

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 386 149**

51 Int. Cl.:
F03D 11/04 (2006.01)
E02B 17/02 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
E02D 27/42 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **06006287 .4**
- 96 Fecha de presentación: **27.03.2006**
- 97 Número de publicación de la solicitud: **1707808**
- 97 Fecha de publicación de la solicitud: **04.10.2006**

54 Título: **Pies para una instalación de energía eólica en alta mar**

30 Prioridad:
30.03.2005 DE 102005014868

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
10.08.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
10.08.2012

73 Titular/es:
REpower Systems SE
Überseering 10
22297 Hamburg , DE

72 Inventor/es:
Seidel, Marc

74 Agente/Representante:
Izquierdo Faces, José

ES 2 386 149 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

Pies para una instalación de energía eólica en alta mar.

- 5 **[0001]** La invención se refiere a una instalación de energía eólica para el uso en alta mar (offshore) según el preámbulo de la reivindicación 1, a un parque eólico de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 7 y a un proceso para erigir una instalación de energía eólica.
- 10 **[0002]** Las instalaciones de energía eólica se anclan convencionalmente en el uso en alta mar en forma de cimientos de pilotes en el fondo del mar. Además se conocen cimientos de trípode, presentando el pie de la instalación de energía eólica tres patas divergentes en forma tetraédrica, cada uno de los cuales se ancla al fondo del mar. Además se conocen en las plataformas petrolíferas cimientos mediante puentes (jackets), una construcción de entramado expuesta de forma predominante a carga de tracción y de compresión.
- 15 **[0003]** Particularmente en parques de instalaciones de energía eólica en el área de alta mar se debe considerar que la altura del cubo de las instalaciones de energía eólica individuales debe estar sobre la superficie del mar, por razones ópticas, a aproximadamente la misma altura. Por otro lado pueden configurarse mediante la misma altura de penetración sobre el nivel de la superficie del mar, por ejemplo, los muelles en todas las instalaciones de energía eólica del parque a la misma altura de la construcción principal. El comportamiento de oscilaciones naturales de la
- 20 instalación es menos dependiente de la altura sobre la superficie del mar que más bien de la altura sobre el fondo del mar. Por lo tanto, el comportamiento de oscilaciones naturales de las instalaciones de energía eólica, cuando se erige una pluralidad de instalaciones a diferentes profundidades del mar, debe calcularse de nuevo cada vez. La obtención de una altura de cubo aproximadamente igual por encima de la superficie del mar es costosa con los cimientos antes mencionados, puesto que la longitud del trípode o la del puente se debe adaptar al emplazamiento
- 25 en su totalidad.
- [0004]** Por el documento WO 03/080939 A1 se conoce un cimiento para una instalación de energía eólica en alta mar que presenta una ventosa en la que está fijada la torre de la instalación de energía eólica con refuerzos laterales.
- 30 **[0005]** En el documento DE 201 00 588 U1 se desvela una instalación de energía eólica en alta mar que presenta pies inundables con agua. Al inundar los pies, el pie de la instalación de energía eólica se puede hacer descender de forma controlada.
- 35 **[0006]** En el documento US 4.590.718 se conoce el fundamento de una instalación de energía eólica en tierra. El peso de la instalación de energía eólica se deja a través de una torre sobre el suelo, estabilizando pies ajustables en altura laterales la construcción total.
- 40 **[0007]** En el documento JP 2003028046 A se describe un cimiento para una instalación de energía eólica en alta mar que presenta pies elevados de forma diferente, estando dispuestos algunos pies sobre la superficie del mar y algunos pies por debajo de la superficie del mar.
- 45 **[0008]** Por el documento WO 03/0957 48 A1 se conoce el cimiento de una central eólica en alta mar. Allí sobresalen perpendicularmente de los brazos pernos de anclaje, que están destinados a penetrar en el suelo.
- 50 **[0009]** Con esto, en un primer aspecto es objetivo de la invención poner a disposición una instalación de energía eólica para el uso en alta mar, en la que las partes esenciales están normalizadas y no requieren cálculos de diseño individuales de la estructura total, y en un segundo aspecto es objetivo de la invención poner a disposición un proceso para erigir tal instalación de energía eólica.
- 55 **[0010]** El objetivo se resuelve en su primer aspecto mediante una instalación de energía eólica para el uso en alta mar con las características de la reivindicación 1. La instalación de energía eólica de acuerdo con la invención se sitúa sobre pies adaptables en dirección longitudinal en su extensión sobre el fondo del mar. La dirección longitudinal transcurre a lo largo de la dirección longitudinal de una torre tubular de la instalación de energía eólica. Además, los componentes, tales como por ejemplo la torre tubular, sala de turbinas y estructura de soporte están preferentemente normalizados, y el perfil diferente del fondo del mar y las profundidades diferentes del mar en el emplazamiento de cada pie se compensan para obtener una altura predeterminada del cubo de rotor por encima del nivel del mar mediante la extensión longitudinal diferente de los pies. Los extremos de las patas tienen una distancia normalizada, preferentemente la misma con respecto a la superficie del mar, y la respectiva distancia libre entre los
- 60 extremos de las patas y un punto de contacto predeterminado en el fondo del mar está cubierta mediante el pie de compensación de esta distancia en su extensión longitudinal. La extensión longitudinal de un pie corresponde a este respecto a la diferencia entre la suma de la altura del cubo de rotor sobre el nivel del mar y la profundidad del fondo del mar en el punto de contacto predeterminado y la suma de las longitudes normalizadas de la torre tubular y la estructura de soporte. Preferentemente, los pies de una instalación tienen una extensión longitudinal diferente para
- 65 alinear la instalación en dirección longitudinal. A este respecto, los pies de una instalación de energía eólica pueden presentar entre sí y los pies de diferentes instalaciones de energía eólica una extensión diferente en la dirección

longitudinal de la instalación de energía eólica. La dirección longitudinal de la instalación de energía eólica erigida transcurre preferentemente en lo esencial de forma perpendicular con respecto a la superficie del mar. La instalación de energía eólica se mantiene con su peso total preferentemente de forma exclusiva sobre los pies. Preferentemente, la estructura de soporte se puede transportar en barco con pies montados y adaptados en dirección longitudinal al emplazamiento.

[0011] Preferentemente, la instalación de energía eólica está montada con su torre tubular y rotor en una torre de celosía (jacket), que está en gran parte erigida por debajo de la superficie del mar y sobresale un poco por encima de la superficie del mar. La torre de celosía puede presentar múltiples patas, con exactitud tres o cuatro patas preferentemente, en cuyos extremos de forma respectiva está dispuesto uno de los pies. Sin embargo, la invención es también adecuada para todas las otras estructuras de soporte de múltiples patas, por ejemplo, trípodes. Una ventaja adicional en el ajuste de longitud de los pies de acuerdo con la invención consiste en la escasa influencia del ajuste de longitud a la magnitud de la frecuencia natural, porque la base de las patas extendidas es grande. El comportamiento de oscilaciones naturales necesita esencialmente ser calculado sólo una vez para todas las instalaciones de un parque.

[0012] Ventajosamente, los pies presentan respectivamente un componente de distancia que determina la extensión esencialmente en la dirección longitudinal, en el que se encuentra respectivamente una pata de la torre de celosía de la instalación de energía eólica. También puede, por ejemplo en los perfiles de suelo correspondientes, ser suficiente proveer sólo un pie con un componente de distancia. La extensión del componente de distancia en la dirección longitudinal está dimensionada de tal forma que el perfil del fondo del mar se compensa y la dirección longitudinal de la instalación de energía eólica erigida transcurre en esencia perpendicularmente con respecto a la superficie del mar. El componente de distancia está dispuesto preferentemente en el extremo del lado del fondo del mar de la pata y destinado para el contacto directo con el fondo del mar.

[0013] En un perfeccionamiento ventajoso de la invención, el componente de distancia puede presentar una cavidad rellenable con material de relleno pesado, cuya extensión en dirección longitudinal determina esencialmente la extensión del componente de distancia. Como material de relleno se utiliza preferentemente hormigón especial, mortero de alta resistencia (grout), grava, mineral de hierro u otros materiales de lastre de alta densidad, por ejemplo, magna dense o el llamado "orecrete". Una conducción de llenado para el material de relleno desemboca en caso adecuado en la cavidad.

[0014] Además del lastre, el material de relleno aumenta también la rigidez y la resistencia de los pies. Un efecto de sinergia especial en el lastre se produce debido a que en ubicaciones con gran profundidad de agua, en las que, por tanto, también las cargas de los cimientos son particularmente altas, también están disponibles cámaras de lastre particularmente grandes que compensan las cargas adicionales mediante un peso propio elevado.

[0015] En caso adecuado están previstas en cada uno de los pies al menos dos cavidades. A este respecto está prevista en cada pie respectivamente una cavidad opuesta al fondo del mar en el estado erigido de la instalación de energía eólica y una cavidad orientada hacia el fondo del mar. Ambas cavidades pueden estar conectadas por una abertura de paso que conduce material de relleno. Con ahorro de costes de producción, las cavidades de los diferentes pies opuestas del fondo del mar pueden ser idénticas constructivamente, de manera que también los pies, al menos en partes, se pueden normalizar y sólo la cavidad inferior orientada hacia el fondo del mar necesita adaptarse en su dirección longitudinal a las circunstancias del emplazamiento. Después de que la instalación de energía eólica se haya erigido sobre el fondo del mar en el emplazamiento predeterminado, las o la cavidad pueden rellenarse con material de relleno. Para esto, la instalación de energía eólica presenta al menos una conducción de llenado, preferentemente cada pata presenta exactamente una conducción de llenado para el material de relleno. Preferentemente, las conducciones de llenado están previstas internamente en cada una de las patas de la torre de celosía. Mediante esto es posible un llenado exacto de cada uno de los pies. También es posible que una conducción de llenado separada desemboque en la cavidad opuesta al fondo del mar y en la cavidad orientada hacia el fondo del mar.

[0016] Cada uno de los pies puede presentar una placa de tope que está destinada para el contacto con el fondo del mar y que debe impedir una penetración más allá de esto del pie en el fondo del mar.

[0017] En un perfeccionamiento ventajoso de la invención, al menos un pie presenta, preferiblemente cada uno de los pies, un dispositivo de succión, particularmente una ventosa. La ventosa está dirigida en el estado erigido de la instalación de energía eólica hacia el fondo del mar y destinada para el contacto con el fondo del mar. Permite fijar por succión el pie equipado con ella en el fondo del mar y por lo tanto no sólo contrarrestar un desplazamiento horizontal, sino también un desplazamiento vertical de la instalación de energía eólica. Con esto se posibilita un anclaje particularmente firme y también fácil de usar en el fondo del mar.

[0018] La ventosa es particularmente adecuada para el anclaje de, preferentemente, los cuatro pies de la torre de celosía anteriormente descrita. La ventosa puede presentar la placa de tope y el anillo de pared como pared de ventosa. En la pared de ventosa, preferentemente en la placa de tope, está previsto, en una forma de realización preferente de la invención, un racor de empalme para un tubo flexible de ventilación. El tubo flexible de ventilación

está dirigido, por ejemplo, a través de la cavidad inferior hacia la superficie del mar y allí se conecta a una bomba. Después de que la instalación de energía eólica haya erigido en el fondo del mar, el aire se puede succionar de la ventosa y con esto fijar mediante succión el pie a través de la presión negativa formada en la misma al fondo del mar por un lado hasta que la placa de tope entra en contacto con el fondo del mar, y por otro lado se impide también mediante la presión negativa formada en la ventosa un desplazamiento vertical y la inclinación de la instalación de energía eólica.

[0019] El objetivo se soluciona en su segundo aspecto mediante un parque eólico para su uso en alta mar con al menos dos instalaciones de energía eólica con una dirección longitudinal que se extiende esencialmente de forma perpendicular a una superficie del mar en el estado erigido y con una estructura de soporte con varias patas, en cuyos extremos en el lado del fondo del mar está dispuesto respectivamente un pie determinado para el contacto con el fondo del mar, presentando las torres y las estructuras de soporte una longitud normalizada y la misma altura de los cubos de rotor por encima de la superficie del mar. Una distancia diferente originada particularmente por la profundidad y/o el relieve del fondo del mar entre el cubo de rotor y un punto de contacto predeterminado en el fondo del mar en el que debe establecerse respectivamente un pie individual asignado en el fondo del mar está compensado de acuerdo con la invención mediante una extensión adaptada del pie respectivo.

[0020] La invención permite una reducción en los costes en la construcción de parques eólicos. La impresión óptica propicia del parque eólico provocada por una misma altura del cubo de rotor se puede lograr de acuerdo con la invención también con el uso de torres y estructuras de soporte normalizadas particularmente en la longitud. Preferentemente, las torres y estructuras de soporte están esencialmente incluso completamente normalizadas y por tanto la producción es particularmente económica. Las diferencias de las distancias entre una altura del cubo de rotor externamente predeterminada por encima de la superficie del mar y el fondo del mar en los diferentes emplazamientos de las diferentes instalaciones de energía eólica, como también las diferencias de las distancias entre la altura del cubo de rotor y los puntos de contacto predeterminados se compensan para obtener una misma altura del cubo de rotor a través de pies de extensión longitudinal adaptada.

[0021] La altura del cubo de rotor por encima de la superficie del mar se elige tan alta que ninguna de las patas de una de las instalaciones de energía eólica en la utilización de la torre normalizada y la estructura de soporte normalizada tocaría el fondo del mar. En el lado del fondo del mar está dispuesto en cada uno de los extremos de las patas un pie, cuya extensión en la dirección longitudinal corresponde a la distancia libre entre el extremo de la pata y el punto de contacto del fondo del mar. La extensión longitudinal de un pie corresponde a este respecto respectivamente a la diferencia entre la suma de la altura del cubo de rotor sobre el nivel del mar y la profundidad del fondo del mar sobre el punto de contacto y la suma de las longitudes normalizadas de la torre tubular y la estructura de soporte.

[0022] El objetivo se resuelve también mediante un proceso con las características de la reivindicación 8. En primer lugar los puntos de contacto del fondo del mar se determinan en el emplazamiento de la instalación, en los que se ponen los pies individuales. Entonces la profundidad del fondo del mar se determina sobre cada uno de los puntos de contacto predeterminados. De los resultados obtenidos se determina la longitud, es decir, la extensión de cada pie en dirección longitudinal. A este respecto se tiene en cuenta la utilización de la estructura de soporte normalizada y de la torre para cada instalación de energía eólica, en particular de un parque de instalación de energía eólica. Para ello, la suma de la altura del cubo de rotor por encima de la superficie del mar además de la profundidad del fondo del mar sobre el punto de contacto para cada pie se determina y de esto se resta la suma de la longitud normalizada de la estructura de soporte y de la torre. La distancia libre correspondiente a la diferencia entre el extremo de la pata y el punto de contacto en el fondo del mar corresponde a la extensión de este pie en dirección longitudinal. Los pies extendidos de esta manera, preferentemente de forma diferente, se montan después en la instalación de energía eólica, preferentemente en el extremo de la pata correspondiente del poste de celosía de la instalación de energía eólica. El poste de celosía montado y provisto de cuerpos de flotación se conduce después, por ejemplo, con pontones flotantes hacia el emplazamiento y allí se hace descender mediante el vaciado correspondiente de los cuerpos de flotación hacia el fondo del mar. Los pies alcanzan en el fondo del mar cada punto de contacto predeterminado. Los pies también penetran mediante el peso propio de la instalación y, dado el caso, mediante un lastre preinstalado con este fin en el fondo del mar hasta que la placa de tope entra en contacto con el fondo del mar. Mediante la conducción de llenado prevista se rellena después las cavidades previstas en los pies con el mencionado material de relleno anteriormente mencionado, particularmente mortero (grout).

[0023] En una forma de realización preferente del proceso de acuerdo con la invención, la instalación de energía eólica presenta, preferentemente cada uno de los pies de la instalación de energía eólica, una ventosa. La instalación de energía eólica erigida se dispone en el fondo del mar de manera que la ventosa cierra en esencia herméticamente con el fondo del mar. Después, la ventosa se purga a través de un tubo flexible de ventilación conectado a ella y la presión negativa formada succiona el pie al interior del fondo del mar hasta que la placa de tope entra en contacto con el fondo del mar y detiene el proceso de penetración del pie en el fondo del mar. La presión negativa formada en la ventosa da a la instalación de energía eólica una estabilidad adicional contra un desplazamiento en la dirección vertical y contra una inclinación. Después de que la ventosa se haya purgado, se cierra preferentemente de manera hermética al aire para posibilitar el establecimiento de una presión negativa para cargas a corto plazo.

[0024] La invención se describe por medio de ejemplos de realizaciones en cinco figuras. Se muestra a este respecto:

- 5 Figura 1 una vista lateral esquemática de una instalación de energía eólica en alta mar de acuerdo con la invención en un emplazamiento plano,
- Figura 2 una vista lateral esquemática de una instalación de energía eólica en alta mar de acuerdo con la invención en un emplazamiento profundo,
- 10 Figura 3a una vista en detalle de un pie de una primera forma de realización en la figura 1,
- Figura 3b una vista en detalle de un pie de una primera forma de realización modificada según la figura 1,
- Figura 4 un pie convencional de una segunda forma de realización de una instalación de energía eólica en alta mar,
- 15 Figura 5 un pie de acuerdo con la invención de una segunda forma de realización de una instalación de energía eólica en alta mar.

20 **[0025]** La instalación de energía eólica en alta mar mostrada en la figura 1 está erigida mediante una torre de celosía 130 en el fondo del mar 100 en un emplazamiento y presenta una torre tubular 120 elevada verticalmente por encima de la superficie del mar 110 representada aquí solo esquemáticamente, con una sala de turbinas con rotor 121 dispuesta en un extremo opuesto al fondo del mar 100. En el extremo de la torre de celosía 130 dirigido hacia el fondo del mar 100 están montados cuatro pies 140, con los que la torre de celosía 130 se encuentra sobre el fondo del mar 100.

30 **[0026]** La torre tubular 120 transcurre a lo largo de una dirección longitudinal L de la instalación de energía eólica. La torre de celosía 130 presenta cuatro patas 131, preferentemente inclinadas en el mismo ángulo hacia la dirección longitudinal L, que están conectadas por un varillaje cruzado 132 unas con otras. Una línea de conexión entre el extremo frente al fondo del mar 100 y el orientado al fondo del mar 100 de la torre de celosía 130 transcurre asimismo a lo largo de la dirección longitudinal L.

35 **[0027]** La torre de celosía 130, la torre tubular 120 y la sala de turbinas con rotor 121 están configuradas de manera normalizada. El rotor y un cubo de rotor asociado a él se indican con el mismo número de referencia 121. Las instalaciones de energía eólica diseñadas para emplazamientos diferentes pueden presentar respectivamente por tanto los mismos, así llamados, componentes normalizados 120, 121, 130 y pueden no obstante, a causa de los diferentes pies 140 adaptados al respectivo emplazamiento, erigirse en diferentes profundidades de agua y en diferentes perfiles de fondo de mar. Una comparación de la instalación de energía eólica en la figura 2 con la figura 1 muestra que se puede usar, mediante una prolongación de los pies 140 en dirección longitudinal L de la instalación de energía eólica a pesar de la mayor profundidad del agua, una torre de celosía 130 de igual construcción de la instalación de energía eólica en la figura 1. Las torres con celosía 130 de ambas instalaciones de energía eólica en la figura 1 y la figura 2 sobresalen a pesar de esto aproximadamente la misma altura sobre la superficie del mar 110.

45 **[0028]** La figura 3a es la vista en detalle de un pie 140 mostrado en las figuras 1 y 2. Una pata 131 asociada al pie 140 está dirigida a través de una cavidad 141 opuesta al fondo del mar 100 y se adentra en una cavidad 142 inferior orientada hacia el fondo del mar 100. Las cavidades 141, 142 están configuradas en una sección transversal paralela al fondo del mar 100 de forma circular o poligonal y presentan en una instalación de 3-5 MW transversalmente a la dirección longitudinal L un diámetro de 3 m a 12 m. La pata 131 está soldada a las paredes de la cavidad 141. La cavidad superior 141 y la cavidad inferior 142 están conectadas por una abertura de paso 143. La cavidad inferior 142 se extiende hasta 15 m en la dirección longitudinal L. La cavidad inferior 142 se puede rellenar a través de una conducción de llenado 133 dirigida en la pata 131, a través de la cual puede fluir el material de relleno. Como material de relleno se utiliza preferentemente hormigón especial, mortero, grava o mineral de hierro, por ejemplo, ocrete. Durante el proceso de relleno, el material de llenado fluye, después de llenarse la cavidad inferior 142, a través de la abertura de paso 143 a la cavidad superior 141. La cavidad superior 141 presenta una abertura de salida de aire 145. La conducción de llenado 133 puede presentar también dos conducciones de llenado separadas una de otra, con las que es posible un relleno separado, particularmente por el material de relleno espeso, de ambas cavidades 141, 142. Después puede estar prevista también una abertura de salida de aire en la cavidad inferior 142.

60 **[0029]** Antes de que se erija la instalación de energía eólica se determinan el perfil y la profundidad del fondo del mar 100 en el emplazamiento. La cavidad inferior 142 está limitada en su lado dirigido hacia el fondo del mar por una placa de tope 146. La posición de la placa de tope 146 en la dirección longitudinal L del pie 140 se adapta al perfil y a la profundidad del fondo del mar 100 en el emplazamiento de la instalación de energía eólica. Por regla general, la distancia entre la superficie del mar 110 y el fondo del mar 100 depende del emplazamiento exacto de cada pie 140. La distinta diferencia de distancia se compensa por pies 140 correspondientemente de longitud

diferente, es decir, mediante una posición diferente de la placa de tope 146 en dirección longitudinal del pie 140. La placa de tope 146 presenta un anillo de pared 147 que la rodea externamente en el borde del lado del fondo del mar, que se hunde en el fondo del mar 100 hasta que la placa de tope 146 descansa sobre el fondo del mar 100. Aquí no está dibujado a escala. El anillo de pared 147 penetra preferentemente hasta 20 m en el fondo del mar. Mediante la placa de tope 146 se impide una introducción adicional del pie 140 en el fondo del mar 100. El anillo de pared giratorio 147 impide un deslizamiento horizontal del pie 140.

[0030] La figura 3b muestra una forma de realización modificada de la forma de realización mostrada en la figura 3a de un pie de acuerdo con la invención. La conducción de llenado 133 se dirige fuera de la pata 131. En la pata 131 se guían un tramo de cables con conducciones para el transporte de salida de la corriente generada así como conducciones para el control y supervisión de la instalación de energía eólica. La instalación protegida y fácil del tramo de cable es importante para un funcionamiento fiable de la instalación. Para evitar un debilitamiento de la pata 131 por una abertura del tramo de cable se une al extremo del lado del fondo del mar un, así llamado, tubo en J 205 a la pata 131. El tubo en J 205 atraviesa la pared de la cavidad 142 en un sitio poco sometido a esfuerzo, justo por encima o por debajo del fondo del mar 100. En el tubo en J 205 se conecta, en el lado opuesto a la pata 131, un tubo flexible 210. En tierra, un cable de tracción 215 se ensarta a través de la pata 131, el tubo en J 205 y el tubo flexible 210. En el extremo del lado del tubo flexible del cable de tracción 215 está previsto un elemento de sujeción 216 para el tramo de cable, que luego se puede extraer con la ayuda del cable de tracción a través del tubo flexible 210, el tubo en J 205 y la pata 133 de la instalación de energía eólica erigida.

[0031] Un proceso para erigir la instalación de energía eólica puede proceder de la siguiente manera: la torre de celosía 130 se lleva al emplazamiento con medios auxiliares de flotación hinchables con aire y se erige allí mediante un vaciado de aire controlado de los medios auxiliares de flotación sobre sus pies 140 en el emplazamiento previsto sobre el fondo del mar 100. Después de que se haya colocado la instalación de energía eólica sobre los pies 140, el mortero se conduce a través de la conducción de llenado 133 guiada por las patas 131 a la cavidad inferior 142. La pata tubular 131 se puede usar también en su totalidad como conducción de llenado. Ya no es necesaria entonces una conducción de llenado separada 133. El aire desplazado por el mortero introducido fluye hacia fuera a través de la abertura de paso 143 y la abertura de salida de aire 145 de la cavidad inferior 142 y la cavidad superior 141. El mortero llega a través de la abertura de paso 143 a la cavidad superior 141 y llena esta asimismo con mortero. El aire en la cavidad superior 141 puede escapar a través de la abertura de salida de aire superior 145, hasta que también la cavidad superior 141 esté completamente llena de mortero. Dado el caso, la abertura de salida de aire superior 145 se cierra. El relleno de los pies 140 con mortero aumenta la estabilidad al vuelco de la instalación. El relleno contrarresta así el desplazamiento tanto vertical como horizontal del pie 140. El relleno de los pies puede llevarse a cabo como alternativa también en tierra. Son posibles combinaciones de ambos procesos, es decir, un llenado parcial en tierra, salida por flotación y lastrado restante in situ pueden ser ventajosos según la profundidad del agua, la capacidad de carga de los medios auxiliares de flotación y otras condiciones de la ubicación. En una instalación de energía eólica de 5 MW, el relleno de una cavidad 141,142 como un cilindro de 8 m de altura con un diámetro de 7 m de magna dense da un lastre de 1100 t por pie.

[0032] En principio, son posibles otras formas de realización con varias cavidades 141, 142 dispuestas una al lado de otra en dirección longitudinal L, que están conectadas una con otra a través de aberturas de paso 143.

[0033] La ventosa 146, 147 dispuesta opcionalmente en la placa de tope 146 contrarresta particularmente el desplazamiento vertical de la instalación de energía eólica. La ventosa 146, 147 permite fijar por succión el pie 140 en el fondo del mar 100 y por tanto estabilizar de manera adicional. La ventosa 146, 147 está representada particularmente en las figuras 1 a 3. En la figura 3 está configurada la ventosa 146, 147 esencialmente mediante la placa de tope 146 y el anillo de pared 147 cerrado herméticamente al aire con la placa de tope 146 que la rodea en el borde. Además, la placa de tope 146 presenta una abertura que está configurada como un racor de empalme para un tubo flexible o conducción de ventilación 148. El tubo flexible de ventilación 148 está conducido por secciones a través de la cavidad inferior 142 y a través de una pared lateral de la cavidad inferior 142 a la superficie del mar 110. Por encima de la superficie del mar 110 está conectado a una bomba el tubo flexible de ventilación 148. Al bombear el aire fuera de la ventosa 146, 147 aplicada en el fondo del mar 100, el pie 140 se fija por succión por un lado en el fondo del mar 100 hasta que la placa de tope 146 entra en contacto con el fondo del mar 100, por otro lado se forma una presión negativa que impide un desplazamiento del pie perpendicularmente al fondo del mar, es decir, en dirección vertical. Como comparación para la comprensión de este efecto de succión se puede concebir extraer perpendicularmente un cubo invertido desde una bañera llena de agua. A este respecto se debe superar una resistencia importante.

[0034] La figura 4 muestra otra forma de realización conocida de un pie 140, con la que se anclan torres de celosía 130 de instalaciones de energía eólica convencionales en el fondo del mar 100. Cada una de las patas 131 de la torre de celosía 130 está conectada a través de refuerzos laterales 134 con una guía 135 para una estaquilla 136. La estaquilla 136 presenta un diámetro de hasta tres metros y una longitud de varios, hasta ochenta metros. La estaquilla 136 es impulsada en la guía 135 en el fondo del mar 100 y ancla la pata 131 así firmemente en el fondo del mar 100. Por lo general, las capacidades de carga de la estaquilla 136 de tracción y de compresión son diferentes, es decir, la capacidad de resistencia a la tracción es menor que la capacidad de resistencia a la compresión. Mientras que la capacidad de resistencia a la tracción dimensiona la longitud de la estaquilla 136, el

5 componente de distancia 141, 142 lastrado puede usarse en una realización particularmente ventajosa también para disminuir la resistencia a la tracción del diseño. Esto puede producirse también con independencia de una variabilidad de longitud necesaria. La extensión mínima en dirección longitudinal L del componente de distancia 141, 142 y por lo tanto la cantidad de lastre puede seleccionarse en cada ubicación, particularmente en ubicaciones con poca profundidad de agua precisamente de manera que la longitud requerida de la estaquilla 136 para el esfuerzo a tracción y compresión sea la misma y la estaquilla 136 se optimice con ello económicamente.

10 **[0035]** La figura 5 muestra un perfeccionamiento de acuerdo con la invención de la forma de realización adicional del pie 140. Aquí está prevista en el lado del fondo del mar de la pata 131 y de la guía 135 una cavidad 141 rellenable con mortero a través de la conducción de llenado 133 dirigida en la parte interior en la pata 131. La cavidad 141 presenta un paso 137 en una prolongación en línea de la guía 135 para la estaquilla 136. La estaquilla 136 en la figura 5 es, para alcanzar una profundidad de penetración en el fondo del mar 100 correspondiente a la forma de realización en la figura 4, más larga que la estaquilla 136 en la figura 4 la longitud de la cavidad 141 en dirección longitudinal L. La pared inferior de la cavidad 141 en la figura 5 está también configurada como placa de tope 146 y limita la profundidad de penetración del pie 140 en el fondo del mar 100. La placa de tope 146 presenta un anillo de pared 147 rodeándola externamente en el borde, que se hunde en el fondo del mar 100 e impide un deslizamiento horizontal del pie 140. También en esta forma de realización, la placa de tope 146 y el anillo de pared 147 pueden ser parte de una ventosa.

REIVINDICACIONES

1. Instalación de energía eólica para su uso en alta mar con un rotor (121), que presenta un cubo de rotor, con una dirección longitudinal (L) que se extiende esencialmente en perpendicular a una superficie del mar (110) en el estado erigido y con una estructura de soporte (130) con varias patas (131), en cuyos extremos está dispuesto respectivamente un pie (140) destinado al contacto con el fondo del mar (100), estando predefinida una altura del cubo de rotor por encima de la superficie del mar (110) y presentando cada uno de los pies (140) una extensión en dirección longitudinal (L), **caracterizada por que** la extensión longitudinal diferente de los pies (140) compensa el perfil de fondo del mar diferente y la profundidad diferente del mar en el emplazamiento de cada pie (140) para alcanzar la altura del cubo de rotor predefinida por encima de la superficie del mar (110).
2. Instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** al menos uno de los pies (140) presenta un componente de distancia (141, 142) que co-determina la extensión en dirección longitudinal (L).
3. Instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizada por que** el componente de distancia se configura esencialmente por al menos una cavidad (141, 142) rellenable con material de relleno.
4. Instalación de energía eólica de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** al menos un pie (140) presenta una placa de tope (146) que limita la profundidad de penetración en el fondo del mar (100).
5. Instalación de energía eólica de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por** una torre de celosía (130) con múltiples patas (131), en cuyos extremos está dispuesto respectivamente uno de los pies (140).
6. Instalación de energía eólica de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** al menos un pie (140) presenta un equipo de succión orientado hacia el fondo del mar (100) en el estado erigido de la instalación, particularmente una ventosa (146, 147), con la que el al menos un pie (140) se puede fijar por succión al fondo del mar (100).
7. Parque eólico para uso en alta mar con al menos dos instalaciones de energía eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, con un rotor (121), que presenta un cubo de rotor, con una dirección longitudinal (L) que se extiende esencialmente en perpendicular a una superficie del mar (110) en el estado erigido y con una estructura de soporte (130) con varias patas (131), en cuyos extremos está dispuesto en el lado del fondo del mar respectivamente un pie (140) destinado al contacto con el fondo del mar (100), **caracterizado por que** las torres (120) y las estructuras de soporte (130) presentan una longitud normalizada y está predeterminada la misma altura de los cubos de rotor (120) sobre la superficie del mar (110) y cada uno de los pies (140) presenta una extensión en dirección longitudinal (L) y la extensión longitudinal diferente de los pies (140) compensa el perfil del fondo del mar diferente y la profundidad diferente del mar en el emplazamiento de cada pie (140) para obtener la misma altura de cubo de rotor predeterminada sobre la superficie del mar (110).
8. Proceso para erigir una instalación de energía eólica para uso en alta mar de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, con una dirección longitudinal (L) que se extiende esencialmente en perpendicular a una superficie del mar (110) en el estado erigido y con una estructura de soporte (130) con varias patas (131), en cuyos extremos está dispuesto respectivamente un pie (140) destinado al contacto con el fondo del mar (100), en el que:
- se determina la profundidad del fondo del mar (100) en el punto de contacto de cada pie (140) con el fondo del mar (100),
 - se predefine una altura del cubo de rotor por encima de la superficie del mar (110),
 - la extensión de cada pie (140) en la dirección longitudinal (L) se determina de tal manera que cada uno de los pies presenta una extensión en la dirección longitudinal (L) que compensa una distancia entre el extremo de la pata (131) y un punto de contacto predeterminado para el pie (140) en el fondo del mar (100),
 - los pies (140) se montan en la extensión determinada en dirección longitudinal (L) en la estructura de soporte (130).
9. Proceso según la reivindicación 8,
- caracterizado por que** se rellena una cavidad dispuesta en el pie (140) después de erigir la instalación de energía eólica en el fondo del mar (100) con una sustancia de relleno.
10. Proceso según una de las reivindicaciones 8 o 9, con múltiples pies (140) destinados al contacto con el fondo del mar (100), presentando al menos un pie (140) una ventosa (146, 147) con la que el al menos un pie (140) de la instalación de energía eólica erigida se puede fijar por succión en el fondo del mar (100), en el que:

se erige la instalación de energía eólica en el fondo del mar (100),

5 la ventosa (146, 147) a este respecto se coloca cerrando esencialmente de forma hermética al aire sobre el fondo del mar (100),

la ventosa (146, 147) se purga y

a continuación, la ventosa (146, 147) se sella de forma esencialmente hermética al aire.

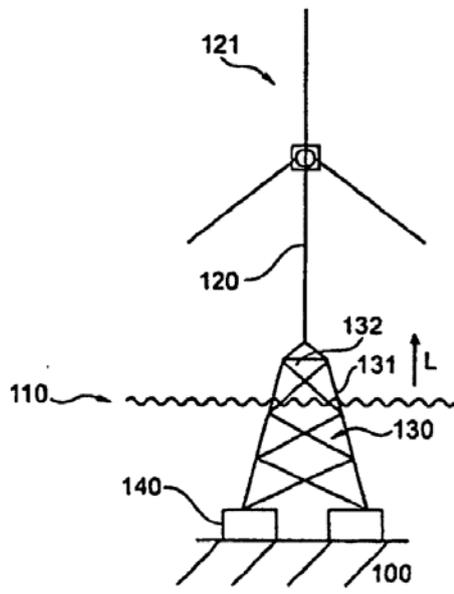


Fig. 1

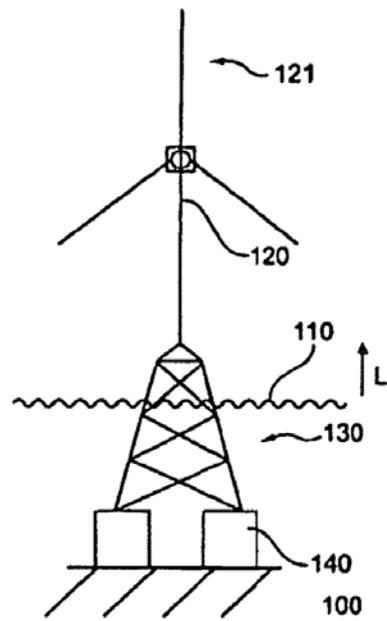


Fig. 2

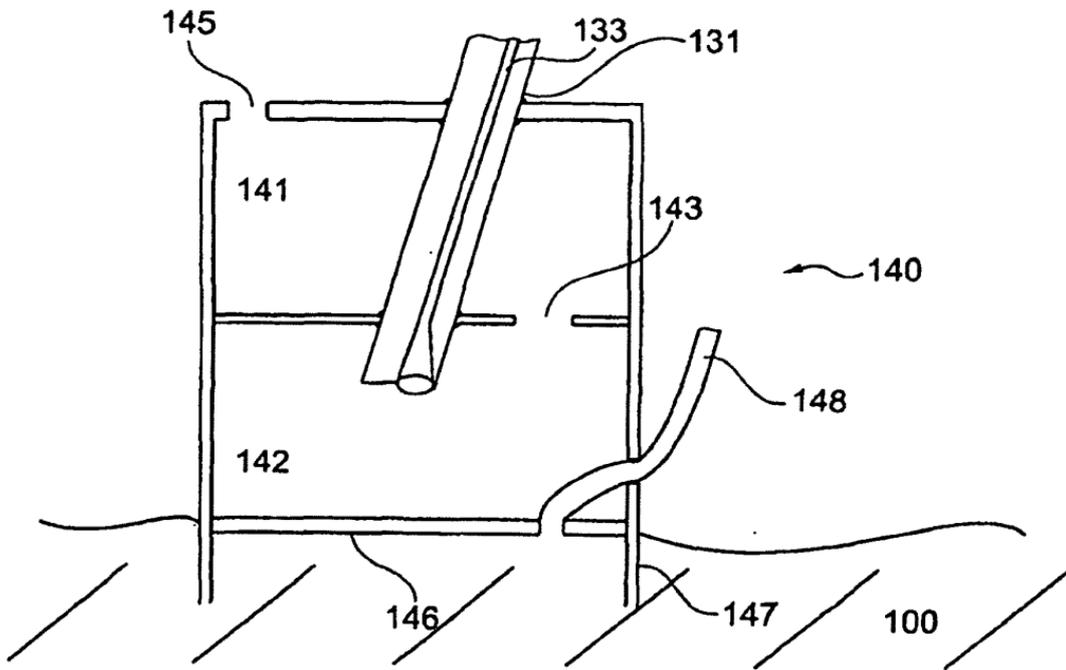


Fig. 3a

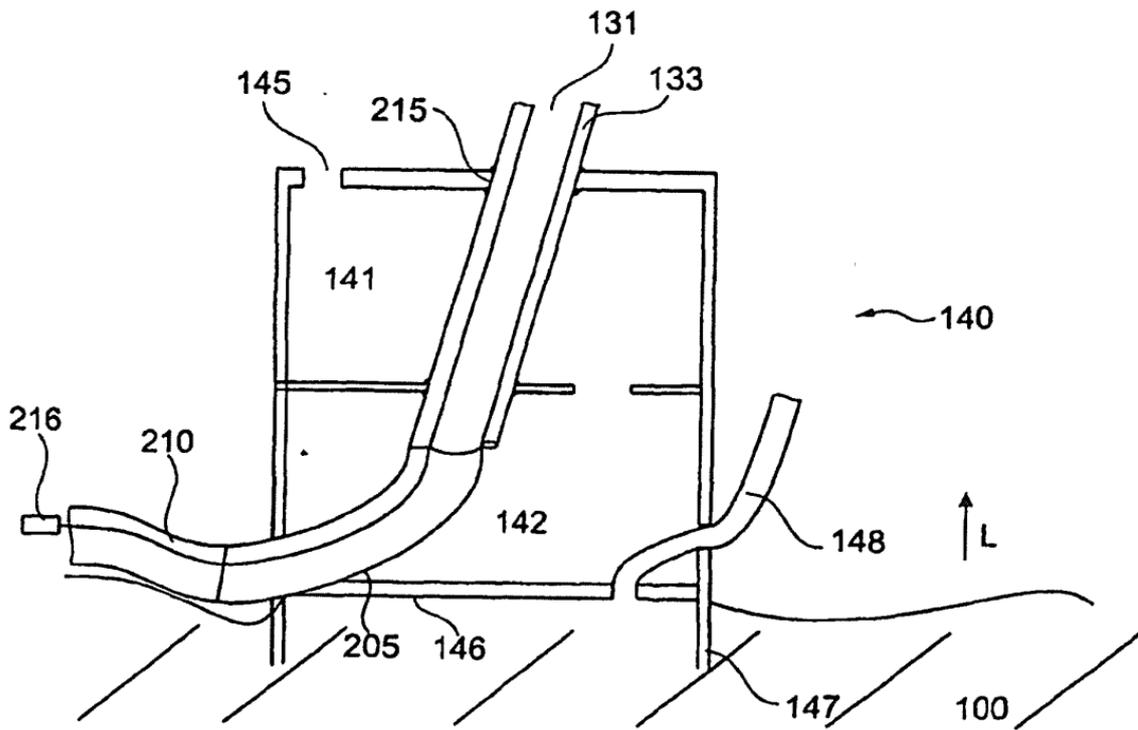


Fig. 3b

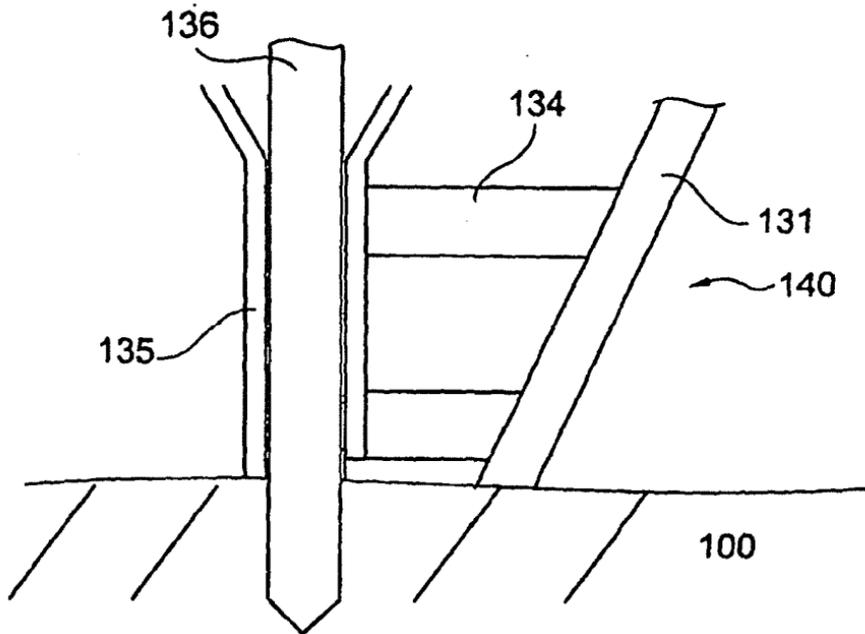


Fig. 4

Estado de la técnica

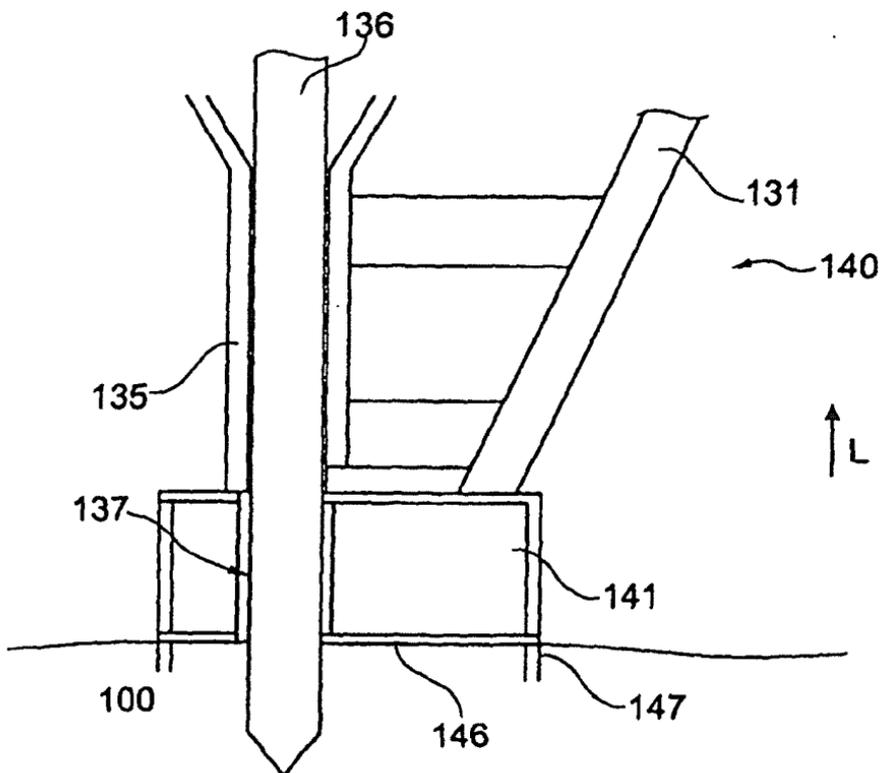


Fig. 5