

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 619**

51 Int. Cl.:

F03D 1/04

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2011 E 11726762 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2721288**

54 Título: **Concepto mecánico y eléctrico alternativo para parques eólicos marinos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2015

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**VON GRÜNBERG, HUBERTUS y
TERWIESCH, PETER**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 541 619 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

Concepto mecánico y eléctrico alternativo para parques eólicos marinos

CAMPO TÉCNICO

5 El presente invento se refiere a un conjunto de turbinas eólicas marino, por ejemplo comprendido en una central de producción de energía eólica marina o parque eólico marino. Específicamente, el presente invento se refiere a un conjunto de turbinas eólicas marino que comprende una pluralidad de turbinas eólicas interconectadas por medio de una disposición de cables.

ANTECEDENTES

10 La energía eléctrica en las redes públicas de energía, o en las redes de servicio público, es suministrada por una variedad de fuentes de energía que convierten energía mecánica en energía eléctrica. Con los costes siempre crecientes de combustibles fósiles y los posibles daños medioambientales resultantes de la generación de energía que utiliza combustibles fósiles, una fracción creciente de la energía eléctrica que soportan las redes públicas de energía es generada en centrales de energía que utilizan fuentes de energía renovable. Las centrales de energía eólica son un ejemplo de tales centrales de energía. En una central o parque de energía eólica, un gran número de turbinas eólicas, típicamente en número de decenas o centenas o más, pueden estar conectadas a una red de energía con el fin de generar y suministrar energía eléctrica a consumidores, que en general están situados remotamente o a distancia con respecto a las turbinas eólicas. La energía generada en las turbinas eólicas es enviada a través de líneas de transmisión o de distribución de la red de energía a los consumidores.

20 Los parques eólicos marinos, es decir los parques eólicos situados en el mar a una distancia de la línea de costa, son un mercado creciente, por ejemplo debido al menor impacto visual con respecto al que los parques eólicos marinos circundantes pueden tener comparados con los parques eólicos instalados en una ubicación en la costa, es decir situados en tierra, o en el agua relativamente próximos a las líneas de costa. Además, situando los parques eólicos lejos de la costa los perjuicios a los residentes causados por la cantidad generalmente significativa de ruido generado por las turbinas eólicas pueden ser mitigados o eliminados. Además, situar las turbinas eólicas en tierra puede no ser siempre deseable, ya que en general se desea que las palas o álabes del rotor de la turbina eólica estén situados en un flujo laminar de aire, cuya exigencia puede no siempre ser satisfecha para los parques eólicos en la costa, por ejemplo debido a la presencia de distintos obstáculos tales como colinas, bosques, edificios y otras estructuras, etc.

30 Se ha vuelto cada vez más común situar los conjuntos de turbinas eólicas lejos de la costa a una distancia de la línea de costa en la que las profundidades de agua permiten que las turbinas eólicas sean unidas de modo fijo a una cimentación o fundación prevista en el fondo del mar o en el lecho marino. En las ubicaciones lejos de la costa, el flujo de aire no es perturbado por la presencia de distintos obstáculos tal como se ha mencionado anteriormente. Además, como se ha mencionado antes, la localización lejos de la costa de los conjuntos de turbinas eólicas puede ser deseada desde un punto de vista estético.

35 Las estructuras de cimentación o fundación utilizadas para acomodar y/o soportar las turbinas eólicas lejos de la costa pueden comprender cimentaciones de un solo pilote, que pueden ser utilizadas para disponer de modo fijo las torres de las turbinas eólicas en un parque eólico marino en ubicaciones submarinas de aguas relativamente poco profundas, es decir, en el lecho marino. Las profundidades de agua en tales ubicaciones submarinas de aguas poco profundas donde las cimentaciones de un solo pilote pueden ser utilizadas de manera factible típicamente son de entre 10 a 40 m.

40 Para muchas costas, la profundidad del agua aumenta rápidamente con la distancia desde la línea de costa. Las estructuras de cimentación fijas, tales como las mencionadas anteriormente, pueden dar origen a costes prohibitivamente elevados a grandes profundidades de agua de aproximadamente 50-80 m. Además, la instalación de cimentaciones de un solo pilote a tan grandes profundidades de agua pueden ser asociadas con problemas técnicos que pueden ser difíciles de manejar.

45 Con este fin, se han propuesto estructuras que pueden flotar para ubicar turbinas eólicas lejos de la costa por ejemplo en los documentos WO2009/064737 y US2010/0278630. Un tipo de tales estructuras que pueden flotar comprende una cámara de flotabilidad sumergida que soporta una turbina eólica con la torre de la turbina eólica dispuesta sobre la cámara de flotabilidad. Una parte de la cámara de flotabilidad sumergida puede ser llenada con un balasto adecuado previsto con el fin de situar el centro de gravedad suficientemente por debajo del centro de flotabilidad de la parte sumergida de la estructura a fin de obtener una cimentación estable para la turbina eólica. En general, el balasto debe ser elegido de tal modo que el peso del balasto sea tan alto como para que contrarreste de manera suficiente las fuerzas del viento y de las olas que actúan sobre la turbina eólica. Tal estructura que puede flotar es anclada típicamente de manera individual en el lecho marino. Sin embargo, particularmente debido a las exigencias de peso elevado del balasto, tales estructuras que pueden flotar están en general asociadas con elevados costes con respecto entre otras cosas a la instalación.

55 En vista de la descripción anterior, un objetivo del presente invento es proporcionar un conjunto de turbinas eólicas marino que pueda permitir la reducción de costes, entre otras cosas con respecto a la instalación.

Para abordar el objetivo y otros objetivos, se ha proporcionado un conjunto de turbinas eólicas marino de acuerdo con la reivindicación independiente. Realizaciones preferidas están definidas por las reivindicaciones dependientes.

5 Generalmente, durante el funcionamiento de un conjunto de turbinas eólicas marino que comprende una pluralidad de turbinas eólicas puede ser útil poder limitar el ángulo de inclinación de la torre de cada turbina eólica con relación a la dirección vertical de modo que esté dentro de un rango predeterminado de ángulos de inclinación. Un ángulo de inclinación 'objetivo' de la torre de cada turbina eólica con relación a la dirección vertical, es decir un ángulo de inclinación preferido de la torre de cada turbina eólica con relación a la dirección vertical, puede ser sustancialmente 0°. Sin embargo, en el caso de que los rotores de las turbinas eólicas son del tipo de viento descendente, es decir cuando los rotores están dispuestos en el lado de sotavento de las torres de turbina eólica respectivas, un ángulo de inclinación objetivo puede ser de unos pocos grados, por ejemplo 2-5°, o de hasta 10°. Las góndolas de las turbinas eólicas pueden en este caso estar dispuestas en un ángulo con respecto a las torres respectivas, de tal modo que el rotor respectivo esté dispuesto sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. Sin embargo, durante el funcionamiento del conjunto de turbinas eólicas marino, las fuerzas del viento que actúan sobre cada turbina eólica serán transformadas parcialmente en energía rotacional de las palas y de los componentes mecánicos asociados del generador de turbina eólica y parcialmente transformadas en un momento que tiende a inclinar la torre de la turbina eólica en la dirección en la que actúa la fuerza del viento, por lo que el eje longitudinal de la torre de la turbina eólica puede tender a asumir un ángulo con relación a la dirección vertical situado fuera del rango tolerado de ángulos de inclinación.

20 Lo esencial del presente invento es proporcionar mallas o redes de cables y puestas en al menos dos niveles respectivos a lo largo de la dirección longitudinal de las torres de las turbinas eólicas que pueden flotar en un conjunto de turbinas eólicas marino. Por tanto, las mallas o redes de cables están dispuestas en al menos dos niveles diferentes a lo largo de la dirección longitudinal de las torres de turbinas eólicas que pueden flotar. La malla de cables en cada nivel interconecta las turbinas eólicas en el conjunto de modo que se mantenga sustancialmente la posición de cada turbina eólica con relación al conjunto cuando el conjunto completo es ubicado en una posición lejos de la costa. Al mismo tiempo, por medio de la disposición de mallas de cables puede conseguirse una orientación erecta de la torre de cada turbina eólica en el conjunto, ajustando de manera apropiada la separación entre niveles de las mallas de cables. Mediante la previsión de tal disposición de malla o red de cables, puede conseguirse un modo menos costoso de estabilizar las torres de turbina eólica en un conjunto de turbinas eólicas, por ejemplo un parque eólico, contra fuerzas debidas al viento, a las corrientes de agua y/o a las olas a las que las turbinas eólicas en el conjunto pueden ser sometidas cuando el conjunto está ubicado en una posición lejos de la costa, comparada con utilizar una cámara de flotabilidad sumergida llena con un balasto de peso apropiado para cada turbina eólica en el conjunto para estabilizar la turbina eólica contra las fuerzas del viento, de las corrientes de agua y/o de las olas durante el funcionamiento de la turbina eólica.

35 De acuerdo con un primer aspecto del presente invento, se ha proporcionado un conjunto de turbinas eólicas marino que comprende una pluralidad de turbinas eólicas adaptadas para poder flotar en el agua cuando están situadas en una ubicación lejos de la costa. Cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas comprende una estructura de soporte adaptada para estar parcialmente sumergida en agua cuando es situada en la ubicación lejos de la costa. La estructura de soporte tiene un eje longitudinal. Cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas está conectada con al menos una de las otras turbinas eólicas por medio de cables, que están dispuestos de tal modo que cables respectivos se extienden desde al menos una primera y una segunda posición que son diferentes una de otra a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica para corresponder al menos a una primera y una segunda posición que son diferentes entre sí a lo largo del eje longitudinal de cada estructura de soporte de una respectiva al menos de las otras turbinas eólicas.

En otras palabras, cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas está conectada con al menos una de las otras turbinas eólicas por medio de cables de tal modo que la pluralidad de turbinas eólicas están interconectadas.

45 El conjunto de turbinas eólicas marino comprende además un sistema de recogida de energía y/o comunicaciones que interconecta cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que el sistema de recogida de energía y/o comunicaciones está al menos comprendido parcialmente en al menos algunos de los cables que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas, estando adaptados los sistemas de recogida de energía y/o de comunicaciones al menos para recoger, transportar o distribuir energía generada por la pluralidad de turbinas eólicas.

50 Cuando están situadas en la ubicación lejos de la costa, la pluralidad de turbinas eólicas puede ser sometida a fuerzas causadas por condiciones externas.

55 Los cables pueden estar dispuestos de tal modo que las distancias entre al menos una primera y una segunda posición a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas es tal que impide, inhibe y/o contrarresta los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación y/o posición de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a una dirección vertical que es paralela con un eje gravitatorio, cuyos cambios de orientación harían que un ángulo de inclinación del eje longitudinal de la estructura de soporte con relación a la dirección vertical exceda de un ángulo predeterminado.

Por tanto, la distancia entre al menos una primera y una segunda posición a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas puede ser tal que establezca cada una de la pluralidad de

turbinas eólicas contra fuerzas causadas por condiciones externas, a cuyas fuerzas está sometida cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas.

5 La magnitud del ángulo predeterminado puede tener en cuenta un ángulo de inclinación objetivo distinto de cero de la estructura de soporte o torre de cada turbina eólica con relación a la dirección vertical tal como se ha descrito en lo que precede.

Como se ha descrito anteriormente, por medio del presente invento puede conseguirse un modo menos costoso de proporcionar un conjunto de turbinas eólicas marino, por ejemplo que forma parte o constituye una central de energía eólica.

10 Por medio de la disposición de cables de acuerdo con el presente invento que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas, la necesidad de anclar o amarrar cada turbina eólica, o la estructura de soporte de cada turbina eólica, en el conjunto de turbinas eólicas al fondo del mar puede ser mitigada o incluso completamente eliminada. El presente invento puede permitir que solamente una o más turbinas eólicas por ejemplo situadas en la periferia del conjunto de turbinas eólicas, sean ancladas. Esto está descrito adicionalmente a continuación.

15 Mediante el presente invento mitigando o incluso evitando la necesidad de estructuras de cimentación tales como cimentaciones de de un solo pilote, el proceso de instalación para un conjunto de turbinas eólicas de acuerdo con el presente invento en una ubicación lejos de la costa puede conllevar una complejidad reducida. Aunque la Solicitante no desea estar limitada a ninguna teoría, se ha considerado que un conjunto de turbinas eólicas de acuerdo con el presente invento, puede ser instalado en una ubicación lejos de la costa de la siguiente manera. Las turbinas eólicas que han de ser incluidas en el conjunto son posicionadas en alguna formación cerca de la costa en aguas relativamente poco profundas. Las turbinas eólicas son a continuación arrastradas o remolcadas a la ubicación deseada en el mar por medio de un remolcador o similar. Una vez que cada turbina eólica esta situada sustancialmente en la posición deseada con relación a las otras turbinas eólicas, la disposición de cable es instalada. Posiblemente, una o unas pocas de las turbinas eólicas situadas en la periferia del conjunto de turbinas eólicas están conectadas al lecho marino.

25 La estructura de soporte puede por ejemplo comprender una torre y/o una plataforma semi-sumergible de la turbina eólica respectiva.

Por tanto, los cables pueden estar dispuestos de modo que se extiendan desde la torre de las turbinas eólicas respectivas y/o de modo que se extiendan desde una plataforma semi-sumergible o similar, por ejemplo adaptada para soportar la torre.

30 Las condiciones externas pueden comprender cargas medioambientales a las que está sometida cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas, tales como vientos, corrientes de agua y/u olas de intensidad y dirección variables que ejercen fuerzas sobre cada turbina eólica. Por tanto, las fuerzas causadas por condiciones externas pueden ser fuerzas que actúan sobre una turbina eólica y/o una estructura de soporte de la turbina eólica causadas por que la turbina eólica/o la estructura de soporte están sometidas, por ejemplo, a vientos, corrientes de agua y/u olas de intensidad y dirección variables.

35 En el contexto del presente invento, por cables se quiere indicar cadenas, cables metálicos, cuerdas, y/o cabos de amarre, etc. Cada uno de estos puede estar hecho de un material adecuado, por ejemplo, de acero, de polímero, de metal, de una aleación y/o de compuestos de los mismos.

En el contexto de la presente solicitud, por cabo de amarre se ha querido indicar un cable o cuerda relativamente grueso típicamente utilizado para amarrar o remolcar un barco o un buque.

40 El eje gravitatorio puede ser paralelo a la dirección del campo de gravedad.

Cada uno de los cables puede tener una tensión predeterminada, en que la tensión predeterminada en cada uno de los cables respectivos es tal que impide los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

45 El conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un dispositivo de control de tensión adaptado para ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical mencionada anteriormente, cuyos cambios de orientación harían que un ángulo de inclinación del eje longitudinal de la torre con relación a la dirección vertical exceda de un ángulo predeterminado.

50 Por medio de tal dispositivo de control de tensión puede conseguirse un ajuste activo y/o pasivo y/o control de tensión en los cables. Esto está descrito adicionalmente a continuación.

El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para ajustar de manera independiente la tensión en cables respectivos de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical. Por tanto, la

tensión en cada cable puede ser ajustada de manera independiente con respecto al ajuste de tensión en otros cables.

Por medio del dispositivo de control de tensión puede conseguirse un ajuste pasivo y/o control de tensión en los cables. Con este fin, el dispositivo de control de tensión puede comprender por ejemplo al menos un miembro de resorte, un miembro de péndulo mecánico y un miembro deflector de olas, para efectuar el ajuste de tensión en los cables. Esta lista no es exhaustiva.

5

El miembro deflector de olas puede estar adaptado para impedir, mitigar o contrarrestar que las olas golpeen en la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas de modo que impida, mitigue o contrarreste las fuerzas que causan el movimiento y la inclinación indeseados de la estructura de soporte.

Alternativa u opcionalmente, por medio del dispositivo de control de tensión puede conseguirse un ajuste y/o control de tensión activos en los cables. Con este fin, el conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un sensor de orientación adaptado para detectar el ángulo de inclinación del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical. El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para, sobre la base del ángulo de inclinación detectado, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

10

15

Alternativa u opcionalmente, el conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un sensor de tensión adaptado para detectar la tensión en cables respectivos. El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para, sobre la base de la tensión detectada en los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

20

Alternativa u opcionalmente, el conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un sensor de estado operativo adaptado para detectar el estado operativo de los cables respectivos. El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para, sobre la base del estado operativo de los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

25

El estado operativo de un cable puede comprender por ejemplo el fallo del cable, es decir, un estado del cable en el que ha cesado de funcionar como se pretende, por ejemplo debido a una conexión del cable a una estructura de soporte que se ha soltado o perdido. El estado operativo de un cable puede comprender un estado de degradación del cable tal que el cable sea incapaz de resistir una tensión predefinida.

30

Alternativa u opcionalmente, el sensor de estado operativo puede estar adaptado para detectar por ejemplo si una turbina eólica está en un estado de giro en vacío, es decir que no produce ninguna energía o que solamente produce energía por debajo de un valor de umbral predefinido, o en un estado que no es de giro en vacío y/o si una turbina eólica ha sido retirada del conjunto de turbinas eólicas, por ejemplo retirada temporalmente del conjunto de turbinas eólicas para reparaciones, etc. Sobre la base de la detección, el dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

35

El sensor de estado operativo puede estar adaptado para detectar si los cables respectivos son conformes a un criterios de fallo de cable predeterminados. El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para, sobre una condición de que al menos un cable es conforme a los criterios de fallo predeterminados, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

40

La detección del sensor de estado operativo como se ha descrito en lo que precede puede ser realizada por una unidad de tratamiento, que ejecuta instrucciones o software ejecutables por ordenador apropiados para controlar el dispositivo de control de tensión, sobre la base de funcionamiento del dispositivo de control de tensión.

45

Por ejemplo, en caso de que fallen uno o más cables, la tensión en uno o más de los cables, o en todos los cables, puede ser ajustada de nuevo de modo que compense o tenga en cuenta el cable o cables que han fallado.

La conformidad con los criterios de fallo de cable predeterminados puede estar basada por ejemplo en lógica difusa o alguna otra forma de lógica o estadística.

50

Además u opcionalmente, el conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender algunos cables 'redundantes' como una medida de seguridad en caso de que uno o más cables fallen, interconectando los cables redundantes turbinas eólicas del mismo modo que se ha descrito en lo que precede. De este modo, puede asegurarse que en caso de que uno o más cables fallen los cables que aún funcionan son capaces de, mediante su disposición, impedir los cambios debidos a fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

55

En el contexto de la presente solicitud, por cables redundantes se quiere indicar los cables que normalmente no son requeridos con el fin de gestionar para impedir los cambios debidos a fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical, pero que pueden ser requeridos en caso de que uno o más de los cables fallen.

5 Tales cables redundantes pueden por ejemplo estar dispuestos en el conjunto de turbinas eólicas en que se espera que las cargas medioambientales sean elevadas. Es decir, tales cables redundantes pueden estar dispuestos de modo que interconecten turbinas eólicas situadas en el conjunto de turbinas eólicas en posiciones en las que las cargas medioambientales se espera que sean elevadas, por ejemplo en turbinas eólicas situadas en la periferia del conjunto de turbinas eólicas en que los vientos, las olas y/o las corrientes de agua en sus direcciones respectivas dominantes están golpeando directamente el conjunto de turbinas eólicas.

Tales cables redundantes pueden estar dispuestos de tal modo que se extiendan entre niveles diferentes a lo largo de la dirección longitudinal de la estructura de soporte de turbinas eólicas respectivas.

Tales cables redundantes pueden estar dispuestos de tal modo que se extiendan entre turbinas eólicas en el conjunto de turbinas eólicas situadas relativamente adyacentes entre sí.

15 Alternativa u opcionalmente, tales cables redundantes pueden estar dispuestos de tal modo que se extiendan entre turbinas eólicas no adyacentes en el conjunto de turbinas eólicas, es decir no entre turbinas eólicas contiguas más próximas en el conjunto de turbinas eólicas, sino por ejemplo entre turbinas eólicas contiguas más próximas a la siguiente en el conjunto de turbinas eólicas o incluso entre turbinas eólicas en el conjunto de turbinas eólicas situado más separado dentro del conjunto de turbinas eólicas.

20 El dispositivo de control de tensión puede estar adaptado para ajustar la tensión en los cables de tal modo que el ángulo de inclinación del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de las turbinas eólicas con relación a la dirección vertical esté dentro de un rango de ángulos predeterminado. Puede ser tolerado un ángulo de inclinación con relación a la dirección vertical que está dentro de un rango de unos pocos grados con respecto a la dirección vertical, por ejemplo de uno a cinco grados. Por ejemplo, el rango predeterminado de ángulos puede comprender desde -3° a +3°.

Para conseguir un ajuste y/o control de tensión activo en los cables, el dispositivo de control de tensión puede comprender por ejemplo una unidad de accionamiento de motor tal como una bobinadora o un cabrestante, un miembro eléctrico, un miembro hidráulico, un miembro neumático, un miembro accionador lineal y/o un miembro de disco de fricción para efectuar el ajuste de tensión en los cables. Esta lista no es exhaustiva.

30 El miembro hidráulico puede comprender por ejemplo un miembro bobinador hidráulico y/o un miembro de cabrestante.

De acuerdo con un ejemplo, el dispositivo de control de tensión comprende un miembro hidráulico, tal como un miembro de cabrestante hidráulico, y/o un miembro neumático, tal como un miembro de cabrestante neumático, acoplado con un motor para efectuar el ajuste de tensión en los cables.

35 El motor puede ser accionado mediante una unidad de tratamiento que ejecuta instrucciones o software ejecutables por ordenador apropiados con el fin de ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical. El ajuste de tensión en los cables puede ser realizado por ejemplo sobre la base de la carga sobre el motor, que puede indicar la magnitud de las fuerzas causadas por condiciones externas a las que la turbina eólica o las turbinas eólicas están sometidas cuando están situadas en la ubicación lejos de la costa.

40 El miembro accionador lineal puede ser de tipo mecánico, de tipo electromecánico, de tipo hidráulico, de tipo neumático, de tipo piezoeléctrico, etc. Esta lista no es exhaustiva.

El conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un módulo de control adaptado para vigilar y/o controlar el funcionamiento de cada una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas.

45 El conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un sensor de estado operativo adaptado para detectar el estado operativo de los cables respectivos.

50 El sensor de estado operativo puede estar adaptado para detectar si los cables respectivos son conformes con un criterio de fallo de cable predeterminado. El módulo de control puede estar adaptado para, sobre una condición de que al menos un cable es conforme con los criterios de fallo predeterminados, desactivar al menos momentáneamente el funcionamiento de al menos una turbina eólica acoplada con al menos el cable que es conforme con los criterios de fallo predeterminados.

Por ejemplo, en caso de que uno de los cables falle, el rotor de una o más de las turbinas eólicas puede ser desconectado. Al menos el rotor o rotores de la turbina eólica o turbinas eólicas acopladas con el cable que ha fallado

pueden ser desconectados. Al desconectar un rotor, la carga sobre el rotor, y por tanto la carga sobre toda la turbina eólica, puede resultar menor debido a que el rotor está siendo sometido a menores fuerzas de viento cuando está desconectado comparado con cuando está girando.

5 Sobre una condición de que una turbina eólica ha sido desactivada, la turbina eólica puede ser al menos temporalmente provista con un balasto suplementario o adicional adecuado con el fin de aumentar la estabilidad de la estructura de soporte de la turbina eólica con respecto a las desviaciones de un ángulo de inclinación del eje longitudinal de la estructura de soporte con relación a la dirección vertical de modo que exceda de un ángulo predeterminado.

10 Con el fin de proporcionar al menos temporalmente una turbina eólica con un balasto suplementario o adicional, un medio adecuado tal como agua y/o arena puede ser bombeado por ejemplo a una parte hueca de la estructura de soporte de la turbina eólica de tal modo que desplace del centro de gravedad de la estructura de soporte hacia el extremo inferior de la parte sumergida de la estructura de soporte. Cuando ya no se requiere más, la arena y/o el agua pueden ser bombeados fuera de la parte hueca de la estructura de soporte.

15 El conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender al menos un miembro de anclaje adaptado para anclar el conjunto de turbinas eólicas. Al menos el miembro de anclaje puede estar conectado al menos a una turbina eólica que está dispuesta periféricamente con respecto al conjunto de turbinas eólicas, es decir con respecto a la totalidad de la pluralidad de turbinas eólicas.

20 Por medio de la disposición de cables que interconectan las turbinas eólicas en el conjunto de turbinas eólicas de acuerdo con el presente invento, el amarre de cada turbina eólica en el conjunto de turbinas eólicas, por ejemplo conexión de cada turbina eólica al lecho marino, puede no ser requerido. Por ejemplo, sólo una o más turbinas eólicas situadas en la periferia del conjunto de turbinas eólicas, es decir en el 'borde' del conjunto de turbinas eólicas puede ser anclado. Mediante tal configuración el anclaje o amarre del conjunto de turbinas eólicas puede resultar menos complejo ya que el anclaje o amarre de cada turbina eólica, o la estructura de soporte de cada turbina eólica, en el conjunto de turbinas eólicas, puede no ser requerido. A su vez, esto puede conllevar menos costes asociados con la instalación del conjunto de turbinas eólicas en una posición lejos de la costa comparada con un caso en el que cada turbina eólica del conjunto tuviera que ser anclada o amarrada igualmente al fondo del mar.

Al menos el miembro de anclaje puede ser cualquier miembro de anclaje apropiado capaz de amarrar una o más turbinas eólicas que pueden flotar. Por ejemplo, al menos el medio de anclaje puede comprender un anclaje de succión.

El conjunto de turbinas eólicas marino puede estar adaptado para ser instalado en una ubicación lejos de la costa en el mar. Al menos el miembro de anclaje puede ser conectable de modo que se pueda liberar al fondo del mar.

30 El conjunto de turbinas eólicas marino puede comprender un sistema de recogida de energía y/o de comunicaciones, que interconecta cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Los sistemas de recogida de energía y/o de comunicaciones pueden estar adaptados para al menos recoger, transportar y/o distribuir energía generada por las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas, y/o comunicar señales de control a y/o desde las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas para al menos vigilar y/o controlar el estado operativo de la turbina eólica respectiva.

35 Los sistemas de recogida de energía y/o de comunicaciones pueden por ejemplo estar adaptados para al menos recoger, transportar y/o distribuir energía generada por las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas a una red de energía a la que puede ser conectado el conjunto de turbinas eólicas marino. Por tanto, el conjunto de turbinas eólicas marino puede constituir o estar comprendido en una central de producción de energía. La red de energía puede por ejemplo comprender una red de recogida o una red de energía o una red de servicio público de una central de energía eólica, para suministrar energía eléctrica a consumidores que en general están situados remotamente con respecto a la central de producción de energía.

El sistema de recogida de energía y/o de comunicaciones puede estar al menos dispuesto de manera integral parcialmente con al menos algunos de los cables que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas.

45 Alternativa u opcionalmente, el sistema de recogida de energía y/o de comunicaciones puede estar al menos parcialmente comprendido en alguno al menos de los cables que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas.

50 Por tanto, la disposición de cables que interconecta las turbinas eólicas en el conjunto de turbinas eólicas de acuerdo con el presente invento puede ser utilizada adicionalmente para por ejemplo, recoger, transportar y/o distribuir energía generada por las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas. La energía generada por las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas puede ser transportada y/o distribuida dentro del propio conjunto de turbinas eólicas y/o a una red de energía a la que puede ser conectado el conjunto de turbinas eólicas marino. Mediante tal configuración, la red de recogida de energía puede ser simplificada debido a que las turbinas eólicas están conectadas directamente desde una estructura de soporte a otra estructura de soporte, por ejemplo de torre a torre, reduciendo o incluso eliminando la necesidad de conductores eléctricos que conectan cada turbina eólica a un conector submarino instalado en el fondo del mar.

55

5 Las dos posiciones diferentes respectivas al menos a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de una turbina eólica puede comprender al menos una primera posición y una segunda posición a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica. La primera posición puede estar situada en una posición sumergida inferior a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica, y la segunda posición puede estar situada en una posición superior sin sumergir a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica.

Por tanto, la segunda posición puede estar por encima de la línea del agua o del nivel de agua y la primera posición puede estar por debajo de la cota de agua.

10 De acuerdo con otro ejemplo, tanto la primera como la segunda posición pueden estar situadas en posiciones sumergidas respectivas a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica. Por consiguiente, tanto la primera como la segunda posición pueden estar situadas por debajo de la cota de agua. Una de la primera y segunda posiciones puede estar situada en una posición inferior sumergida a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica y la otra puede estar situada a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica por debajo pero junto a la cota de agua.

15 De acuerdo aún con otro ejemplo, tanto la primera como la segunda posición pueden estar situadas por encima de la cota de agua.

La turbina eólica puede comprender un rotor dispuesto en un extremo superior sin sumergir de la estructura de soporte de la turbina eólica. La segunda posición puede estar situada a una distancia a lo largo del eje longitud final de la estructura de soporte de la turbina eólica desde el extremo superior sin sumergir, cuya distancia es igual o superior al radio del conector.

20 El término radio del rotor puede conllevar el radio de un trayecto circular definido por la rotación de las puntas de una pluralidad de palas del rotor comprendidas en el rotor durante la rotación de las palas del rotor. Por tanto, la turbina eólica puede comprender un rotor que comprende una pluralidad de palas del rotor, por ejemplo, dos, tres, cuatro, cinco o seis o más palas del rotor.

25 En otras palabras, la segunda posición puede estar situada de tal modo que los cables que se extiende desde la segunda posición a lo largo del eje longitudinal de una estructura de soporte están fuera del camino de las palas del rotor de un rotor de la turbina eólica cuando las palas del rotor están girando.

Alternativa u opcionalmente, la segunda posición puede estar situada de tal modo que los barcos que navegan tales como buques son capaces de pasar bajo los cables que se extienden desde la segunda posición a lo largo del eje longitudinal de una estructura de soporte.

30 La primera posición puede estar situada en un extremo inferior sumergido de la estructura de soporte de la turbina eólica.

35 Aunque la Solicitante no desea estar limitada por ninguna teoría, puede ser deseable disponer los cables de tal modo que una distancia entre la primera posición y la segunda posición a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, por ejemplo la distancia entre niveles de dos mallas o redes de cables respectivas que interconectan las turbinas eólicas, resulte tan grande como sea factible para ser gestionada, con el fin de aumentar la efectividad y/o la capacidad de impedir los cambios debidos a fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

40 Los cables que se extienden desde la estructura de soporte de al menos una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas pueden estar acoplados con la estructura de soporte por medio de una unidad de acoplamiento dispuesta sobre la estructura de soporte de modo que permita la rotación de la estructura de soporte alrededor de su eje longitudinal.

Por ejemplo, la unidad de acoplamiento puede ser giratoria libremente de manera sustancial alrededor del eje longitudinal de la estructura de soporte, por ejemplo por medio de una rótula o un medio similar montado de manera giratoria, y posiblemente de manera coaxial, sobre la estructura de soporte.

45 Por tanto, los cables que se extienden desde la estructura de soporte de una turbina eólica pueden ser acoplados a la estructura de soporte y/o a la turbina eólica de tal modo que permitan la rotación de la estructura de soporte alrededor de su eje longitudinal.

50 Tal configuración puede entre otras cosas permitir la rotación de la estructura de soporte de modo que 'siga' la dirección del viento, lo que a su vez permite que una góndola y/o un rotor de la turbina eólica sigan la dirección del viento. Esto puede ser particularmente útil en el caso de que el rotor de la turbina eólica sea del tipo de viento descendente, es decir de que el rotor esté dispuesto sobre el lado de sotavento de la estructura de soporte. Por tanto, tal configuración puede permitir la utilización de una turbina eólica en la que el rotor está dispuesto viento abajo de la estructura de soporte, lo que entre otras cosas puede mitigar o incluso eliminar la necesidad de un mecanismo de viraje o guiñada para hacer que el rotor mire continuamente al viento, tal como en el tipo de turbinas eólicas de viento ascendente en que el viento

alcanza generalmente al rotor antes de que alcance a la propia estructura de soporte.

Alternativamente, los cables que se extienden desde la estructura de soporte de al menos una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas pueden estar dispuestos de manera fija sobre la estructura de soporte, por ejemplo por medio de pernos y/o remaches.

5 Alternativa u opcionalmente, la estructura de soporte puede comprender una góndola y/o un rotor dispuesto giratoriamente sobre la estructura de soporte de modo que permita la rotación de la góndola y/o del rotor alrededor del eje longitudinal o eje de viraje de la estructura de soporte. Por ejemplo, la góndola y/o el rotor pueden ser hechos girar alrededor del eje longitudinal o eje de viraje de la estructura de soporte de modo que mire de manera continua al viento.

10 La estructura de soporte de al menos una de la pluralidad de turbinas eólicas puede estar dispuesta de modo que proporcione flotabilidad a la estructura de soporte. Por ejemplo, la estructura de soporte puede comprender una parte hueca que proporciona flotabilidad a la estructura de soporte.

15 Alternativa u opcionalmente, la estructura de soporte de al menos una de la pluralidad de turbinas eólicas puede comprender un miembro de flotabilidad adaptado para proporcionar flotabilidad a la estructura de soporte. Cada miembro de flotabilidad puede estar constituido por una parte de la estructura de soporte adaptada para proporcionar flotabilidad a la estructura de soporte, por ejemplo, una sección o porción de la estructura de soporte que tiene una mayor circunferencia que otras secciones o porciones de la estructura de soporte.

El miembro de flotabilidad puede comprender al menos una cámara de flotabilidad acoplada a la estructura de soporte. Al menos la cámara de flotabilidad puede comprender un medio adaptado para proporcionar flotabilidad a la estructura de soporte. Tal medio puede por ejemplo comprender aire.

20 De acuerdo con un segundo aspecto del presente invento, se ha proporcionado una central de producción de energía de turbina eólica que comprende un conjunto de turbinas eólicas marino de acuerdo con el presente invento.

Otros objetos y ventajas del presente invento están descritos en lo que sigue por medio de realizaciones ejemplares.

25 Se ha resaltado que el presente invento se refiere a todas las combinaciones posibles de características citadas en las reivindicaciones. Otras características y ventajas del presente invento resultarán evidentes cuando se estudien las reivindicaciones adjuntas y la descripción siguiente. Los expertos en la técnica comprenderán que diferentes características del presente invento puede ser combinadas para crear realizaciones distintas de las descritas en lo que sigue.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describirán realizaciones ejemplares del invento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

30 Las figs. 1a-1d son vistas esquemáticas de conjuntos de turbinas eólicas marinos de acuerdo con realizaciones ejemplares del presente invento;

La fig. 2 es una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento;

La fig. 3 es una vista esquemática de una turbina eólica de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento;

35 Las figs. 4a y 4b son vistas esquemáticas de conjuntos de turbinas eólicas marinos de acuerdo con realizaciones ejemplares del presente invento;

La fig. 5 es un diagrama de bloques esquemático de un conjunto de turbinas eólicas marino de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento y

La fig. 6 es un diagrama de bloques esquemático de una central de producción de energía eólica de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento.

40 En los dibujos adjuntos, los mismos números de referencia indican los mismos elementos o elementos similares a lo largo de todas las vistas.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

45 El presente invento será descrito a continuación más completamente con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se han mostrado realizaciones ejemplares del presente invento. Este presente invento puede, sin embargo, ser realizado de muchas formas diferentes y no debería ser considerado como limitado a las realizaciones descritas aquí, sino que en su lugar, estas realizaciones son proporcionadas a modo de ejemplo de manera que esta descripción transportará el marco del invento a los expertos en la técnica. Además, los números similares se refieren a elementos o componentes similares a lo largo de todas ellas.

Con referencia ahora a la fig. 1a, se ha mostrado una vista esquemática de un conjunto 100 de turbinas eólicas marino de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento.

5 El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende una pluralidad de turbinas eólicas 102, tres de las cuales están siendo representadas en la fig. 1a. No todas las turbinas eólicas comprendidas en el conjunto 100 de turbinas eólicas están mostradas en la fig. 1a. Por tanto, el conjunto 100 de turbinas eólicas puede comprender más de tres turbinas eólicas, por ejemplo decenas o centenas o más turbinas eólicas. Sin embargo, el conjunto de turbinas eólicas puede comprender dos turbinas eólicas solamente, que está descrito además a continuación con referencia a las figs. 1c y 1d.

10 Cada turbina eólica 102 comprende un rotor 104 que comprende una pluralidad de palas 106 y una góndola 108. La góndola 108 puede incluir uno o más componentes tales como un generador, medios de transmisión, tren de accionamiento, caja de engranajes, etc. Los componentes individuales de la góndola 108 no están mostrados en la fig. 1. Cada turbina eólica 102 comprende una estructura de soporte 110 en forma de un miembro alargado tal como un mástil o torre 110, en lo que sigue denominado como una torre. Cada torre 110 tiene un eje longitudinal 111.

La fig. 1a representa la situación cuando el conjunto 100 de turbinas eólicas marino está situado en una posición lejos de la costa. El número de referencia 112 indica la cota de agua o nivel de agua.

15 Las turbinas eólicas 102 están adaptadas para poder flotar en el agua cuando están situadas en la posición o ubicación lejos de la costa. La flotabilidad de cada una de las turbinas eólicas 102 puede ser proporcionada por la disposición de las torres respectivas 110. Por ejemplo, las torres 110 pueden estar dispuestas de modo que comprendan tubos huecos o similares que comprenden aire para proporcionar flotabilidad a las turbinas eólicas 102.

20 Como se ha representado en la fig. 1a, la torre 110 de cada turbina eólica 102 está adaptada para ser parcialmente sumergida en agua cuando está situada en la ubicación lejos de la costa, estando una primera parte de la torre 110 sumergida, dispuesta por debajo de la cota de agua 112, y estando una segunda parte de la torre 110 sin sumergir, dispuesta por encima de la cota de agua 112.

25 Con referencia adicional a la fig. 1a, cada turbina eólica 102 de la pluralidad de turbinas eólicas 102 está conectada con al menos una de las otras turbinas eólicas 102 del conjunto 100 de turbinas eólicas (no todas las turbinas eólicas comprendidas en el conjunto 100 de turbinas eólicas están mostradas en la fig. 1a) por medio de cables 114, que están dispuestos de tal modo que cables respectivos 114 se extienden desde al menos dos posiciones diferentes a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de la turbina eólica 102 para corresponder al menos a dos posiciones diferentes a lo largo del eje longitudinal 111 de cada torre 110 de al menos una respectiva de las otras turbinas eólicas 102.

30 Cada cable 114 puede comprender o estar constituido por una cadena, un cable metálico, una cuerda o soga y/o un cabo de amarre. Esta lista no es exhaustiva. Cada uno de los cadena, cable metálico, cuerda y/o cabo de amarre puede estar hecho de un material adecuado, por ejemplo, acero, un polímero, un metal, una aleación y/o compuestos de los mismos.

Cada uno de los cables 114 puede tener una tensión predeterminada.

35 Cuando está situada en la ubicación lejos de la costa, la pluralidad de turbinas eólicas 102 están sometidas a fuerzas causadas por condiciones externas, tales como cargas medioambientales a las que cada turbina eólica 102 de la pluralidad de turbinas eólicas 102 está sujeta, tales como vientos, corrientes de agua y/u olas de intensidad y dirección variables que ejercen fuerzas sobre cada turbina eólica 102.

40 Con referencia adicional a la fig. 1a y también con referencia a la fig. 2, los cables 114 están dispuestos de tal modo que las distancias entre al menos dos posiciones diferentes a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 son tales que impiden cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de la orientación de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 con relación a una dirección vertical que es paralela con un eje gravitatorio 116, cuyos cambios de orientación harían que un ángulo de inclinación α del eje longitudinal de la torre 110 con relación a la dirección vertical exceda de un ángulo predeterminado.

45 La tensión predeterminada en cada uno de los cables respectivos 114 puede ser tal que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical.

50 Las realizaciones descritas con referencia a los dibujos se refieren al caso en el que los cables están dispuestos de modo que se extienden desde posiciones a lo largo del eje longitudinal de la torre de cada turbina eólica en el conjunto de turbinas eólicas. Alternativa u opcionalmente, los cables podrían estar dispuestos de modo que se extiendan desde una parte diferente de porción de una estructura de soporte de las turbinas eólicas respectivas. Por ejemplo, los cables podrían estar dispuestos de modo que se extiendan desde una plataforma semi-sumergible o similar (no mostrada en los dibujos) que soporta la torre.

En la fig. 2, el ángulo α esta mostrado exagerado para ilustrar los principios del presente invento. Un ángulo de inclinación α con relación a la dirección vertical que está dentro de un rango de unos pocos grados con respecto a la

dirección vertical puede ser tolerado, por ejemplo, de uno a cinco grados. Por ejemplo, el rango puede ser de desde aproximadamente -3° a $+3^{\circ}$.

5 Con referencia adicional a la fig. 1a, los cables 114 que se extienden desde la torre 110 de una turbina eólica 102 pueden ser acoplados por la torre 110 por medio de una unidad de acoplamiento 117 dispuesta sobre la torre 110 de modo que permita la rotación de la torre 110 alrededor de su eje longitudinal 111.

La unidad de acoplamiento 117 puede por ejemplo ser giratoria libremente de manera sustancial alrededor del eje longitudinal 111 de la torre 110. Esto puede conseguirse por medio de una rótula o medio similar (no mostrado en la fig. 1a), que está montado giratoriamente, y posiblemente coaxialmente, sobre la torre 110. Por tanto, puede permitirse que la torre 110 sufra la rotación alrededor de su eje longitudinal 111.

10 De acuerdo con un ejemplo (no mostrado en la fig. 1a, véase la fig. 1c), la torre 110 de cada turbina eólica 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas puede estar provista con una unidad de acoplamiento 117 de modo que permita la rotación de la torre respectiva 110 alrededor de su eje longitudinal 111.

15 Como se ha representado en la fig. 1a, las dos posiciones diferentes respectivas a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de una turbina eólica 102 pueden comprender una primera posición y una segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de la turbina eólica 102. La primera posición puede estar situada en una posición inferior sumergida, es decir por debajo de la cota de agua 112, a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de la turbina eólica 102. La segunda posición puede estar situada en una posición superior sin sumergir, es decir, por encima de la cota de agua 112, a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de la turbina eólica 102.

20 Dependiendo del diámetro del rotor 104 y de la longitud de la torre 110, la segunda posición puede de acuerdo con un ejemplo estar situada aproximadamente a 60-70 m por encima de la cota de agua 112.

De acuerdo con un ejemplo, la primera posición puede estar situada aproximadamente 40 m por debajo de la cota de agua 112.

25 La segunda posición puede estar situada de tal modo que los cables 114 que se extienden desde la segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 estén fuera del camino de las palas 106 del rotor 104 de la turbina eólica 102 cuando las palas 106 están girando. Con este fin, la segunda posición puede estar situada a una distancia a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 desde su extremo superior sin sumergir, igualando o excediendo la distancia el radio del rotor 104.

30 Típicamente, un rotor de una turbina eólica capaz de generar aproximadamente 2 MW o más tiene un radio de aproximadamente 40 m. Un rotor de una turbina eólica capaz de generar aproximadamente de 5-10 MW típicamente tiene un radio de aproximadamente 60-72 m o más.

Preferiblemente, la segunda posición está situada de tal modo que los barcos que navegan tales como buques sean capaces de pasar bajo los cables 114 que se extienden desde la segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110.

35 Con el fin de aumentar la efectividad y/o la capacidad de impedir los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical, puede ser deseable que las distancias entre la primera posición y la segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 sea tan grande como pueda ser gestionada factiblemente.

40 Se ha considerado que las distancias entre la primera posición y la segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 puede estar entre aproximadamente 40 m y 140 m, dependiendo entre otras cosas de la longitud de la torre 110 y del radio del rotor 104.

45 De acuerdo con otro ejemplo, representado en la fig. 1b, tanto la primera como la segunda posición pueden estar situadas en la proximidad de posiciones sumergidas respectivas a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102. Por consiguiente, tanto la primera como la segunda posición pueden estar situadas por debajo de la cota de agua 112. Se ha considerado que de acuerdo con este ejemplo las distancias entre la primera posición y la segunda posición a lo largo del eje longitudinal 111 de la torre 110 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 puede ser de al menos aproximadamente 40 m.

50 Con referencia adicional a la fig. 1b, el conjunto 100 de turbinas eólicas marino puede comprender opcionalmente uno o más canales redundantes 114a como una medida de seguridad en caso de que uno o más cables 114 fallen, como se ha descrito en lo que precede. Tales cables redundantes 114a pueden por ejemplo estar dispuestos de acuerdo con la disposición ejemplar representada en la fig. 1b.

Con referencia ahora a la fig. 1c, se ha mostrado una vista esquemática de un conjunto 100 de turbinas eólicas marino de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento. El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende dos

turbinas eólicas 102.

Los componentes indicados en la fig. 1c que tienen números de referencia correspondientes a los componentes indicados en la fig. 1a ó 1b son similares o los mismos que los componentes respectivos descritos con referencia a la fig. 1a ó 1b, y sus funciones son similares a las mismas que las funciones de los componentes respectivos descritos con referencia a la fig. 1a o 1b.

La fig. 1c representa la situación en la que el conjunto 100 de turbinas eólicas marino está situado en una posición lejos de la costa.

Como se ha representado en la fig. 1c, varios cables o líneas de amarre 121 efectúan la conexión de las turbinas eólicas respectivas 102 al lecho marino (no mostrado en la fig. 1c).

Con referencia ahora a la fig. 1d, se ha mostrado el conjunto 100 de turbinas eólicas marino según se ve desde arriba, es decir a lo largo de una dirección sustancialmente paralela a la dirección vertical.

Con referencia ahora a la fig. 3, se ha mostrado una vista esquemática de una turbina eólica 102 de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento.

La turbina eólica 102 comprende un miembro de flotabilidad 118 adaptado para proporcionar flotabilidad a la torre 110.

En la fig. 3, el miembro de flotabilidad 118 está representado como un miembro semi-sumergible dispuesto sobre la torre 110. Alternativamente, el miembro de flotabilidad podría estar constituido por una parte de la torre 110 adaptada para proporcionar flotabilidad a la torre. Por ejemplo, tal porción de la torre 110 podría comprender por ejemplo una sección o porción de la torre 110 que tiene una circunferencia mayor que otras secciones o porciones de la torre 110.

Con referencia ahora a las figs. 4a y 4b, se han mostrado vistas esquemáticas de conjuntos 100 de turbinas eólicas marinos de acuerdo con realizaciones ejemplares del presente invento, según se ven desde arriba. Cada una de las figs. 4a y 4b representan una parte de un conjunto 100 de turbinas eólicas marino.

Las figs. 4a y 4b representan la situación cuando los conjuntos 100 de turbinas eólicas marinos respectivos están situados en una posición lejos de la costa.

Cada uno de los conjuntos 100 de turbinas eólicas comprende una pluralidad de turbinas eólicas 102 interconectadas por medio de cables 114 tal como se ha descrito en lo que precede. Solamente unas pocas turbinas eólicas 102 y unos pocos cables 114 en las figs. 4a y 4b están indicados por números de referencia.

Como se ha representado en las figs. 4a y 4b, las turbinas eólicas 102 pueden estar dispuestas en la ubicación lejos de la costa en filas paralelas de turbinas eólicas 102, bien de tal modo que filas adyacentes de turbinas eólicas 102 están escalonadas relativamente entre sí, como se ha representado en la fig. 4b, o bien de tal modo que filas adyacentes de turbinas eólicas 102 no están escalonadas relativamente entre sí, como se ha representado en la fig. 4a, formando un diseño cuadrado según se ve desde arriba.

Las disposiciones de las turbinas eólicas 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas unas con relación a otras como se ha representado en las figs. 4a y 4b son ejemplares. Son posibles otras disposiciones, por ejemplo disposiciones en las que las turbinas eólicas 102 forman diseños hexagonales, triangulares, pentagonales o de estrella según se ven desde arriba.

La distancia entre turbinas eólicas 102 adyacentes en el conjunto 100 de turbinas eólicas es típicamente de aproximadamente siete veces el diámetro del rotor de las turbinas eólicas 102. Sin embargo, la distancia entre turbinas eólicas adyacentes 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas puede ser mayor, aproximadamente de diez a quince veces el diámetro del rotor de las turbinas eólicas 102, lo que puede ser beneficioso para la eficiencia de producción de energía de las turbinas eólicas respectivas. Esta distancia puede de acuerdo con un ejemplo definir la distancia mínima entre turbinas eólicas adyacentes 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas.

Por medio de la disposición de cables 114 de acuerdo con el presente invento, que interconectan las turbinas eólicas 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas, la necesidad de anclar o amarrar cada turbina eólica 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas individualmente al fondo del mar puede ser mitigada o incluso completamente eliminada. En su lugar, el anclaje o amarre del conjunto 100 de turbinas eólicas al fondo del mar puede ser efectuado en una o más turbinas eólicas 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas solamente, situadas en la periferia del conjunto 100 de turbinas eólicas, es decir en el 'borde' del conjunto 100 de turbinas eólicas. Esto está ilustrado en las figs. 4a y 4b por un miembro de anclaje 120, por ejemplo un anclaje de succión, adaptado para anclar el conjunto 100 de turbinas eólicas.

De acuerdo con un ejemplo, todas las turbinas eólicas 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas situadas en la periferia del conjunto 100 de turbinas eólicas están ancladas o amarradas al fondo del mar (véanse figs. 1c y 1d).

Con referencia a la fig. 4a, el conjunto 100 de turbinas eólicas marino puede comprender opcionalmente uno o más cables redundantes 114a como una medida de seguridad en caso de que fallen uno o más cables 114, como se ha

descrito en lo que precede con respecto a las figs. 1a y 1b. Tales cables redundantes 114a pueden por ejemplo estar dispuestos de acuerdo con cualquiera de las disposiciones ejemplares representadas en la fig. 4a.

Con referencia ahora a la fig. 5, se ha mostrado un diagrama de bloques esquemático de un conjunto 100 de turbinas eólicas marino de acuerdo con una realización ejemplar del presente invento.

5 El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende una pluralidad de turbinas eólicas 102, de las que sólo unas pocas están indicadas por números de referencia en la fig. 5. Las turbinas eólicas 102 representadas en la fig. 5 son similares o idénticas a las turbinas eólicas 102 descritas con referencia a las figs. 1a, 1b, 2 y/o 3 y tienen una función similar o idéntica a la función de las turbinas eólicas 102 descritas con referencia a las figs. 1a, 1b, 2 y/o 3.

10 Cada turbina eólica 102 de la pluralidad de turbinas eólicas 102 está conectada con al menos dos de las otras turbinas eólicas 102 por medio de cables (no mostrados en la fig. 5, véanse las figs. 1a, 1b, 2 y/o 3). Los cables son similares o idénticos a los cables 114 descritos con referencia a las figs. 1, 2 y/o 3 y tienen una función similar o idéntica a la función de los cables 114 descritos con referencia a las figs. 1a, 1b, 2 y/o 3.

15 Con referencia adicional a la fig. 5, el conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende un dispositivo de control de tensión 130 adaptado para ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre (no mostrada en la fig. 5, véanse las figs. 1a, 1b, 2 y/o 3) de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 102 con relación a la dimensión vertical.

Por medio del dispositivo 130 de control de tensión puede conseguirse un ajuste y/o control de tensión activos en los cables.

20 Con este fin, el conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende un sensor 140 de orientación adaptado para detectar el ángulo de inclinación del eje longitudinal de la torre de cada una de las turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical. El dispositivo 130 de control de tensión está adaptado para, sobre la base de un ángulo de inclinación detectado, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre de cada una de las turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical.

25 El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende sensores de tensión 150 adaptados para detectar la tensión en cables respectivos. El dispositivo 130 de control de tensión puede estar adaptado para, sobre la base de la tensión detectada en los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que se impidan los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre de cada una de las turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical.

30 El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende un sensor 160 de estado operativo adaptado para detectar el estado operativo de los cables respectivos. El dispositivo 130 de control de tensión puede estar adaptado para, sobre la base del estado operativo de los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre de cada una de las turbinas eólicas 102 con relación a la dirección vertical.

Cada uno de los sensor de orientación 140, sensor de tensión 150 y sensor de estado operativo 160 es opcional.

35 Por ejemplo, el dispositivo 130 de control de tensión puede alternativa u opcionalmente comprender un miembro hidráulico, tal como un miembro de cabrestante hidráulico, acoplado con un motor para efectuar el ajuste de tensión en los cables. Esta configuración no está mostrada en la fig. 5. Tal motor puede ser utilizable por una unidad de tratamiento que ejecuta instrucciones o software ejecutables por ordenador apropiados con el fin de ajustar la tensión en los cables, por ejemplo sobre la base de carga sobre el motor tal como se ha descrito en lo anterior, de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la torre de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

Por tanto, la función de detección de tensión puede ser incorporada en el dispositivo de control de tensión.

45 La detección del sensor de estado operativo 160 puede ser realizada mediante una unidad de tratamiento (no mostrada en la fig. 5), que ejecuta instrucciones o software ejecutable por ordenador apropiados para controlar el dispositivo 130 de control de tensión, sobre la base de funcionamiento del dispositivo 130 de control de tensión.

El conjunto 100 de turbinas eólicas marino puede comprender un módulo 170 de control adaptado para vigilar y/o controlar el funcionamiento de cada una de las turbinas eólicas 102.

50 El sensor de estado operativo 160 está adaptado para detectar si los cables respectivos son conformes con un criterio de fallo de cable predeterminado. Sobre una condición de que un cable es conforme con los criterios de fallo predeterminados, el módulo de control está adaptado para desactivar al menos momentáneamente el funcionamiento de al menos una turbina eólica 102 que está acoplada con el cable que es conforme con los criterios de fallo predeterminados.

El conjunto 100 de turbinas eólicas marino comprende un sistema 180 de recogida de energía y/o de comunicaciones.

5 Los sistemas 180 de recogida de energía y de comunicaciones pueden estar adaptados al menos para recoger, transportar y/o distribuir la energía generada por las turbinas eólicas respectivas 102 y/o comunicar señales de control a y/o desde las turbinas eólicas respectivas 102 para vigilar y/o controlar el estado operativo de las turbinas eólicas respectivas 102.

10 El sistema 180 de recogida de energía y/o de comunicaciones está al menos parcialmente dispuesto integralmente con al menos algunos de los cables que interconectan las turbinas eólicas 102 y/o está al menos parcialmente comprendido en al menos alguno de los cables que interconectan las turbinas eólicas 102. Por tanto, la disposición de cables que interconectan las turbinas eólicas 102 en el conjunto 100 de turbinas eólicas de acuerdo con el presente invento puede ser utilizado adicionalmente por ejemplo para recoger, transportar y/o distribuir energía generada por las turbinas eólicas respectivas 102.

Con referencia ahora a la fig. 6, se ha mostrado un diagrama de bloques esquemático de una central 200 de producción de energía eólica que comprende un conjunto 100 de turbinas eólicas marino de acuerdo con una realización del presente invento.

15 Aunque el invento ha sido ilustrado y descrito en detalle en los dibujos adjuntos y en la descripción anterior, tal ilustración y descripción han de ser consideradas ilustrativas o ejemplares y no restrictivas; el invento no está limitado a las realizaciones descritas. Otras variaciones a las realizaciones descritas pueden ser comprendidas y efectuadas por los expertos en la técnica en la puesta en práctica del invento reivindicado, a partir del estudio de los dibujos, la descripción, y las reivindicaciones adjuntas. El simple hecho de que ciertas medidas son citadas en reivindicaciones dependientes
20 diferentes entre sí no indica que no pueda ser utilizada una combinación de estas medidas para beneficiarse de ello. Cualesquiera signos de referencia en las reivindicaciones no deben ser considerados como limitativos del marco.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto (100) de turbinas eólicas marino que comprende:

una pluralidad de turbinas eólicas (102) adaptadas para poder flotar en el agua cuando están situadas en una ubicación lejos de la costa, comprendiendo cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas una estructura de soporte (110) adaptada para estar parcialmente sumergida en agua cuando está situada en la ubicación lejos de la costa, teniendo la estructura de soporte un eje longitudinal;

estando conectada cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas con al menos una de las otras turbinas eólicas por medio de cables (114), dispuestos de tal modo que cables respectivos se extienden desde al menos una primera y una segunda posición diferentes una de otra a lo largo del eje longitudinal (111) de la estructura de soporte de la turbina eólica para corresponder al menos a una primera y una segunda posición diferentes entre sí a lo largo del eje longitudinal de cada estructura de soporte de al menos una respectiva de las otras turbinas eólicas;

caracterizado por que el conjunto de turbinas eólicas marino comprende además un sistema (180) de recogida de energía y/o de comunicaciones que interconecta cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que el sistema de recogida de energía y/o de comunicaciones está al menos comprendido parcialmente en al menos algunos de los cables que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas, estando adaptados los sistemas de recogida de energía y/o de comunicaciones al menos para recoger, transportar o distribuir energía generada por la pluralidad de turbinas eólicas.

2. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 1, en el que la pluralidad de turbinas eólicas cuando están situadas en la ubicación lejos de la costa está sujetas a fuerzas causadas por condiciones externas, comprendiendo además el conjunto de turbina eólica marino un dispositivo (130) de control de tensión adaptado para ajustar la tensión en cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a una dirección vertical que es paralela con un eje gravitatorio (116), cuyos cambios de orientación harían que un ángulo de inclinación del eje longitudinal de la torre con relación a la dirección vertical exceda de un ángulo predeterminado.

3. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 2, en el que el dispositivo de control de tensión está adaptado para ajustar de manera independiente la tensión en cables respectivos de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

4. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 2 ó 3, en el que el dispositivo de control de tensión comprende al menos uno de un miembro de resorte, un miembro de péndulo mecánico y un miembro deflector de olas, estando adaptado el miembro deflector de olas para impedir que las olas golpeen la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, para efectuar el ajuste de tensión en los cables.

5. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 2-4, que comprende además un sensor de orientación (140) adaptado para detectar el ángulo de inclinación del eje longitudinal de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical, en el que el dispositivo de control de tensión está adaptado para, sobre la base del ángulo de inclinación detectado, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

6. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 2-5, que comprende además un sensor de tensión (150) adaptado para detectar la tensión en los cables respectivos, en el que el dispositivo de control de tensión está adaptado para, sobre la base de la tensión detectada en los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

7. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 2-6, que comprende además un sensor de estado operativo (160) adaptado para detectar el estado operativo de cables respectivos, en el que el dispositivo de control de tensión está adaptado para, sobre la base del estado operativo de los cables respectivos, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

8. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 7, en el que sensor del estado operativo está adaptado para detectar si los cables respectivos son conformes con un criterio de fallo de cable predeterminado, y en el que el dispositivo de control de tensión está adaptado para, sobre una condición de que al menos un cable es conforme con los criterios de fallo predeterminados, ajustar la tensión en los cables de modo que impida los cambios debidos a las fuerzas causadas por condiciones externas de orientación de la estructura de soporte de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas con relación a la dirección vertical.

9. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, que comprende además:

un módulo de control (170) adaptado para vigilar y/o controlar el funcionamiento de cada una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas; y

un sensor de estado operativo (160) adaptado para detectar el estado operativo de los cables respectivos;

5 en el que el sensor del estado operativo está adaptado para detectar si los cables respectivos son conformes con un criterio de fallo de cable predeterminado, y, en el que el módulo de control está adaptado para, sobre una condición de que al menos un cable está cumpliendo con el criterio de fallo predeterminado, desactivar al menos momentáneamente el funcionamiento de al menos una turbina eólica acoplada con al menos dicho cable que es conforme con los criterios de fallo predeterminados.

10 10. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además al menos un miembro de anclaje (120) adaptado para anclar el conjunto de turbinas eólicas, estando conectado al menos el miembro de anclaje al menos a una turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas que está dispuesta periféricamente con respecto al conjunto de turbinas eólicas.

15 11. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, que comprende además un sistema (180) de recogida de energía y/o de comunicaciones que interconecta cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que el sistema de recogida de energía y/o de comunicaciones está al menos dispuesto parcialmente integralmente con menos algunos de los cables que interconectan la pluralidad de turbinas eólicas, estando adaptados los sistemas de recogida de energía y/o de comunicaciones al menos para recoger, transportar y/o distribuir energía generada por las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas y/o comunicar señales de control a y/o desde las turbinas eólicas respectivas de la pluralidad de turbinas eólicas al menos para vigilar y/o controlar el estado operativo de la turbina eólica respectiva.

20 12. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que la primera posición está situada en una posición inferior sumergida a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica, y la segunda posición puede estar situada en una posición superior sin sumergir a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica.

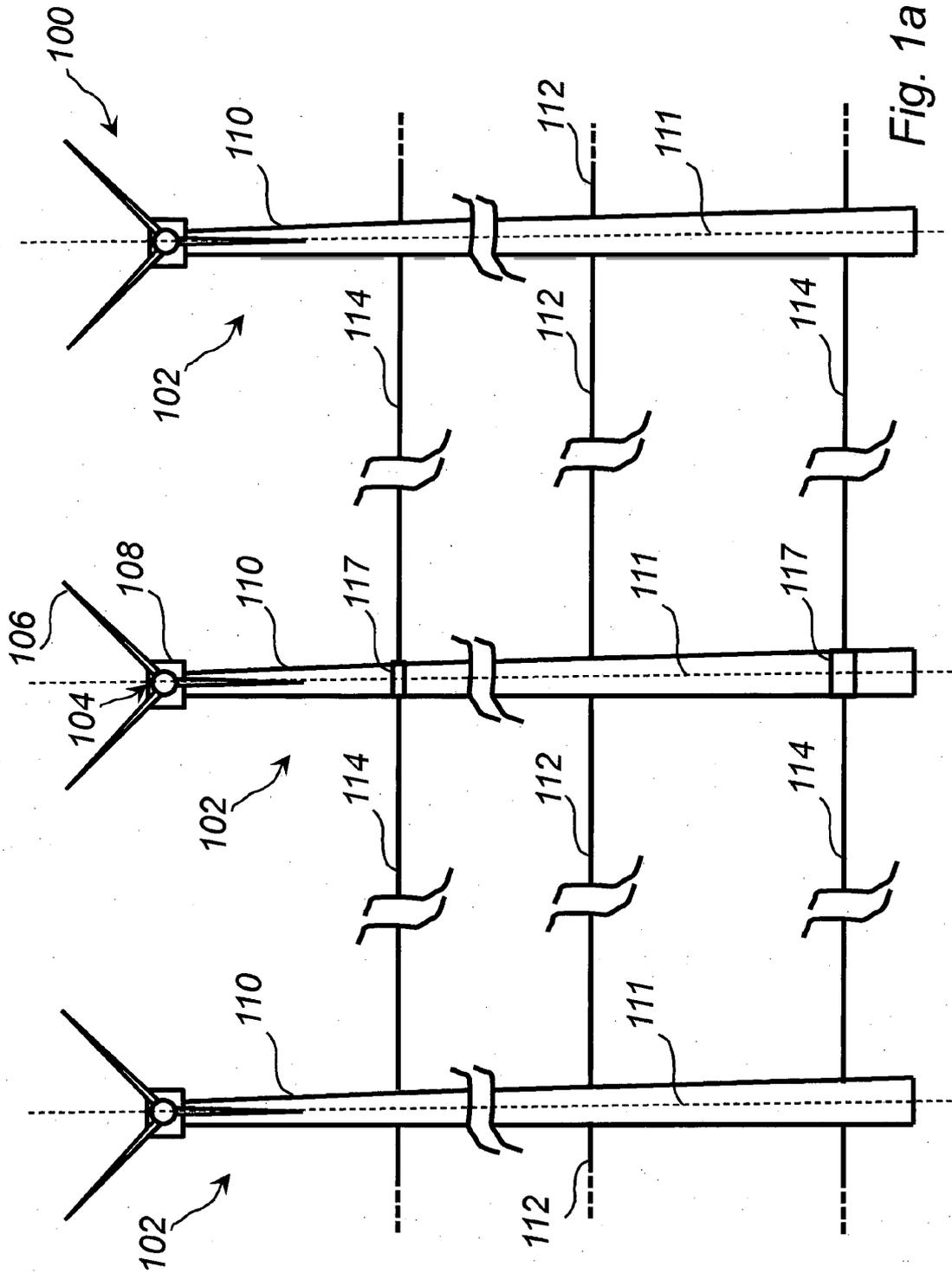
25 13. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 12, en el que la turbina eólica comprende un rotor dispuesto en un extremo superior sin sumergir de la estructura de soporte de la turbina eólica, en el que la segunda posición está situada a una distancia a lo largo del eje longitudinal de la estructura de soporte de la turbina eólica desde el extremo superior sin sumergir igual o superior al radio del rotor.

30 14. Un conjunto de turbinas eólicas marino según la reivindicación 12 ó 13, en el que la primera posición está situada en un extremo inferior sumergido de la estructura de soporte de la turbina eólica.

15. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en el que los cables que se extienden desde la estructura de soporte de al menos una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas están acoplados con la estructura de soporte por medio de una unidad de acoplamiento (117) dispuesta sobre la estructura de soporte de modo que permita la rotación de la estructura de soporte alrededor de su eje longitudinal.

35 16. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-15, en el que los cables que se extienden desde la estructura de soporte de al menos una de las turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas están dispuestos de manera fija sobre la estructura de soporte.

40 17. Un conjunto de turbinas eólicas marino según cualquiera de las reivindicaciones 1-16, en el que la estructura de soporte de al menos una de la pluralidad de turbinas eólicas comprende una parte hueca que proporciona flotabilidad a la estructura de soporte.



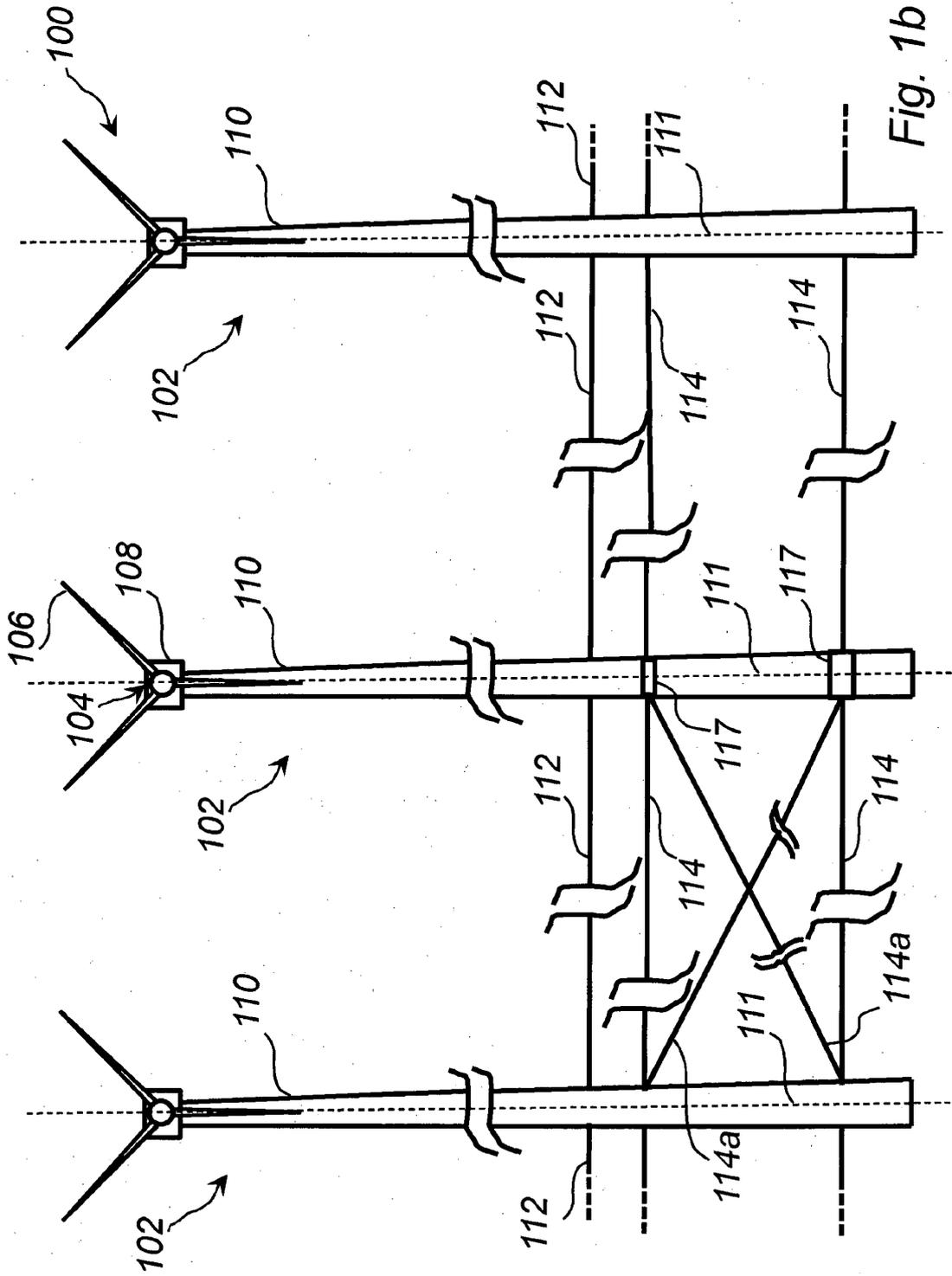


Fig. 1b

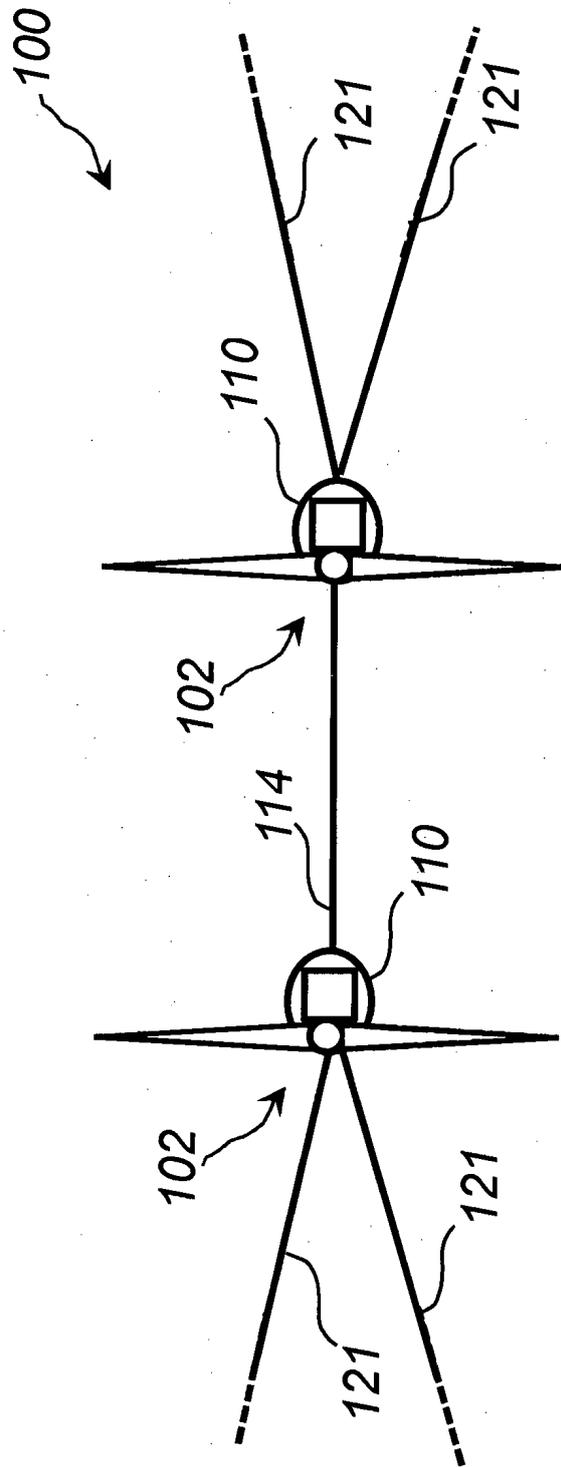


Fig. 1d

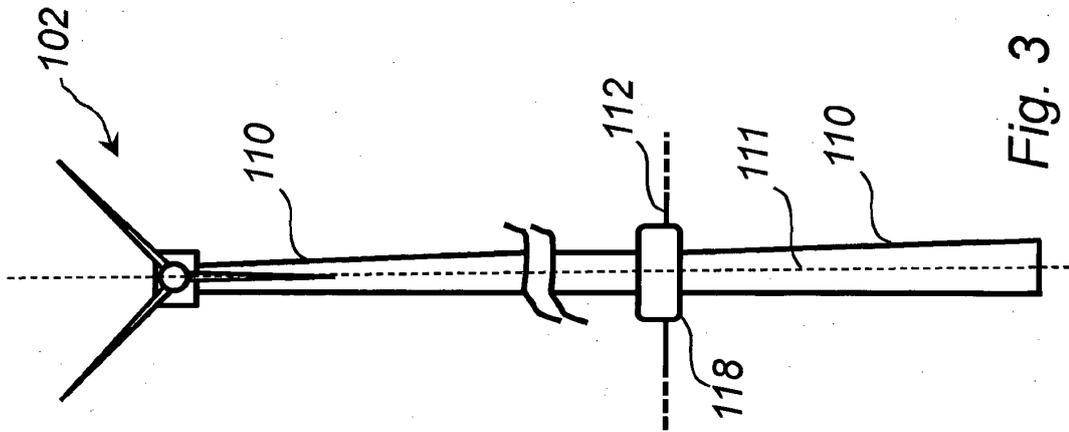


Fig. 3

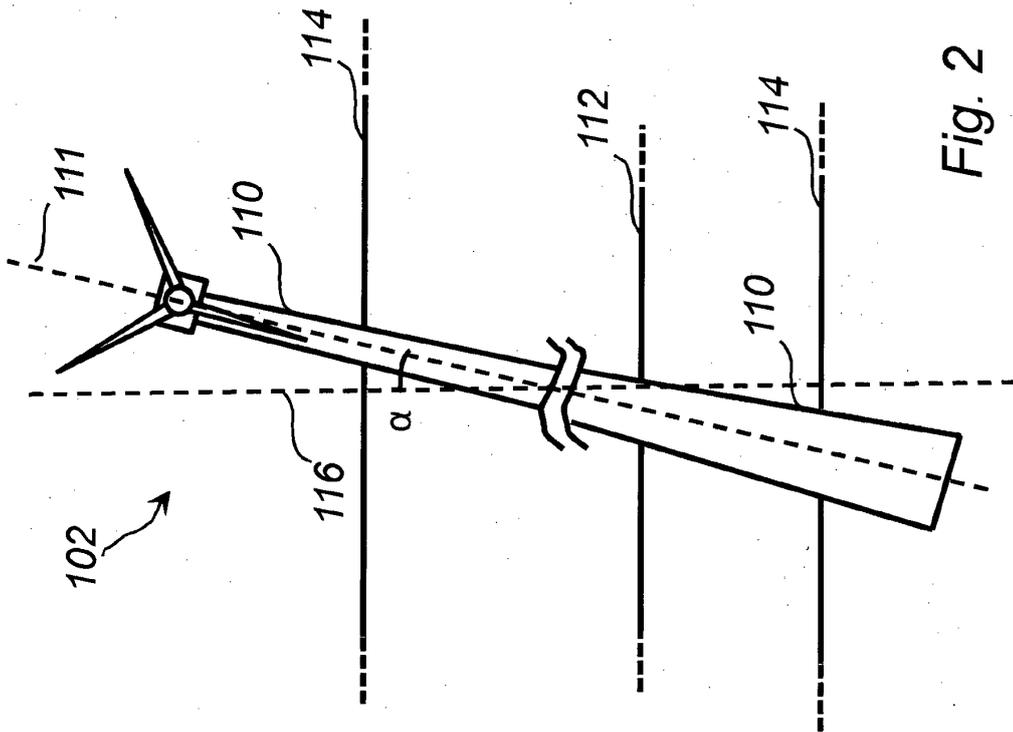


Fig. 2

