experimentalmente,  $V_{\text{equivalente}}$  es el volumen equivalente definido anteriormente,  $\rho$  es la densidad del agua, y  $a$  es la aceleración. Obsérvese que el término masa añadida, con unidades de masa, es la combinación de las variables dentro de los paréntesis.

[0015] Para fines de análisis, la resistencia viscosa se puede separar en dos componentes conocidos como resistencia de fricción de la piel y resistencia de forma. La resistencia de fricción de la piel surge de la fricción de un fluido contra la superficie ("piel") del objeto que se está moviendo a través del fluido. La resistencia de forma (o perfil o presión) se debe principalmente a la separación de la capa fronteriza del fluido debido a la forma, es decir, la figura, del objeto. La resistencia de forma varía (no linealmente) como el cuadrado de la velocidad; por lo tanto, la resistencia viscosa del sistema no es cero solo cuando hay una velocidad que no es cero.

[0016] Una capa fronteriza de fluido se crea alrededor de un objeto debido a la fricción del fluido contra la superficie del objeto. La separación de flujo, o separación de capa fronteriza, ocurre cuando esta capa fronteriza de fluido se despega de la superficie del objeto. Cuando la separación ocurre, el fluido forma remolinos y vórtices (flujo giratorio y frecuentemente turbulento). La separación de flujo puede (y en el caso de placas de amortiguación lo hace) dar como resultado resistencia aumentada a medida que el objeto se mueve a través del fluido. Un coeficiente de resistencia determinado experimentalmente relaciona la intensidad de la fuerza de resistencia viscosa con la velocidad de flujo relativa. Cuando no hay separación de flujo, el coeficiente de resistencia será inferior que cuando se forman vórtices. La delgadez de la placa y la porosidad de la placa son factores importantes para el coeficiente de resistencia, ya que estas crean una serie de ángulos agudos donde el agua corriente se puede separar [véase, Chua, K. H., Clelland, D., Huang, S., y Sworn, (2005) "Model Experiments of Hydrodynamic Forces on Heave Plates", Proceedings of 24th International Conference on Offshore Mechanics and Arctic Engineering, Halkidiki, Grecia]. Así, cuando la unidad de la placa de amortiguación Spar se mueve en oscilación vertical, el flujo de agua que pasa por estos bordes agudos tiene una tendencia a crear vórtices, creando una capa fronteriza turbulenta, aumentando así la amortiguación del sistema. A diferencia de los bordes agudos, el flujo alrededor de estructuras romas formadas sin esquinas agudas, tales como cilindros o esferas, puede mostrar ninguna separación de flujo, separación sin diseminación de vórtices, y separación con diseminación de vórtices coincidiendo con un aumento en la amplitud de la oscilación vertical (frecuentemente evaluada normalizada por el diámetro del objeto en oscilación vertical; véase, Faltinsen, O. M. 1990; "Sea Loads

on Ships and Offshore Structures"; Cambridge University Press, Cambridge). Por lo tanto, si un objeto con forma roma se mueve solo una fracción de su diámetro no ocurre separación de flujo.

[0017] Volviendo a la cuestión de añadir masa al sistema, una estructura vertical, tal como se muestra en las figuras 2-9, se añade a las placas de amortiguación para aumentar el volumen de fluido movido por las placas. Cada figura muestra el extremo inferior de un flotador Spar 20 al que se fija un tipo conocido de placa de amortiguación 30. Las figuras son solo un esquema y es posible tener un "Spar" que se componga de múltiples componentes, un Spar con armazón. Debido a que el flotador Spar oscila en la dirección vertical, la estructura añadida abarca las superficies tanto superiores como inferiores de las placas de amortiguación.

[0018] Tal y como se ha descrito anteriormente, la placa de amortiguación 30, por sí misma, mueve un volumen de fluido proporcional al "volumen equivalente" de la placa, determinado principalmente por el área de la placa. Con la estructura vertical añadida, una cantidad adicional de fluido se mueve en función del volumen encerrado por la placa y la estructura circundante añadida, es decir, la altura de la estructura añadida multiplicada por el área de la placa. También, en algunos casos, la estructura añadida funciona para aumentar el área eficaz de la placa aumentando así adicionalmente la cantidad de fluido movido por la placa.

[0019] En la fig. 2, la estructura añadida comprende un número de placas finas 40 sujetadas y que se extienden completamente alrededor del borde de la placa de amortiguación 30 y perpendiculares a la misma. Según la invención, las placas se juntan por el borde la una a la otra, formando así un cilindro que incluye la placa 30. La masa añadida adicional conseguida por las placas verticales es, para movimientos ya sea en la dirección hacia arriba o hacia abajo, proporcional a la altura vertical de las placas 40 por encima o por debajo de la placa 30, respectivamente, multiplicado por el área de la placa 30. La estructura mostrada en la fig. 2 se describe en la solicitud provisional citada previamente SN 60/796, 388. Un problema asociado a la placa de amortiguación 30 de la fig. 2, sin embargo, es que las placas 40 terminan en bordes agudos que tienden a generar fuerzas de resistencia elevadas no deseadas. Por el contrario, en las estructuras mostradas en las figuras 3-9, se evitan los bordes agudos y están presentes fuerzas de resistencia inferiores.

[0020] En la fig. 3, la estructura añadida comprende un tubo 50 de sección transversal circular y diámetro exterior D dispuesto a lo largo del borde de la placa 30. Esto da como resultado, de forma similar a como ocurre en la fig. 2, una masa añadida proporcional a la altura del tubo 50 por encima y por debajo de la placa 30 multiplicado por el área de la placa 30, pero con el efecto añadido de que el área de la placa se aumenta por el área del tubo circular 50. Una ventaja de esta forma de realización es que la forma circular lisa de la porción vertical de la pared del tubo mantiene el flujo de fluido fijado a la estructura disminuyendo así el coeficiente de resistencia.

[0021] En la fig. 4, la estructura añadida comprende un cilindro elíptico 60 (un objeto tridimensional con una sección transversal oblonga) circundante a la placa 30. Esto da como resultado una adición mayor a la masa añadida a la placa 30 que la proporcionada por la estructura mostrada en la fig. 2, siempre y cuando el lado más largo esté orientado perpendicular a la placa 30. La forma lisa del cilindro elíptico tiende a mantener el flujo de fluido fijado a la estructura disminuyendo así el coeficiente de resistencia.

[0022] En la fig. 5, la adición comprende perlas o rebordes semicirculares 66 orientados hacia fuera de la placa 30 en los extremos superior e inferior de un cilindro vertical 68 (como en la fig. 2). Los rebordes 66 se añaden al área de la placa de amortiguación aumentando así el volumen equivalente de la misma y, por lo tanto, la cantidad de fluido movido por la misma. La masa añadida adicional conseguida por el cilindro vertical 68 es proporcional a la altura del cilindro multiplicado por el área de la placa de amortiguación. La forma curvada de los rebordes mantiene el flujo de fluido fijado a la estructura disminuyendo así el coeficiente de resistencia.

[0023] En la fig. 6, la estructura adicional es similar a la mostrada en la fig. 5 excepto en que los rebordes 70 se orientan hacia el interior del borde de placa. Una ventaja de esto es que el fluido dentro de los rebordes se aísla del fluido alrededor de la estructura de la placa disminuyendo así la intensidad de la diseminación de vórtices y, por lo tanto, el coeficiente de resistencia.

[0024] En la fig. 7, el miembro añadido comprende un cilindro 72 que tiene una pared de sección transversal en forma de "V" que incluye, por lo tanto, componentes tanto verticales como horizontales. Como en los ejemplos anteriormente mencionados, los componentes horizontales dan como resultado masa añadida mediante adición al volumen equivalente de la placa 30, mientras que la masa añadida conseguida por los componentes verticales es la altura de tales componentes multiplicado por el área de la placa. La figura 7 también muestra la colocación de objetos lisos (con forma roma), aquí, tubos completamente circulares 74, en los extremos del cilindro 72 para mantener el flujo de fluido fijado a la estructura para disminuir el coeficiente de resistencia. Otros objetos, tales como los rebordes semicirculares 66 y 70 mostrados respectivamente en las figuras 5 y 6 se pueden usar.

[0025] En las figuras 8 y 9, la adición de miembros circulares gruesos 80 o 84 a la placa 30 con dimensiones verticales que se curvan hacia el Spar 20 o hacia fuera del mismo, respectivamente, aumentan la masa añadida como una función, como en los ejemplos precedentes, del producto de la dimensión vertical y el área de la placa. Los miembros 80 y 84 se muestran como que son relativamente gruesos y huecos. Alternativamente, los

miembros circulares pueden comprender placas curvadas. Las formas lisas de los miembros circulares 80 y 84 ayuda a mantener el flujo de fluido fijado a la estructura.

5 [0026] En general, la eliminación de las esquinas agudas en los bordes de las placas o en miembros que se extienden verticalmente añadidos a las placas de amortiguación reducirá el coeficiente de resistencia. Esto es ventajoso para los WEC, ya que disminuir el coeficiente de resistencia dará como resultado mayores movimientos relativos y, por lo tanto, que permiten una captura de energía más eficaz.

10 [0027] Otro uso de la invención es en procesos de mezcla industriales (donde un actuador causa que una placa oscile en un contenedor de líquidos sin mezclar) donde se desea suprimir (o mejorar) la formación de vórtices de escala pequeña. Esto se puede conseguir mediante el uso de estructuras de labio que se extienden verticalmente como se ha descrito anteriormente con más o menos aerodinamismo de las estructuras de labio para obtener los resultados deseados.

15

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Placa de amortiguación que comprende una primera placa (30) para ser fijada al extremo sumergido de un flotador de tipo Spar (20) en un cuerpo de líquido y sometida a movimiento hacia arriba y hacia abajo en las direcciones verticales, donde dicha primera placa (30) es esencialmente plana y tiene un par de superficies principales enfrentadas opuestamente (32, 34) que se extienden transversalmente al movimiento hacia arriba y hacia abajo del flotador de tipo Spar (20), y estructuras que se extienden verticalmente montadas sobre dichas superficies principales (32, 34), donde las estructuras que se extienden verticalmente (50, 60, 66, 70, 72, 74, 80, 84) forman una estructura circundante para dicha placa (30) que encierra, con dicha placa, un volumen de líquido, aumentando así el volumen de líquido empujado hacia arriba y hacia abajo durante los movimientos de la placa (30) a través del líquido, donde dichas estructuras que se extienden verticalmente tienen configuraciones aerodinámicas (50, 60, 66, 70, 74, 80, 84), minimizando así la cantidad de resistencia creada por la placa de amortiguación.
- 10
- 15 2. Placa de amortiguación conforme a la reivindicación 1 donde dichas estructuras que se extienden verticalmente (50, 60, 66, 70, 72, 74, 80, 84) tienen superficies lisas y curvadas.
- 20 3. Placa de amortiguación conforme a la reivindicación 1 donde dichas estructuras que se extienden verticalmente (60) tienen una sección transversal elíptica.
- 25 4. Placa de amortiguación conforme a la reivindicación 1 donde dichas estructuras que se extienden verticalmente comprenden segundas placas (50, 60, 66, 70, 72, 74, 80, 84) dispuestas en los bordes de dicha primera placa y que terminan por encima y por debajo de dicha primera placa en rebordes que tienen paredes curvadas.
- 30 5. Placa de amortiguación conforme a la reivindicación 1 donde dichas estructuras que se extienden verticalmente comprenden uno o más miembros semicirculares (80, 84) dispuestos en uno o más rebordes de dicha primera placa.
- 35 6. Placa de amortiguación como se reivindica en la reivindicación 1, donde el líquido es agua y el movimiento hacia arriba y hacia abajo es oscilatorio en respuesta a las olas pasantes.
- 40 7. Equipo que comprende una placa de amortiguación según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, un flotador (10) destinado para encontrarse a lo largo de la superficie de un cuerpo de agua y diseñado para moverse en fase con las olas presentes en el cuerpo de agua, y que comprende además un flotador de tipo Spar, donde dicho flotador de tipo Spar (20) se destina para extenderse verticalmente, generalmente perpendicular al flotador (10) y la superficie del cuerpo de agua, donde dicho flotador de tipo Spar (20) se extiende por debajo de la superficie del cuerpo de agua y se destina para moverse verticalmente hacia arriba y hacia abajo fuera de fase con las olas; y que incluye además un dispositivo de toma de fuerza (PTO) (100), conectado entre el flotador de tipo Spar (20) y el flotador (10), en respuesta a su movimiento relativo para convertir el movimiento relativo en energía útil.

