

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 458 217**

51 Int. Cl.:

F03B 13/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2011** **E 11173843 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.01.2014** **EP 2546511**

54 Título: **Elemento de captación de energía undimotriz**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.04.2014

73 Titular/es:

FLOATING POWER PLANT A/S (100.0%)
Vermundsgade 40A 3
2100 Copenhagen, DK

72 Inventor/es:

KØHLER, ANDERS

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 458 217 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

Elemento de captación de energía undimotriz

La invención se refiere a una unidad de captación que comprende un elemento de captación de oleaje del tipo pivote frontal para la captación de energía undimotriz a partir de una masa de agua.

5 En un aspecto adicional, la invención se refiere a un procedimiento de provisión de una unidad de captación que comprende un elemento de captación de oleaje del tipo pivote frontal para la captación de energía undimotriz a partir de una masa de agua, en el que el procedimiento comprende configurar el elemento de captación para su funcionamiento en un clima marítimo en un sitio de despliegue determinado.

10 En las últimas décadas, se ha dirigido una mayor atención al aprovechamiento de las fuentes de energías renovables.

15 La energía undimotriz es un recurso de energía renovable que, por una parte, puede ser creado por grandes tormentas a cientos de kilómetros de la costa que generan y transmiten enormes cantidades de energía que viaja grandes distancias mediante el oleaje y, por otra parte, puede ser creado por influencias locales, tales como los mares local generados por vientos locales. La energía undimotriz es una fuente de energía genuinamente renovable y diferente de la energía mareomotriz. Las plantas de energía undimotriz pueden ser configuradas para aprovechar la energía undimotriz resultante tanto de un oleaje generado de manera remota como de mares locales.

20 La energía undimotriz como fuente de energía renovable tiene una serie de ventajas. Una ventaja es la alta densidad de potencia de la energía undimotriz, que sugiere que tiene la capacidad de convertirse en la fuente de energía renovable de costo más bajo. Una ventaja adicional es la previsibilidad de la energía undimotriz: a diferencia de las energías solar y eólica, los niveles de energía undimotriz pueden ser predichos con una antelación de muchos días, lo que facilita la integración de la energía undimotriz con las fuentes de alimentación nacionales.

25 Sin embargo, aunque predecibles, típicamente, las olas que transportan esa energía son muy irregulares, de manera que el clima marítimo en una ubicación determinada, observado durante un cierto período de tiempo, por ejemplo, durante un año, comprende una distribución estadística de longitudes, alturas y direcciones del oleaje. Dependiendo de las condiciones locales de un sitio de despliegue de una planta de energía undimotriz, las olas observadas pueden ser el resultado de una superposición de una serie de fuentes diferentes. Los campos de olas resultantes pueden variar desde frentes de ola esencialmente paralelos, procedentes de una dirección bien definida (denominadas olas 2D), a altamente complejos, con numerosos componentes direccionales diferentes (denominadas olas 3D).

30 Además, los entornos marinos son entornos particularmente agresivos, en los que la necesidad de mantenimiento y reparación frecuentes puede afectar gravemente al tiempo de funcionamiento operacional de la planta de energía undimotriz para la producción de energía.

35 Por lo tanto, un importante desafío de la explotación de la energía undimotriz es la maximización de la producción de energía generada durante el año, incluyendo el aumento de la eficiencia de la captación de energía, la captación de energía bajo diversas condiciones de oleaje, la maximización de la producción durante el tiempo de funcionamiento de una planta de energía undimotriz y la producción de energía útil a una nivel de costo competitivo.

40 Una planta de energía undimotriz que hace uso de un elemento de captación de tipo pivote frontal se describe en el documento DK 174 463 B1, en el que una pluralidad de elementos de captación de pivote frontal están fijados, de manera pivotante, a una plataforma sumergida para realizar un movimiento oscilante alrededor de un eje de pivote horizontal dispuesto en la parte frontal del elemento de captación. Durante el funcionamiento, las olas entrantes viajan desde el extremo frontal hacia un extremo posterior del elemento de captación, interactuando con el mismo para captar tanto la energía cinética como la energía potencial a partir del oleaje. El movimiento resultante del elemento de captación con respecto al bastidor de la plataforma es aprovechado por un sistema de captación de energía hidráulica. El elemento de captación descrito comprende un cuerpo flotante con una parte superior cerrada y una parte inferior abierta y puede estar dividido además en celdas con paredes perforadas que actúan como una resistencia al flujo para el agua que fluye dentro y fuera del cuerpo flotante para mejorar las propiedades de seguimiento del oleaje del elemento de captación. Sin embargo, no se dan indicaciones adicionales acerca de

45 cómo proporcionar y configurar un elemento de captación que sea eficaz sobre un amplio espectro de ondas, tal como se requiere para aplicaciones prácticas.

50 El documento WO 2004/097212 A1 se refiere a una instalación de producción para la utilización de energía undimotriz, en el que las unidades de producción para la conversión de energía undimotriz en energía eléctrica

están totalmente sumergidas bajo la superficie del agua.

El documento WO 2008/111849 A1 se refiere a una planta de energía undimotriz que absorbe energía undimotriz a partir de una masa de agua por medio de elementos inclinados articulados verticalmente o elementos giratorios articulados en su parte inferior, en la que la articulación está posicionada por debajo de la superficie del fluido en el canal de las olas pasantes. El documento US 4 332 506 A se refiere a un aparato de bombeo, que trabaja con oleaje o mareas, que transporta grandes volúmenes de agua desde las aguas costeras para conectar zonas interiores - ríos o zonas de bahía.

El documento DE 28 12 495 A1 se refiere a un procedimiento de aprovechamiento de la energía undimotriz por medio del movimiento de un elemento flotante articulado con respecto a un bastidor flotante. El elemento flotante es colocado en una cámara cerrada, en el que el movimiento es impulsado por el agua que fluye dentro y fuera de la cámara. El documento FR 2 473 120 A1 se refiere a un elemento de captación de tipo de compuerta, en el que una aleta rectangular está dispuesta transversalmente en un canal con el fin de bloquear la sección transversal alrededor del eje de pivote. El eje de pivote puede ser colocado en la parte superior, en la parte inferior o hacia los lados. El documento US 918 870 A se refiere a un motor de olas con un elemento de captación de oleaje articulado en cojinetes situados en el lecho de un río o un océano en el que se dispone el motor de olas. El borde libre del elemento de captación es presentado a la ola, en el que una superficie de impacto del elemento de captación, presentada hacia las olas entrantes, es convexa.

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un elemento de captación del tipo pivote frontal, en el que el elemento de captación permite la captación eficiente de la energía undimotriz en oleaje irregular, y bajo condiciones de oleaje variables.

Según un aspecto, el objeto se consigue mediante un elemento de captación según la reivindicación 1. En un aspecto adicional, el objeto se consigue mediante un procedimiento que proporciona un elemento de captación según la reivindicación 10.

Según un aspecto, el objeto se consigue mediante un elemento de captación de oleaje de tipo pivote frontal para la captación de energía undimotriz a partir de una masa de agua, en el que el elemento de captación tiene un extremo frontal que comprende un eje de pivote frontal alrededor del cual oscila el elemento de captación durante el funcionamiento, y un cuerpo de elemento de captación está definido sustancialmente por un lado frontal que se extiende desde el extremo frontal a un borde posterior inferior, un lado posterior que se extiende desde un borde superior posterior al borde posterior inferior, un lado superior que se extiende desde el extremo frontal al borde superior posterior, y paredes laterales que definen la anchura del cuerpo del elemento de captación en una dirección axial paralela al eje de pivote frontal, en el que el borde posterior inferior está situado en una primera dirección radial a una primera distancia desde el eje de pivote, y el borde posterior superior está situado en una segunda dirección radial a una segunda distancia desde el eje de pivote, en el que las direcciones radiales primera y segunda definen un ángulo de punta agudo del elemento de captación, en el que la primera distancia define la longitud del elemento de captación, y la distancia del borde posterior superior desde la primera dirección radial define la altura del elemento de captación, en el que el elemento de captación tiene un perfil de sección transversal según se ve en un plano de corte perpendicular al eje de pivote frontal, en el que dicho perfil del elemento de captación encierra un perfil del cuerpo del elemento de captación y el eje de pivote frontal, en el que el perfil del elemento de captación en el lado frontal comprende una parte cóncava según se ve en una dirección desde el extremo frontal al extremo posterior.

El término "vertical" se refiere a una dirección paralela a la gravedad y el término "horizontal" se refiere a direcciones perpendiculares a la misma. Las expresiones "parte superior" y "parte inferior" del elemento de captación se definen con respecto a la posición del elemento de captación cuando está en uso o al menos cuando está desplegado en una masa de agua, en el que una dirección "hacia arriba" desde la parte inferior hacia la parte superior apunta fuera del agua y una dirección "hacia abajo" apunta desde la parte superior hacia la parte inferior al interior del agua. Los términos "frontal" y "posterior" del elemento de captación se definen con respecto a la posición del elemento de captación cuando está en uso, en el que la dirección de propagación de las olas es desde el extremo frontal que apunta hacia las olas entrantes al extremo posterior que apunta lejos de las olas entrantes. El término "frontal" se refiere al extremo del elemento de captación, el cual, durante el funcionamiento, apunta hacia la dirección desde la que llegan las olas, mientras que el cuerpo del elemento de captación flota "aguas abajo" del eje de pivote con respecto a la dirección de propagación de las olas. De esta manera, un elemento de captación de tipo pivote frontal es un elemento que está configurado para ser soportado, de manera pivotante, para realizar un movimiento giratorio alrededor de un eje de pivote dispuesto en el extremo frontal, es decir, "aguas arriba" con respecto a la dirección de propagación de las olas, en el que el cuerpo real del elemento de captación está dispuesto a popa del eje de pivote, es decir, el extremo posterior del elemento de captación está dispuesto

"aguas abajo" con respecto a la dirección de propagación de las olas. El eje de pivote frontal está dispuesto en una dirección esencialmente horizontal, permitiendo que el elemento de captación frontal de tipo pivote se mueva, de manera oscilante, hacia arriba y hacia abajo en un movimiento de rotación del cuerpo del elemento de captación alrededor de su eje de pivote frontal, absorbiendo de esta manera la energía cinética y la energía potencial a partir de las olas que generan el movimiento. El movimiento oscilante del cuerpo del elemento de captación es realizado a popa del eje de pivote frontal con respecto a la dirección de propagación de las olas.

El elemento de captación es operado en una unidad de captación que comprende un bastidor que soporta, de manera pivotante, el elemento de captación desde el eje de pivote frontal a una altura determinada del eje de pivote por encima de la masa de agua. Por una parte, el eje de pivote frontal se elige suficientemente cerca de la superficie del agua para permitir una interacción eficiente del elemento de captación con las olas entrantes y, por otra parte, suficientemente alto por encima de la superficie del agua para evitar la pérdida de energía debida a la inmersión de lado superior y/o debido al impacto de la ola sobre la unidad de captación, interactuando, de esta manera, con el bastidor en lugar de transferir la energía al elemento de captación. Un impacto directo continuo de las olas sobre la estructura de la unidad de captación y el eje de pivote frontal puede causar un desgaste excesivo o incluso puede dañar la unidad de captación. El bastidor de la unidad de captación puede ser parte de una plataforma flotante que está amarrada al fondo del mar o puede estar inmovilizada por medio de una base fijada al fondo del mar. Preferiblemente, la unidad de captación es giratoria alrededor de un eje vertical, por ejemplo, por medio de un sistema de amarre giratorio, de manera que sea capaz de alinear la unidad de captación con la dirección predominante de propagación de las olas entrantes. Cuando se usa en una planta de energía undimotriz, el movimiento oscilante del elemento de captación es aprovechado por un sistema de aprovechamiento de energía que comprende medios de conversión para convertir la energía obtenida en una forma deseada de energía útil, tal como un generador eléctrico.

Puede definirse una posición inactiva del elemento de captación con respecto a la masa de agua bajo condiciones de agua en calma, en la que un nivel medio de la superficie de la masa de agua define una referencia de agua en calma. Las distancias desde la referencia de agua en calma en una dirección normal a la superficie y fuera de la masa de agua pueden ser denominadas como la altura sobre la masa de agua, mientras que las distancias desde la referencia de agua en calma en una dirección normal a la superficie y hacia el interior de la masa de agua pueden ser denominadas como la profundidad por debajo del agua en calma. En su posición inactiva, el elemento de captación está configurado para estar suspendido desde el eje frontal a una altura predeterminada del eje por encima del agua en calma, y está parcialmente sumergido. De esta manera, la altura del eje de pivote frontal es la altura del eje de pivote frontal por encima del agua en calma. Un calado en estado inactivo del elemento de captación viene definido por la profundidad por debajo del agua en calma del borde posterior inferior sumergido del elemento de captación. Típicamente, una parte principal del elemento de captación está situada por debajo del agua con sólo una pequeña parte superior del elemento de captación que sobresale del agua.

La superficie del lado frontal está orientada hacia las olas entrantes formando, de esta manera, el lado de presión del elemento de captación. La superficie posterior está orientada alejándose de las olas entrantes formando, de esta manera, el lado de la estela del elemento de captación. El lado frontal que forma la superficie de presión para la interacción con las olas entrantes se extiende desde el extremo frontal a la parte inferior del extremo posterior del elemento de captación. La longitud del lado frontal es la distancia del borde posterior inferior desde el eje de pivote frontal, es decir igual a la primera distancia. La inclinación del lado frontal bajo condiciones de inactividad es el ángulo de la primera dirección radial con respecto al nivel del agua en calma. Un ángulo de funcionamiento del elemento de captación puede ser definido como el ángulo de la primera dirección radial con respecto al nivel del agua en calma. Un ángulo del lado superior del elemento de captación puede ser definido como el ángulo de la segunda dirección radial con respecto al nivel del agua en calma y es igual a la diferencia entre la inclinación del lado frontal y el ángulo de la punta del elemento de captación.

La longitud del elemento de captación se mide desde el extremo frontal hasta el extremo posterior en una dirección paralela a la primera dirección, perpendicular al eje de pivote. La altura se mide desde la parte superior a la parte inferior en una dirección perpendicular a la primera dirección y en un plano perpendicular al eje de pivote. La anchura del elemento de captación se refiere a la anchura total del cuerpo del elemento de captación según se mide en una dirección axial, es decir paralela al eje de pivote. Una sección transversal, tomada en un plano perpendicular al eje de giro, puede ser denominada perfil del elemento de captación.

La provisión de una parte cóncava al lado frontal del perfil del elemento de captación mejora la captura de y la interacción con las olas que llegan al elemento de captación, aumentando, de esta manera, la eficiencia de la captación.

Tal como se ha indicado anteriormente, típicamente, una parte principal del cuerpo del elemento de captación está sumergida para interactuar no sólo con las olas en la superficie, sino también para capturar la energía del

movimiento de recirculación inducido por las olas de las partículas de agua a una gran profundidad debajo de la superficie. Típicamente, el elemento de captación está sumergido hasta un nivel cercano a la parte superior. Típicamente, el lado superior del elemento de captación sobresale fuera del agua. También durante el funcionamiento, preferiblemente se evita que el lado superior se sumerja (aparte del agua que puede derramarse comúnmente con olas grandes o bajo condiciones extremas de oleaje o tormenta.

La parte sumergida del elemento de captación proporciona flotabilidad al elemento de captación. La flotabilidad proporciona una fuerza de elevación en una dirección hacia arriba, la cual en la fase de elevación de una ola levanta el elemento de captación para hacerlo pivotar alrededor del eje de pivote frontal en una dirección hacia arriba. Además, la parte sumergida del lado frontal proporciona una superficie de presión del elemento de captación que se extiende desde el eje de pivote hacia abajo al interior del agua donde interactúa con la ola incidente para absorber la energía cinética de la ola. De esta manera, la ola ascendente acelera el elemento de captación en una dirección hacia arriba a un punto de inflexión superior, captando de esta manera tanto la energía potencial como la energía cinética de la ola. Conforme la ola cae de nuevo, el elemento de captación se recupera desde el punto de inflexión superior a un punto de inflexión inferior principalmente bajo la influencia de la gravedad, ayudado por otras fuerzas que actúan hacia abajo, tales como la adhesión de las superficies exteriores del elemento de captación a la masa de agua que se retrae. Accionado por una ola posterior, el elemento de captación se eleva de nuevo desde el punto de inflexión inferior al punto de inflexión superior. De esta manera, el campo de olas incidente transfiere una parte sustancial de su energía al elemento de captación mediante el accionamiento del movimiento oscilante del elemento de captación con respecto al bastidor de la unidad de captación. Esta energía puede ser aprovechada por medio de unos medios de extracción de energía que accionan unos medios generadores eléctricos para convertir el movimiento del elemento de captación en energía eléctrica útil. Los medios de extracción de energía pueden ser, por ejemplo, un sistema hidráulico que comprende bombas montadas entre el elemento de captación y el bastidor de la unidad de captación, en los que las bombas se usan para generar una presión para accionar una turbina hidráulica. De manera alternativa, el sistema de captación de energía puede ser un sistema de conversión de energía directa, en el que el movimiento mecánico del elemento de captación es convertido mecánicamente y vinculado para conducir directamente el eje de entrada de un generador eléctrico. De manera alternativa o además de convertir el movimiento del elemento de captación en energía útil, tal como energía eléctrica, el elemento de captación puede ser usado en un sistema de rompeolas. Al absorber una parte sustancial de la energía de las olas entrantes en un amplio intervalo espectral, el elemento de captación actúa de agua actúa como un rompeolas eficiente para calmar/proteger las aguas situadas a popa del elemento de captación.

Tal como se detalla más adelante, preferiblemente, el elemento de captación está configurado según el clima marítimo predominante en un sitio de despliegue determinado en el que se hará funcionar el elemento de captación.

Además, según una realización de la invención, una parte del lado frontal de la envolvente convexa para el perfil del elemento de captación es una línea recta que se extiende desde el extremo frontal al borde posterior inferior. La envolvente convexa para una forma puede ser visualizada como el contorno definido por una banda de goma estirada alrededor de la forma. Una parte cóncava del contorno de la forma significa una parte abultada que se aleja desde la envolvente convexa en una dirección hacia dentro. En la región de la parte cóncava, la envolvente convexa para la forma es una línea recta. Un perfil del elemento de captación incluye tanto el eje de pivote frontal como el perfil al cuerpo del elemento de captación. La provisión de un elemento de captación que tiene una envolvente convexa con una línea recta que se extiende desde el extremo frontal al borde posterior inferior significa que el lado frontal sobresale hacia dentro y alejándose de la primera dirección para formar una superficie de presión generalmente cóncava para capturar las olas entrantes. Mediante esta configuración, se consigue una captación eficiente.

De manera ventajosa, el perfil del elemento de captación está provisto, en el lado frontal, de una parte cóncava sustancial, es decir, una parte principal de la parte del lado frontal del perfil de elemento de captación se desvía de la línea recta abultándose hacia dentro con respecto a la envolvente convexa al perfil del elemento de captación. De esta manera, el área de sección transversal del elemento de captación delimitada por el perfil de elemento de captación es reducida en comparación con el área delimitada por la envolvente convexa al perfil del elemento de captación. De manera ventajosa, la diferencia de área es al menos del 10%, de manera alternativa, al menos del 20%, de manera alternativa, al menos del 30%, atribuyéndose dicha diferencia a que la parte frontal del perfil del elemento de captación se desvía de la línea recta que se extiende desde el extremo frontal al borde posterior inferior.

Debido a la superficie lateral frontal con forma cóncava, la eficiencia de captación se incrementa en comparación con una superficie del lado frontal plana que esencialmente sigue una línea recta desde el extremo frontal al extremo posterior. Además, mediante el uso de un lado frontal con forma cóncava, la flotabilidad del elemento de

- captación puede ser distribuida de manera que el lado frontal cóncavo alcance una profundidad mayor en el agua que para un elemento de captación con la misma flotabilidad dada/deseada y diferente forma, tal como un elemento de captación con un lado frontal plano o un elemento de captación que está configurado como un seguidor de ola que esencialmente “cabalga las olas”, es decir, sigue el movimiento inducido por las olas de la parte más superior de la masa de agua. Al alcanzar una mayor profundidad en el agua que otras formas, puede captarse/recogerse una parte mayor de la energía transportada por las olas.
- Además, según una realización de la invención, la parte cóncava en el lado frontal del perfil comprende al menos dos sub-partes cóncavas contiguas separadas por una cresta. Al estructurar una superficie del lado frontal cóncava en sub-partes, la eficiencia puede mejorarse adicionalmente. Además, la forma del lado frontal puede ser optimizada adicionalmente para su interacción con diferentes condiciones de oleaje, tales como aguas muy profundas en sitios de despliegue en alta mar o aguas menos profundas cerca de la orilla o ribera.
- De manera ventajosa, según una realización, las sub-partes cóncavas están dispuestas en una dirección radial, una a continuación de la otra, en la que una primera sub-parte proximal se encuentra cerca del eje de pivote y una o más sub-partes se colocan distalmente con relación a la misma en una dirección hacia el extremo posterior.
- Además, según una realización de la invención, una o más, preferiblemente todas, las sub-partes cóncavas siguen arcos esencialmente circulares.
- Además, según una realización de la invención, la parte lateral posterior del perfil sigue un arco circular alrededor del eje de pivote frontal. El extremo posterior circular del perfil minimiza la generación de olas a popa del elemento de captación cuando el elemento de captación se mueve hacia arriba y hacia abajo en la masa de agua. De esta manera, se evita o al menos se reduce la pérdida debida a la generación de olas.
- De manera ventajosa, las dimensiones del elemento de captación pueden ser seleccionadas de entre los siguientes intervalos de dimensiones con el fin de proporcionar elementos de captación eficientes para un gran número de potenciales sitios de despliegue. Típicamente, se proporcionan los límites superiores para la longitud y la altura en vista de la complejidad y el elevado costo de construcción asociados con los elementos de captación excesivamente grandes y las estructuras de bastidor necesarias para soportar y operar dichos elementos de captación de gran tamaño. Típicamente, los límites inferiores para la longitud y la altura se proporcionan con respecto a un tamaño mínimo y una frecuencia de oleaje para que sean relevantes para la explotación.
- Además, según una realización de la invención, la longitud del elemento de captación está comprendida en el intervalo 5-50 m, de manera alternativa, en el intervalo 10-40 m.
- Además, según una realización de la invención, la altura mínima del elemento de captación es de 2 m, de manera alternativa de 3 m o, de manera alternativa, de 4 m, y la altura máxima del elemento de captación es de 30 m, de manera alternativa de 20 m o, de manera alternativa, de 10 m.
- Además, según una realización de la invención, el ángulo de la punta está comprendido entre 10-70 grados, de manera alternativa, entre 20-60 grados, preferiblemente, entre 25-50 grados. Un valor ventajoso para el ángulo de la punta y, en consecuencia, para una proporción longitud a altura asociada, se determina preferiblemente según las condiciones de oleaje bajo las cuales se hace funcionar predominantemente el elemento de captación. Las olas superficiales de largo período, por ejemplo, en aguas poco profundas, pueden requerir un ángulo de punta muy pequeño, mientras que las olas de gran amplitud que llegan con una frecuencia alta pueden requerir un elemento de captación de oleaje relativamente corto con un gran ángulo de punta.
- De manera ventajosa, según una realización, el elemento de captación tiene un ángulo de punta alfa de aproximadamente 30 grados, y una proporción longitud a altura de aproximadamente 2.
- Además, según una realización de la invención, el elemento de captación comprende uno o más espacios huecos interiores para el lastrado del elemento de captación. La provisión de espacios huecos interiores para lastrar el elemento de captación permite recortar el calado del elemento de captación en estado inactivo mediante el control de su peso total. Pueden concebirse diferentes configuraciones. Al colocar el mismo lastre en un tanque de lastre diferente situado a una distancia mayor desde el eje de pivote frontal, puede aumentarse el calado. Además, subdividiendo los espacios huecos interiores en una pluralidad de tanques de lastre separados dispuestos contiguos entre sí en una dirección radial permite también ajustar el momento de inercia del elemento de captación, es decir, controlar la inercia del elemento de captación para el movimiento de rotación alrededor del eje de pivote frontal, por ejemplo, para un peso total determinado.
- Según un aspecto adicional, un procedimiento para la provisión de un elemento de captación de oleaje según cualquiera de las realizaciones indicadas anteriormente comprende la configuración del elemento de captación para su funcionamiento en un clima marítimo en un sitio de despliegue determinado, en el que la configuración

comprende las etapas de

- obtener datos estadísticos de oleaje que describen el clima marítimo del sitio de despliegue,
- derivar, a partir de los datos de oleaje estadísticos, uno o más parámetros característicos que son representativos del clima marítimo, en el que los parámetros característicos comprenden una altura H de ola característica y/o un periodo T de la ola característico, y
- dimensionar el elemento de captación según los uno o más parámetros característicos, a fin de optimizar la productividad para la conversión de energía undimotriz disponible en energía útil cuando se hace funcionar el elemento de captación en el clima marítimo del sitio de despliegue determinado, en el que un calado Fd en estado inactivo del elemento de captación está dimensionado de manera que sea mayor que la altura de ola característica, en el que dicho calado en estado inactivo se define bajo condiciones de agua en calma como la profundidad de inmersión del borde posterior inferior por debajo del nivel de agua en calma cuando el elemento de captación se suspende, de manera pivotante, desde el eje frontal a una altura Fa de eje predeterminada por encima de dicho nivel de agua en calma, y/o la longitud Fl del elemento de captación se elige de manera que sea más pequeña que una longitud de onda característica correspondiente al periodo de la ola característica.

La naturaleza irregular de las olas en aplicaciones realistas, tales como las indicadas anteriormente, requiere un alto nivel de eficiencia en una amplia gama de estados de la mar. Para cumplir estos requisitos, el elemento de captación es configurado según el clima marítimo predominante en un sitio de despliegue determinado. De manera ventajosa, la geometría del elemento de captación está configurada, por lo tanto, en términos de valores característicos representativos de ese clima marítimo. El clima marítimo puede ser derivado a partir de datos de oleaje de ese sitio de despliegue, tales como datos estadísticos de la altura de ola, longitud de onda y dirección de ola.

Un estado de la mar determinado puede ser descrito como una superposición de componentes de onda, en el que un estado de la mar de olas irregulares con una propagación direccional arbitraria puede ser descrito en términos de la ocurrencia de componentes de onda regulares a lo largo de un periodo de observación determinado. La distribución del contenido de energía sobre estos componentes de onda regulares puede resumirse en un espectro de onda irregular que describe el estado de la mar de olas irregulares. A lo largo de la presente solicitud, la expresión "espectro de onda" se refiere a una distribución que representa un estado de la mar de olas irregulares. La distribución espectral de los componentes de onda en un espectro de ondas (irregular) puede ser caracterizada por cifras clave, tales como el período Te de la energía de la ola, un periodo Tp de la ola pico, un período Tz medio de cruce por cero y/o una altura Hs de ola significativa. Te, Tz y Hs pueden definirse en términos de los momentos de frecuencia mn del espectro de ondas:

$$m_n = \sum_{i=1}^N S_i f_i^n \Delta f_i$$

con

$$T_e = \frac{m_{-1}}{m_0},$$

$$T_z = \sqrt{\frac{m_0}{m_2}}, \text{ y}$$

$$H_s = 4\sqrt{m_0}.$$

El periodo Tp de ola de pico puede definirse como el periodo de la ola en el que el espectro de ondas exhibe un máximo. Un periodo de ola puede estar asociado con una longitud de onda correspondiente que es la longitud que recorre la ola en el periodo de la ola. La longitud λ de ola es de aproximadamente

$$\lambda = \frac{g T^2}{2 \pi},$$

en la que g es la constante gravitacional, y T es el período de ola apropiado.

Los datos de oleaje pueden ser recopilados a partir de diversas fuentes, combinándose frecuentemente. Los ejemplos de fuentes de datos de oleaje comprenden: mediciones directas, perfilado de corrientes acústico Doppler (Acoustic Doppler Current Profiling, ADCP), boyas, etc.; mediciones directas desde tierra, radar, etc.; conversión de datos de viento a datos de oleaje en el sitio; modelos de clima y/u oleaje globales y/o locales. Si es necesario, estos datos se ajustan a las características específicas del sitio. Por ejemplo, si los datos no se miden con precisión en el sitio, deben ser ajustados al sitio teniendo en cuenta la profundidad de las aguas y las condiciones específicas del sitio. De esta manera, se crea un grupo de datos de clima marítimo específicos del sitio.

La distribución estadística de los estados de la mar durante el año puede ser analizada en términos de estas figuras clave para proporcionar un gráfico de dispersión de la frecuencia a la que se producen estados de la mar que caen dentro de intervalos de las figuras clave, se producen dentro del alcance del clima marítimo a establecer (de manera mensual, estacional, anual o cualquier otro período de interés, tal como la vida operativa del elemento de captación). Los intervalos se dividen para cubrir toda la gama de estados de la mar observados con una resolución adecuada. Por ejemplo, un tamaño común de contenedor usado para los intervalos de la altura Hs de ola significativa es de 0,5 metros, y para los intervalos del periodo Te energía de las olas es de 1 segundo. La ocurrencia de estados de la mar y componentes de ola comprendidos en estos estados de la mar puede ser normalizada/acotada a un período de observación pre-determinado que sirve como una base temporal para la descripción estadística del clima marítimo. Una base temporal usada es cada hora.

A partir de la descripción del clima marítimo, pueden derivarse parámetros característicos, por ejemplo, una altura de ola predominante, un periodo de ola predominante y/o una propagación direccional predominante. Los parámetros característicos pueden referirse a un máximo de la distribución con respecto al parámetro subyacente. De manera alternativa, los parámetros característicos pueden ser derivados a partir de una combinación de momentos que pueden ser calculados a partir de la distribución, o sino derivados según un modelo teórico.

La distribución estadística indicada anteriormente de los estados de la mar puede ser escalada con el contenido de energía en los respectivos intervalos de estados de la mar para obtener una distribución de la energía disponible en los diferentes estados de la mar del clima marítimo. Usando el elemento de captación, la energía disponible puede ser convertida en energía útil, en el que la eficiencia de la conversión de un elemento de captación determinado depende de la ola entrante. La productividad puede definirse como la relación de la energía útil dividida por la energía disponible. De esta manera, para un sistema de conversión de energía undimotriz que produce energía eléctrica a una red, la productividad puede definirse como la salida de energía entregada a la red en comparación con la energía disponible. De manera alternativa, por ejemplo, para el propósito de optimizar la configuración del elemento de captación, la productividad puede ser definida como la captación de energía por el elemento de captación en comparación con la energía disponible.

Dado un perfil determinado del elemento de captación, preferiblemente pueden especificar las siguientes dimensiones del elemento de captación con el fin de configurar el elemento de captación para su operación en un clima marítimo de un sitio de despliegue determinado: longitud, altura, altura de eje de pivote, calado en estado inactivo y anchura. La especificación de una longitud y una altura implica un ángulo de punta determinado. La especificación de un ángulo de punta implica una cierta proporción entre longitud y altura. Uno de los méritos de la presente invención consiste en darse cuenta de que un elemento de captación de oleaje de tipo pivote frontal puede ser optimizado, en un alto grado, para su funcionamiento en un sitio de despliegue determinado simplemente configurando la longitud del elemento de captación y/o el calado en estado inactivo del elemento de captación según la longitud de onda predominante del sitio de despliegue y/o la altura de ola, respectivamente.

El calado en estado inactivo puede ser variado, por ejemplo, cambiando la forma/dimensiones de la parte sumergida con el fin de redistribuir el volumen que proporciona flotabilidad a fin de conseguir un calado diferente del elemento de captación. Para un elemento de captación de una forma/dimensionamiento determinados, el calado en estado inactivo puede ser variado ajustando un lastre transportado por el elemento de captación. Un elemento de captación determinado es configurado para su operación en una unidad de captación. La configuración comprende la determinación de un valor para la altura Fa del eje de pivote frontal y el calado Fd en estado inactivo. La altura Fa del eje de pivote frontal y el calado Fd en estado inactivo determinan, en combinación, el ángulo de funcionamiento del elemento de captación según se expresa, por ejemplo, por el ángulo de inclinación del lado frontal con respecto a la superficie del agua, en la posición inactiva y bajo condiciones de agua en calma. Típicamente, la altura Fa del eje de pivote frontal corresponde a aproximadamente el 5%-30% de la suma de la altura Fa del eje y el calado Fd en estado inactivo, $(Fa + Fd)$ y, preferiblemente, Fa es aproximadamente el 10% de $(Fa + Fd)$.

Cabe señalar que la persona con conocimientos en la materia sabe que el calado dependerá de una serie de parámetros, tales como la salinidad y la temperatura de la masa de agua circundante. Por lo tanto, preferiblemente, el calado puede ser determinado para un conjunto de condiciones normalizadas, tales como agua

dulce a una temperatura de 20 grados Celsius o, de manera alternativa, usando la salinidad y/o temperatura media/predominante en el sitio de despliegue determinado. La persona con conocimientos sabe también cómo convertir un valor de calado determinado para un conjunto determinado de condiciones estandarizadas a un valor de calado para condiciones diferentes.

5 Cabe señalar también que la longitud y/o el calado en estado inactivo del elemento de captación pueden expresarse en términos de parámetros de dimensionamiento equivalentes, los cuales pueden ser convertidos, para un elemento de captación determinado, por medio de una relación bien definida, en la longitud del elemento de captación y/o el calado en estado inactivo, respectivamente. Por ejemplo, una longitud activa puede ser definida como la longitud de la línea de flotación del elemento de captación en la posición de estado inactivo. Una altura activa del elemento de captación puede definirse como una profundidad de la interacción entre el elemento de captación y la masa de agua, y puede ser medida como el calado del elemento de captación, en el que el calado en estado inactivo es un caso especial seleccionado, ya que es un parámetro conveniente para propósitos de configuración. En combinación con una longitud del lado frontal y una altura del eje de pivote frontal determinadas, el calado en estado inactivo determina también la inclinación del lado frontal con respecto a la masa de agua. La variación de la inclinación del lado frontal para un perfil determinado afecta a la interacción entre las olas entrantes y la superficie de presión formada por el lado frontal, afectando, de esta manera, a la eficiencia de conversión del elemento de captación.

La optimización del calado en estado inactivo puede llevarse a cabo mediante la derivación, a partir de los datos de oleaje estadísticos, de una altura de ola característica que es representativa del clima marítimo, y la configuración del calado en estado inactivo del elemento de captación según la altura de ola característica, con el fin de maximizar la producción de energía útil cuando el elemento de captación se hace funcionar en un sistema de conversión de energía undimotriz en el sitio de despliegue determinado.

En consecuencia, la optimización de la longitud de captación puede ser realizada mediante la derivación, a partir de los datos de oleaje estadísticos, de un período de ola característico que es representativo del clima marítimo, la determinación de la longitud de onda característica correspondiente y el dimensionamiento de la longitud del elemento de captación según la longitud de onda característica, a fin de maximizar la producción de energía útil cuando el elemento de captación se hace funcionar en un sistema de conversión de energía undimotriz en el sitio de despliegue determinado.

Una optimización iterativa de la configuración del elemento de captación para un sitio de despliegue determinado puede comprender las etapas de

(a) derivar la distribución de contenido de energía para una descripción de clima marítimo representativo del sitio de despliegue en términos de altura de las olas y/o periodo de las olas (o longitud de onda correspondiente),

(b) para un elemento de captación determinado con un calado en estado inactivo y/o longitud especificados, derivar una distribución de eficiencia de conversión en términos de altura de las olas y/o periodo de las olas (o longitud de onda correspondiente),

(c) combinar la distribución de contenido de energía y la distribución de la eficiencia de conversión para obtener una distribución de la productividad para el elemento de captación determinado en el clima marítimo determinado (si es aplicable cuando se hace funcionar en un sistema de conversión de energía undimotriz determinado)

(d) variar el calado en estado inactivo y/o la longitud mantenimiento los parámetros restantes para definir la constante operativa del elemento de captación, y

(e) repetir las etapas (b) a (d) hasta que se cumpla un criterio de optimización.

La multiplicación de la distribución de la eficiencia de conversión del elemento de captación obtenido por la distribución del contenido de energía disponible del clima marítimo en el sitio de despliegue proporciona la potencia de producción/salida de energía potencial que puede conseguirse con ese elemento de captación.

Un criterio de optimización puede estar dirigido a maximizar la producción de energía durante el período de interés en el sitio de despliegue determinado. Un criterio de optimización puede comprender también otros factores, maximización, minimización y/o equilibrado de estos factores, junto con una mera maximización de la producción de energía. Otros factores adicionales pueden comprender los costos de construcción de un sistema que usa el elemento de captación, la simplicidad del servicio/mantenimiento, el análisis del ciclo de vida, las consideraciones ambientales, etc.

Otros parámetros que definen el elemento de captación, tales como la forma, la anchura del perfil, la altura del eje de pivote y similares, se mantienen constantes con el propósito de optimizar la longitud y el calado del elemento de

captación. Sin embargo, cualquiera de estos parámetros puede ser optimizado también usando la rutina anterior de manera que, por el contrario, en la etapa (d) los parámetros a ser optimizados se varían manteniendo constantes los demás parámetros.

5 De manera ventajosa, la anchura del elemento de captación es dimensionada según una dimensionalidad /propagación direccional de las olas: cuanto mayor sea la dispersión direccional predominante, es decir, la dispersión direccional de los componentes de onda comprendidos en los estados de la mar predominante del clima marítimo, más estrecho puede ser dimensionado el elemento de captación. Puede determinarse un ancho mínimo del elemento de captación de manera que tenga una anchura de al menos uno o unos pocos metros según consideraciones prácticas. Por otro lado, si la mayoría de las veces las olas entrantes son predominantemente unidireccionales, es decir, los componentes de ola comprendidos en los estados de la mar predominantes tienen una dispersión direccional estrecha, entonces el elemento de captación puede hacerse más ancho. En el caso de baja dispersión direccional, pero en el que la dirección de las olas entrantes varía mucho entre diferentes estados de la mar, el sistema de energía undimotriz es alineado, de manera ventajosa, con la dirección de la ola predominante de los diferentes estados de la mar por medio de un sistema de amarre rotativo.

15 De manera ventajosa, la configuración del elemento de captación comprende la determinación de una masa total según una fuerza de elevación neta deseada, en el que la fuerza de elevación neta es la diferencia entre la fuerza gravitatoria que actúa sobre el elemento de captación en una dirección hacia abajo y la fuerza de flotación que actúa en una dirección hacia arriba. El ajuste de la masa total de un elemento de captación con una geometría determinada permite ajustar el ángulo de funcionamiento del elemento de captación y, por lo tanto, el ángulo de inclinación del lado frontal. La variación del ángulo de funcionamiento del elemento de captación/la inclinación del lado frontal influye en la eficiencia de conversión del elemento de captación durante el funcionamiento. Mediante el ajuste de la masa en una fase de configuración, puede adaptarse y, si se desea, puede optimizarse, el ángulo de funcionamiento del elemento de captación/la inclinación del lado frontal para las condiciones generales de las olas del clima marítimo de un sitio de despliegue determinado. La masa del elemento de captación puede ajustarse también durante el funcionamiento usando medios de lastrado con el fin de optimizar dinámicamente la eficiencia de conversión del elemento de captación bajo diferentes condiciones de oleaje.

Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, los datos estadísticos son una distribución de contenido de energía sobre intervalos de alturas H de ola, preferiblemente alturas H_s de olas significativas y/o intervalos de periodos de ola, preferiblemente, periodos T_e de energía de las olas, para los estados de la mar en el sitio de despliegue.

Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, el uno o más parámetros característicos que representan el clima marítimo están asociados con un máximo en el contenido de energía. Cuando se describe la distribución de contenido de energía de las olas en términos de los periodos de las olas y/o las alturas de las olas, el período de la ola característica y la altura de ola característica son el período de la ola y/o los valores de altura de las olas, para los que la distribución de contenido de energía es un máximo. La selección de las posiciones de los picos en la distribución de contenido de energía como los parámetros característicos es una manera sencilla de estimar la región de la distribución en la que está centrada la mayor parte de la energía disponible.

Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, el dimensionamiento/la optimización se realiza en base a los datos estadísticos en una ventana de producción seleccionada de entre los datos estadísticos que representan el clima marítimo.

La ventana de producción es un subconjunto de los datos estadísticos que describen el clima marítimo. De manera ventajosa, la optimización puede ser realizada dentro de una ventana de producción de alturas de olas y/o periodos de olas seleccionados de entre el rango de alturas de olas y/o periodos de olas cubiertos por los datos de clima marítimo completos, sin tener en cuenta, de esta manera, los estados de la mar improbables/extremos para el propósito de configurar el elemento de captación.

Además, de manera ventajosa, la ventana de producción puede ser seleccionada teniendo en cuenta el coste de producción de energía. La ventana de producción puede ser seleccionada llegando a un compromiso entre el deseo de cubrir la mayor cantidad de la energía disponible y la dificultad de diseñar un elemento de captación eficiente que sea sensible en toda la gama de estados de la mar contenidos en la ventana de producción: si el mismo contenido de energía puede ser conseguido con una ventana de producción más estrecha, dicha una ventana de producción más estrecha puede ser preferible. De manera alternativa o adicional, la ventana de producción puede ser seleccionada llegando a un compromiso entre el contenido de energía y el coste de construcción para el elemento de captación.

De manera ventajosa, la ventana de producción es el grupo de olas más pequeño posible que constituye entre el

85% y el 95% de la energía de oleaje disponible. Se encuentra que un requisito de un contenido de energía de aproximadamente el 85%-95% de la energía total disponible proporciona una buena base para obtener una productividad optimizada a un costo de producción de energía razonable.

5 Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, el calado F_d en estado inactivo es la altura de ola característica multiplicada por un factor D de escala de altura en el intervalo 2-5, preferiblemente, en el intervalo 2,2-4, más preferiblemente, entre 2,5-3,5 o aproximadamente 2,9. Cuando alcanza una gran profundidad en la masa de agua, puede aprovecharse una alta fracción de la energía transportada por la ola, aumentando de esta manera la eficiencia de conversión del elemento de captación. Preferiblemente, la altura de ola característica es la altura de ola significativa, en la que el contenido de energía del
10 clima marítimo es un máximo. Mediante el uso de un calado en estado inactivo escalado con un factor seleccionado de la secuencia anterior de intervalos, se consigue una eficiencia de conversión cada vez más mejorada.

15 Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, la longitud F_l del elemento de captación es la longitud de onda característica multiplicada por un factor L de escala de longitud en el intervalo 0,1-0,4, de manera alternativa en el intervalo 0,11-0,25, de manera alternativa en el intervalo 0,12-0,20, o aproximadamente 0,15. Preferiblemente, la longitud de onda característica es la longitud de onda asociada con el período de ola de pico en el que el contenido de energía del clima marítimo es un máximo. Mediante el uso de una longitud del elemento de captación escalada con un factor seleccionado de entre la secuencia anterior de intervalos, se consigue una eficiencia de conversión cada vez más mejorada.

20 Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, la longitud del elemento de captación y/o el calado F_d en estado inactivo del elemento de captación se reducen con el fin de optimizar la productividad para la conversión de la energía de las olas disponible en energía útil con respecto al costo.

25 La reducción de la dimensión permite reducir el coste de construcción y de funcionamiento del elemento de captación. Una reducción en el tamaño del elemento de captación implica también una reducción en el tamaño y, por lo tanto, en el coste, de un sistema de conversión de energía undimotriz que comprende el elemento de captación. De esta manera, las dimensiones pueden ser reducidas a fin de alcanzar un compromiso entre el costo de producción del elemento de captación y la eficiencia de la producción de energía, minimizando de esta manera el costo global de la producción de energía útil. En particular, si el máximo de la productividad con respecto a la
30 longitud y/o la altura es relativamente plano, una reducción en el costo de construcción puede ser aceptable a expensas de una disminución relativamente pequeña de la productividad, reduciendo de esta manera el costo global de la producción de energía.

Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, la configuración comprende además la etapa de

35 – dimensionar una altura F_h del elemento de captación de manera que sea mayor que el calado F_d en estado inactivo, de manera que el borde posterior superior en la posición de estado inactivo del elemento de captación esté por encima del nivel del agua en calma.

40 Preferiblemente, la altura del cuerpo del elemento de captación puede ser configurada de manera que el lado superior/borde posterior superior del elemento de captación no se sumerja durante el funcionamiento. De esta manera, se evita una resistencia contraproducente contra el movimiento del elemento de captación, así como la generación de olas no deseadas en la estela del elemento de captación.

45 En base a un análisis estático de fluido, la altura del cuerpo del elemento de captación puede ser configurada de manera que el borde posterior superior en la posición inactiva del elemento de captación esté por encima del nivel de agua en calma, es decir, de manera que una parte superior del borde posterior sobresalga fuera del agua. Típicamente, la altura del elemento de captación se elige de manera que sea aproximadamente igual a la suma de la altura del eje de pivote y el calado en estado inactivo.

Además, según una realización de un procedimiento de provisión de un elemento de captación de oleaje, la configuración comprende además las etapas de

50 – realizar un análisis de movimiento en el elemento de captación bajo la influencia de campos de olas irregulares representativos del clima marítimo, y
– determinar una altura F_h del elemento de captación para prevenir que el borde posterior superior se sumerja durante el funcionamiento del elemento de captación en el clima marítimo.

Tal como se ha indicado anteriormente, la altura del cuerpo del elemento de captación está configurada preferiblemente de manera que el lado superior/borde posterior superior del elemento de captación no se sumerja durante el funcionamiento con el fin de evitar pérdidas.

5 De manera alternativa o en combinación con el análisis estático de fluido indicado anteriormente, una altura del elemento de captación puede ser configurada en base a un análisis de movimiento. En este enfoque, la altura del elemento de captación puede ser determinada de manera iterativa partiendo de un análisis de movimiento para un perfil de elemento de captación determinado en un campo de olas representativo, preferiblemente, teniendo en cuenta cargas operacionales y/o variaciones de carga. La altura del perfil de partida puede ser, por ejemplo, la altura del elemento de captación determinado con fluido estático. Un análisis de movimiento puede incluir observaciones sobre elementos de captación a escala completa, datos de movimiento a partir de experimentos con modelos y/o simulaciones por ordenador, tales como cálculos basados en CFD. El análisis de movimiento puede usar datos estadísticos de distribución de olas representativos del clima marítimo en un sitio de despliegue determinado como entrada a un análisis experimental y/o computacional. En el caso en el que el análisis de movimiento determina una inmersión crítica que puede afectar a la eficiencia de captación de energía undimotriz, la altura del elemento de captación se incrementa en consecuencia. El procedimiento iterativo puede ser repetido para el perfil del elemento de captación obtenido de esta manera hasta que se verifique un rendimiento de captación satisfactorio.

Preferiblemente, se evita una altura excesiva del perfil del elemento de captación para reducir los costos de construcción/instalación y para evitar una interacción no deseada del elemento de captación con el viento.

20 De manera ventajosa, una unidad de captación para la captación de energía undimotriz a partir de una masa de agua comprende un elemento de captación según cualquiera de las realizaciones indicadas anteriormente, en la que la unidad de captación comprende además una estructura de bastidor de la cual está suspendido el elemento de captación desde el eje frontal a una altura F_a predeterminada del eje por encima del agua en calma, en la que la estructura de bastidor está configurada para permanecer esencialmente en reposo con respecto al nivel medio de la masa de agua. Para una buena aproximación, la referencia del nivel de agua en calma puede ser asignada a un nivel en la estructura de bastidor de la unidad de captación, cuyo nivel de estructura de bastidor puede tomarse, de esta manera, como una referencia equivalente para la configuración y/o el funcionamiento del elemento de captación.

30 La altura de eje es mantenida por una estructura de bastidor, que es esencialmente inmóvil con respecto a la masa de agua, esencialmente inalterada por las olas entrantes. La altura del eje puede ser determinada para reducir el impacto de las olas mejorando aun así la eficiencia de captación, en la que los valores ventajosos para la altura del eje están en el intervalo de aproximadamente 5%-30% de la suma de la altura F_a del eje y el calado F_d en estado inactivo, $(F_a + F_d)$, tal como se ha indicado anteriormente.

35 La energía de las olas es aprovechada por medios de extracción de energía aprovechando el movimiento del elemento de captación con respecto a la estructura del bastidor. Típicamente, la estructura de bastidor es parte de una plataforma flotante en alta mar, que está amarrada usando un sistema de amarre rotativo que permite que la unidad de captación sea orientada de manera que el extremo frontal del elemento de captación esté orientado hacia las olas entrantes. Además, típicamente, la plataforma flotante está configurada y dimensionada para reposar en la masa de agua cuando se supone un clima marítimo determinado. Para ese fin, pueden proporcionarse medios de estabilización activos y pasivos sobre la plataforma. Una pluralidad de unidades de captación, en las que cada una comprende un elemento de captación de pivote frontal, pueden ser combinadas en la misma plataforma.

45 De manera alternativa, en particular para ubicaciones cercanas a una costa marítima con poca profundidad, la estructura de bastidor puede ser soportada también por una base fijada al fondo del mar. Además, puede concebirse una combinación de módulos flotantes anclados entre bases fijas.

De manera ventajosa, un elemento/unidad de captación según cualquiera de las realizaciones indicadas anteriormente puede ser usado para accionar un sistema de recogida de energía hidráulica y/o medios para la conversión directa de energía en una planta de energía undimotriz para la conversión de la energía undimotriz en energía eléctrica.

50 De manera ventajosa, un elemento/unidad de captación según cualquiera de las realizaciones indicadas anteriormente puede ser usado como un rompeolas abierto. El elemento/la unidad de captación según la invención puede tener una eficiencia de captación sorprendentemente alta de hasta el 70% o incluso más. La energía contenida por las olas salientes a popa del elemento/la unidad de captación puede ser reducida, por lo tanto, de manera efectiva en comparación con las olas entrantes. Al mismo tiempo, dicho un sistema de rompeolas está abierto para la comunicación fluida y el intercambio de vida marina, mientras que en el lado de sotavento

proporciona protección de la costa, protección de estructuras/instalaciones marinas, tales como parques eólicos o piscifactorías, protección de zonas de desove o similares. De esta manera, el impacto ambiental del rompeolas se minimiza mientras se proporciona una protección eficaz contra las olas. De manera ventajosa adicional, una pluralidad de elementos/unidades de captación está dispuesta en paralelo y uno al lado del otro a lo largo de una línea de protección. Además, una pluralidad de elementos/unidades de captación pueden ser situados en cascada en serie con el fin de aumentar la captación de oleaje total y mejorar la protección. En una disposición en cascada, los elementos de captación aguas abajo deberían ser dimensionados más pequeños que los elementos de captación aguas arriba, con el fin de tener en cuenta el reducido tamaño de las olas a popa de los elementos /las unidades de captación aguas arriba. De manera ventajosa adicional, los elementos/unidades de captación del rompeolas abierto se usan para accionar los medios de extracción de energía para la producción de energía útil a partir del movimiento de los elementos de captación con respecto a la estructura de bastidor que los soporta.

En adelante, la invención se explica adicionalmente con referencia a los dibujos. Los dibujos muestran en

La Fig. 1 Una vista en sección transversal de un elemento de captación según una realización,

La Fig. 2 esquemáticamente, parámetros geométricos del elemento de captación de la Fig. 1 bajo condiciones operativas,

La Fig. 3 una vista en alzado superior del elemento de captación de la Fig. 1, y

La Fig. 4 una vista en alzado lateral del elemento de captación de la Fig. 1.

La Fig. 5 un ejemplo de un espectro de ondas,

La Fig. 6 una representación esquemática de un procedimiento para configurar un elemento de captación,

La Fig. 7 un gráfico de dispersión de la distribución de estados de la mar,

La Fig. 8 un gráfico de dispersión de la distribución de contenido de energía, y

La Fig. 9 un gráfico que compara el rendimiento de los elementos de captación con diferentes dimensiones.

Con referencia a las Figs. 1-4, se describe una realización del elemento de captación. La Fig. 1 muestra una vista en sección transversal a lo largo de la línea I-I tal como se indica en la Fig. 3; La Fig. 2 ilustra parámetros geométricos del elemento de captación en funcionamiento, y las Figs. 3 y 4 muestran vistas superior y lateral en alzado, respectivamente. El elemento 100 de captación tiene un extremo 101 frontal que comprende un eje 1 de pivote frontal alrededor del cual oscila hacia arriba y hacia abajo el elemento 100 de captación bajo la influencia de las olas entrantes que viajan en la dirección W desde el extremo frontal a un extremo 102 posterior del elemento 100 de captación. Un cuerpo 103 del elemento de captación está definido por un lado 4 frontal que se extiende desde el extremo 101 frontal a un borde 2 posterior inferior en el extremo 102 posterior, un lado 5 posterior que se extiende desde un borde 3 posterior superior en el extremo 102 posterior al borde 2 posterior inferior, en el que un lado 6 superior se extiende desde el extremo 101 frontal al borde 3 posterior superior, y en el que las paredes 7, 8 laterales definen la anchura Fw del cuerpo 103 del elemento de captación en una dirección axial paralela al eje 1 de pivote frontal. El borde 2 posterior inferior está situado en una primera dirección 11 radial a una primera distancia desde el eje 1 de pivote, el borde 3 superior posterior está situado en una segunda dirección 12 radial a una segunda distancia desde el eje 1 de pivote, y las direcciones 11, 12 radiales primera y segunda definen un ángulo α de punta agudo del elemento 100 de captación. La primera distancia define la longitud Fl del elemento de captación, y la distancia del borde 3 posterior superior desde la primera dirección 12 radial define la altura Fh del elemento de captación. La realización mostrada en la Fig. 1 tiene una proporción longitud a altura Fh/Fl de aproximadamente 2 y un ángulo α de punta de aproximadamente 30 grados.

La vista en sección transversal de la Fig. 1 muestra el perfil del elemento 100 de captación en un plano de corte I-I perpendicular al eje 1 de pivote frontal, en el que el perfil del elemento de captación comprende un perfil del cuerpo 103 del elemento de captación y el eje 1 de pivote frontal. El perfil del cuerpo 103 del elemento de captación se muestra como la zona rayada en la Fig. 1. Observado en una dirección desde el extremo 101 frontal al extremo 102 posterior, el perfil del elemento de captación comprende en el lado 4 frontal una parte cóncava con dos subpartes 13, 14 cóncavas separadas por una cresta 15. Una envoltura convexa para el perfil del elemento de captación en el plano de corte I-I puede ser considerada como una banda de goma estirada alrededor del elemento de captación para encerrar el eje de pivote frontal y el perfil del cuerpo 103 de elemento de captación. Una parte lateral frontal de la envoltura convexa al perfil del elemento de captación es una línea recta que se extiende desde el extremo 102 frontal hasta el borde 2 posterior inferior.

Las paredes 7, 8 laterales siguen esencialmente la envoltura convexa y proporcionan rigidez adicional al elemento

de captación, en particular para los elementos de captación con partes cóncavas considerables en el lado frontal. Las paredes intersticiales opcionales (no mostradas) que pueden estar dispuestas entre y esencialmente paralelas a las paredes 7, 8 laterales pueden aumentar aún más la rigidez del elemento 100 de captación.

5 Para el funcionamiento, el elemento 100 de captación está soportado, de manera pivotante, desde el eje 1 de pivote frontal dispuesto a una altura F_a eje de pivote por encima de la superficie media de la masa de agua igual al nivel S de la superficie bajo condiciones de agua en calma. El elemento de captación está configurado de manera que el extremo 102 posterior está parcialmente sumergido, en el que el borde 2 posterior inferior está bajo el agua y el borde 3 posterior superior está por encima del agua. Cuando está suspendido a la altura F_a del eje por encima de la superficie S del agua en una posición de reposo bajo condiciones de agua en calma, el extremo 2 posterior inferior está situado por debajo de la superficie S del agua a una profundidad F_d que define el calado en estado inactivo del elemento 100 de captación.

15 Un paso del elemento de captación puede definirse como la inclinación del lado frontal medida como el ángulo β que la primera dirección forma con la horizontal. De manera alternativa, un ángulo γ de funcionamiento del elemento de captación puede definirse como el ángulo entre la superficie S y la segunda dirección 12, en el que los ángulos γ de funcionamiento en los que el borde posterior superior está por debajo del eje de pivote frontal se definen como negativos.

20 El lado 5 posterior del perfil del elemento de captación sigue esencialmente un arco circular alrededor del eje 1 de pivote frontal con un radio igual a la longitud F_l del elemento de captación. En consecuencia, la primera distancia del borde 2 posterior inferior y la segunda distancia del borde 3 posterior superior del eje de pivote frontal son iguales entre sí e iguales a la longitud F_l del elemento de captación. Durante el funcionamiento, la forma circular evita que la superficie 5 posterior excite olas en la estela del elemento 100 de captación conforme se mueve hacia arriba y hacia abajo en el agua.

25 El cuerpo del elemento de captación comprende brazos 17, 18 que conectan la parte de flotabilidad del cuerpo al eje 1 de pivote. La parte de flotabilidad puede comprender medios de lastrado (no mostrados), tales como uno o más espacios interiores huecos que pueden llenarse, por ejemplo, con agua, en los que los medios de lastrado pueden comprender aberturas de entrada y de salida y medios de presurización que permiten que la masa del elemento de captación sea ajustada durante el funcionamiento.

30 El elemento de captación puede estar provisto además de medios para acoplar los medios de extracción de energía al elemento de captación (no mostrado), y/u otros accesorios (no mostrados) fijados a la parte exterior del elemento de captación, tales como soportes para su uso con un tope de límite para limitar el intervalo angular del elemento de movimiento del elemento de captación.

35 De manera ventajosa, un elemento de captación está configurado para su funcionamiento en un sitio de despliegue determinado con un clima marítimo determinado mediante el dimensionamiento del elemento de captación según estos parámetros característicos. Cuando el elemento de captación se hace funcionar en un estado determinado de la mar, el elemento de captación es expuesto a un tren de olas de oleajes irregulares que inciden desde el extremo frontal y accionan el movimiento oscilante del elemento de captación. Un estado determinado de la mar de olas irregulares puede describirse como una superposición de olas sinusoidales de diferentes frecuencias, fases, amplitudes y direcciones. De esta manera, el contenido de energía de un estado de la mar puede ser descrito por un espectro de ondas $S(f)$, es decir, una distribución $S(f)$ de energía dependiente de la frecuencia. Con una buena aproximación, la forma de un espectro de ondas puede ser descrita mediante un modelo bien conocido en el campo de la ciencia de las olas, tal como un espectro PM (Pierson-Moscowitz), o un espectro JONSWAP (Join North Sea Wave Program, programa conjunto de olas del mar del Norte). Un posible espectro de ondas se ilustra en la Fig. 5. El espectro del estado irregular de la mar puede ser representado por las figuras clave derivadas de los momentos de la distribución espectral $S(f)$, tal como se ha indicado anteriormente. Estas cifras clave comprenden la altura H_s significativa de las olas, el período T_e de energía de las olas, el período T_z medio de las olas y el período T_p de la ola de pico, en los que los períodos T de la ola son la inversa de la frecuencia de la ola correspondiente f : $T = 1/f$.

45 Con el fin de determinar el clima marítimo en una ubicación determinada, se recopilan datos del oleaje durante un período de tiempo más largo, en el que pueden combinarse diversas fuentes para obtener un conjunto útil de datos de oleaje. De esta manera, el clima marítimo comprende un conjunto de estados de la mar que se producen dentro de dicho período de tiempo más largo, en el que los estados de la mar pueden definirse como datos de oleaje recopilados dentro de un período de observación predeterminado que sirve como base de tiempo para la descripción estadística del clima marítimo. Una base de tiempo usada normalmente es cada hora. De esta manera, el clima marítimo puede ser representado como una distribución estadística basada en el tiempo que indica la frecuencia con la que se producen ciertos estados de la mar. La ocurrencia de los estados de la mar puede ser analizada en términos de cifras clave para proporcionar un gráfico de dispersión del clima marítimo.

Dependiendo de la aplicación, el alcance del periodo de tiempo para una representación del clima marítimo de este tipo puede ser mensual, estacional, anual o cualquier otro período de tiempo de interés, tal como la vida útil del elemento de captación. Además, a la distribución estadística puede aplicársele un factor de escala/ponderación según el contenido de energía de los diferentes estados de la mar. A partir de la descripción del clima marítimo, pueden derivarse parámetros característicos que caracterizan la distribución estadística de las olas que se producen a lo largo del período de tiempo del clima marítimo, tales como la altura de las olas y/o el período de las olas para los que el contenido total de energía es un máximo.

Ejemplo

A continuación, con referencia a las Figs. 6-9, se describe, a modo de ejemplo, la configuración de un elemento de captación para un sitio de despliegue determinado, en el que la configuración es realizada para una forma pre-determinada del perfil del elemento de captación. La configuración del elemento de captación para su funcionamiento en el clima marítimo del sitio de despliegue equivale esencialmente a determinar el clima marítimo en el sitio específico y dimensionar el elemento de captación en consecuencia para garantizar un aprovechamiento eficiente de la energía undimotriz disponible a un nivel de coste que sea comercialmente viable.

La Fig. 6 ilustra las etapas realizadas. Cabe señalar que las etapas relacionadas con la determinación del clima marítimo pueden haber sido realizadas previamente, y pueden estar disponibles, al menos parcialmente, a partir de archivos. Los datos de climas de oleaje pueden incluir estadísticas mensuales, estacionales y anuales de energía de las olas así como una consideración de la variabilidad de la energía de las olas en escalas temporales mensuales, estacionales, anuales e interanuales. La recopilación de datos de oleaje es bastante compleja y costosa. Por lo tanto, frecuentemente, se combinan diversas fuentes (601 A - 601 D). Si es necesario/posible, los datos de oleaje son ajustados a las características específicas del lugar de despliegue (602). Esto crea una colección de datos de clima marítimo para el sitio de despliegue específico. A continuación, los datos de oleaje específicos del sitio son transformados en un diagrama 700 de dispersión de olas con el propósito de proporcionar una descripción estadística basada en el tiempo de los estados de la mar en términos de las alturas y los períodos de ola, más específica la distribución de alturas H_s de olas significativas, el periodo T_e de la energía de las olas y, opcionalmente, las direcciones de las olas/la dispersión direccional (no mostrada) de los estados de la mar para toda la vida útil del proyecto, distribuidas sobre una base horaria (603). Tras haber obtenido una representación adecuada del clima marítimo, preferiblemente dentro de una ventana de producción seleccionada para desechar los estados de la mar (604) más extremos, el elemento de captación es dimensionado en consecuencia (605).

La Fig. 7 muestra un gráfico 700 de dispersión que describe el clima marítimo de un sitio de despliegue determinado. El gráfico 700 de dispersión está subdividido en celdas 701 definidas por intervalos 702, 703 de la altura H_s de ola significativa y el período T_e de energía de las olas, indicados aquí por su valor central en unidades de metros y segundos, respectivamente. Se hace un recuento de los estados de la mar incluidos dentro de los intervalos (H_s , T_e) de una celda 701 en esta celda 701. Considerando un período de tiempo de un año y una base de tiempo de una hora, un gráfico 700 de dispersión muestra la distribución horaria de la ocurrencia de estados de la mar a lo largo de un año.

A continuación, puede aplicarse un factor de escala/ponderación a la distribución de estados de la mar según un parámetro de optimización que, en el presente ejemplo, es el contenido de energía de las celdas (H_s , T_e). Preferiblemente, para el propósito de dimensionamiento, se elige una ventana de producción. Dependiendo de las variaciones específicas del sitio, la ventana de producción es el grupo más pequeño posible de estados de la mar que constituye típicamente entre el 85%-95% de la energía de oleaje disponible. En la práctica, esto significa que las olas más pequeñas, más cortas, más grandes y más altas no son tenidas en cuenta desde un punto de vista de dimensionamiento.

La distribución horaria anual de la energía undimotriz disponible se corresponde con el gráfico 700 de dispersión de ocurrencias de estados de la mar mostrados en la Fig. 8. La distribución de la energía disponible se obtiene en forma de un gráfico 800 de dispersión de la energía mediante el cálculo del contenido de energía de las olas en cada celda (H_s , T_e) y multiplicando por el número de ocurrencias de estados de la mar dentro de esta celda. Los intervalos (H_s , T_e) 802, 803 que definen las celdas 801 del gráfico 800 de dispersión de energía corresponden a los intervalos 702, 703 del gráfico 700 de distribución de estados de la mar. Cabe señalar la aplicación de un nuevo factor de escala según el parámetro de optimización desplaza la posición de la celda 804 con un contenido máximo de energía con respecto a la posición de la celda 704 con los estados de la mar más frecuentes. La altura (pico) H_s de ola significativa y el período (pico) T_e de energía de ola que caracterizan la posición de la celda 804 con un contenido de pico de energía se usan a continuación como los parámetros caracterizadores del clima marítimo en el sitio de despliegue con el propósito de dimensionar el elemento de captación. Los valores de posición de pico son $H_s = 3,25$ m y $T_e = 8,5$ s.

Tal como se ha indicado anteriormente, puede aplicarse un factor de escala al calado F_d en estado inactivo según

una altura de ola característica del clima marítimo usando un factor D de escala de altura, en el que la altura de la ola característica es preferiblemente una altura de ola significativa en la que el contenido de energía del clima marítimo es un máximo. Además, puede aplicarse un factor de escala a la longitud F_l del elemento de captación según a una longitud de onda característica del clima marítimo usando un factor L de escala de longitud, en el que la longitud de onda característica es preferiblemente una longitud de onda correspondiente a un periodo T_p de la ola pico en la que el contenido de energía del clima marítimo es un máximo. Los ensayos han mostrado que un factor D de escala de altura ventajoso está en el intervalo 2-5, preferiblemente, en el intervalo 2,2-4, más preferiblemente, entre 2,5 y 3,5, o aproximadamente de 2,9, y un factor L de escala de longitud ventajoso está comprendido en el intervalo 0,1-0,4, de manera alternativa, en el intervalo 0,11-0,25, de manera alternativa, en el intervalo 0,12-0,20, o de aproximadamente 0,15. A modo de ejemplo, la Fig. 9 muestra resultados de ensayos de eficiencia de conversión de un sistema de conversión de energía undimotriz determinado como una función de la longitud del elemento de captación y para un número alturas diferentes del elemento de captación. En aras de la comparación, los datos están normalizados, de manera que longitud del elemento de captación es expresada por el factor L de escala de longitud adimensional, y la altura del elemento de captación es expresada por el factor D de escala de altura adimensional. El factor L de escala de longitud está normalizado con respecto a la longitud de onda correspondiente a la cifra T_p clave, y el factor D de escala de altura está normalizado con respecto a la altura H_s de ola significativa. En el caso anterior, aproximadamente, $T_p = 1,17 T_e$ y la longitud λ_p de ola correspondiente es una buena aproximación igual a $\lambda_p = gT_p^2 / 2\pi$. Usando un factor de escala de longitud $L = 0,15$, la longitud del elemento de captación es configurada de manera ventajosa como $F_l = 0,15 \times g \times (1,17T_e)^2 / 2\pi = 23,2$ m. En consecuencia, un calado en estado inactivo preferido se determina como $F_d = 2,9 \times 3,25 \text{ m} = 9,4$ m.

Los valores obtenidos por una optimización de las dimensiones del elemento de captación con respecto a la eficiencia de conversión de energía pueden ser ajustados para llegar a un compromiso con los costos de construcción que aumentan con el aumento del tamaño del elemento de captación, en el que el sacrificio de una ligera disminución en la eficiencia de conversión en favor de una disminución considerable en el costo de la construcción reduce el costo total de la producción de energía. El costo de construcción o consideraciones similares pueden estar implementados ya en los parámetros de optimización para ponderar la distribución de estados de la mar. De manera alternativa, puede realizarse una corrección de las dimensiones después de determinar las dimensiones del elemento de captación para una eficiencia de conversión máxima.

REIVINDICACIONES

1. Unidad de captación de oleaje que comprende un elemento (100) de captación del tipo pivote frontal para la captación de energía undimotriz a partir de una masa de agua, en la que el elemento (100) de captación tiene
- 5 – un extremo (101) frontal que comprende un eje (1) de pivote frontal alrededor del cual se mueve, de manera oscilante, el elemento (100) de captación durante el funcionamiento, y
- 10 – un cuerpo (103) del elemento de captación definido sustancialmente por un lado (4) frontal que se extiende desde el extremo (101) frontal a un borde (2) posterior inferior, un lado (5) posterior que se extiende desde un borde (3) posterior superior al borde (2) posterior inferior, un lado (6) superior que se extiende desde el extremo (101) frontal al borde (3) posterior superior, y paredes (7, 8) laterales que definen la anchura Fw del cuerpo (103) de captación en una dirección axial paralela al eje (1) de pivote frontal, en la que el borde (2) posterior inferior está posicionado en una primera dirección (11) radial a una primera distancia del eje (1) de pivote, y el borde (3) posterior superior está ubicado en una segunda dirección (12) radial a una segunda distancia del eje (1) de pivote, en el que las direcciones (11, 12) radiales primera y segunda definen un ángulo (alfa) de punta agudo del elemento (100) de captación, en la que la primera distancia define la longitud FI del elemento de captación, y la distancia del borde (3) posterior superior desde la primera dirección (11) radial define la altura Fh del elemento de captación, en la que el elemento (100) de captación tiene un perfil de sección transversal según se ve en un plano de corte perpendicular al eje (1) de pivote frontal, en el que dicho perfil de elemento de captación encierra un perfil del cuerpo (103) del elemento de captación y el eje (1) de pivote frontal,
- 15 en la que la unidad de captación comprende además
- 20 – un bastidor que soporta, de manera pivotante, el elemento (100) de captación desde el eje (1) de pivote frontal, en el que en una posición en estado inactivo el eje (1) de pivote frontal está situado a una altura Fa predetermina del eje de pivote frontal por encima del agua en calma, y el elemento (1) de captación está parcialmente sumergido con un calado Fd en estado inactivo,
- 25 **caracterizado por que** el perfil del elemento de captación incluye una parte cóncava en el lado (4) frontal según se ve en una dirección desde el extremo (101) frontal al extremo (102) posterior que se abomba hacia dentro y alejándose de la primera dirección para formar una superficie de presión generalmente cóncava para capturar las ondas entrantes.
- 30 2. Unidad de captación según la reivindicación 1, en la que el área de sección transversal del perfil del elemento de captación es menor en comparación con el área delimitada por una envolvente convexa al perfil del elemento de captación, en el que la diferencia en área es de al menos el 10%, de manera alternativa al menos el 20%, de manera alternativa al menos el 30%, en la que dicha diferencia se atribuye a que el lado frontal del perfil del elemento de captación se desvía de la envolvente convexa.
- 35 3. Unidad de captación según la reivindicación 1 o 2, en la que la parte cóncava en el lado (4) frontal del perfil comprende al menos dos sub-partes (13, 14) cóncavas contiguas separadas por una cresta (15).
- 40 4. Unidad de captación según la reivindicación 3, en la que una o más, preferiblemente todas, las sub-partes (13, 14) cóncavas siguen arcos esencialmente circulares.
- 45 5. Unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la parte (5) lateral posterior del perfil sigue un arco circular alrededor del eje (1) de pivote frontal.
6. Unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la longitud FI del elemento de captación está comprendida en el intervalo 5-50 m, de manera alternativa, en el intervalo 10-40 m.
7. Unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la altura Fh mínima del elemento de captación es de 2 m, de manera alternativa, 3 m o, de manera alternativa, 4 m, y en la que la altura Fh máxima del elemento de captación es de 30 m, de manera alternativa, 20 m o, de manera alternativa, 10 m.
8. Unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el ángulo de la punta (alfa) está comprendido entre 10-70 grados, de manera alternativa, entre 20-60 grados, preferiblemente, entre 25-50 grados.
9. Unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el elemento (100) de captación comprende uno o más espacios huecos interiores para lastrar el elemento (100) de captación.

10. Procedimiento de provisión de una unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que el procedimiento comprende configurar el elemento (100) de captación para su funcionamiento en un clima marítimo en un sitio de despliegue determinado, en el que la configuración comprende las etapas de

- obtener datos estadísticos de oleaje que describen el clima marítimo de la zona de despliegue,
- 5 – derivar, a partir de los datos estadísticos de oleaje, uno o más parámetros característicos que son representativos del clima marítimo, en el que los parámetros característicos comprenden una altura H de ola característica y/o un periodo T de ola característico, y
- 10 – dimensionar el elemento (100) de captación según el uno o más parámetros característicos, en el que un calado Fd en estado inactivo del elemento (100) de captación está dimensionado de manera que sea más grande que la altura H de ola característica, en el que dicho calado Fd en estado inactivo se define bajo condiciones de agua en calma como la profundidad de inmersión del borde posterior inferior por debajo del nivel de agua en calma cuando el elemento (100) de captación está suspendido, de manera pivotante, desde el eje frontal (1) a una altura Fa predeterminada del eje por encima de dicho nivel S de agua en calma, y/o la longitud FI del elemento (100) de captación se elige de manera que sea más pequeña que una longitud de onda característica correspondiente al periodo T de ola característico.
- 15

11. Procedimiento según la reivindicación 10, que comprende además la etapa de optimizar la productividad de la conversión de la energía disponible en energía útil

- seleccionando un calado en estado inactivo optimizado, en el que la producción de energía útil durante un periodo de interés es un máximo cuando la unidad de captación se hace funcionar en un sistema de conversión de energía undimotriz durante el período de interés en el clima marítimo del lugar de despliegue, y/o
- 20 – seleccionando una longitud de elemento de captación optimizada en la que la producción de energía útil durante un período de interés es un máximo cuando la unidad de captación se hace funcionar en un sistema de conversión de energía undimotriz durante el período de interés en el clima marítimo del sitio de despliegue.
- 25

12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que la selección de un calado en estado inactivo optimizado y/o la selección de una longitud de captación optimizada se realizan de manera iterativa

- (a) derivando una distribución de contenido de energía para una descripción de clima marítimo de la zona de despliegue en términos de altura de las olas y/o periodo de las olas,
- 30 (b) para un elemento de captación determinado con un calado en estado inactivo y/o longitud de elemento de captación especificados, derivando una distribución de la eficiencia de conversión en términos de altura y/o periodo de las olas,
- 35 (c) combinando la distribución de contenido de energía y la distribución de la eficiencia de conversión para obtener una distribución de productividad para el elemento de captación determinado en el clima marítimo determinado,
- (d) variando el calado y/o la longitud en estado inactivo manteniendo los restantes parámetros para definir la constante operativa del elemento de captación, y
- (e) repitiendo las etapas (b) a (d) hasta que la producción de energía durante el período de interés en el sitio de despliegue determinado sea un máximo.

40 13. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que los datos estadísticos son una distribución de contenido de energía sobre intervalos de alturas H de las olas, preferiblemente altura Hs del oleaje significativo y/o intervalos de periodos de olas, preferiblemente periodos Te de energía de las olas, para estados de la mar en el sitio de despliegue.

45 14. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que el uno o más parámetros característicos que representan el clima marítimo están asociados con un máximo en el contenido de energía.

15. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-14, en el que el dimensionamiento/la optimización se realiza en base a los datos estadísticos en una ventana de producción seleccionada de entre los datos estadísticos que representan el clima marítimo.

16. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-15, en el que el calado Fd en estado inactivo es

igual a la altura de ola característica multiplicada por un factor D de escala de altura comprendido en el intervalo 2-5, preferiblemente en el intervalo 2,2-4, más preferiblemente, entre 2,5-3,5, o aproximadamente 2,9.

5 17. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-16, en el que la longitud FI del elemento de captación es igual a la longitud de onda característica multiplicada por un factor L de escala de longitud comprendido en el intervalo 0,1-0,4, de manera alternativa, en el intervalo 0,11-0,25, de manera alternativa, en el intervalo 0,12-0,20, o de aproximadamente 0,15.

10 18. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-17, en el que la longitud FI del elemento (100) de captación y/o el calado Fd en estado inactivo del elemento (100) de captación se reduce para llegar a un compromiso entre el costo de construcción del elemento de captación de energía y la eficiencia de la producción, reduciendo de esta manera el coste global de la producción de energía.

19. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-18, en el que la configuración comprende además la etapa de

15 – dimensionar una altura Fh del elemento (100) de captación de manera que sea más grande que el calado Fd en estado inactivo de manera que el borde (3) posterior superior en la posición inactiva del elemento (100) de captación esté por encima del nivel S del agua en calma.

20. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 10-19, en el que la configuración comprende además las etapas de

20 – realizar un análisis de movimiento en el elemento (100) de captación bajo la influencia de campos de olas irregulares representativos del clima marítimo, y
– determinar una altura Fh del elemento de captación para prevenir la inmersión del borde (3) posterior superior durante el funcionamiento del elemento (100) de captación en el clima marítimo.

21. El uso de una unidad de captación según cualquiera de las reivindicaciones 1-9 en un rompeolas abierto.

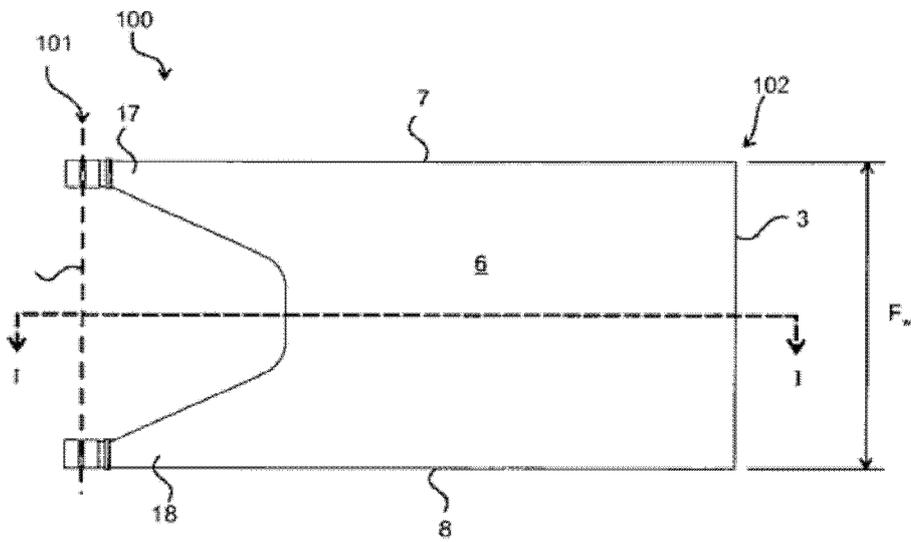


Fig. 3

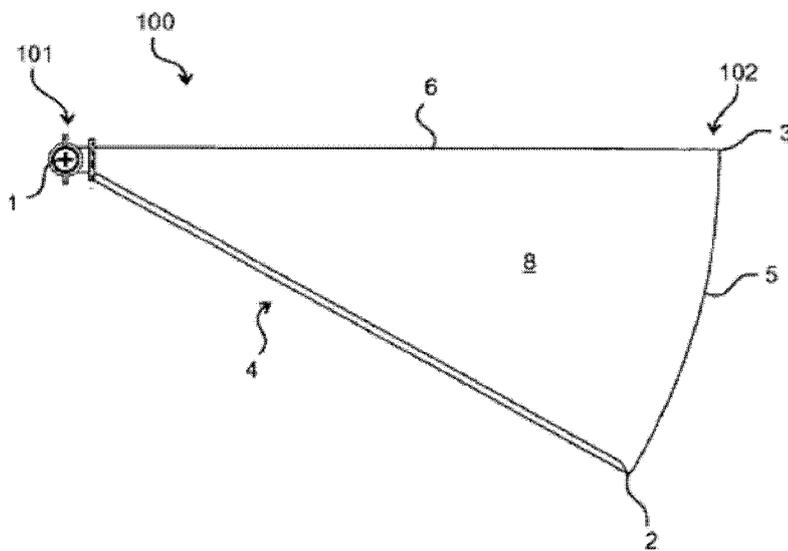


Fig. 4

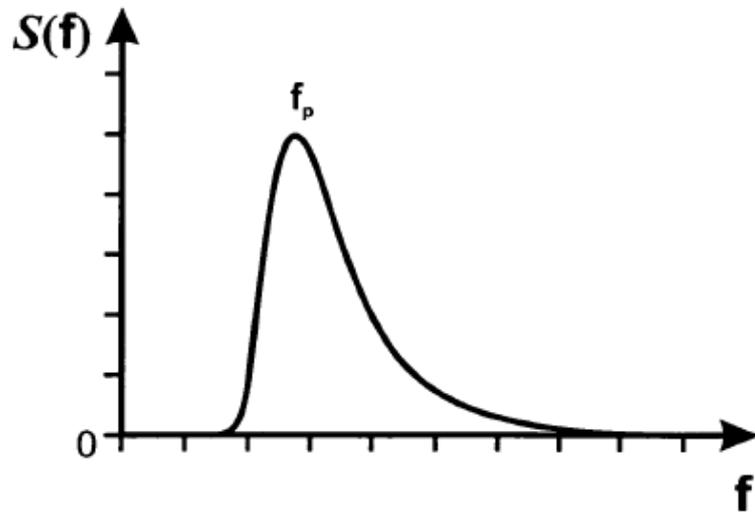


Fig. 5

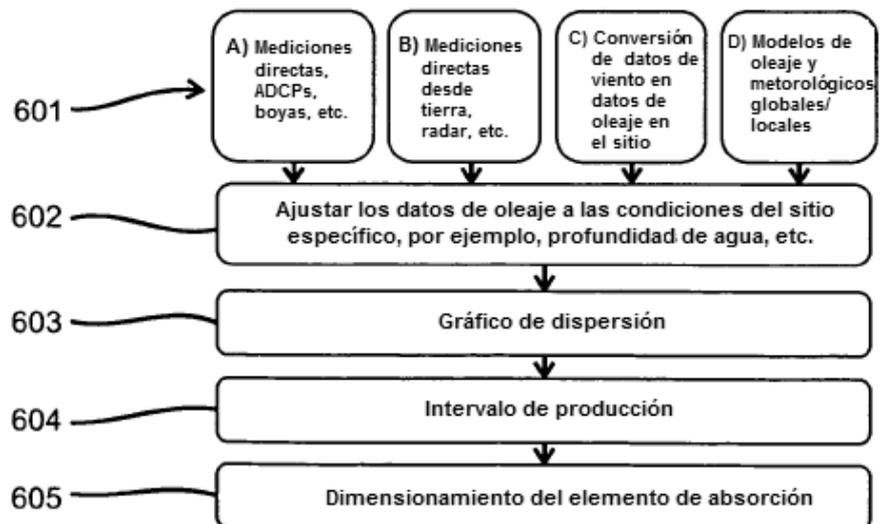


Fig. 6

Distribución anual (hora/año)

	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	suma
0,25	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0,75	103	161	98	37	11	2	0	0	0	0	0	0	0	0	412
1,25	386	521	391	174	59	14	3	1	0	0	0	0	0	0	1550
1,75	283	606	492	307	144	56	19	4	2	0	0	0	0	0	1912
2,25	59	391	449	319	214	94	41	15	5	1	0	0	0	0	1587
2,75	5	128	276	280	213	117	49	20	6	3	1	0	0	0	1098
3,25	0	26	134	203	174	95	58	22	9	2	1	0	0	0	726
3,75	0	4	66	135	139	83	45	19	7	2	1	0	0	0	501
4,25	0	0	31	95	99	70	37	15	5	2	1	0	0	0	355
4,75	0	0	7	57	64	51	35	15	4	1	0	0	0	0	235
5,25	0	0	1	33	43	35	26	11	4	1	0	0	0	0	154
5,75	0	0	0	12	28	21	18	8	3	2	0	0	0	0	91
6,25	0	0	0	4	20	13	13	7	2	0	0	0	0	0	59
6,75	0	0	0	1	11	8	6	6	2	0	0	0	0	0	35
7,25	0	0	0	0	5	5	4	3	2	0	0	0	0	0	20
7,75	0	0	0	0	2	4	2	2	1	0	0	0	0	0	12
8,25	0	0	0	0	1	3	1	2	1	0	0	0	0	0	7
8,75	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	3
Suma	836	1837	1947	1657	1226	671	360	152	52	16	5	1	0	0	8760

Hs (m)

Fig. 7

Energía máxima anual (KWh)		Te (s)															
		5,5	6,5	7,5	8,5	9,5	10,5	11,5	12,5	13,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	suma	
0,25	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,9
0,75	18336	33900	23743	10071	3271	532	93	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8994,7
1,25	190321	304188	263430	132468	50723	13115	3429	985	76	0	0	0	0	0	0	0	95893,5
1,75	273713	693190	648653	459566	240003	102702	38805	7995	3871	320	171	0	0	0	0	0	246898,8
2,25	94844	738173	979840	787581	591039	285571	137308	53775	18703	3436	1413	0	0	0	0	0	369168,1
2,75	10783	360546	900651	1035557	879030	535530	245198	111305	37497	17768	6331	899	0	0	0	0	414109,0
3,25	209	100616	610426	104871	1004446	607403	407635	169246	73976	19853	8843	3765	666	0	0	0	405575,5
3,75	0	18760	401032	927944	1068862	706591	414020	192414	73426	27900	10203	835	886	0	0	0	384327,7
4,25	0	423	240479	839189	971282	764168	441285	195928	68485	36779	8065	0	0	0	0	0	356608
4,75	0	0	72508	624957	787231	690960	517590	250834	69096	20026	11333	1340	0	0	0	0	304587
5,25	0	0	15631	442039	645839	580436	474790	225783	75029	17269	7692	4913	0	0	0	0	248942,0
5,75	0	0	1786	192265	506674	415006	397030	180062	77144	41429	1845	1964	0	0	0	0	181520,7
6,25	0	0	0	66951	422243	298327	346149	193399	55066	12237	1090	0	0	0	0	0	140527,7
6,75	0	0	0	19523	275865	222217	183007	209175	64229	14273	5086	0	0	0	0	0	99337,9
7,25	0	0	0	9652	143840	172892	148004	96998	71542	16466	2934	0	0	0	0	0	66232,8
7,75	0	0	0	1838	49309	143062	92023	91914	67152	6272	0	0	0	0	0	0	45157,0
8,25	0	0	0	0	30267	102932	45094	91903	43011	7107	0	0	0	0	0	0	32031,3
8,75	0	0	0	0	0	49209	34874	51690	29774	7995	0	0	0	0	0	0	17879,5
sum	58841,4	224980,3	415819,2	659830,9	767516,2	569065,3	392633,4	212340,5	82843,5	24913,0	7481,5	1371,7	155,2	0	0	0	341779,2

Fig. 8

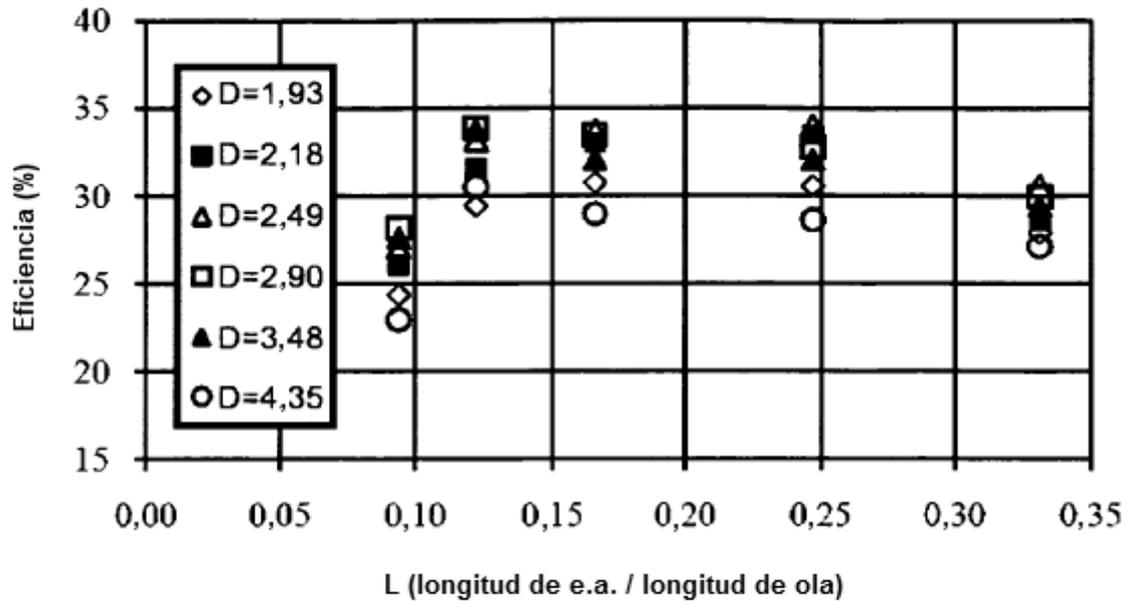


Fig. 9