

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 896**

51 Int. Cl.:

B63B 1/10 (2006.01)
B63B 1/12 (2006.01)
B63B 21/50 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
F03D 13/25 (2006.01)
F03D 9/25 (2006.01)
B63B 35/44 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.09.2014 PCT/EP2014/070398**
87 Fecha y número de publicación internacional: **16.04.2015 WO15051998**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.09.2014 E 14772165 (8)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 3055561**

54 Título: **Aerogeneradores flotantes**

30 Prioridad:

08.10.2013 DE 102013111115

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.07.2018

73 Titular/es:

**CRUSE OFFSHORE GMBH (100.0%)
Eppendorfer Marktplatz 10
20251 Hamburg , DE**

72 Inventor/es:

CRUSE, JENS

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 676 896 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

Aerogeneradores flotantes

La invención se refiere a un aerogenerador marino flotable, es decir un aerogenerador para la utilización delante de la costa de aguas en el exterior y/o aguas continentales.

5 **Estado de la técnica**

Por el documento DE 20 2010 003 654 U1 se conoce un aerogenerador flotante para la generación de corriente eléctrica con palas de rotor que rotan alrededor de un eje de giro horizontal. Un generador de corriente accionado por las palas de rotor está dispuesto sobre un estabilizador lateral, equipado con varios cascos de manera plegable mediante un gancho abatible, estando conectados generador y gancho abatible al estabilizador lateral a través de articulaciones pivotantes que funcionan con ejes de pivote horizontales, accionadas automáticamente. En el caso de este aerogenerador cable de conexión y cadena del ancla están fijados a un flotador en ambas proas a través de un pie de gallo, es decir una distribución en varias cadenas o cabos. Existe una conexión de cables flexible que posibilita una orientación automática del aerogenerador hacia el viento o marejada. En este sentido para la fijación está prevista una unión separable con el flotador. Por otro lado cable de conexión y cadena del ancla están anclados a una caja de hormigón sobre el fondo del mar. La conexión de cables flexible posibilita una orientación del aerogenerador automática del aerogenerador hacia el viento o marejada. Para el mantenimiento y reparación se arrastra el aerogenerador hacia un puerto en un dique con una grúa, o hacia una nave de mantenimiento- y reparación central colocada cerca de la costa y allí el flotador se coloca mediante inundación en el fondo.

Por el documento DE 10 2009 040 648 A1 se conoce un aerogenerador marino flotable con un cuerpo flotante y una construcción dispuesta sobre el mismo con mástiles, sobre los cuales está alojado de manera giratoria al menos un rotor que acciona un generador. Por este documento se conoce además un acoplamiento mecánico del aerogenerador flotable marino a través de varias bielas y corona giratoria a un bloque de anclaje de hormigón depositado sobre el fondo del mar, denominado asiento. Las bielas están fijadas preferiblemente a través de la corona giratoria al asiento con el fin de posibilitar un movimiento giratorio o pivotante del cuerpo flotantes sin impedimento alrededor del asiento, con ello su orientación puede adaptarse a las direcciones variables del viento. El movimiento giratorio del cuerpo flotante se realiza en este sentido preferiblemente sin accionamiento adicional. La instalación se gira automáticamente hacia el viento dado que el punto de giro está dispuesto en el asiento fuera del cuerpo flotante. Preferiblemente el asiento está configurado flotable e inundable, de modo que todo el aerogenerador puede transportarse de manera flotante. Un acoplamiento eléctrico se realiza a través de un cable de corriente y una corona giratoria adicional con paso de corriente a un cable submarino.

Según el documento DE 10 2009 040 648 A1 los mástiles representados en el mismo presentan un contorno de sección transversal en forma de gota, a través del cual se produce un tipo de perfil de superficie de apoyo de los mástiles que facilita una estabilidad elevada con respecto a las fuerzas de flexión que aparecen. Dado que la presión del viento, que actúa sobre las palas de rotor no se puede transformar completamente en un movimiento giratorio, se producen cargas de flexión considerables que deben absorberse mediante la construcción de los mástiles. Mediante el contorno de sección transversal en forma de gota, colocándose la sección transversal en perpendicular a la extensión longitudinal de los mástiles no solo posible es alcanzar una configuración de los mástiles optimizada en cuanto a las cargas, sino también reducir las fuerzas que actúan sobre los mástiles. Un contorno de sección transversal en forma de gota disminuye la presión del viento que actúa sobre el mástil lo que posibilita o bien configurar la construcción más delgada y más ligera o emplear rotores y generadores más grandes. Además la configuración de sección transversal en forma de gota lleva a que en el caso de una dirección del viento variable el cuerpo flotante se gira de manera más ligera y más rápida hacia el viento, de modo que los rotores están orientados siempre de manera óptima hacia la dirección del viento, sin que sea necesario un ajuste complicado adicional.

Según el documento DE 10 2009 040 648 A1 el cuerpo flotante presenta además un tubo central que está rodeado por una camisa elíptica o en forma de gota configurando un espacio intermedio. De manera similar a en el caso de los mástiles mediante la camisa se crea un contorno favorable desde el punto de vista de la mecánica de fluidos que recuerda a una construcción superficie de apoyo. La camisa elíptica o una camisa aproximadamente en forma de gota rodea en este sentido el tubo central relevante para la estática. El espacio intermedio puede estar relleno con un material de espuma, en particular una espuma de poros cerrados o de forma estable que facilita una estabilidad de presión de la camisa suficiente. El tubo central está configurado preferiblemente inundable de modo que el nivel de flotación del aerogenerador puede adaptarse a las condiciones respectivas. Las dimensiones del tubo central del cuerpo flotante están seleccionadas en este sentido de modo que todo el aerogenerador puede arrastrarse de manera flotante hacia el lugar de utilización deseado. En el lugar de utilización el aerogenerador se ancla y dado el caso se hunde para alcanzar una estabilidad del aerogenerador aumentada. La profundidad de hundimiento preferida asciende en este sentido de 5 a 10 metros por debajo de la superficie del agua. Además por ello disminuye la influencia del oleaje y de las corrientes de la superficie. El tubo central puede vaciarse también de nuevo a la inversa con el fin de elevar el nivel del aerogenerador, por ejemplo para arrastrarlo para fines de mantenimiento hacia un puerto

Los generadores están dispuestos con los rotores en los mástiles. Los rotores y generadores pueden estar

dispuestos en los extremos superiores de los mástiles. Fundamentalmente es también posible que los generadores no estén dispuestos directamente en los rotores, sino que se encuentren en el interior de los mástiles o en otro lugar en el cuerpo flotante. Entonces es necesario llevar la energía cinética a través de elementos de engranaje y transmisión a los respectivos generadores. Los generadores, que están dispuestos en las denominadas góndolas sobre los mástiles pueden estar fijados de manera rígida en los mástiles, de modo que no tiene que realizarse ninguna fijación giratoria complicada de los rotores y generadores en los mástiles a través de cojinetes de pivote. Esto reduce además los costes para la fabricación y mantenimiento del aerogenerador.

Por el documento DE 10 2010 040 887 A1 se conoce un dispositivo flotante para soportar al menos una torre en el agua con una estructura plana flotante para la estabilización del dispositivo sobre la superficie del agua, soportándose la al menos una torre mediante la estructura plana. El dispositivo flotante comprende además al menos un peso del lastre que está dispuesto por debajo de la estructura plana de modo que el centro de gravedad de todo el dispositivo se sitúa por debajo del punto de empuje hidrostático de la estructura plana, de modo que la al menos una torre está esencialmente en perpendicular a la superficie del agua. La estructura plana sirve como cuerpo flotante y coopera con el peso del lastre. Este puede estar configurado como caja de lastre.

En el documento DE 10 2010 040 887 A1 se describen formas de realización con diferentes posibilidades de rotación de los componentes entre sí. Estas varían desde una forma de realización en la que no es posible ningún tipo de rotación axial de los componentes, hasta una forma de realización en la que tanto la torre, una prolongación de la misma, el peso del lastre como la estructura plana pueden rotar axialmente alrededor del eje longitudinal de la torre. Por ello se producen diferentes posibilidades de movimiento. Además se describen diferentes formas de cuerpo flotante, como por ejemplo forma trapezoidal, forma de elipse, forma circular y forma semirredonda que acaba en punta. De ellas la forma trapezoidal y la forma semirredonda acabando en punta permiten una orientación autónoma de la estructura plana hacia el viento y/o hacia la corriente, es decir la corriente del agua.

El documento DE 10 2010 040 887 A1 describe además que mediante una forma adecuada de la estructura plana, de la torre y/o del rotor del aerogenerador puede alcanzarse que el rotor gire de manera autónoma siempre hacia la dirección del viento. La torre puede presentar diferentes formas, por ejemplo cilíndrica, pero también estar revestida en forma de gota de modo que la torre se coloca (con el rotor) de manera autónoma hacia el viento. Una forma especial de la torre de este tipo se aplica sobre todo en el caso de variantes de torre giratorias dado que esto, además de a la minimización de las cargas del viento, lleva a que la torre por sí misma se gire hacia el viento.

El documento DE 10 2010 040 887 A1 describe además que la estructura plana también podría fijarse y arrastrarse mediante una posibilidad de anclaje pretensada como plataforma de perforación semisumergible por debajo de la superficie total o parcialmente del agua, provocando el peso del lastre una estabilización adicional de toda la unidad. Es preferible una estructura plana que presenta por sí misma un centro de gravedad profundo, es decir por ejemplo a dos tercios por debajo del agua. De este modo la estructura plana es más estable y el balanceo o el peligro del ladeo /zozobra de la estructura plana disminuye.

El documento DE 11 2011 100 404 T5 muestra una turbina eólica flotante que comprende un rotor instalado en una góndola, un pilar superior que está unido con el rotor, un tanque del estabilizador que está dispuesto entre el pilar superior y un pilar inferior, y un ancla, que está unida de manera giratoria con el pilar inferior a través de una junta cardán, que permite un giro en todas las direcciones, estando dispuesto el punto central ascensional del tanque del estabilizador de manera excéntrica con respecto a un eje central longitudinal que discurre a través del pilar superior e inferior. La góndola con el rotor está unida fijamente con el pilar superior. Una corona giratoria en la región de un punto de anclaje inferior de los pilares sirve junto con un anillo rozante, que está dispuesto en una sección transversal de los pilares directamente por encima de la línea de agua, de la conexión eléctrica y posibilita que pilar y rotor puedan girarse sin fuerza mecánica adicional con el viento y en este sentido el rotor a sotavento de los pilares. Se produce por ello un adrizado automático. La corona giratoria 14 puede tener de manera conveniente las mismas especificaciones que las coronas giratorias que se emplean por ejemplo en las grúas de Liebherr, dado que estas pueden resistir al agua/sal y a un empleo duradero bajo condiciones extremas. En este sentido la corona giratoria y el anillo rozante tienen convenientemente una construcción que impide una torsión de un cable de corriente que en la turbina eólica discurre hacia abajo desde un generador situado en la góndola pasando por la parte inferior de la turbina eólica hasta la red de distribución.

Según el documento DE 11 2011 100 404 T5 el pilar superior tiene además una sección transversal en forma de gota o en forma de ala para evitar remolinos en la región de giro del rotor y garantizar una corriente de aire máxima laminar detrás de los pilares. Además existe un sistema de lastre, estando divididos el pilar superior y el inferior en diferentes cámaras que discurren a través de respectivas líneas formando un punto de conexión común al que se conecta un cable de suministro entre un barco auxiliar y la turbina eólica. El tanque de estabilizador representa una cámara separada que está unida a través de una línea separada igualmente con el punto de conexión común. El sistema de lastre forma un flotador con tanques de lastre y cavidades.

El documento DE 11 2011 100 404 T5 describe preferiblemente turbinas eólicas del tipo de árbol horizontal con construcción sin engranaje. Solo construcciones que difieren de esta, por ejemplo con generador dispuesto en vertical en el pilar, presentan un engranaje, por ejemplo un engranaje cónico en la góndola. La realización sin engranaje representa también además una forma constructiva habitual.

5 Por el documento EP 1 269 018 B1 o su traducción publicada como DE 601 31 072 T2 se conoce un aerogenerador marino flotante que comprende al menos un molino de viento montado sobre una subestructura flotante de al menos dos pontones con tanques, presentando el al menos un molino de viento una carcasa de máquina o caja de máquina montada en el extremo superior de una torre y la subestructura en el fondo de un mar o de un lago está fijada mediante una unión. La subestructura comprende al menos dos tanques y al menos una unidad para trasladar líquido entre los tanques o los tanques y el entorno. En el lugar del montaje el molino de viento se ancla con el fondo del mar con ayuda de un ancla que está unido con la subestructura por medio de una cuerda de anclaje o una cadena del ancla. Además la cadena del ancla puede estar provista ventajosamente con un cable submarino. El cable submarino transmite la electricidad generada por el molino de viento a un dispositivo de cable fijo en el fondo del mar desde donde se conduce la electricidad generada hacia la costa.

10 En una forma de realización señalada como preferida en el documento EP 1 269 018 B1 o su traducción publicada como DE 601 31 072 T2 la caja de máquina está anclada fijamente a la torre y el molino de viento no presenta ningún mecanismo de guiñada. Por tanto el molino de viento guiña solo con ayuda de la guiñada de la subestructura con la fijación en el fondo del mar como punto central de giro, por lo que se produce un adrizado automático. Además en este documento, según se ha comprobado por experiencia se indica que el viento rara vez gira 360 grados o más, y una torsión del cable submarino o de la cuerda de anclaje o de la cadena del ancla no será por tanto ningún problema. Además la torre en la dirección del viento es más delgada que dispuesta transversal al mismo. Para limitar el sotavento la torre se configura en una forma que se corresponde con la del perfil de ala o similar, lo que delimita el perfil y lo hace aerodinámico en la dirección del viento.

20 Por el documento DE 24 57 368 A1 se da a conocer tubo flexible de aire con un acoplamiento giratorio. A través del acoplamiento giratorio una herramienta de aire comprimido puede conectarse al tubo flexible de aire. En este sentido die acoplamiento giratorio comprende un cuerpo de conexión interno y uno externo. En el cuerpo de conexión interno el tubo flexible de aire está sujeto y retenido. El cuerpo de conexión externo está atornillado en la herramienta. El cuerpo de conexión interno tiene una prolongación tubular orientado hacia adelante que puede encajarse en el cuerpo de conexión externo hueco. El cuerpo de conexión externo e interno pueden girarse el uno relativo hacia el otro sin que los cuerpos tengan que separarse el uno del otro. Por consiguiente también el tubo flexible puede girarse con respecto a la herramienta sin que se transmita al tubo flexible cualquier momento de torsión o de presión. Con este acoplamiento giratorio se evita cada flexión o enmarañamiento u otros daños del tubo flexible.

30 Por el documento DE 25 32 665 A1 se conoce una correa cinta o cuerda de retención para esquí con un dispositivo de devanado. Este comprende una cuerda de prolongación cuyo extremo está unido mediante un acoplamiento giratorio de dos piezas con un bucle de una cuerda de retención. El acoplamiento giratorio permite una torsión de ambas cuerdas unidas entre sí en direcciones opuestas entre sí alrededor de sus ejes longitudinales.

35 Por el documento WO 02/073032 A1 se conoce un aerogenerador marino flotante que comprende un sistema de anclaje de un punto, un cuerpo flotante y una unidad de generación de energía eólica. El cuerpo flotante compuesto por partes dispuestas en al menos un triángulo, flota en la superficie del mar y está anclado en el fondo del mar en una punta del triángulo a través de un sistema de anclaje de un solo punto con el fin de mantener el cuerpo flotante siempre en una orientación constante hacia el viento. Como sistema de anclaje de un solo punto está prevista una unidad de anclaje de torre. Esta presenta una torre en forma de una placa giratoria que está unida con una culata mediante un cojinete de tal manera que el cuerpo flotante puede girar en horizontal alrededor de un punto de anclaje de la torre. La culata sobresale lateralmente en el cuerpo flotante en una de las puntas del triángulo. La torre está anclada en el fondo del mar mediante una pluralidad de cadenas del ancla y anclas. Un cable submarino está conectado a través de la torre con el cuerpo flotante.

45 Por el documento US 2003/0168864 A1 se conoce un aerogenerador marino flotante que comprende una unidad de flotador configurada como plataforma de perforación semisumergible con unidades de lastre y unidades de fuerza ascensional así como una disposición de varios rotores. A través de una combinación fijada a una boya de amarre de una línea de corriente y de una cuerda de retención el aerogenerador marino está anclado en el fondo del mar.

50 Por el documento WO 2012/105846 A2 se conoce un aerogenerador marino que comprende una torre flotable y un rotor. La torre está anclada a través de una unión rígida en el fondo del mar, estando dispuestas la unión y líneas de corriente previstas para el transporte de la potencia eléctrica de manera estacionaria en cuanto al fondo del mar.

Representación de la invención: objetivo, solución, ventajas

La invención tiene el objetivo de mejorar adicionalmente un aerogenerador marino flotable del tipo descrito, en particular configurar un aerogenerador de este tipo de manera más sencilla, más ligera, más estable mecánicamente y con un funcionamiento más seguro.

55 Este objetivo se consigue mediante un aerogenerador marino flotable que comprende las siguientes características. El aerogenerador puede unirse mediante un cable configurado como combinación de una línea de corriente sujeta al menos aproximadamente sin carga y una cuerda de retención que absorbe al menos en gran parte todas las fuerzas mecánicas que aparecen para retener el aerogenerador en un único punto de anclaje estacionario, de modo que

puede moverse en seis grados de libertad con el punto de anclaje. En este sentido está dispuesto un acoplamiento en un único punto de unión entre el cable y el aerogenerador y está configurado para formar una conexión eléctrica con un acoplamiento deslizante y para formar una transmisión de potencia mecánica con un acoplamiento giratorio. El aerogenerador presenta una unidad de soporte, en particular una unidad de flotador, que está configurada como

5 plataforma de perforación semisumergible también denominada en inglés *semi-sumersible*, con unidades de lastre y unidades de fuerza ascensional. Además el aerogenerador presenta un mástil de soporte unido fijamente con la unidad de soporte con una góndola dispuesta fijamente sobre esta, con al menos un rotor y al menos un generador eléctrico. Entre el punto de unión y un plano de giro esencialmente vertical del rotor está configurada una distancia horizontal lo mayor posible.

10 Fundamentalmente un aerogenerador marino flotable, con respecto a un aerogenerador basado en un asiento fijo en el fondo de unas aguas, en particular de un mar o en el fondo del mar presenta la ventaja de que puede renunciarse a construcciones de cimientos de técnica complicada que resultan caras y propensas a las influencias meteorológicas. Al mismo tiempo todo el aerogenerador sigue siendo maniobrable, puede desplazarse por lo tanto para el montaje y desmontaje, así como para fines de mantenimiento y de reparación fácilmente desde su lugar de

15 utilización a un lugar cercano a la orilla, en particular hacia un puerto o similar, y a la inversa, tras un montaje o reparación, desde el puerto hacia el lugar de utilización. Solo mediante esta configuración se produce una reducción de costes significativa con una disposición de servicio al mismo tiempo más elevada e intervenciones reducidas en el medio ambiente.

20 Para el anclaje del aerogenerador en su lugar de utilización, así como para la transmisión de la energía eléctrica obtenida el aerogenerador está conectado a través de un cable con un único punto de anclaje, estacionario, es decir dispuesto de manera fija en el fondo del agua, sobre el que se inserta el aerogenerador. En este sentido el acoplamiento entre el cable que sirve como línea de corriente combinada y cuerda de retención, y el aerogenerador está diseñado en un único punto de unión de tal modo que para la transmisión de potencia eléctrica está previsto un acoplamiento deslizante eléctrico y para la transmisión de potencia mecánica está previsto un acoplamiento

25 giratorio. Una unión o anclaje de este tipo en un único punto, es decir en un único punto de anclaje y un único punto de unión a través de un único cable se denomina también conexión *single-point*. Esta construcción asegura que el aerogenerador flotante pueda moverse en el lugar de empleo, en el marco de las posibilidades dadas por la medida de longitud del cable, en tres grados de libertad de traslación de acuerdo por ejemplo de coordenadas cartesianas, también denominadas dirección X, Y y Z, y que se dan adicionalmente también tres grados de libertad de rotación, dado que se permite un giro alrededor de tres ejes espaciales, por ejemplo tres ejes en el sistema de coordenadas

30 cartesiano, también denominado eje X, eje Y o eje Z. Con ello el acoplamiento entre el cable y el aerogenerador posibilita su movimiento completamente libre según viento y marejada en seis grados de libertad en total, sin que por ello pudiera originarse una carga del cable de tipo y altura inadmisibles. En particular el cable mediante esta construcción, también en el caso de movimientos de traslación y/o de rotación discretos del aerogenerador no puede ni romperse ni retorcerse. Con respecto a una guía separada de una amarra o cadena de anclaje y a un cable de conexión eléctrico se produce adicionalmente la ventaja de que un cable que combina una conexión eléctrica y mecánica descarta una torsión tal como tiene que aparecer en el caso de una guía separada mediante movimientos

35 giratorios del aerogenerador.

40 La configuración del cable sirve para la descarga de componentes sensibles del cable, y con ello para un aumento de la capacidad de sollicitación, de tal modo que la línea de corriente comprendida en el mismo está sujeta al menos aproximadamente exenta de carga, mientras que la cuerda de retención absorbe al menos en gran parte todas las fuerzas mecánicas que aparecen para retener el aerogenerador en su único punto de anclaje estacionario. Mediante esta descarga de tracción la línea de corriente se protege adicionalmente frente a daños.

45 Según la invención están previstas unidades de lastre, preferiblemente tanques de lastre, cuyo llenado puede adaptarse al peso, a la distribución del peso y a las condiciones operativas del aerogenerador, y unidades de fuerza ascensional, configuradas en particular como cavidades que están comprendidas por la unidad de soporte, en particular una construcción de flotador o forman esta unidad de soporte. De manera especialmente preferible esta construcción de flotador forma una plataforma de perforación semisumergible. Esta se hunde en el funcionamiento por debajo de la superficie del agua, en tanto que se produce una posición lo más estable posible del aerogenerador

50 en el agua, es decir que en particular el escoraje, cabeceo y rodadura del aerogenerador se mantienen mínimos. La unidad de soporte puede estar configurada ventajosamente para ello con un doble fondo en el que están dispuestos los tanques de lastre de gran volumen. En particular los tanques de lastre están dispuestos en una posición lo más profunda posible en la unidad de soporte y forman llenos un porcentaje en peso lo más alto posible en el peso total del aerogenerador. Es preferible un porcentaje en peso de aproximadamente 70% del peso total del aerogenerador. Al mismo tiempo las unidades de fuerza ascensional están dispuestas en una posición lo más alta posible en la unidad de soporte. En conjunto por ello se consigue mantener el centro de gravedad en masa de la construcción del aerogenerador con el mástil de soporte alto lo más profundo posible. Esto genera junto con una medida horizontal suficientemente grande de la unidad de soporte un momento de retroceso grande en contra de un momento de escoraje que actúa mediante presión del viento y marejada sobre el aerogenerador, incluso cuando este se genera

55 mediante viento o marejada que no proviene eventualmente desde delante, es decir que incide al menos aproximadamente en la dirección del eje de rotación del rotor. Por ello se produce también en el caso de comportamientos meteorológicos desfavorables, por ejemplo en el caso de giros de viento repentinos o tormenta, una posición estable y segura del aerogenerador en el agua.

60

El generador eléctrico está dispuesto con la góndola, que forma su carcasa, fijamente sobre el mástil de soporte. Por tanto no es necesario un cojinete de pivote grande, sensible y muy caro, también denominado cojinete de guiñada, dado todo el aerogenerador flotante se orienta hacia el viento. Esto hace al aerogenerador más ligero, así como mecánicamente mucho más estable y ayuda con ello a mantener bajo el centro de gravedad en masa de todo el aerogenerador, y evita el desgaste en un lugar de carga elevada, tal como representa la unión entre góndola y mástil de soporte. Dado que además el mástil de soporte está unido fijamente con la unidad de soporte se produce en total una unidad constructiva rígida, muy estable de unidad de soporte, mástil de soporte y góndola.

Especialmente ventajoso es el acoplamiento articulado del aerogenerador con el cable en cuanto a que además el aerogenerador de acuerdo con la invención está configurado para orientarse en el funcionamiento ante o con el viento, con la acción de fuerza del viento automáticamente incluso según la dirección del viento, para pivotar automáticamente alrededor del punto de anclaje hacia sotavento. Por ello el rotor se encuentra siempre de manera óptima en el viento y se alcanza con ello un rendimiento de potencia lo más alto posible. Esta adrizado se realiza en este sentido, sin que se necesiten dispositivos adicionales; en particular no se requieren unidades de accionamiento o de control orientadas al mismo que condicionan un gasto constructivo y consumo de energía adicionales. Esto es una gran ventaja en comparación con por ejemplo un aerogenerador, que en el funcionamiento siempre debe orientarse en contra del viento, es decir hacia barlovento, siempre a través de dispositivos mecánicos y de la técnica de control costosos.

Preferiblemente el adrizado automático del aerogenerador descrito se fomenta además al estar configurada entre el punto de unión y un plano de giro esencialmente vertical del rotor una distancia horizontal lo más alta posible. La fijación del cable en el aerogenerador está realizada por lo tanto lo más alejada posible de un punto de presión lateral, es decir de un centro de gravedad de fuerzas de las fuerzas del viento que actúan sobre las superficies por las que pasa el viento. El punto de presión lateral de todo el aerogenerador de determina por ejemplo mediante el mástil de soporte o la góndola, pero sobre todo mediante el rotor, y en este sentido en particular sus palas de rotor. El rotor presenta un eje de rotación al menos esencialmente horizontal de modo que las palas de rotor durante el giro del rotor se mueven esencialmente en un plano, al menos en gran parte vertical, que se denomina el plano de giro vertical del rotor. En este plano está situado también el punto de presión lateral de fuerzas eólicas que actúan sobre el rotor que contribuyen esencialmente a fuerzas que llevan a cabo la adrizado automático.

Mediante la distancia lo más alejada posible entre el punto de unión y el punto de presión lateral de las fuerzas eólicas que actúan sobre el rotor, es decir del plano de giro esencialmente vertical del rotor está configurada una distancia horizontal lo más alta posible que produce un brazo de palanca lo mayor posible para las fuerzas que realizan el adrizado automático, de modo que estas también pueden contrarrestar dado el caso corrientes de agua, es decir, en particular marinas que inciden lateralmente. No obstante la distancia está limitada en particular mediante un mantenimiento de una posición estable del aerogenerador en el agua y con ello en particular mediante las medidas de la unidad de soporte.

Preferiblemente para ello además el rotor está dispuesto en la góndola en la posición de funcionamiento en particular en sotavento hacia la góndola. Esta configuración amplía la distancia entre la fijación del cable en el aerogenerador en el punto de unión y un punto de presión lateral de las superficies del rotor recorridas por el viento, es decir de las palas de rotor, y respalda con ello una orientación eficaz del aerogenerador según la dirección del viento.

Ventajosamente además el mástil de soporte está erigido con una flecha, es decir en un ángulo predeterminado con respecto a la normal con la dirección del viento que actúa en el funcionamiento y por tanto inclinado en la dirección del eje de rotación del rotor. Esta flecha del mástil de soporte fomenta la distancia entre el punto de presión lateral de la presión del viento sobre el rotor y con ello sobre el aerogenerador, por un lado, y el punto de unión del cable por otro lado. También la distancia entre el mástil de soporte y el rotor aumenta por ello, por lo que se alcanza un mejor flujo frontal del rotor en el funcionamiento.

Las características anteriormente descritas del aerogenerador de acuerdo con la invención garantizan en su combinación que el aerogenerador, en el funcionamiento, también se oriente en condiciones meteorológicas o corrientes de agua y marejada extremadamente adversas siempre automáticamente y también se erija de nuevo desde un intenso escoraje.

En las reivindicaciones dependientes están caracterizadas configuraciones ventajosas de la invención.

Según un perfeccionamiento ventajoso de la invención el acoplamiento está suspendido en cardán con el acoplamiento deslizante y/o del acoplamiento giratorio en el aerogenerador. En este sentido los componentes individuales del acoplamiento, concretamente el acoplamiento deslizante y el acoplamiento giratorio, presentan por separado o también una suspensión común en cardán. Mediante esta configuración se alcanza una movilidad especialmente buena en todos los grados de libertad.

Según un perfeccionamiento preferido del aerogenerador de acuerdo con la invención la unidad de soporte presenta en cada caso tres unidades de lastre y unidades de fuerza ascensional, estando dispuestas las unidades de fuerza ascensional en al menos aproximadamente las esquinas de un plano horizontal triangular, al menos en gran parte

- simétrico con respecto a un eje de rotación del al menos un rotor y extendiéndose en cada caso una de las unidades de lastre entre en cada caso dos de las unidades de fuerza ascensional. La posición eje de rotación del rotor respecto al plano horizontal de la unidad de soporte está en este sentido en una vista en planta del aerogenerador, es decir perpendicular visto desde arriba en la posición de funcionamiento. La al menos una configuración de la
- 5 unidad de soporte esencialmente triangular está construida de manera sencilla y ofrece una estabilidad mecánica elevada, es decir una estabilidad de forma, necesaria para la utilización en particular en el mar. Además configuración de la unidad de soporte descrita, esencialmente triangular ofrece una elevada estabilidad de posición en el agua. En conjunto esta configuración es preferible por tanto con respecto a otras formas de construcción posibles.
- 10 Como lastre en las unidades de lastre se utiliza preferiblemente agua disponible de modo asequible y universal. Otros materiales de lastre líquidos con peso específico preferiblemente más alto son igualmente posibles. Es ventajoso un material de lastre líquido también debido a su sencilla manejabilidad. Sin embargo también pueden utilizarse materiales de lastre sólidos, o las unidades de lastre pueden contener una combinación de elementos de lastre sólidos, en particular carga básica, y un material de lastre líquido para el llenado y estibado en el lugar de
- 15 empleo. Esto posibilita por ejemplo un desplazamiento de aerogenerador o también de partes unidas del mismo solo con la unidad de soporte también en agua plana. Hacia un puerto o hacia un astillero el aerogenerador de acuerdo con la invención se desplaza sin agua de lastre y por tanto con calado solo reducido. En el lugar de empleo el aerogenerador de acuerdo con la invención con agua de lastre presenta en condiciones de uso un calado elevado.
- 20 Las unidades de fuerza ascensional están configuradas preferiblemente con volúmenes de aire cerrados; opcionalmente pueden utilizarse también otros materiales, preferiblemente gases o sustancias que contienen gases. También es posible un llenado al menos parcialmente de las unidades de fuerza ascensional con sustancias porosas, preferiblemente espumas plásticas. Las últimas posibilitan un grado de seguridad más alto con respecto a fugas en las unidades de fuerza ascensional. También en este caso puede estar previsto opcionalmente un llenado único, fijo o un llenado que permanece variable para operaciones de estibado posteriores.
- 25 Las unidades de lastre y unidades de fuerza ascensional forman de este modo en la disposición especial descrita la unidad de soporte, en particular una construcción de flotador de modo que se realiza un adrizado automático del aerogenerador también en caso de escoraje debido a marejada y comportamientos del viento especiales.
- Según una configuración ventajosa adicional del aerogenerador de acuerdo con la invención las unidades de fuerza ascensional presentan dobles fondos con unidades de lastre adicionales. Preferiblemente estas unidades de lastre
- 30 adicionales están configuradas como tanques de agua de lastre. Con ello es posible una configuración del aerogenerador todavía más flexible y una adaptación aún mejor a las condiciones de uso, en particular un estibado aún mejor en el lugar de empleo.
- En una forma de realización preferida adicional del aerogenerador de acuerdo con la invención el mástil de soporte está dispuesto sobre la unidad de fuerza ascensional central con respecto al plano horizontal triangular, al menos en
- 35 gran parte simétrico al eje de rotación del al menos un rotor. La disposición central favorece una construcción del aerogenerador sencilla, ligera, estable. El mástil de soporte puede realizarse entonces especialmente corto y recto a pesar de una gran altura de mástil. Se produce además de manera sencilla una posición de centro de gravedad favorable, central con respecto al eje de rotación del rotor en la vista en planta del aerogenerador.
- Según otra forma de realización del aerogenerador de acuerdo con la invención este está caracterizado por en cada
- 40 caso al menos un, en particular en cada caso uno, puntal para configurar una unión entre el mástil de soporte y las unidades de fuerza ascensional dispuestas en el plano horizontal triangular, al menos en gran parte simétrico al eje de rotación del al menos un rotor a los lados del eje de rotación. El mástil de soporte y los puntales forman con ello una disposición en particular de tres patas, de las cuales en cada caso una pata se apoya sobre en cada caso una
- 45 de las unidades de fuerza ascensional. En una variación con un número mayor de puntales y/o unidades de fuerza ascensional está prevista una disposición de varias patas con uno o varios apoyos en cada una o también solo un número seleccionado de todas las unidades de fuerza ascensional. Este modo de construcción aumenta la resistencia mecánica de todo el aerogenerador y posibilita al mismo tiempo mantener bajo el peso del mástil de soporte y con ello el centro de gravedad en masa de todo el aerogenerador, así como también centrado. Aparte de eso la construcción de la unidad de soporte puede realizarse también por ello ligera y estable.
- 50 En un perfeccionamiento ventajoso del aerogenerador de acuerdo con la invención las unidades de lastre están configuradas como elementos de construcción con al menos lados superiores e inferiores aproximadamente horizontales, que unen en cada caso al menos dos de las unidades de fuerza ascensional en el estado operativo del aerogenerador, dispuestos por debajo de una línea de agua. Esta configuración contribuye a una posición estable y
- 55 tranquila del aerogenerador de acuerdo con la invención también en el caso de una mayor marejada. La marejada ejerce una fuerza de excitador oscilante sobre la estructura flotante del aerogenerador, estando determinada la frecuencia de esta oscilación, la frecuencia del excitador, mediante el tamaño y la forma de las olas. El elevado porcentaje en peso del lastre, por ejemplo del agua de lastre, y las superficies subacuáticas al menos aproximadamente horizontales de las unidades de lastre otorgan a la estructura flotante del aerogenerador una frecuencia propia reducida de su posición oscilante en el agua, que es mucho más baja que la frecuencia del
- 60 excitador de la marejada. Por ello aparece solo un efecto reducido de la fuerza de excitador oscilante sobre el

aerogenerador de modo que este en todo caso realiza pocos movimientos en caso de marejada.

En otra forma de realización del aerogenerador de acuerdo con la invención las unidades de fuerza ascensional presentan una sección transversal de línea de agua reducida. Como tal sección transversal de línea de agua está designada en este caso una superficie de sección transversal horizontal a través de las unidades de fuerza ascensional a la altura de la línea de agua en el estado de funcionamiento. Esta sección transversal de línea de agua determina junto con el peso específico de las unidades de fuerza ascensional a la altura de la línea de agua una variación mediante las unidades de fuerza ascensional de las fuerzas ascensionales provocadas en la variación de la profundidad de inmersión de las unidades de fuerza ascensional. En otras palabras la fuerza ascensional se genera mediante el volumen empujado y su densidad, en este caso la densidad del agua, según el principio de Arquímedes. Cuanto más reducida sea la sección transversal de línea de agua, también denominada superficie de línea de agua, más reducidas son las variaciones de las fuerzas ascensionales en la variación de la profundidad de inmersión de las unidades de fuerza ascensional. A la inversa, en el caso de marejada varía la profundidad de inmersión. En el caso de una sección transversal de línea de agua reducida esto lleva sin embargo solo a escasas variaciones de las fuerzas ascensionales que provocan vibraciones en el aerogenerador y con ello solo a movimientos reducidos del aerogenerador en caso de o mediante marejada.

Por otro lado una sección transversal de línea de agua demasiado reducida significa a su vez que las variaciones de las fuerzas ascensionales en caso de variación de la profundidad de inmersión de las unidades de fuerza ascensional se reducen demasiado. Una variación de la profundidad de inmersión por ejemplo mediante escorado del aerogenerador en caso de temporal provoca entonces solo una variación demasiado reducida de las fuerzas ascensionales y con ello una fuerza demasiado reducida sobre el aerogenerador para su adrizado automático.

Por el concepto de sección transversal de línea de agua reducida ha de entenderse por tanto en el marco de la presente invención una sección transversal de línea de agua que está dimensionada de manera tan reducida como sea posible sin que se produzca por ello una reducción de las fuerzas notablemente desventajosa sobre el aerogenerador para su adrizado automático, pudiendo tratarse el efecto desventajoso de esta reducción de las fuerzas sobre el aerogenerador también mediante la forma geométrica y posición de los elementos de fuerza ascensional al disponerse los elementos de fuerza ascensional por ejemplo lo más lejos posible en el exterior de la unidad de soporte.

Dado que la transmisión de la fuerza de excitador hacia la estructura flotante del aerogenerador depende del tamaño de la sección transversal de línea de agua y profundidad de inmersión o de emersión mediante la marejada y esta transmisión no es deseada las secciones transversales de línea de agua se han seleccionado lo más reducidas posible. Por ello la transmisión de la fuerza de excitador se mantiene reducida. También por ello la frecuencia propia del aerogenerador se mantiene reducida y se evita la aparición de una resonancia. El aerogenerador no ejerce por ello ningún movimiento brusco, sino que está situado tranquilo en el agua. En un cálculo de simulación para un ejemplo de dimensionamiento se determinó una aceleración en la góndola de por debajo de 0,4 g en el caso de una altura de ola significativa para los comportamientos por ejemplo en el mar del Norte de 5,0 m.

Otra forma de realización ventajosa más del aerogenerador de acuerdo con la invención se caracteriza por que las unidades de fuerza ascensional y/o las unidades de lastre están configuradas para favorecer la corriente, en particular para favorecer la corriente en una dirección al menos aproximadamente en paralelo al eje de rotación del al menos un rotor.

Dado que la dirección del viento y dirección de las olas por regla general no difieren mucho la una de la otra para la configuración que favorece la corriente en la dirección del eje de rotación del al menos un rotor se han seleccionado secciones transversales de línea de agua longitudinales, y las superficies frontales de las unidades de fuerza ascensional o de las unidades de lastre están aguzadas hacia adelante, es decir en contra de la dirección del viento y dirección de las olas, para partir la fuerte marejada con la menor fuerza posible. Por ello mediante marejada y/o corriente del agua se reducen las fuerzas aplicadas sobre el cable o cuerda de retención, el acoplamiento con el aerogenerador así como el punto de anclaje y por tanto la carga y el peligro de rotura de estos elementos de construcción.

Otra forma de realización preferida más del aerogenerador de acuerdo con la invención se caracteriza por una posición de centro de gravedad de masa y de fuerza ascensional al menos aproximadamente en el punto central geométrico de un plano horizontal de la unidad de soporte, es decir contemplado desde la vista en planta del aerogenerador. En particular en una configuración con tres unidades de fuerza ascensional dispuestas en un plano horizontal triangular el centro de gravedad de masa y de fuerza ascensional está dispuesto ventajosamente al menos aproximadamente en el centro, es decir en el centro geométrico del plano horizontal triangular. En la disposición del centro de gravedad de masa y de fuerza ascensional puede además realizarse ventajosamente también una consideración de la presión del viento en la dirección del eje de rotación del al menos un rotor, es decir en la dirección del viento en la posición de funcionamiento del aerogenerador, de modo que este también en el caso de una intensidad de viento mayor, en particular en caso de tempestad, no se escora de manera no deseada intensamente hacia sotavento.

Preferiblemente para una posición estable del aerogenerador en el agua en este sentido el centro de gravedad en masa está situado por debajo del centro de gravedad en fuerza ascensional. Sin embargo en el caso del aerogenerador de acuerdo con la invención puede mantenerse también todavía una posición estable en el agua cuando el centro de gravedad en masa se encuentra por encima del centro de gravedad en fuerza ascensional, en caso de escoraje del aerogenerador el centro de gravedad de fuerza ascensional mediante una inmersión más intensa a sotavento de la unidad de soporte se traslada hacia sotavento y este traslado se realiza configurando la unidad de soporte, en particular de las unidades de fuerza ascensional, en cuanto que enfrentado al centro de gravedad en masa se forma un brazo de palanca. Con ello se ocasiona un momento que provoca un adrizado del aerogenerador desde el escoraje. En este sentido se parte de que solo se traslada el centro de gravedad de fuerza ascensional. El centro de gravedad en masa permanece en su posición. De este modo se crea una distancia entre un vector de la fuerza ascensional con respecto a un vector del peso y con ello un momento de adrizado.

En otra forma de realización preferida del aerogenerador de acuerdo con la invención el cable configurado como combinación de una línea de corriente y de una cuerda de retención en el punto de anclaje puede unirse con un dispositivo de anclaje. Por ello se realiza de manera sencilla y eficaz un anclaje mecánico en el fondo del agua, sobre el que se hace funcionar el aerogenerador de acuerdo con la invención, por ejemplo sobre el fondo del mar, y al mismo tiempo una conexión eléctrica con disminución de la energía eléctrica obtenida a través del dispositivo de anclaje.

En una forma de realización preferida adicional del aerogenerador de acuerdo con la invención el mástil de soporte presenta una sección transversal configurada en forma de perfil, en particular una sección transversal configurada en forma de perfil a modo de ala y/o en forma de gota. El propósito de esta configuración reside en evitar remolinos de la corriente de aire detrás del mástil de soporte, mediante las cuales en otro caso tendrían que moverse las palas de rotor. En particular va a emplearse un perfil a modo de ala o en forma de gota. Especialmente preferible es una configuración con uno de los así llamados perfiles NACA, es decir una de las secciones transversales estandarizadas, bidimensionales, de perfiles de ala, tal como se han desarrollado por el anterior "National Advisory Committee for Aeronautics" (comité asesor nacional para aeronáutica) para el diseño de alas de avión. Con ello, de manera sencilla en comparación con una configuración del mástil de soporte por ejemplo con un perfil circular pueden alcanzarse corrientes de aire especialmente favorables, al menos aproximadamente exentas de remolinos

La configuración del mástil de soporte del aerogenerador en la forma de perfil fomenta además el adrizado automático del aerogenerador hacia la dirección del viento respectiva, es decir hacia sotavento, dado que el perfil en su dirección longitudinal está dispuesto al menos aproximadamente en la dirección del eje de rotación del rotor. Con ello en el caso de un flujo frontal del perfil se producen fuerzas sobre el perfil y con ello sobre el mástil de soporte esencialmente superiores en ángulo recto respecto a la dirección longitudinal y con ello respecto al eje de rotación que en el caso de un flujo frontal en la dirección del eje de rotación. Esto aumenta las fuerzas de retroceso para el adrizado automático y disminuye al mismo tiempo la presión del viento sobre el mástil de soporte en la orientación de funcionamiento óptima hacia el viento, lo que también disminuye la sollicitación del anclaje, es decir del cable y del acoplamiento.

La configuración del mástil de soporte del aerogenerador en la forma de perfil produce además la ventaja de que el mástil de perfil en la dirección de carga principal, en el caso de una orientación óptima hacia el viento ofrece el momento de resistencia mayor y por lo tanto puede dimensionarse con espesores de pared esencialmente más reducidos que por ejemplo un mástil de soporte con un perfil redondo, que presenta en cada dirección el mismo momento de resistencia y por tanto también debe diseñarse en una dirección de carga a un momento de resistencia elevado, en la que no aparezca una carga correspondientemente alta en el funcionamiento, y que por lo tanto estuviera sobredimensionada y con ello fuera innecesariamente cara y pesada.

Según una forma de realización preferida adicional del aerogenerador de acuerdo con la invención una unión en arrastre de fuerza, transmisora de energía entre el al menos un rotor y el al menos un generador eléctrico está configurado sin engranaje. Esta unión no presenta por lo tanto ningún engranaje entre rotor y generador, sino únicamente una transmisión de par de torsión al menos esencialmente rígida, lo que reduce igualmente el gasto de mantenimiento, fomenta la estabilidad en el funcionamiento permanente y disminuye las pérdidas de energía.

Breve descripción de los dibujos

En el dibujo están representados ejemplos de realización de la invención y se describen a continuación con más detalle, estando provistos los elementos coincidentes en todas las figuras con los mismos números de referencia y omitiéndose una descripción repetida de estos elementos. Muestran:

- la figura 1 un ejemplo para un aerogenerador de acuerdo con la invención en representación esquemática en perspectiva, y
- la figura 2 una vista lateral esquemática del ejemplo del aerogenerador según la figura 1.

Formas de realización preferidas de la invención

En ambas figuras un ejemplo de realización de un aerogenerador flotable marino de acuerdo con la invención se designa con el número de referencia 100. Este comprende una unidad de soporte 101, que está diseñada en

particular como unidad de flotador y está configurada con en cada caso tres unidades de lastre 102 y unidades de fuerza ascensional 103. En este sentido preferiblemente las unidades de fuerza ascensional 103 en un doble fondo están equipadas también con tanques de lastre. Las unidades de fuerza ascensional 103 están dispuestas en esquinas de un plano horizontal esencialmente triangular y unidas entre sí con en cada caso una de las unidades de lastre 102. En una primera de las unidades de fuerza ascensional 103 está dispuesto un mástil de soporte 104 en una ligera flecha, es decir inclinación hacia el centro del plano horizontal esencialmente triangular de la unidad de soporte 101. Sobre el mástil de soporte 104 en su extremo superior está dispuesta una góndola 105 de manera fija, es decir en particular no giratoria. La góndola 105 contiene un generador eléctrico no representado para cuyo accionamiento mediante energía eólica a sotavento del mástil de soporte 104 y con ello de la góndola 105 está dispuesto un rotor 106 que puede girar alrededor de un eje de rotación 117 orientado al menos esencialmente en horizontal en la posición de funcionamiento. Una unión entre el rotor 106 y el generador eléctrico tampoco no representada, en arrastre de fuerza, transmisora de energía está configurada preferiblemente sin engranaje. A aproximadamente la mitad de altura del mástil de soporte 104 a ambos lados están unidos puntales 107, en cada caso uno a cada lado, en el lado de los extremos con el mástil de soporte 104. Los puntales 107 están soportados en cada caso con sus otros extremos en una de las unidades de fuerza ascensional 103 en cada caso. De este modo por la unidad de soporte 101, el mástil de soporte 104 y los puntales 107 se forma una construcción en la forma de un tetraedro que ofrece una resistencia mecánica elevada así como una posición estable al flotar en el agua. La posición estable a la hora de flotar en el agua se produce también mediante la disposición de las unidades de lastre 102 y unidades de fuerza ascensional 103 entre sí. El lado de sotavento en el aerogenerador 100 representado en el funcionamiento se aclara adicionalmente mediante flechas 108 que simbolizan la dirección del viento en el funcionamiento del aerogenerador 100.

El mástil de soporte 104 presenta a lo largo de un plano de corte A-A una sección transversal configurada en forma de perfil, en particular una sección transversal configurada en forma de perfil a modo de ala y/o en forma de gota, que está reproducida en la figura 2 con el número de referencia 109 en un esbozo en detalle. Mediante esta forma de perfil en este caso preferiblemente simétrica con respecto a un eje longitudinal se ofrece una configuración para favorecer la corriente con un flujo alrededor exento de remolinos a través del aire, escasa resistencia al viento y el momento de resistencia máximo en la dirección de carga principal en el caso de una orientación óptima hacia el viento. Por ello el mástil de soporte 104 está construido ligero y a pesar de ello extremadamente resistente. Preferiblemente los puntales 107 están diseñados con la misma forma de perfil o una esencialmente similar o coincidente para alcanzar también en este caso un flujo alrededor óptimo con escasa resistencia al viento con resistencia elevada y bajo peso. Por ello se alcanza no solo la estabilidad mecánica de todo el aerogenerador, sino también el mantenimiento de una posición de centro de gravedad en masa baja y de una resistencia al viento reducida de todo el aerogenerador.

El aerogenerador 100 se orienta en el funcionamiento automáticamente según la dirección del viento de modo que el mástil de soporte 104 está a barlovento y el rotor 106 en sotavento. Dado que el aerogenerador 100 en el funcionamiento sobre el agua, sobre la que se utiliza, flota, esta orientación se realiza mediante un giro correspondiente de todo el aerogenerador 100 sobre el agua. Para ello el aerogenerador para la retención en una posición de funcionamiento, es decir la posición sobre el agua, en la que se hace funcionar, puede unirse mediante un único cable 110 configurado como combinación de una línea de corriente y una cuerda de retención con un único punto de anclaje 111, estando dispuesto un acoplamiento 112 en un único punto de unión 118 entre el cable 110 y el aerogenerador 100 y está configurado para formar una conexión eléctrica con un acoplamiento deslizante y para formar una transmisión de potencia mecánica con un acoplamiento giratorio. Para estos elementos de construcción del acoplamiento 112 se utilizan formas de construcción conocidas en sí, de modo que para acoplamiento 112 y cable 110 se forma en conjunto una realización sencilla y fiable. Como resultado en este sentido las fuerzas mecánicas que aparecen al menos aproximadamente por completo se absorben mediante el acoplamiento giratorio de modo que el acoplamiento deslizante de cargas mecánicas se mantiene libre mediante fuerzas que aparecen al retenerse el aerogenerador en la posición de funcionamiento.

El lastre alojado en las unidades de lastre 102 se forma por ejemplo mediante agua, pero pueden utilizarse también otras sustancias líquidas, o también al menos parcialmente lastre sólido. Ventajosamente, en al menos una parte de las unidades de lastre 102 se lleva a cabo una subdivisión en, por ejemplo varios tanques de lastre, o una combinación de elementos de lastre sólidos y tanques de lastre o similares con el fin de obtener una mejor capacidad de estibado del aerogenerador 100. También son previsibles dispositivos con los cuales se posibilita una estibado del lastre también durante el funcionamiento, por ejemplo para adaptar condiciones meteorológicas variables en sí como marejada, intensidad del viento, y similares.

En las unidades de fuerza ascensional 103 para la generación de la fuerza ascensional necesaria está dispuesto en particular aire u otro gas, dado el caso un gas inerte para reducir la corrosión. También las unidades de fuerza ascensional 103 pueden estar llenas opcionalmente al menos en parte con espumas que contienen gas, por ejemplo espumas de plástico, por lo que también se da una mayor capacidad de resistencia frente a averías u otras fugas, y con ello una mayor seguridad frente al hundimiento. Las unidades de lastre 102 y unidades de fuerza ascensional 103 forman en su disposición especial una configuración de la unidad de soporte 101 de tal modo que se realiza un adrizado automático del aerogenerador también en caso de intenso escoraje debido a la marejada y comportamientos del viento especiales. Con ello se obtiene igualmente una elevada seguridad ante deterioros en el funcionamiento, daños o incluso pérdida del aerogenerador 100.

5 En el aerogenerador 100 representado las unidades de lastre 102 están configuradas como elementos de construcción dispuestos en el estado operativo del aerogenerador 100 por debajo de una línea de agua 113, hasta la cual el aerogenerador se sumerge en el estado de funcionamiento con al menos lados superiores e inferiores 114 o 115 aproximadamente horizontales y unen, como ya se ha descrito, en cada caso al menos dos de las unidades de fuerza ascensional 103. Los lados superiores e inferiores 114 o 115 al menos aproximadamente horizontales proporcionan al aerogenerador 100 una frecuencia propia reducida de sus vibraciones en el agua, es decir en particular de sus movimientos de rodadura y de cabeceo en caso de marejada, y reducen por lo tanto estos movimientos.

10 Las unidades de fuerza ascensional 103 presentan una sección transversal de línea de agua reducida, es decir una superficie de sección transversal horizontal reducida a la altura de la línea de agua 113. Por ello las fuerzas ascensionales de la marejada que incitan a las oscilaciones del aerogenerador 100 hacia la unidad de soporte 101 y con ello los movimientos provocados mediante estas fuerzas ascensionales en caso de marejada disminuye. Además en particular las unidades de fuerza ascensional 103 y ventajosamente también las unidades de lastre 102 están configuradas para favorecer la corriente, en particular para favorecer la corriente en la dirección al menos aproximadamente en paralelo al eje de rotación 117 del rotor 106. Para ello en particular las unidades de fuerza ascensional 103 en sus zonas de extremo orientadas en contra de la corriente de agua y de aire que aparece esencialmente en la posición de funcionamiento esencialmente están configuradas terminando en punta.

En conjunto la unidad de soporte 101 descrita anteriormente está configurada con las unidades de lastre 102 y las unidades de fuerza ascensional 103 como plataforma de perforación semisumergible.

20 La configuración para favorecer la corriente de la unidad de soporte 101, del mástil de soporte 104, de los puntales 107 así como además también de la góndola 105 provoca una disminución de las fuerzas aplicadas mediante marejada o corriente del agua así como fuerzas del viento sobre el cable 110, el acoplamiento 112 y el punto de anclaje 111, por lo que los elementos de construcción mencionados en último lugar se solicitan por un lado de manera más reducida y con ello están mejor protegidos frente a fallos y por otro lado pueden realizarse de manera correspondientemente más ligera y con ahorro de material.

25 En el aerogenerador 100 representado la posición tanto del centro de gravedad en masa como de fuerza ascensional se encuentra al menos aproximadamente ventajosamente en el punto central geométrico de la vista en planta de la unidad de soporte 101. Con ello se da una seguridad lo más independiente de la dirección posible frente a la zozobra del aerogenerador 100 en caso de escoraje en tempestad o en condiciones difíciles del mar. En la fijación de los centros de gravedad puede considerarse adicionalmente la presión del viento; por ejemplo puede llevarse a cabo un traslado del lastre mediante bombeo de agua de lastre, según la presión del viento y con ello un escoraje del aerogenerador 100, para mantener siempre una posición recta en el agua, es decir una posición sin escoraje.

30 El aerogenerador 100 está conectado a través del cable 110 configurado como combinación de una línea de corriente y de una cuerda de retención en el punto de anclaje 111 con un dispositivo de anclaje 116, a través del cual tanto se produce tanto un anclaje mecánico del aerogenerador 100 en el fondo del agua, en particular en el fondo del mar 117, como una conexión eléctrica con una red de distribución y de transporte de energía eléctricas. Un dispositivo de anclaje 116 de este tipo se forma por ejemplo mediante un elemento de hormigón, preferiblemente mediante un elemento de hormigón que puede llenarse, en el lugar de funcionamiento y de anclaje, con lastre adicional como agua o en particular arena. En lugar del elemento de hormigón el dispositivo de anclaje 116 puede presentar también un elemento de acero.

En un ejemplo de dimensionamiento el aerogenerador 100 presenta las siguientes medidas:

- altura del lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102, hasta el eje de rotación 117 del rotor 106: $H = 105 \text{ m}$;
- 45 • profundidad de inmersión entre la línea de agua 113 y el lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $T = 6,50 \text{ m}$;
- distancia entre el punto de unión 118, es decir del acoplamiento 112, y el lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $K = 17,50 \text{ m}$;
- grosor de perfil de la sección transversal 109 del mástil de soporte 104: $D = 3,00 \text{ m}$;
- 50 • diámetro del círculo de giro del rotor 106: $DR = 154,00 \text{ m}$;
- distancia del círculo de giro del lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $HD = 28,00 \text{ m}$;

que en el funcionamiento se corresponde con una distancia del círculo de giro de la línea de agua 113 de 21,50 metros.

55 En un ejemplo de dimensionamiento adicional el aerogenerador 100 presenta las siguientes medidas que difieren de las anteriores, siendo los demás parámetros iguales:

- altura del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102 hasta el eje de rotación 117 del rotor 106: $H = 111,50$

- m;
- profundidad de inmersión entre la línea de agua 113 y el lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $T = 13,00$ m;
 - distancia entre el punto de unión 118, es decir el acoplamiento 112, y el lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $K = 24,00$ m;
 - distancia del círculo de giro del lado inferior de la unidad de soporte 101, es decir del lado inferior 115 de los elementos de lastre 102: $HD = 34,50$ m

Este último ejemplo de dimensionamiento con respecto a su estabilidad frente al viento y marejada se señala como especialmente favorable.

- 10 Para completar cabe señalar que la representación en las figuras 1 y 2 no se ha llevado a cabo para todos los ejemplos de realización o ejemplos de dimensionamiento del aerogenerador de acuerdo con la invención 100 a una escala exacta.

REIVINDICACIONES

1. Aerogenerador marino flotable (100) que comprende las siguientes características:

- el aerogenerador (100), mediante un cable (110) configurado como combinación de una línea de corriente sujeta al menos aproximadamente sin carga y de una cuerda de retención que absorbe al menos en gran parte todas las fuerzas mecánicas que aparecen para retener el aerogenerador (100) en un único punto de anclaje (111) estacionario de manera que puede moverse en seis grados de libertad, puede unirse al punto de anclaje (111), estando dispuesto un acoplamiento (112) en un único punto de unión (118) entre el cable (110) y el aerogenerador (100) y configurado para formar una conexión eléctrica con un acoplamiento deslizante y para formar una transmisión de potencia mecánica con un acoplamiento giratorio;
- el aerogenerador (100) presenta una unidad de soporte (101), en particular una unidad de flotador que está configurada como estructura semisumergible con unidades de lastre (102) y unidades de fuerza ascensional (103);
- el aerogenerador (100) presenta un mástil de soporte (104) unido fijamente a la unidad de soporte (101) con una góndola (105) dispuesta fijamente sobre esta con al menos un rotor (106) y al menos un generador eléctrico;
- entre el punto de unión (118) y un plano de giro esencialmente vertical del rotor (106) está configurada una distancia horizontal lo más alta posible.

2. Aerogenerador (100) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** el acoplamiento (112) está suspendido en cardán con el acoplamiento deslizante y/o el acoplamiento giratorio en el aerogenerador (100).

3. Aerogenerador (100) según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** la unidad de soporte (101) presenta en cada caso tres unidades de lastre (102) y unidades de fuerza ascensional (103), estando dispuestas las unidades de fuerza ascensional (103) en al menos aproximadamente las esquinas de un plano horizontal triangular, al menos en gran parte simétrico, con respecto a un eje de rotación (117) del al menos un rotor (106), y extendiéndose en cada caso una de las unidades de lastre (102) entre en cada caso dos de las unidades de fuerza ascensional (103).

4. Aerogenerador (100) según la reivindicación 3, **caracterizado porque** las unidades de fuerza ascensional (103) presentan dobles fondos con unidades de lastre adicionales.

5. Aerogenerador (100) según las reivindicaciones 3 o 4, **caracterizado porque** el mástil de soporte (104) está dispuesto sobre la unidad de fuerza ascensional (103) central con respecto al plano horizontal triangular, al menos en gran parte simétrico al eje de rotación (117) del al menos un rotor (106).

6. Aerogenerador (100) según las reivindicaciones 3, 4 o 5, **caracterizado por** en cada caso al menos un, en particular en cada caso un puntal (107) para configurar una unión entre el mástil de soporte (104) y las unidades de fuerza ascensional (103) dispuestas a los lados del eje de rotación (117) en el plano horizontal triangular, al menos en gran parte simétrico al eje de rotación (117) del al menos un rotor (106).

7. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las unidades de lastre (102) están configuradas como elementos de construcción dispuestos en el estado operativo del aerogenerador (100) por debajo de la línea de agua (113) que unen en cada caso al menos dos de las unidades de fuerza ascensional (103) con al menos lados superiores e inferiores aproximadamente horizontales (114, 115).

8. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las unidades de fuerza ascensional (103) presentan una sección transversal de línea de agua reducida.

9. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las unidades de fuerza ascensional (103) y/o las unidades de lastre (102) están configuradas para favorecer la corriente, en particular para favorecer la corriente en una dirección al menos aproximadamente en paralelo al eje de rotación (117) del al menos un rotor (106).

10. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por** una posición de centro de gravedad de masa y de fuerza ascensional al menos aproximadamente en el punto central geométrico de un plano horizontal de la unidad de soporte (101).

11. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el cable (110) configurado como combinación de una línea de corriente y de una cuerda de retención puede unirse en el punto de anclaje (111) a un dispositivo de anclaje (116).

12. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el mástil de soporte (104) presenta una sección transversal (109) configurada en forma de perfil, en particular una sección transversal (109) configurada en forma de perfil a modo de ala y/o en forma de gota.

13. Aerogenerador (100) según una o varias de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una unión en arrastre de fuerza, transmisora de energía entre el al menos un rotor (106) y el al menos un generador eléctrico, está configurada sin engranaje.

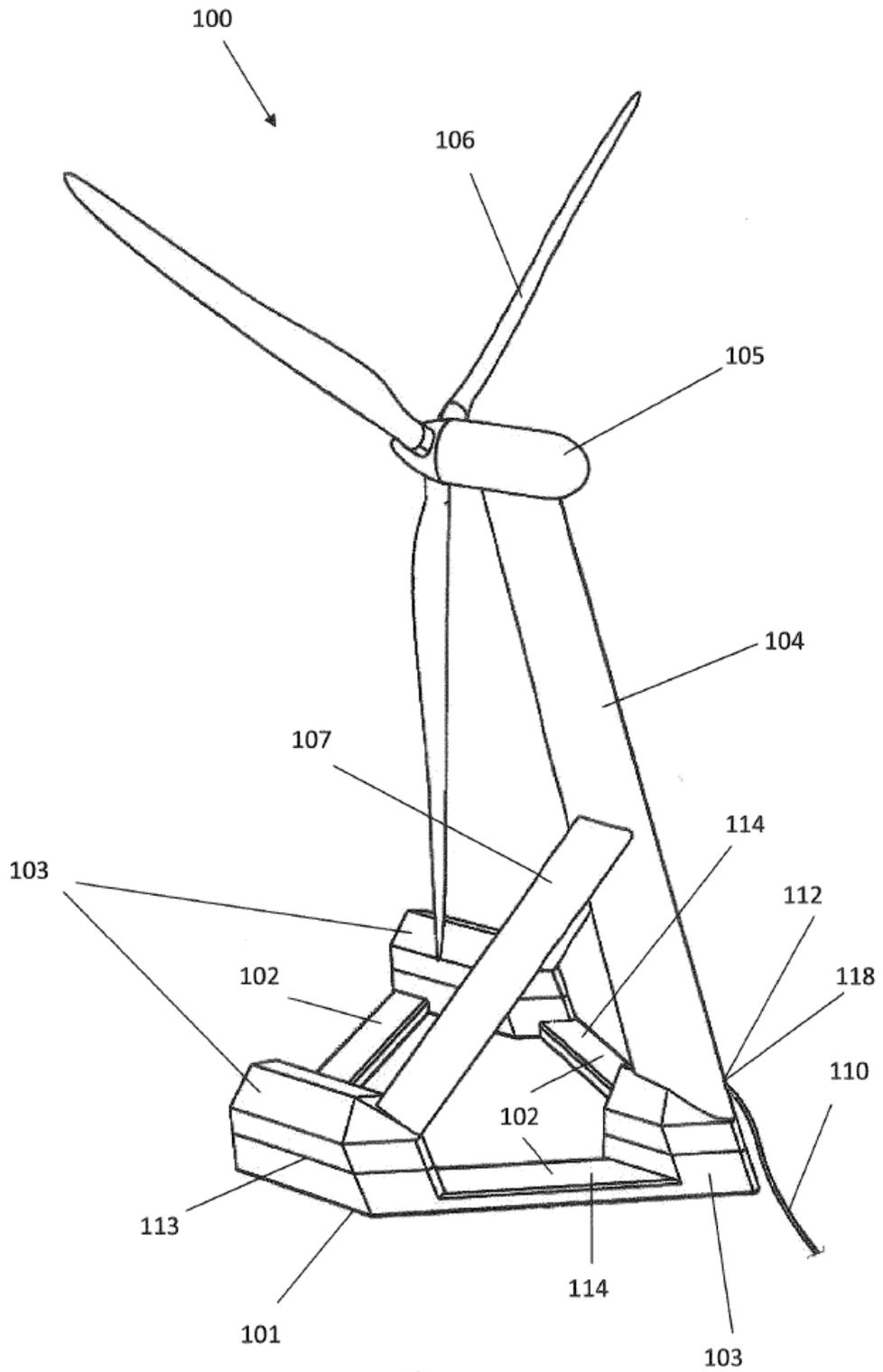


Fig. 1

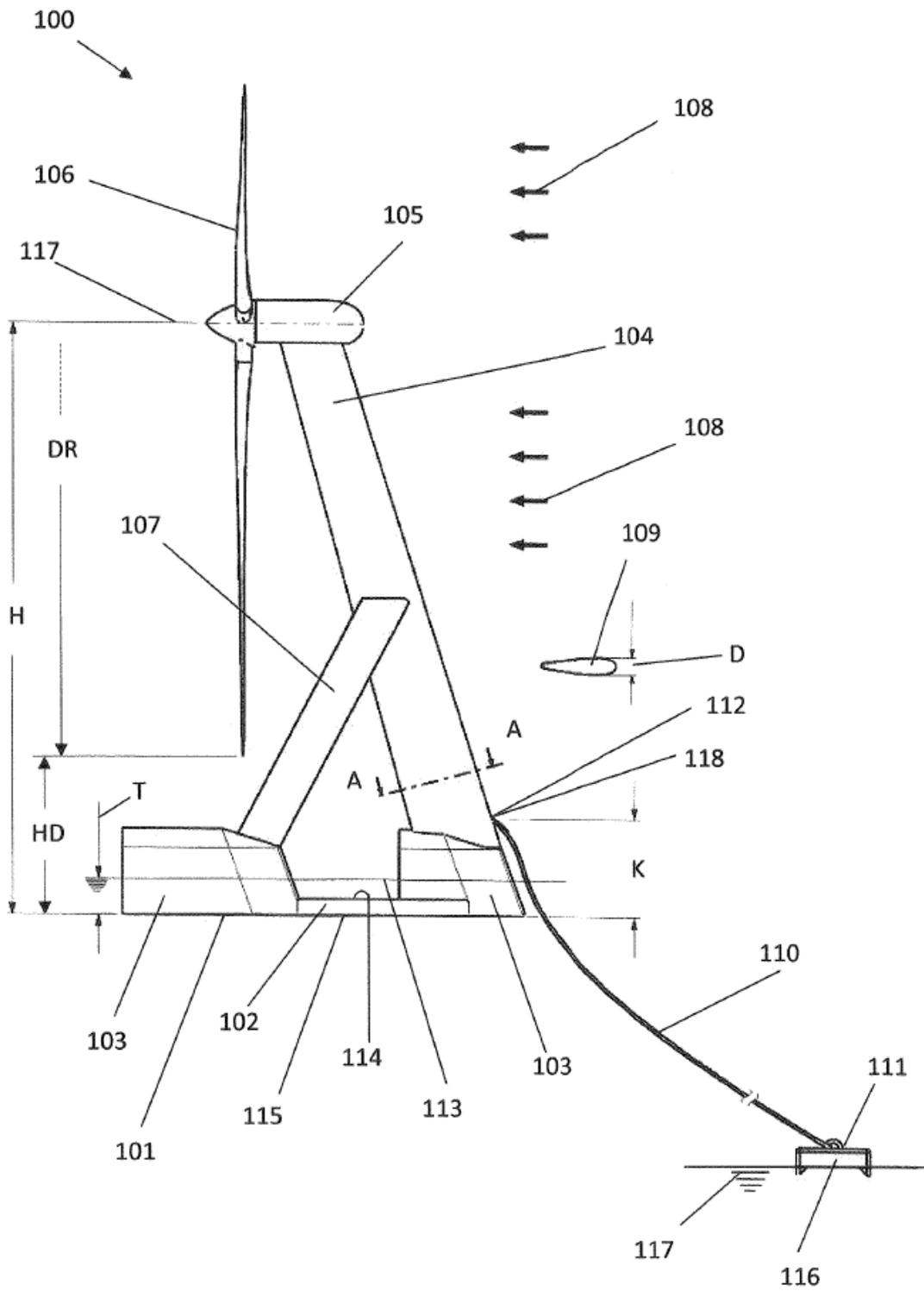


Fig. 2