

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 718 934**

51 Int. Cl.:

F03D 13/00 (2006.01)

B63B 35/44 (2006.01)

E02B 17/00 (2006.01)

B63B 21/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.02.2015 PCT/CN2015/072953**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15131756**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.02.2015 E 15758548 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 3115600**

54 Título: **Base de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, turbina eólica marina y método de construcción**

30 Prioridad:

04.03.2014 CN 201410077288

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

05.07.2019

73 Titular/es:

**XINJIANG GOLDWIND SCIENCE & TECHNOLOGY
CO. LTD. (100.0%)
107 Shanghai Road, Economic&Technological
Development Zone, Urumqi
Xinjiang 830026, CN**

72 Inventor/es:

**LI, RONGFU;
ZHANG, JIANHAI y
ZHU, HAIFEI**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 718 934 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

Base de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, turbina eólica marina y método de construcción

Campo

- 5 La presente solicitud se refiere al campo de una turbina eólica marina, y en particular a unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, a una turbina eólica marina que incluye los cimientos de turbina eólica flotante y a un método para instalar y construir la turbina eólica marina.

Antecedentes

- 10 En zonas de alta mar con una profundidad de más de 50 metros, los recursos eólicos que pueden desarrollarse son más y tienen mayor calidad, y la perspectiva de mercado es más amplia. Para desarrollar el parque eólico en alta mar en estas zonas del mar, el método de fijar diversos pilotes pasantes en el lecho marino, que se adopta generalmente en los parques eólicos marinos, no presenta ninguna ventaja, el motivo es que, a medida que aumenta la profundidad del agua, el coste de una plataforma estacionaria aumenta perpendicularmente, y los costes de construcción y mantenimiento de la turbina eólica marina estacionaria son mayores que los de la turbina eólica marina flotante. Por tanto, con el fin de facilitar la construcción del parque eólico marino en las zonas de alta mar, se requiere desarrollar una turbina eólica flotante económica y práctica. Un objeto clave en el desarrollo de una turbina eólica flotante es desarrollar unos cimientos de turbina eólica flotante que tengan unas buenas prestaciones de movimiento, una estructura compacta y practicidad económica.

- 20 La carga aplicada en los cimientos de turbina eólica flotante usados en el campo de energía eólica marina es diferente de la carga aplicada en una plataforma móvil en la ingeniería petrolífera marina convencional. Además del efecto combinado del viento, las olas y las corrientes, los cimientos de turbina eólica marina flotante también se ven sometidos a un efecto giroscópico provocado por la estructura de gran altura de la turbina eólica, momentos de volteo M_x , M_y y un par de torsión M_z alrededor del eje vertical; la turbina eólica completa generará un movimiento violento en seis grados de libertad incluyendo movimientos axiales a lo largo de los ejes X, Y y Z y basculaciones alrededor de los ejes X, Y y Z, lo cual provoca un gran desafío para el sistema de control de cabeceo y control de guiñada de la turbina eólica, y pueden afectar al funcionamiento normal de la turbina eólica, afectar a la producción de energía e incluso poner en peligro la seguridad de la estructura de todo el sistema.

- 30 En la actualidad, según la necesidad de desarrollar los parques eólicos en alta mar, la plataforma petrolífera flotante en alta mar habitualmente usada en la industria petrolífera marina se ha empleado en el campo de la energía eólica, y se han desarrollado diversas formas de turbinas eólicas flotantes, incluyendo una forma de plataforma de un único poste (SPAR), una forma de plataforma semisumergible, una forma de plataforma con patas de tensión (TLP) y otras formas complejas. Hasta ahora, se han construido aproximadamente tres proyectos de turbinas eólicas flotantes en todo el mundo, que son Hywind, Blue H y Windfloat. El proyecto Hywind se ha desarrollado satisfactoriamente por Statoil Hydro, Technip y Siemens de manera conjunta y se construyó en el Mar del Norte cerca de Noruega en 2009. El concepto básico en el proyecto Hywind es SPAR, la estructura flotante es una tubería de acero alargada con una longitud de aproximadamente 117 metros, y la tubería de acero tiene un extremo conectado a unos cimientos y otro extremo conectado a una brida de turbina eólica. Las tuberías de acero rellenas mediante un depósito de balasto se transmiten a un sitio de instalación y descansan sobre la superficie del mar, y se conecta el cuerpo flotante completo al lecho marino mediante tres cables de anclaje de amarre. En 2007, la empresa Blue H de Holanda instaló un prototipo de turbina eólica de doble pala en la zona costera de Italia, que usa el diseño de plataforma con patas de tensión; y la flotabilidad de la plataforma se dispone para que sea mayor que su gravedad, las patas de tensión siempre están en estado en tensión para mantener la estabilidad de la plataforma. A finales de 2011, Principle Power, Vestas y EDP colaboraron para completar el proyecto Windfloat en la costa oeste de Portugal, los cimientos flotantes son semisumergibles y el cuerpo principal de los cimientos flotantes consiste en tres cilindros flotantes, y la turbina eólica descansa sobre uno de los cilindros flotantes; el agua de balasto dinámico puede compensar automáticamente el momento de inclinación del viento, y la parte inferior de la turbina eólica está fijada al lecho marino, con una profundidad de más de 50 metros, mediante cuatro cables de catenaria.

- 50 En el documento US2010074693 A1, una plataforma marina incluye un casco flotante que comprende tres o más pontones interconectados y una pluralidad de columnas de soporte. Las columnas de soporte soportan una cubierta o estructura que soporta equipos y/o cargas útiles por encima de la superficie del agua. Las columnas de soporte se extienden hacia arriba desde extremos respectivos de los pontones hasta la cubierta o estructura soportada por encima de la superficie del agua. Elementos de anclaje anclan la plataforma al lecho marino.

- 55 En el documento EP2479101 A1, un soporte 2 tiene un mástil de soporte 3 cuya parte superior está asociada con una góndola 4 de una estructura marina 1 y cuya parte inferior está asociada con elementos de flotación 5 formados a partir de tubos de metal que comprenden porciones de tubo de metal alargadas cilíndricas 6-8. Los elementos de flotación comprenden manguitos de flotación 10-12 ajustados en las porciones de tubo de metal correspondientes de los elementos de flotación. Los manguitos de flotación están formados por anillos dispuestos unos encima de otros, en los que los anillos están formados por sectores de anillo elementales. Los manguitos de flotación están

fabricados de material de plástico y están dispuestos en una envolvente externa.

5 En el documento WO2009064737 A1, un conjunto de generación de potencia flotante tiene al menos tres unidades flotantes dotadas de medios de generación de potencia y que flotan en una masa de agua. Al menos una de las tres unidades flotantes es una plataforma con patas de tensión. El conjunto también comprende primeros anclajes fijados a una superficie por debajo del agua, y primeros cables que conectan el cuerpo flotante a los primeros anclajes. Segundos anclajes están fijados a la superficie bajo el agua y conectados mediante segundos cables a las unidades flotantes. Las unidades flotantes están dispuestas sustancialmente en los vértices de al menos un triángulo o cuadrilátero.

10 En el documento US2012318186 A1, un soporte flotante de una estructura marina tal como un generador eólico en particular, del tipo que incluye un elemento en forma de un mástil de soporte 16, cuya parte superior está asociada con la estructura y cuya parte inferior está asociada con elementos 18 en forma de elemento de flotación y con elementos de formación de balasto 17, está caracterizado porque los elementos 18 en forma de un elemento de flotación tienen una forma global que se ensancha hacia fuera desde la parte inferior del elemento 16 en forma de mástil, permitiendo definir dos posiciones estables del soporte, siendo una de las posiciones una posición tumbada y 15 siendo la otra una posición erguida sobre los elementos en forma de un elemento de flotación.

20 En el documento US4481899 A, una estructura de plataforma flotante incluye una sección de cubierta y una sección de soporte que soporta la sección de cubierta. La estructura flotante se fabrica en forma de una viga de celosía que tiene una cuerda superior y una cuerda inferior que están conectadas entre sí mediante elementos de viga y que tiene una sección transversal vertical sustancialmente en forma de un triángulo que tiene una punta orientada hacia abajo, proporcionándose la sección de cubierta de la estructura de plataforma mediante las cuerdas superiores de la viga. Los medios de flotabilidad de la estructura de plataforma se encuentran en las porciones superiores de los elementos de viga y los medios de balasto en las porciones inferiores de los elementos de viga y opcionalmente en la cuerda de viga inferior. La sección de soporte comprende grupos de al menos tres elementos de viga cada uno, convergiendo dichos elementos desde la cubierta hacia abajo hacia un punto común y estando conectados de 25 manera fija a otro elemento en un punto de unión en o adyacente al punto de convergencia. En una realización ventajosa de la invención cada grupo de elementos de viga comprende cuatro elementos que presentan una pirámide orientada de manera invertida, y dos de los elementos de viga en cada pirámide se encuentran con dos elementos de viga correspondientes de una pirámide o grupo de elementos de viga adyacente en la sección de cubierta.

30 Sin embargo, los proyectos de turbina eólica flotante descritos anteriormente tienen generalmente las siguientes desventajas, los costes de fabricación, transporte e instalación son altos, las prestaciones de movimiento no son buenas, la estructura es complicada y la vida útil no es larga.

Sumario

35 Un objetivo de la presente solicitud es proporcionar unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado que puedan instalarse íntegramente y sean adecuados para remolcarse como un conjunto, y una turbina eólica marina.

Otro objetivo de la presente solicitud es proporcionar unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado que tengan buenas prestaciones de movimiento, y una turbina eólica marina.

40 Otro objetivo de la presente solicitud es proporcionar unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado con un coste de fabricación e instalación reducido, y una turbina eólica marina.

Otro objetivo de la presente solicitud es proporcionar un método para instalar y construir una turbina eólica marina que sea conveniente, rápido y tenga un bajo coste.

45 Con el fin de lograr los objetivos anteriores, se proporcionan unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, que incluyen una plataforma de soporte superior configurada para soportar un armazón de torre, una pala y un conjunto de generador de turbina eólica; una estructura de soporte inferior conectada a una pluralidad de patas de tensión; al menos tres columnas erguidas huecas conectadas entre la plataforma de soporte superior y la estructura de soporte inferior y dispuestas alrededor de una línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante, estando cada una de las al menos tres columnas erguidas inclinadas hacia fuera desde un extremo inferior hasta un extremo superior con respecto a la línea central vertical de los cimientos de turbina eólica 50 flotante; y un sistema de ajuste de balasto proporcionado en las columnas erguidas y/o la estructura de soporte inferior.

La estructura de soporte inferior puede estar formada por un pontón poligonal que tiene una pluralidad de porciones que sobresalen hacia fuera. El pontón poligonal tiene una pluralidad de porciones que sobresalen hacia fuera, y partes inferiores de las columnas erguidas se proporcionan en las porciones que sobresalen hacia fuera respectivamente. 55

Un orificio puede estar formado en una porción central del pontón poligonal.

Un ángulo incluido entre cada una de las columnas erguidas y una dirección vertical oscila entre 5 grados y 15 grados.

La estructura de soporte inferior puede estar formada por una estructura de celosía.

El pontón poligonal puede ser un pontón en forma de Y que tiene una forma plana en forma de Y.

- 5 El sistema de ajuste de balasto puede proporcionarse en la parte inferior de cada una de las columnas erguidas.

Una guía que sobresale hacia fuera está formada en un extremo de cada una de las porciones que sobresalen hacia fuera del pontón poligonal, y las patas de tensión están conectadas al pontón poligonal mediante la guía que sobresale hacia fuera respectiva. La guía que sobresale hacia fuera está conectada a las patas de tensión mediante una junta universal.

- 10 La guía que sobresale hacia fuera está conectada a las patas de tensión mediante una junta universal.

La guía que sobresale hacia fuera está ubicada en un lado exterior de cada una de las columnas erguidas, y al menos dos patas de tensión están conectadas a la guía que sobresale hacia fuera en el lado exterior de cada una de las columnas erguidas.

- 15 Una longitud horizontal que sobresale hacia fuera de la guía que sobresale hacia fuera es de 0,5 a 1,5 veces un diámetro exterior máximo de la columna erguida.

La estructura de celosía puede tener una forma plana poligonal, y se proporcionan guías en bordes que sobresalen hacia fuera de la estructura de celosía y están conectadas a las patas de tensión mediante juntas universales.

Las columnas erguidas pueden estar dispuestas de manera simétrica con respecto a un centro de los cimientos de turbina eólica flotante.

- 20 Al menos una de las columnas erguidas puede tener una sección transversal rectangular redondeada.

Al menos una de las columnas erguidas puede tener una sección transversal circular o elíptica.

Un medio de balasto del sistema de ajuste de balasto puede ser agua de mar o una combinación de agua de mar y grava.

- 25 La plataforma de soporte superior puede estar formada por una estructura de tipo caja poligonal, y un espacio interno para instalar un dispositivo auxiliar puede estar formado dentro de la plataforma de soporte superior.

La plataforma de soporte superior puede estar formada por una estructura de tipo caja en forma de Y.

La plataforma de soporte superior puede estar formada por una estructura de celosía.

El orificio puede tener una sección transversal poligonal.

- 30 Los cimientos de turbina eólica flotante pueden incluir además una base de soporte de armazón de torre proporcionada en la plataforma de soporte superior.

La base de soporte de armazón de torre puede incluir un tubo de soporte instalado en la plataforma de soporte superior; y una pluralidad de vástagos de soporte dispuestos para rodear el tubo de soporte, y cada uno de los vástagos de soporte tiene un extremo conectado a una porción superior del tubo de soporte y otro extremo conectado a la plataforma de soporte superior, para soportar de manera oblicua el tubo de soporte.

- 35 Un espacio para instalar un dispositivo auxiliar puede estar formado dentro del tubo de soporte.

La parte inferior del armazón de torre puede instalarse en la parte superior del tubo de soporte mediante una brida.

Una base de soporte de armazón de torre puede instalarse en un centro de la plataforma de soporte superior para soportar la parte inferior del armazón de torre.

- 40 Las patas de tensión pueden estar formadas por al menos uno de un cable de acero, un cable de fibra de poliéster, una tubería de acero, un cable de poliuretano y una cadena de anclaje.

Según otro aspecto de la presente solicitud, se proporciona adicionalmente una turbina eólica marina, que incluye los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado descritos anteriormente y un armazón de torre, una pala y un conjunto de generador de turbina eólica instalados en los cimientos de turbina eólica flotante.

- 45 La parte inferior del armazón de torre puede estar conectada a los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado mediante una brida.

Guías que sobresalen hacia fuera están formadas en bordes exteriores de la estructura de soporte inferior para conectarse a las patas de tensión. Las guías que sobresalen hacia fuera pueden estar conectadas a las patas de tensión mediante juntas universales.

5 Según otro aspecto de la presente solicitud, se proporciona adicionalmente un método para instalar y construir una turbina eólica marina, que incluye las siguientes etapas: ensamblar, en un muelle de un puerto, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, un armazón de torre, una pala y un conjunto de generador de turbina eólica, para formar una turbina eólica marina flotante completa; remolcar por el mar la turbina eólica marina flotante completa hasta un sitio de instalación en el mar mediante un remolcador; y anclar las patas de tensión al lecho marino.

10 Durante el procedimiento de ensamblar y fijar la turbina eólica marina flotante completa, el sistema de ajuste de balasto puede usarse para mantener la turbina eólica marina flotante completa en un estado estable.

Durante el procedimiento de ensamblar, las patas de tensión pueden conectarse a los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado.

15 Las patas de tensión pueden conectarse tras remolcar por el mar la turbina eólica marina flotante completa hasta un sitio de instalación en el mar mediante un remolcador.

20 En la presente solicitud, dado que los cimientos de turbina eólica flotante incluyen columnas erguidas inclinadas hacia fuera, la estabilidad estática y el comportamiento en el mar son buenos durante el remolcado, superando así la desventaja de que la plataforma con patas de tensión convencional no puede remolcarse por el mar e instalarse como un conjunto, evitando usar un barco de instalación marino grande y caro, y reduciendo el coste de instalación y construcción. Dado que las columnas erguidas están inclinadas hacia fuera, el tamaño de las columnas erguidas puede reducirse de manera apropiada al tiempo que todavía se genera la misma flotabilidad que la de las columnas erguidas verticales convencionales, reduciendo así la cantidad de acero y reduciendo el coste estructural de los cimientos de turbina eólica flotante. Además, dado que se usan las columnas erguidas inclinadas hacia fuera, se aumentan eficazmente la masa adicional y amortiguación adicional del sistema de turbina eólica flotante completo para el movimiento lateral/longitudinal, superando así la desventaja de que una amplitud de movimiento horizontal de la plataforma con patas de tensión convencional es demasiado grande, y garantizando que la turbina eólica no se ve afectada por el flujo de estela para aumentar la capacidad de generación. Además, se aumentan eficazmente la masa adicional y amortiguación adicional para la guiñada, reduciendo así una amplitud de movimiento para la guiñada, garantizando que la turbina eólica se enfrenta al viento, y mejorando la capacidad de generación.

30 En la presente solicitud, dado que se usan las guías que sobresalen hacia fuera, los tamaños de disposición de las columnas erguidas y el pontón inferior pueden reducirse, ahorrando así material de acero, reduciendo el número de patas de tensión y reduciendo adicionalmente el coste. Además, las guías que sobresalen hacia fuera aumentan el brazo de momento y aumentan el momento de recuperación en el movimiento de escora/cabeceo, por tanto los cimientos completos tienen mejores prestaciones de movimiento, y el ángulo de basculación se disminuye en al menos el 25% en comparación con las tecnologías similares existentes.

35 En la presente solicitud, las columnas erguidas y el pontón inferior de los cimientos de turbina eólica flotante tienen cada uno una sección transversal rectangular, por tanto tienen un procedimiento de fabricación sencillo, pueden fabricarse de manera conveniente y son fáciles de implementar. Los cimientos de turbina eólica flotante pueden construirse en el muelle o la grada sin trabajo en altura complicado; la turbina eólica flotante completa puede ensamblarse mediante un elevador en tierra en el muelle de la costa, después se remolca (se remolca por el mar) hasta un sitio de instalación como un conjunto, y se posiciona mediante amarre.

40 Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la presente solicitud tienen buenas prestaciones de movimiento, y tienen un coste menor que los cimientos de turbina eólica flotante convencionales, son adecuados para la zona del mar con una profundidad de agua de más de 30 metros, particularmente adecuados para la zona del mar con una profundidad de agua media que oscila entre 30 metros y 45 60 metros. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado tienen un rendimiento y coste competitivos en comparación con los cimientos con camisa convencionales, y pueden portar una turbina eólica por encima de un nivel de 5 MW, y pueden garantizar la resistencia de la estructura y la resistencia a la fatiga de la turbina eólica completa, garantizar que la turbina eólica funcionará de manera normal para generar electricidad, y tener ventajas particulares, por ejemplo, tener una buena movilidad, ser conveniente para el transporte y mantenimiento, tener una buena reciclabilidad, y tener poca influencia en el medio ambiente en el ensamblaje y desensamblaje. Además, debido al aspecto característico de los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado y una gran fuerza de tensión de las patas de tensión según la presente solicitud, el periodo de movimiento de escora/cabeceo y vaivén vertical de los cimientos completos es de menos de 3 segundos, lo cual evita un intervalo de periodo de 3 a 20 s de la concentración de energía de las olas, evita una frecuencia fundamental del armazón de torre, y también evita el intervalo de frecuencia de 1P, 3P de la turbina eólica, reduciendo así eficazmente la respuesta de resonancia del sistema de turbina eólica flotante completo, reduciendo el nivel de carga límite y el nivel de carga de fatiga de la turbina eólica completa, y garantizando el funcionamiento seguro y fiable de la turbina eólica.

En la presente solicitud, dado que se usa la tecnología de combinar las columnas erguidas inclinadas hacia fuera y las guías que sobresalen hacia fuera, se reduce evidentemente la amplitud de movimiento de escora/cabeceo del sistema de turbina eólica flotante completo, reduciendo así un ángulo incluido entre el flujo de viento y las palas, y aumentando la capacidad de generación de la turbina eólica por debajo de una velocidad de viento nominal.

- 5 En la presente solicitud, dado que se usa la tecnología de combinar las columnas erguidas inclinadas hacia fuera y las guías que sobresalen hacia fuera, las columnas erguidas inclinadas hacia fuera pueden proporcionar una gran fuerza de recuperación auxiliar de escora/cabeceo similar a los cimientos semisumergibles, reduciendo así un riesgo de que las patas de tensión se aflojen, reduciendo la fuerza de tensión de las patas de tensión, reduciendo un riesgo de daño por fatiga de las guías, y superando el desastre que puede provocarse en caso de que las patas de tensión de la plataforma con patas de tensión convencional se aflojen y el inconveniente de que las guías sean propensas a la fatiga y se dañen debido a una alto esfuerzo.

En la presente solicitud, los cimientos flotantes con patas de tensión de tipo abocinado evitan usar los nodos de camisa convencionales, reduciendo así el daño por fatiga y garantizando la resistencia a la fatiga de la estructura completa.

- 15 En la presente solicitud, las patas de tensión conectadas a los cimientos flotantes con patas de tensión de tipo abocinado se fabrican mediante un cable de poliuretano o un cable de acero, reduciendo así el coste de amarre y la dificultad de construcción.

- 20 En la presente solicitud, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado están equipados además con un sistema de agua de balasto de presión ajustable, es decir, un sistema de ajuste de balasto, por tanto, puede cumplirse el requisito de estabilidad en diversas condiciones de trabajo, por ejemplo ensamblaje cerca de la costa, remolcado y condición de trabajo en el sitio, y también permite realizar una construcción marina de manera conveniente en diversas condiciones de trabajo.

- 25 Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la presente solicitud tienen características de tener una estructura sencilla, ser convenientes de fabricar, tener un bajo coste y ser fáciles de implementar. Como equipo marino importante para desarrollar el parque eólico en alta mar, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado en la presente solicitud pueden soportar un conjunto de turbina eólica de gran capacidad que tiene una capacidad de más de 5 MW para que funcione con seguridad.

- 30 Con los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la presente solicitud, la turbina eólica marina correspondiente tiene una ventaja evidente de ser fácil de instalar y construir. Cuando se ensambla la unidad completa en el muelle del puerto en la orilla, se ajusta el agua de balasto en las tres columnas erguidas y el pontón inferior, para permitir que el calado de los cimientos de turbina eólica flotante cumpla el requisito de ensamblaje de la estructura flotante completa, y en este caso el calado es poco profundo (no superando los 8 metros); se ajusta el agua de balasto hasta un determinado calado tras terminarse el ensamblaje, se remolca por el mar la unidad completa hasta un sitio de instalación, una válvula en comunicación con el interior del pontón inferior puede activarse para verter al interior agua de balasto, después se conectan las patas de tensión, y se descarga el agua de balasto mediante el sistema de ajuste de balasto hasta que las patas de tensión se tensan mediante el calado diseñado. Por tanto, la operación completa es sencilla y conveniente, y el coste es bajo.

Breve descripción de los dibujos

- 40 Los objetivos y características anteriores y otros de la presente solicitud resultarán evidentes según la siguiente descripción junto con los dibujos. En los que,

la figura 1 es una vista en perspectiva que muestra una turbina eólica marina que incluye unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según una primera realización de la presente solicitud;

la figura 2 es una vista en perspectiva que muestra los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la primera realización de la presente solicitud;

- 45 la figura 3 es una vista en perspectiva que muestra una base de soporte de armazón de torre de los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la primera realización de la presente solicitud;

la figura 4 es una vista en perspectiva que muestra columnas erguidas y un pontón inferior de los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la primera realización de la presente solicitud;

- 50 la figura 5 es una vista en perspectiva que muestra una turbina eólica marina que incluye unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según una segunda realización de la presente solicitud; y

la figura 6 es una vista en perspectiva que muestra la turbina eólica marina que incluye los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la segunda realización de la presente solicitud, en la que se omiten un conjunto de generador de turbina eólica y palas.

Descripción detallada de las realizaciones

A continuación en el presente documento, se describen realizaciones de la presente solicitud en detalle junto con los dibujos.

5 Tal como se muestra en la figura 1, la turbina eólica marina 100 incluye principalmente los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado 4, un armazón de torre 3, palas 1 y un conjunto de generador de turbina eólica 2. Los cimientos de turbina eólica flotante 4 están anclados al lecho marino (no mostrado) mediante patas de tensión 5. Las palas 1 y el conjunto de generador de turbina eólica 1 están instalados en la parte superior del armazón de torre 3, y la parte inferior del armazón de torre 3 está conectada a los cimientos de turbina eólica flotante 4, por tanto el conjunto de generador de turbina eólica 2 y las palas 1 pueden soportarse mediante los cimientos de turbina eólica flotante 4 para funcionar de manera normal, generando así electricidad.

10 A continuación en el presente documento, se describen en detalle las características estructurales de los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado 4 según la primera realización de la presente solicitud junto con la figura 2 a la figura 4.

15 Tal como se muestra en la figura 2 a la figura 4, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado 4 según la primera realización de la presente solicitud incluyen principalmente una plataforma de soporte superior 9, tres columnas erguidas 6 y una estructura de soporte inferior 7. Las tres columnas erguidas 6 están conectadas entre la plataforma de soporte superior 9 y la estructura de soporte inferior 7. La estructura de soporte inferior 7 está conectada a múltiples patas de tensión 5.

20 La estructura de soporte inferior 7 puede implementarse como un pontón, y por tanto la estructura de soporte inferior 7 en esta realización también puede denominarse pontón inferior. Tal como se muestra en la figura 4, el pontón inferior 7 tiene un plano en forma de Y, y por tanto el pontón también se denomina pontón en forma de Y. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, es decir, la forma del pontón inferior 7 y el número de las columnas erguidas 6 pueden cambiarse. Por ejemplo, pueden proporcionarse cuatro, cinco o más columnas erguidas y, por consiguiente, el pontón inferior 7 puede implementarse como un cuerpo de pontón triangular, un cuerpo de pontón cuadrilátero, un cuerpo de pontón pentagonal o un cuerpo de pontón poligonal con más de cinco bordes. Además, la forma del pontón inferior 7 no está limitada al polígono, y también puede ser circular, elíptica o de otras formas. Sin embargo, es preferible que un orificio esté formado en el centro del pontón inferior 7, y es preferible que el orificio tenga una sección transversal poligonal, de esta manera, se reduce el peso del pontón inferior 7, se ahorran materiales y el pontón inferior 7 es conveniente de fabricar. La forma del orificio no está limitada a un polígono, y también puede ser circular, elíptica y de otras formas. El pontón inferior poligonal 7 está ubicado generalmente en una posición profunda por debajo de la superficie del agua, lo cual reduce en gran medida la fuerza de las olas. Dado que el pontón inferior tiene la sección transversal poligonal, se aumentan eficazmente la amortiguación adicional y masa adicional de los cimientos de turbina eólica flotante completos para el vaivén vertical, escora, cabeceo y guiñada, realizando así un objetivo de reducir la amplitud de movimiento de la turbina eólica marina completa. En caso de ensamblaje cerca de la costa, el pontón inferior 7 puede proporcionar una flotabilidad para soportar la turbina eólica flotante completa, por tanto los cimientos tienen un calado poco profundo para cumplir el requisito de árbol poco profundo en un puerto. Por debajo del calado diseñado para el sitio de instalación de turbina eólica, el pontón inferior puede llenarse con agua de balasto, reduciendo así el centro de gravedad de los cimientos completos y mejorando la estabilidad y comportamiento en el mar.

40 El pontón inferior 7 puede estar formado con múltiples porciones que sobresalen hacia fuera, y las partes inferiores de cada columna erguida 6 pueden estar dispuestas en la porción que sobresale hacia fuera respectiva del pontón inferior 7. En esta realización, puede considerarse que el pontón inferior en forma de Y 7 está formado formando tres porciones que sobresalen hacia fuera en el lado exterior del pontón hexagonal. Preferiblemente, para el pontón inferior en forma de Y 7, las porciones que sobresalen hacia fuera pueden estar formadas íntegramente con el pontón hexagonal. Una guía que sobresale hacia fuera 8 puede estar formada en un extremo de cada una de las porciones que sobresalen hacia fuera, para conectarse a la pata de tensión 5. El número de las porciones que sobresalen hacia fuera puede cambiarse, por ejemplo, el número de las porciones que sobresalen hacia fuera puede ser el mismo que el número de las columnas erguidas 6. Preferiblemente, la guía que sobresale hacia fuera 8 está formada en el lado exterior de la columna erguida respectiva 6 y está conectada a la pata de tensión 5 mediante una junta universal (no mostrada). La pata de tensión 5 puede estar formada por un cable de acero y un cable de fibra de poliéster, reduciendo así el coste de amarre y la dificultad de construcción. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y la pata de tensión 5 también puede estar formada por una tubería de acero, poliuretano o una cadena de anclaje, o una combinación de la tubería de acero, poliuretano y la cadena de anclaje. Preferiblemente, pueden proporcionarse dos patas de tensión 5 en el lado exterior de cada columna erguida 6 para conectar la guía que sobresale hacia fuera 8. Alternativamente, también pueden proporcionarse más de dos patas de tensión 5 para conectar la guía que sobresale hacia fuera 8.

50 La guía que sobresale hacia fuera 8 está conectada a las patas de tensión 5 mediante la junta universal, por tanto las patas de tensión 5 son rotatorias en cualquier dirección axial y no generan un momento de flexión, de esta manera, se aumenta cualquier brazo de fuerza y se aumenta un momento de recuperación de escora/cabeceo, lo que permite que los cimientos de turbina eólica flotante completos tengan mejores prestaciones de movimiento; y los tamaños de disposición de las columnas erguidas y el pontón pueden reducirse de manera apropiada, para ahorrar material de acero y reducir el número de patas de tensión, reduciendo así adicionalmente el coste.

La plataforma de soporte superior 9 en la parte superior de las columnas erguidas de tipo inclinadas hacia fuera 6 puede soportar columnas erguidas 10 para garantizar la resistencia estructural de los cimientos de turbina eólica flotante. Además, también pueden proporcionarse dispositivos tales como barandillas y un molinete en la plataforma de soporte superior 9, para hacer que resulte fácil para personal de operación y mantenimiento en el sitio realizar el mantenimiento la turbina eólica por medio de la plataforma de soporte superior 9 tras detenerse el barco de mantenimiento en un lado de la columna erguida cuadrada 6 y, de esta manera, la plataforma de soporte superior 9 funciona como plataforma de trabajo principal de la turbina eólica marina 100. La parte inferior de la plataforma de soporte superior 9 está soportada por las columnas erguidas 6 y conectada a las columnas erguidas 6, y la parte superior de la plataforma de soporte superior 9 soporta el almacén de torre 3, el conjunto de generador de turbina eólica 2 y las palas 1. En esta realización, la plataforma de soporte superior 9 es una plataforma triangular, que coincide con la forma del pontón inferior en forma de Y 7. Las tres columnas erguidas 6 pueden estar dispuestas de manera simétrica con respecto a un centro de los cimientos de turbina eólica flotante 4. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y la forma de la plataforma de soporte superior 9 puede cambiarse según el número de las columnas erguidas 6 y/o la forma de la estructura de soporte inferior 7. Por ejemplo, la forma de la plataforma de soporte superior 9 puede ser rectangular, circular y de otras formas. La plataforma de soporte superior 9 puede estar formada por una estructura de celosía, una estructura de tipo caja o una placa de acero con un grosor apropiado, siempre que la plataforma de soporte superior 9 pueda soportar el almacén de torre 3, el conjunto de generador de turbina eólica 2 y las palas 1.

En esta realización, las columnas erguidas 6 están conectadas entre la plataforma de soporte superior 9 y la estructura de soporte inferior 7, y están dispuestas alrededor de una línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante 4. Cada una de las columnas erguidas 6 está inclinada hacia fuera desde su extremo inferior hasta su extremo superior con respecto a la línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante 4. Cada una de las columnas erguidas 6 es hueca, por tanto similar al pontón inferior 7, puede proporcionarse un sistema de ajuste de balasto en la columna erguida 6. Preferiblemente, el sistema de ajuste de balasto se proporciona en la parte inferior de la columna erguida 6 para reducir un centro de gravedad del sistema de ajuste de balasto, mejorando así la estabilidad de los cimientos de turbina eólica flotante 4 y la turbina eólica marina completa 100. En este caso, no se proporciona ningún sistema de ajuste de balasto en el pontón inferior 7 y el sistema de ajuste de balasto sólo se proporciona en la parte inferior de la columna erguida 6.

Un medio de balasto para el sistema de ajuste de balasto puede ser agua dulce, agua de mar o una combinación de agua de mar y grava. En el caso de que el medio de balasto consista en agua de mar o una combinación de agua de mar y grava, los materiales de partida pueden obtenerse de manera local, por tanto resulta conveniente de profundir y el coste es bajo.

Tal como se muestra en la figura 2 a la figura 4, los cimientos de turbina eólica flotante 4 incluyen principalmente tres columnas erguidas cuadradas inclinadas hacia fuera 6 con esquinas redondeadas (es decir, cada columna erguida 6 tiene una sección transversal rectangular redondeada), las partes inferiores de las tres columnas erguidas 6 están conectadas al pontón inferior hexagonal 7 con tres porciones que sobresalen hacia fuera (también denominadas pontón en forma de Y) y las partes superiores de las tres columnas erguidas 6 están conectadas a la plataforma de soporte superior triangular 9. Preferiblemente, cada una de la columna erguida 6 está inclinada hacia fuera de 5 grados a 15 grados con respecto a la línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante 4. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y el ángulo de inclinación de la columna erguida 6 con respecto a la línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante 4 puede cambiarse. Las columnas erguidas cuadradas inclinadas hacia fuera 6 se usan principalmente para aumentar la estabilidad y el comportamiento en el mar de los cimientos flotantes en un estado de flotación libre. Además, cuanto mayor es un ángulo de escora/cabeceo, mayor es una zona de plano de agua, más larga es una distancia entre el centroide de la zona y el eje de rotación, y mayor es el momento de la zona, y por tanto puede proporcionarse una mayor fuerza de recuperación.

La fabricación de las columnas erguidas 6 que tienen una sección transversal aproximadamente cuadrada o rectangular puede facilitar simplificar el procedimiento de fabricación, y las esquinas de las columnas erguidas 6 que están formadas como arcos circulares pueden aliviar el impacto en las columnas erguidas 6 del agua de mar, prolongando así la vida útil de las columnas erguidas 6. Por tanto, las columnas erguidas 6 también pueden tener una sección transversal circular o elíptica. La longitud horizontal que sobresale hacia fuera de la guía que sobresale hacia fuera 8 dispuesta en el extremo de la porción que sobresale hacia fuera del pontón inferior 7 puede ser de 0,5 a 1,5 veces el diámetro exterior máximo de la columna erguida 6. Preferiblemente, la longitud horizontal que sobresale hacia fuera de la guía que sobresale hacia fuera 8 puede ser de 1 a 1,5 veces la longitud de borde máxima de la sección transversal rectangular de la columna erguida 6 o el diámetro de la sección transversal circular de la columna erguida 6. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y la longitud horizontal que sobresale hacia fuera de la guía que sobresale hacia fuera 8 puede cambiarse según se requiera.

A continuación en el presente documento se describe una estructura de conexión entre el almacén de torre 3 y la plataforma de soporte superior 9 junto con la figura 2 y la figura 3. Generalmente, la parte inferior del almacén de torre 3 está conectada a los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado 4 mediante una brida, y más específicamente, el almacén de torre 3 puede instalarse en la plataforma de soporte superior 9 mediante la brida. Preferiblemente, tal como se muestra en la figura 1 a la figura 3, una base de soporte de almacén

de torre puede estar dispuesta en la plataforma de soporte superior 9 para soportar el armazón de torre 3.

La base de soporte de armazón de torre incluye un tubo de soporte 10, el tubo de soporte 10 está instalado en el centro de la plataforma de soporte superior 9; y múltiples vástagos de soporte 11 están dispuestos para rodear el tubo de soporte 10. Cada uno de los vástagos de soporte 11 tiene un extremo conectado a una porción superior del tubo de soporte 10 y otro extremo conectado a la plataforma de soporte superior 9, para soportar de manera oblicua el tubo de soporte 11. El diámetro del tubo de soporte 10 es grande, por ejemplo el diámetro puede ser de hasta 6,5 m o más, por tanto puede formarse un espacio para instalar dispositivos auxiliares dentro del tubo de soporte 10, y pueden instalarse diversos tipos de dispositivos auxiliares, tales como un cuadro eléctrico, en el espacio, usando así el espacio interno del tubo de soporte 10 de manera eficiente. En esta realización, el número de los vástagos de soporte 11 es de tres, pero la presente solicitud no se limita a esto, y el número de los vástagos de soporte 11 puede ser de cuatro o más.

El tubo de soporte 10 está conectado al armazón de torre 3 mediante una brida en la parte superior y una brida en la parte inferior de torre, para soportar el conjunto de generador de turbina eólica 2 y el armazón de torre 3 y otros dispositivos. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y el armazón de torre 3 también puede instalarse directamente en la plataforma de soporte superior 9.

El calado diseñado de los cimientos de turbina eólica flotante completos que tienen la estructura anterior puede ser de 10 m a 12 m, y el sistema de ajuste de agua de balasto proporcionado en la parte inferior de cada columna erguida 6 y/o proporcionado dentro del pontón inferior 7 puede ajustar el calado para remolcado y el calado para una condición de trabajo en el sitio, por tanto los cimientos de turbina eólica flotante completos 4 tienen un coste de estructura evidente, un bajo coste de instalación, transporte y mantenimiento, buenas prestaciones de movimiento, y la amplitud de movimiento es de menos de 2 grados en caso de una condición de mar extrema que se produce una vez cada cien años.

En la realización anterior, todos los componentes están conectados entre sí mediante soldadura. Se necesita intensificar de manera razonable la conexión entre la columna erguida cilíndrica 10 en el centro y la plataforma de soporte superior 9 basándose en el análisis de la condición de trabajo de funcionamiento de la turbina eólica 100 y la resistencia estructural de la turbina eólica 100 en la condición de mar extrema. Se requiere intensificar de manera razonable los interiores de las columnas erguidas cuadradas inclinadas hacia fuera 6 y el pontón inferior 7 para soportar cargas procedentes de una presión hidrostática y una presión de las olas. Se requiere que los tamaños estructurales de las columnas erguidas 6 y el pontón inferior 7 cumplan los requisitos de flotabilidad, estabilidad e intensidad, y eviten una banda de frecuencia de concentración de energía de las olas, una frecuencia fundamental del armazón de torre, intervalos de frecuencia de 1P y 3P de la turbina eólica y la vibración inducida por vórtice de las patas de tensión 5, y los tamaños óptimos de las columnas erguidas 6 y el pontón inferior 7 pueden obtenerse optimizando el rendimiento hidrodinámico de los cimientos usando un software de hidrodinámica o un experimento con modelo.

Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la primera realización de la presente solicitud tienen una estructura completamente de acero. Para conjuntos de generador de turbina eólica 2 de diferentes capacidades, en construcción, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado pueden ensamblarse en un muelle de un puerto cerca de la costa, y después se remolcan por el mar los cimientos de turbina eólica completos hasta el sitio de instalación y después se posicionan mediante amarre. El conjunto de generador de turbina eólica marino 100 según la realización de la presente solicitud no tiene ningún requisito de mantenimiento rutinario.

A continuación en el presente documento se describen unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado 12 y un conjunto de generador de turbina eólica marino 200 que tiene los cimientos de turbina eólica flotante 12 según una segunda realización de la presente solicitud junto con la figura 5 y la figura 6.

Dado que la turbina eólica marina 200 es similar a la turbina eólica marina 100 que tiene los cimientos flotantes con patas de tensión de tipo abocinado 4 según la primera realización de la presente solicitud, por tanto los mismos componentes se indican mediante los mismos números de referencia y no se describen en detalle en el presente documento.

Tal como se muestra en la figura 5 a la figura 6, los cimientos flotantes con patas de tensión de tipo abocinado 12 según la segunda realización de la presente solicitud incluyen una plataforma de soporte superior 14, tres columnas erguidas 15 y una estructura de soporte inferior 16.

La segunda realización difiere principalmente de la primera realización en la estructura de la plataforma de soporte superior 14, la forma de las columnas erguidas 15 y la estructura de la estructura de soporte inferior 16.

En la segunda realización, la parte superior de la plataforma de soporte superior 14 está formada por una estructura de tipo caja en forma de Y, la estructura de soporte inferior 16 está formada por una estructura de celosía, y se proporciona una guía en cada borde que sobresale hacia fuera de la celosía y está conectada a dos patas de tensión 5. Preferiblemente, cada una de las columnas erguidas 15 tiene una sección transversal circular. Sin embargo, la presente solicitud no se limita a esto, y el número y la forma de las columnas erguidas 15, la forma de la

5 plataforma de soporte superior 14 y la forma de la estructura de soporte inferior 16 pueden cambiarse. De manera similar a la primera realización, las patas de tensión 5 pueden conectarse a las guías en la estructura de soporte inferior 16 mediante juntas universales. La parte inferior de los cimientos flotantes con patas de tensión de tipo abocinado 12 está conectada mediante la estructura de celosía, lo cual ahorra en la cantidad de acero, y mejora la eficiencia económica de los cimientos. La plataforma de soporte superior 14 tiene la estructura de tipo caja, lo cual reduce la influencia provocada por una carga de fatiga en el funcionamiento de la turbina eólica, y el cuadro eléctrico y el dispositivo de ajuste de balasto pueden disponerse en el espacio interno de la plataforma de soporte superior 14, mejorando así el uso de espacio.

10 Aunque no se muestra en las figuras, una base de soporte de armazón de torre puede instalarse en el centro de la plataforma de soporte superior 9 para soportar la parte inferior del armazón de torre 3. La base de soporte de armazón de torre puede emplear la estructura de la base de soporte de armazón de torre de la primera realización u otras estructuras. Además, en esta realización, la base de soporte de armazón de torre puede omitirse, y en este caso, la base del armazón de torre 3 puede instalarse directamente en la plataforma de soporte superior 14.

15 Aunque anteriormente en el presente documento se describieron principalmente dos realizaciones, la presente solicitud no se limita a esto. Pueden obtenerse más realizaciones combinando los componentes en las dos realizaciones por los expertos en la técnica según las enseñanzas de la presente solicitud, y también se considera que tales realizaciones son compatibles con el concepto de la presente solicitud.

A continuación en el presente documento se describe un método para instalar y construir la turbina eólica marina según las realizaciones de la presente solicitud, y el método incluye principalmente las siguientes etapas:

20 (1) ensamblar, en un muelle de un puerto, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, el armazón de torre, las palas y el conjunto de generador de turbina eólica para formar una turbina eólica marina flotante completa;

(2) remolcar por el mar, mediante un remolcador, la turbina eólica marina flotante completa hasta un sitio de instalación en el mar; y

25 (3) anclar las patas de tensión al lecho marino.

Durante el procedimiento de ensamblar y fijar la turbina eólica marina flotante completa, puede usarse un sistema de ajuste de balasto para mantener la turbina eólica marina flotante completa en un estado estable.

30 Además, durante el procedimiento de ensamblar, las patas de tensión pueden conectarse a los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado. Las patas de tensión también pueden conectarse tras remolcarse por el mar la turbina eólica marina flotante completa hasta un sitio de instalación en el mar mediante un remolcador.

Pueden obtenerse las siguientes conclusiones basándose en la descripción anterior.

35 En primer lugar, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión según la presente solicitud emplean las columnas erguidas inclinadas hacia fuera, superando así el problema de estabilidad en el remolcado libre de la plataforma con patas de tensión general, realizando el remolcado por el mar y la instalación de la turbina eólica flotante completa, y evitando el uso de un barco de instalación y barco de transporte marino grande y caro.

40 En segundo lugar, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión según la presente solicitud emplean guías que sobresalen hacia fuera, proporcionando así un mayor momento de recuperación, reduciendo la amplitud de movimiento de los cimientos, permitiendo que la turbina eólica funcione de manera normal para generar electricidad y mejorando la capacidad de generación. Además, en comparación con la plataforma con patas de tensión convencional, el peso de la estructura completa de los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la presente solicitud se reduce en el 30% mediante el uso de la combinación de las columnas erguidas inclinadas hacia fuera y las guías que sobresalen hacia fuera.

45 En tercer lugar, en la presente solicitud, las patas de tensión pueden fabricarse mediante el cable de acero y cable de fibra de poliéster con una alta relación calidad-precio, reduciendo así el coste de producto de la turbina eólica marina y reduciendo el coste de amarre y la dificultad de construcción.

50 En cuarto lugar, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la presente solicitud tienen un indicador exhaustivo de las prestaciones de movimiento, la eficiencia económica, y el coste de instalación, transporte y mantenimiento mejor que el de los cimientos con camisa en la zona de mar con una profundidad de agua media. Por ejemplo, para una turbina eólica de 6 MW, la cantidad de acero para los cimientos con patas de tensión se reduce en el 15% en comparación con los cimientos con camisa.

En quinto lugar, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado y la turbina eólica marina según la presente solicitud pueden fabricarse de manera conveniente, pueden construirse en un muelle general o una grada y ensamblarse íntegramente en el puerto de la costa. Los cimientos de turbina eólica y la

turbina eólica no requieren que el puerto tenga una gran profundidad de agua, y pueden remolcarse por el mar como un conjunto, y se omite un gran barco con grúa flotante en un levantamiento marino convencional, facilitando así la instalación de la turbina eólica marina y ahorrando en gran medida el coste de transporte e instalación.

- 5 En sexto lugar, para la turbina eólica flotante que usa los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, en el caso de reemplazar un componente de gran tamaño o la llegada de un tifón, puede desatarse la cuerda de amarre y puede remolcarse la turbina eólica completa de vuelta al puerto mediante un remolcador habitual para reemplazar el componente o proteger frente al tifón, la movilidad y flexibilidad son buenas, ahorrando así costes caros para el barco de transporte y barco de grúa flotante grande, y evitando el daño al conjunto de turbina eólica provocado por el tifón.
- 10 La presente solicitud no se limita a las realizaciones anteriores y pueden realizarse diversas variaciones y modificaciones a las realizaciones sin alejarse del alcance de la presente solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Unos cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado, que comprende:
una plataforma de soporte superior (9, 14) configurada para soportar un armazón de torre (3), una pala (1) y un conjunto de generador de turbina eólica (2);
- 5 una estructura de soporte inferior (7, 16) conectada a una pluralidad de patas de tensión (5);
al menos tres columnas erguidas huecas (6, 15) conectadas entre la plataforma de soporte superior (9, 14) y la estructura de soporte inferior (7, 16) y dispuestas alrededor de una línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante (4, 12),
caracterizados porque cada una de las al menos tres columnas erguidas (6, 15) están inclinadas hacia fuera desde un extremo inferior hasta un extremo superior con respecto a la línea central vertical de los cimientos de turbina eólica flotante (4, 12);
y porque comprende
un sistema de ajuste de balasto proporcionado en las columnas erguidas (6, 15) y/o la estructura de soporte inferior (7, 16).
- 15 2. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que la estructura de soporte inferior (7) está formada por un pontón poligonal (7), el pontón poligonal (7) tiene una pluralidad de porciones que sobresalen hacia fuera, y partes inferiores de las columnas erguidas (6) se proporcionan en las porciones que sobresalen hacia fuera respectivamente.
- 20 3. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 2, en los que un orificio está formado en una porción central del pontón poligonal (7), y el orificio tiene una sección transversal poligonal.
4. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que un ángulo incluido entre cada una de las columnas erguidas (6) y una dirección vertical oscila entre 5 grados y 15 grados.
- 25 5. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que la estructura de soporte inferior (16) está formada por una estructura de celosía, y la estructura de celosía tiene una forma plana poligonal, y se proporcionan guías en bordes que sobresalen hacia fuera de la estructura de celosía y están conectadas a las patas de tensión (5) mediante juntas universales.
- 30 6. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 2, en los que una guía que sobresale hacia fuera (8) está formada en un extremo de cada una de las porciones que sobresalen hacia fuera del pontón poligonal (7), las patas de tensión (5) están conectadas al pontón poligonal (7) mediante la guía que sobresale hacia fuera respectiva (8), y la guía que sobresale hacia fuera (8) está conectada a las patas de tensión (5) mediante una junta universal.
- 35 7. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 6, en los que la guía que sobresale hacia fuera (8) está ubicada en un lado exterior de cada una de las columnas erguidas (6), al menos dos patas de tensión (5) están conectadas a la guía que sobresale hacia fuera (8) en el lado exterior de cada una de las columnas erguidas (6), y una longitud horizontal que sobresale hacia fuera de la guía que sobresale hacia fuera (8) es de 0,5 a 1,5 veces un diámetro exterior máximo de la columna erguida (6).
- 40 8. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que la plataforma de soporte superior (14) está formada por una estructura de tipo caja poligonal, y un espacio interno para instalar un dispositivo auxiliar está formado dentro de la plataforma de soporte superior (14).
- 45 9. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que la plataforma de soporte superior (14) está formada por una estructura de celosía.
10. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, que comprenden además una base de soporte de armazón de torre proporcionada en la plataforma de soporte superior (9, 14), y la base de soporte de armazón de torre comprende:
un tubo de soporte (10) instalado en la plataforma de soporte superior (9, 14); y
- 50 una pluralidad de vástagos de soporte (11) dispuestos para rodear el tubo de soporte (10), en los que cada uno de los vástagos de soporte (11) tiene un extremo conectado a una porción superior del tubo de soporte

(10) y otro extremo conectado a la plataforma de soporte superior (9, 14), para soportar de manera oblicua el tubo de soporte (10).

11. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 10, en los que un espacio para instalar un dispositivo auxiliar está formado dentro del tubo de soporte (10).
- 5 12. Los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según la reivindicación 1, en los que están formadas guías en bordes exteriores de la estructura de soporte inferior (16) y están conectadas a las patas de tensión (5) mediante juntas universales.
- 10 13. Una turbina eólica marina, que comprende los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 y un armazón de torre (3), una pala (1) y un conjunto de generador de turbina eólica (2) instalados en los cimientos de turbina eólica flotante (4).
14. Un método para instalar y construir una turbina eólica marina (100, 200), que comprende las siguientes etapas:
- 15 ensamblar, en un muelle de un puerto, los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado (4, 12) según la reivindicación 1, un armazón de torre (3), una pala (1) y un conjunto de generador de turbina eólica (2), para formar un turbina eólica marina flotante completa (100, 200);
- remolcar por el mar la turbina eólica marina flotante completa (100, 200) hasta un sitio de instalación en el mar mediante un remolcador; y
- anclar las patas de tensión (5) al lecho marino.
- 20 15. El método según la reivindicación 14, que comprende:
- durante el procedimiento de ensamblar y fijar la turbina eólica marina flotante completa (100, 200), usar el sistema de ajuste de balasto para mantener la turbina eólica marina flotante completa (100, 200) en un estado estable; y
- 25 durante el procedimiento de ensamblar, conectar las patas de tensión (5) a los cimientos de turbina eólica flotante con patas de tensión de tipo abocinado (4, 12).

100

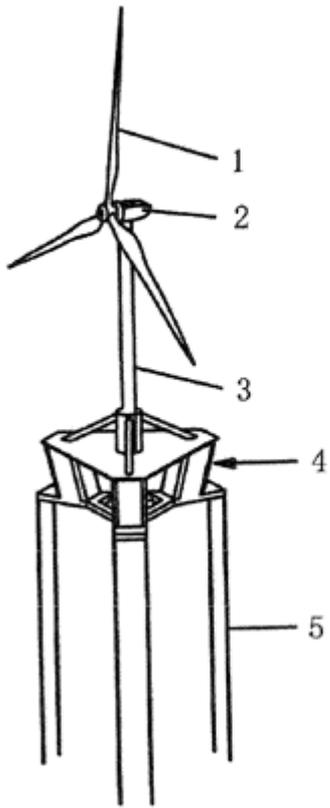


Figura 1

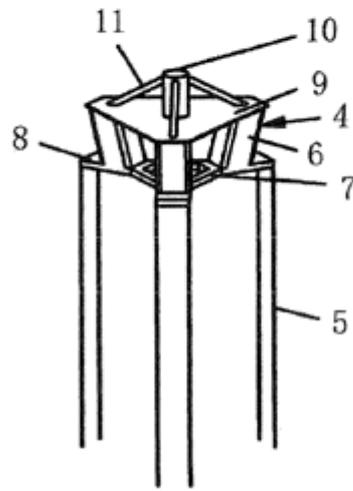


Figura 2

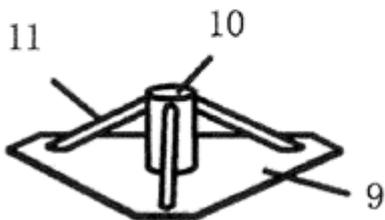


Figura 3

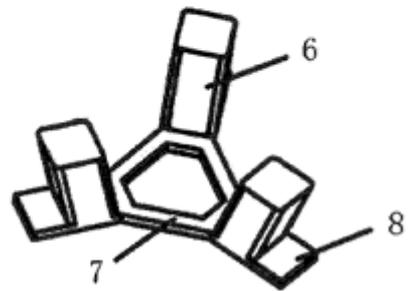


Figura 4

200

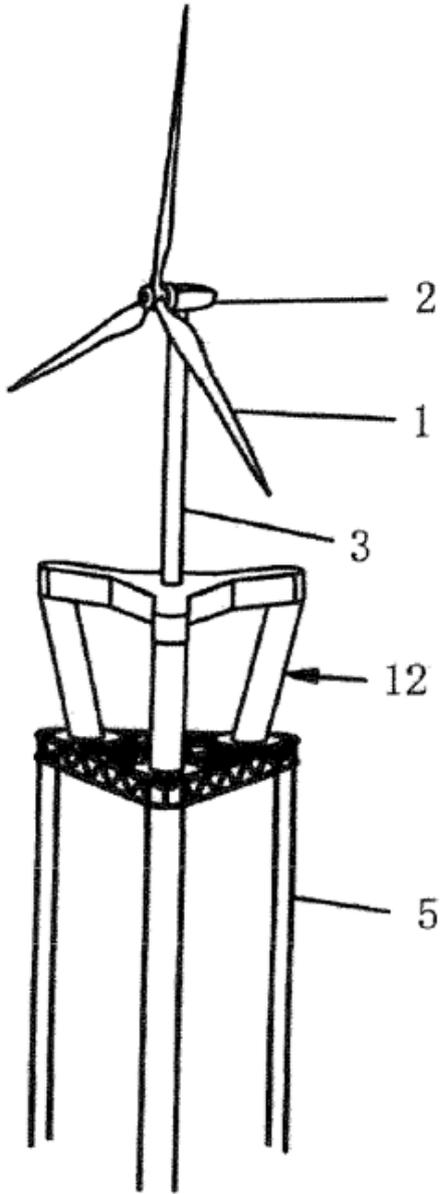


Figura 5

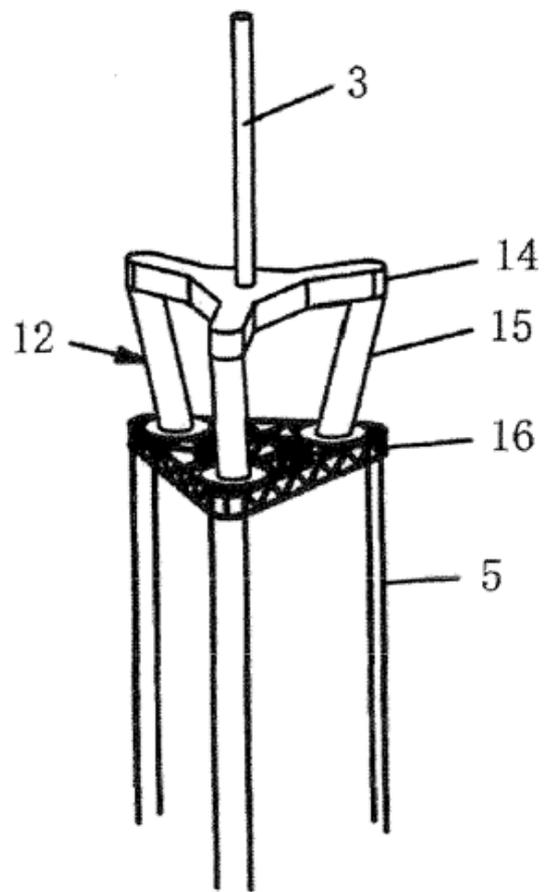


Figura 6