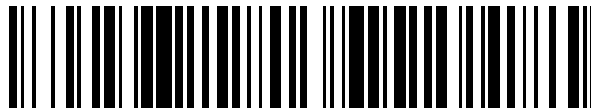


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 717 780**

51 Int. Cl.:

E04H 12/20 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.12.2015 PCT/DK2015/050397**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2016 WO16116107**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.12.2015 E 15812875 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 3247849**

54 Título: **Torre de turbina eólica**

30 Prioridad:

21.01.2015 DK 201570033

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

25.06.2019

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

JENSEN, SØREN P.;

LYNGSØ, CASPER;

PEDERSEN, GUNNAR K. STORGAARD y

ØLLGAARD, BØRGE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 717 780 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

Torre de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una torre de turbina eólica configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor, y en la que la torre se amarra mediante varios cables que se extienden entre elementos de anclaje y elementos de fijación en la torre. La invención se refiere además a un método de levantamiento de una torre de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

10 Una torre tradicional para una turbina eólica es una torre de acero tubular con secciones de torre colocadas unas encima de otras fijadas a una cimentación de hormigón. Debido a restricciones de transporte y producción, el diámetro externo tiene un tamaño limitado. Por tanto, el grosor de carcasa se considera a menudo el principal parámetro de dimensionamiento cuando se aumenta la altura de torre.

15 Sin embargo, aumentar simplemente el grosor de carcasa de torre es una manera muy ineficaz de lograr una capacidad portante y una rigidez aumentadas, ya que estos parámetros sólo crecen linealmente con el grosor de carcasa. En comparación, aumentar el diámetro de la torre proporciona una capacidad portante aumentada con el diámetro multiplicado por dos, y una rigidez creciente con el diámetro multiplicado por tres.

20 Para superar el problema de limitación de tamaño algunas torres comprenden varias secciones de torre divididas por juntas verticales si se optimiza el diámetro o secciones adicionales de torre colocadas unas encima de otras si se aumenta el grosor de carcasa y, por tanto, se excede la limitación de peso de sección de torre. Otras torres tienen una capacidad portante aumentada al tener una parte inferior construida con hormigón *in situ* o elementos de hormigón.

25 Alternativa o adicionalmente, pueden aumentarse la capacidad portante de una torre de turbina eólica y reducirse los esfuerzos en partes de la torre instalando varios cables o alambres desde varios anclajes o cimentaciones hasta puntos de fijación en la torre. Los cables proporcionan estabilidad a la torre para reducir las oscilaciones procedentes del viento y reducen considerablemente las cargas en la parte de la torre por debajo los cables. Esta torre, denominada atirantada o amarrada, se descargará en cierta medida por las reacciones de los alambres y, por tanto, puede construirse potencialmente con menos secciones largas con diámetros relativamente más pequeños y, por tanto, más transportables.

30 Sin embargo, la torre amarrada inevitablemente ocupa más terreno, lo que ha de tenerse en cuenta al planificar la turbina eólica y especialmente durante el levantamiento y el mantenimiento de la turbina, cuando los cables deben tenerse en cuenta y pueden estorbar mucho. Además, el tensado y las fijaciones de los cables son cruciales para que la torre eólica resista las fuerzas del viento variables y potencialmente fuertes que, al interaccionar con el rotor, crean cargas dinámicas complejas y, en ocasiones, bastante extremas.

Objeto de la invención

35 Por tanto, un objeto de las realizaciones de la presente invención es superar o al menos reducir algunas o la totalidad de las desventajas descritas anteriormente de las torres de turbina eólica conocidas, tales como, por ejemplo, las mostradas en el documento DE 10 2014 100 814 A1 o el documento WO 2014/033332 A1, proporcionando una torre con fijaciones de cable mejoradas.

40 Un objeto adicional de las realizaciones de la invención es proporcionar un sistema de fijación de cable que ayude de manera más eficaz a absorber las cargas estáticas y dinámicas en la torre de turbina eólica y a reducir las oscilaciones de la torre.

Un objeto aún adicional de las realizaciones de la invención es proporcionar un método para levantar una torre de turbina eólica atirantada de este tipo que sea sencillo y relativamente rápido de efectuar y con una manipulación mejorada de los cables durante el levantamiento.

45 Así, en un primer aspecto la presente invención se refiere a una torre de turbina eólica configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor, teniendo dicha torre una pared de torre generalmente cilíndrica y extendiéndose en una dirección longitudinal a lo largo y alrededor de un eje longitudinal central;

- en la que dicha pared de torre tiene una superficie interior y una superficie exterior; y

50 - en la que un grosor de pared de torre se extiende entre dicha superficie interior y dicha superficie exterior en una dirección radial desde dicho eje longitudinal central;

- en la que dicha torre se amarra mediante varios cables;

- en la que cada cable se extiende entre un primer extremo anclado a un elemento de anclaje y un segundo extremo opuesto fijado a dicha torre en un elemento de fijación; y

5 - en la que dos cables que se extienden desde dos elementos de anclaje diferentes se fijan a la torre de manera que convergen líneas de proyección longitudinales desde dichos segundos extremos de dichos dos cables en un punto de convergencia; y

- en la que dicho punto de convergencia se encuentra en una ubicación a una altura y en el interior del grosor de pared de torre o en el interior de la torre dentro de una distancia de tres grosores de pared desde la superficie interior de pared según se mide a la altura y en una dirección perpendicular a dicho eje longitudinal central.

10 Mediante la disposición propuesta de los cables en conjuntos de dos de líneas de proyección convergentes y con la ubicación mencionada del punto de convergencia de las líneas de proyección se obtiene ventajosamente que el momento de flexión en la carcasa de torre provocado por los cables se reduce en gran medida. Como un par de cables se fijan para que converjan en un punto dentro del grosor de pared o dentro de una distancia relativamente corta desde el mismo, las fuerzas desde cada cable en un par tal como se observan en un plano horizontal se compensarán o absorberán de manera parcial principalmente por una fuerza normal en la carcasa de torre. De esta
15 manera los esfuerzos se absorben por la carcasa de torre principalmente en tensión y compresión en vez de en flexión, obteniéndose por tanto una distribución de carga muy mejorada en la sección de torre en la que se fijan los cables y aumentando considerablemente la rigidez y resistencia de la torre.

20 Los cables pueden ser cada uno cables de un solo elemento o cabos de atraque, tirantes, y/o cada uno comprende varios alambres tales como alambres de tipo de hilos múltiples que consisten en varios hilos cada uno de los cuales consiste en varios alambres, en los que los alambres pueden disponerse en paralelo uno al lado de otro, unirse, retorcerse, o trenzarse o combinaciones de los mismos. Los cables pueden estar compuestos por acero y/u otros materiales tales como Kevlar.

25 El elemento de anclaje puede colocarse sobre o en el interior del suelo o el lecho marino, o, alternativamente, puede fijarse a o formar parte de otra construcción tal como una plataforma flotante, anclajes de profundidad, u otra cimentación de torre, etc.

30 El término "converger" en este contexto significa que las líneas de proyección de los cables se intersecan o convergen hasta obtener una distancia de separación más pequeña entre ellos. La línea de proyección longitudinal desde un extremo de un cable corresponde a la dirección en la que se extiende el cable en ese extremo. La línea de proyección longitudinal puede ser la misma línea que la dirección de extensión del cable si el cable es aproximadamente recto. Un cable puede anclarse solamente en el elemento de anclaje y en el elemento de fijación o puede soportarse o fijarse en uno o más puntos a lo largo de su longitud, por ejemplo mediante conexión a otros cables o rigidizadores. En ese caso la dirección longitudinal del cable puede cambiar a lo largo de su longitud y la línea de proyección longitudinal desde dicho segundo extremo corresponde entonces a la dirección longitudinal de cable en o cerca de ese extremo.

35 La torre de turbina eólica puede comprender una o más secciones de torre unidas para formar la pared de torre generalmente cilíndrica. En una realización la torre de turbina eólica está compuesta al menos parcialmente por acero y/u hormigón, y puede reforzarse en algunos sitios por materiales distintos o adicionales.

40 La torre puede ser autoportante tanto con los cables fijados como sin los cables fijados. Alternativamente, la torre puede ser autoportante sólo con los cables fijados y tensados. En tal caso la torre puede rigidizarse o soportarse temporalmente mediante un soporte temporal durante el levantamiento hasta que se fijan los cables.

45 Pueden fijarse uno o más de los cables a la torre a la misma altura esencialmente o a diferentes alturas. En una realización todos los cables se fijan a la misma altura y a intervalos uniformes alrededor de la torre para así distribuir de manera uniforme las fuerzas desde los cables. Al fijar los cables a la misma altura, los cables pueden fijarse a elementos de fijación fijados a la misma sección de torre. Esta sección de torre puede formar una sección de torre especial adaptada especialmente para recibir los cables, por ejemplo, comprendiendo un refuerzo adicional en comparación con sus secciones de torre vecinas y/o teniendo una mayor resistencia o rigidez. De manera similar, la torre puede amarrarse mediante más cables o más conjuntos de cables fijados a diferentes alturas de la torre.

50 Según la invención, el punto de convergencia se encuentra en una ubicación dentro del grosor de pared de torre o en el interior de la torre dentro de una distancia de tres veces el grosor de pared. En este caso, tal como se mencionó, el grosor de pared es entonces el grosor de pared de la pared de torre a la altura de la ubicación de convergencia. Además, en este caso, tal como se mencionó, la distancia se determina basándose en el grosor de pared de torre local a esa altura. Como la ubicación del punto de convergencia está relativamente cerca de o es adyacente al elemento de fijación, en la mayoría de aplicaciones el grosor de pared de torre es el mismo o aproximadamente el mismo que el grosor de pared de torre local adyacente a los elementos de fijación de cable
55 relevantes.

En una realización de la invención, los dos cables se fijan a la torre de manera que el punto de convergencia se encuentra en una ubicación en el interior del grosor de pared de torre o en el interior de la torre dentro de una

distancia de un grosor de pared desde la superficie interior de pared medido a la altura y en una dirección perpendicular a dicho eje longitudinal central. Mediante una ubicación del punto de convergencia más cercana a la superficie interior de pared se obtiene una transferencia de carga mejorada desde los cables hasta la pared de torre con momentos de flexión reducidos en la pared de torre. Este efecto es incluso más pronunciado cuando el punto de convergencia se encuentra en el interior del grosor de pared. De este modo el grosor de pared de torre adyacente al punto de convergencia y las fijaciones de cable puede reducirse sin poner en peligro la resistencia de la torre. Además, al tener el punto de convergencia en el interior del grosor de pared o en el interior de la torre se evita que los cables estén físicamente cerca como para cruzarse o tocarse. Esto simplifica el tensado y la fijación de los cables a los elementos de fijación. Además, esto permite que los elementos de fijación se dispongan totalmente en el exterior de la torre si se desea y, por tanto, no interfieran en el diseño de torre interno. Al mismo tiempo, componentes de las fuerzas de cada cable en un par se contrarrestarán entre sí en gran medida o por completo de manera que los esfuerzos se absorben por la carcasa de torre principalmente en tensión y compresión en vez de en flexión.

En una realización de la invención, el elemento de fijación forma una parte solidaria de la pared de torre o se fija a una superficie de la pared de torre mediante medios de sujeción tales como cualquiera de soldadura, encolado, o elementos de sujeción mecánicos.

Según una realización de la invención, el elemento de fijación está adaptado para recibir los segundos extremos de los dos cables diferentes. De este modo se necesita un número reducido de elementos de fijación para fijar los cables porque cada uno o algunos de los elementos de fijación pueden usarse para fijar dos cables. Además, se obtiene una fijación más precisa de los dos cables uno con respecto al otro porque se fijan al mismo elemento de fijación. De esta manera la ubicación del punto de convergencia de las líneas de proyección de los dos cables puede determinarse y controlarse de manera más fácil y precisa. Tal elemento de fijación puede formarse al menos parcialmente a partir de una placa doblada, lo que proporciona una sencilla aunque eficaz manera de construir un elemento de fijación de alta resistencia y rigidez y en el que la fijación de los cables puede controlarse de manera que el punto de convergencia de las líneas de proyección de los dos cables fijados al elemento de fijación se encuentre según se desee dentro del grosor de pared o cerca de la pared de torre interior.

En una realización de la torre de turbina eólica, dos cables se anclan al mismo elemento de anclaje y se extienden hasta diferentes posiciones en la torre a la misma altura esencialmente de la torre. De esta manera puede usarse un elemento de anclaje para anclar dos cables.

En una realización, la turbina eólica comprende varios elementos de anclaje y varios elementos de fijación, y cada elemento de anclaje está adaptado para anclar al menos dos cables y cada elemento de fijación está adaptado para recibir dos cables que no se extienden desde los mismos elementos de anclaje. De este modo se obtiene un amarre de la torre en el que los cables se fijan en pares a cada anclaje y se fijan en otros pares a la torre. Por ejemplo, la torre de turbina eólica puede fijarse mediante 6 cables que se extienden entre 3 elementos de anclaje y 3 elementos de fijación. De este modo se obtiene que cualquier cable puede soltarse de un elemento de fijación o de un elemento de anclaje por ejemplo para su reparación o intercambio sin poner en peligro la estabilidad de la torre de turbina eólica. Además, cualquier conjunto de dos cables puede soltarse de un elemento de fijación o de un elemento de anclaje estando la torre todavía suspendida hasta cierto punto en todas las direcciones. Esto hará sitio entonces para permitir, por ejemplo, que se traslade una grúa cerca de la torre sin interferir con ninguno de los cables restantes, que se baje una pala de turbina eólica hasta el suelo o similar.

En una realización de la invención, cada cable se pretensa a un valor en el intervalo del 30-55% de su resistencia nominal, tal como en el intervalo del 40-50% de su resistencia nominal. De este modo se obtiene que todos los cables que amarran la torre de turbina eólica están en tensión en todo momento y en todas las condiciones meteorológicas en cualquier caso, también los cables en el lado de sotavento. De este modo las oscilaciones de la torre y la frecuencia natural de la torre siguen siendo bien controladas. Tensando los cables a tal alto grado, la parte no lineal de la deflexión de cada cable sólo tendrá una influencia insignificante. De este modo, la deflexión de cable tendrá un intervalo de trabajo en el que la desviación del comportamiento lineal se mantiene por debajo de un determinado valor bajo, por ejemplo el 2%. Con un comportamiento principalmente lineal de los cables se obtiene que todas las deflexiones dentro del intervalo de trabajo y en todas las direcciones son lineales y que la frecuencia de sistema de la torre amarrada tiene de manera ventajosa únicamente un solo valor. De este modo sólo un intervalo de frecuencia limitado ha de excluirse de los parámetros operativos de la turbina eólica, lo que es importante con el fin de poder optimizar la producción de energía en todas las condiciones meteorológicas.

En una realización de la invención, la torre de turbina eólica comprende al menos una primera sección de torre y una segunda sección de torre unida a la primera sección de torre en la que los cables se fijan a la segunda sección de torre y en la que el grosor de pared de torre de la segunda sección de torre es mayor que el grosor de pared de torre de la primera sección de torre. De este modo se obtiene que la sección de torre que recibe los cables tiene una rigidez aumentada y puede resistir mejor las cargas de los cables. Además, fijando los cables a la segunda sección de torre se obtiene que la segunda sección de torre de grosor aumentado y especialmente preparada para recibir los cables puede fabricarse por separado de las demás secciones de torre. La primera sección de torre puede colocarse sobre y por encima de la segunda sección de torre o viceversa. Además, la torre puede comprender más secciones de torre, y la primera sección de torre puede formar una sección de torre intermedia colocada en entre otras

secciones de torre.

Además, la segunda sección de torre según lo anterior puede tener un diámetro exterior mayor que el diámetro exterior de la primera sección de torre, mediante lo cual puede lograrse una segunda sección de torre de rigidez y resistencia aumentadas para resistir mejor las cargas de los cables. Esto puede obtenerse teniendo las secciones de torre primera y segunda el mismo diámetro interior, obteniéndose de este modo una superficie interior uniforme de la torre a lo largo de las secciones de torre primera y segunda, lo que puede ser deseable para simplificar la fijación de escaleras interiores, etc.

Además, la segunda sección de torre según lo anterior puede tener un diámetro interior menor que el diámetro interior de la primera sección de torre, para proporcionar asimismo una rigidez y una resistencia aumentadas de la sección de torre. Esto puede obtenerse teniendo las secciones de torre primera y segunda el mismo diámetro exterior, obteniéndose por tanto una superficie exterior uniforme de la torre a lo largo de las secciones de torre primera y segunda.

Las secciones de torre primera y segunda pueden unirse mediante cualquiera de una conexión de brida, soldadura de partes de sección de torre contiguas o solapantes, o sujeción de partes de sección de torre solapantes con pernos para obtener por tanto una conexión resistente entre las dos secciones de torre.

En una realización, los cables se fijan a un anillo de torre colocado alrededor de la torre de turbina eólica. El anillo de torre puede fijarse a la torre de turbina eólica mediante soldadura o apretándolo alrededor de la torre o mediante combinaciones de los mismos. De este modo se obtiene una fijación resistente de los cables a la torre con una transferencia de carga eficiente desde los cables hasta la torre.

Según un aspecto adicional, la invención se refiere a un método de levantamiento de una torre de turbina eólica amarrada mediante varios cables y configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor, y en la que la torre comprende varias secciones de torre unidas entre sí, comprendiendo el método: posicionar una primera sección de torre, fijar al menos algunos de los cables de amarre a una segunda sección de torre mientras la segunda sección de torre está en el suelo, elevar la segunda sección de torre con los cables fijados sobre la primera sección de torre, y unir la segunda sección de torre a la primera. De este modo se obtiene un método para levantar una torre amarrada en el que las secciones de torre se montan de manera sucesiva y en el que al mismo tiempo los cables se manipulan y manejan de manera eficaz durante el levantamiento. Mediante el método propuesto, los cables se fijan ventajosamente a la sección de torre mientras están en el suelo, lo que puede hacerse de manera mucho más fiable, sencilla, rápida y segura que si se hiciera en altura, donde además las condiciones meteorológicas pueden complicar considerablemente el trabajo. Además, el método proporciona ventajosamente una manera de elevar los cables a su posición en altura al mismo tiempo y en el mismo procedimiento que la elevación de la segunda sección de torre, necesitándose realizar por tanto sólo una operación de elevación mediante una grúa y reduciéndose la necesidad de la grúa. Esto es de interés especialmente para el levantamiento de turbinas eólicas marinas. Además mediante el método propuesto se obtiene que algunos u opcionalmente la totalidad de los cables están listos para montarse en los elementos de anclaje y para tensarse para soportar la torre ya cuando se han unido las secciones de torre primera y segunda. De esta manera la torre puede amarrarse lo antes posible. Otras ventajas adicionales son tal como se mencionó en lo anterior en relación con la torre amarrada.

En este documento, el término en el suelo ha de entenderse con un significado general como una base de algún tipo, como por ejemplo una cimentación, un suelo firme, una plataforma etc., tal como una cimentación marina o una plataforma flotante en el caso de levantar una torre para una turbina eólica marina.

En una realización de la invención, se fija una tercera sección de torre a la segunda sección de torre mientras la segunda sección de torre está en el suelo. De este modo se realiza tanto trabajo como sea posible en el suelo en condiciones de trabajo mucho mejores que si se realizara en altura. De este modo puede obtenerse una mejor calidad de la fijación y el trabajo puede realizarse con más rapidez y mientras se tiene una seguridad mucho mejor.

45 **Breve descripción de los dibujos**

A continuación se describirán diferentes realizaciones de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1 muestra un esquema de una torre de turbina eólica según una realización de la invención,

las figuras 2 y 3 muestran la fijación de cables a una sección de torre en una vista en sección transversal y una ampliación de un detalle de la misma, respectivamente,

50 las figuras 4A y B muestran una realización de los cables fijados a una sección de torre en dos vistas diferentes,

la figura 5 muestra una realización de un elemento de fijación,

la figura 6 muestra una vista en sección transversal de una sección de torre con un elemento de fijación,

las figuras 7A y B muestran una fijación de un cable a un elemento de fijación y a un elemento de anclaje, respectivamente, y

la figura 8 es un esquema de una torre de turbina eólica durante el levantamiento tal como se observa desde arriba.

Descripción detallada de los dibujos

La figura 1 muestra un esquema de una torre de turbina eólica 100 según una realización de la invención. La torre de turbina eólica está configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor (no mostrados) y se amarra mediante varios cables 101. La torre se extiende en una dirección longitudinal a lo largo y alrededor de un eje longitudinal vertical central 105. En la presente realización, en total seis cables diferentes 101 se extienden entre sus primeros extremos fijados a en total tres elementos de anclaje diferentes 102, que en este caso se encuentran en el suelo, y sus segundos extremos fijados a elementos de fijación 103 en una sección de torre 104 de la torre. Dos cables se extienden desde cada elemento de anclaje y se extienden en diferentes ángulos hasta dos elementos de fijación diferentes en la torre pero a la misma altura. En esta realización, los elementos de anclaje 102 están colocados a la misma distancia de la torre y con una separación de 120 grados alrededor de la torre de modo que el tensado de cables es simétrico. En este caso, los cables se extienden hasta la torre en un ángulo de aproximadamente 45 grados y se fijan a la torre a una altura justo por debajo de la altura de la punta de pala de turbina eólica cuando está en su posición más inferior. De esta manera una pala no puede golpear los cables en ninguna condición meteorológica.

La figura 2 muestra una vista en sección transversal de la torre de turbina eólica 100 de la figura 1 y a la altura donde los cables 101 se fijan a los elementos de fijación 104. Se muestra una parte de la misma en una ampliación en la figura 3. Los seis cables 101 se fijan en pares a tres elementos de anclaje tal como se muestra en la figura 1, y se fijan para que coincidan en otros pares en la torre. De este modo se obtiene el amarre simétrico de la torre tal como se representa esquemáticamente en la figura 2.

Las líneas de proyección longitudinales 201 desde los segundos extremos de un par de cables 101 convergen en un punto de convergencia 300. El punto de convergencia se encuentra en una ubicación a cierta altura y en esta realización en el interior del grosor de pared de torre 301 que se extiende entre la superficie interior 202 y la superficie exterior 203 en una dirección radial 204. En otras realizaciones la ubicación del punto de convergencia 300 puede encontrarse en el interior de la torre y dentro de una distancia de tres grosores de pared desde la superficie interior de pared 201 según se mide a la altura de la ubicación del punto de convergencia y en una dirección perpendicular a dicho eje longitudinal central tal como se indica mediante la flecha 305 en la figura 3.

El par de cables con líneas de proyección convergentes pueden fijarse a dos elementos de fijación distintos 103 o al mismo elemento de fijación configurados para recibir dos extremos de cable diferentes.

En las figuras 4A y B se muestra una realización de los cables 101 fijados a una sección de torre 104 de la torre de turbina eólica 100 en una vista en perspectiva y tal como se observa desde el lado, respectivamente. La sección de torre 104 sobre la que se fijan los extremos de cable se refuerza en este caso mediante un grosor de material de pared mayor con el fin de resistir mejor las fuerzas de los cables. Tal como puede observarse a partir de las figuras, el diámetro exterior de la sección de torre 104 es mayor que el diámetro exterior de las secciones de torre vecinas 401. En este caso las secciones de torre se unen mediante bridas que hacen tope en el interior de la torre (no mostrado).

Preferiblemente, los elementos de fijación se conforman de manera que las líneas de proyección de cable de cada cable llegan a y sobrepasan la altura media del elemento de fijación para obtener una distribución uniforme de esfuerzos en la soldadura del elemento de fijación a la pared de torre.

La figura 5 muestra un esquema de un elemento de fijación 103 tal como se observa desde arriba. El elemento de fijación está configurado para recibir dos cables 101 y se forma mediante una placa doblada 501 con un ojal o abertura 502 en cada extremo. Entonces pueden fijarse nudos corredizos 503 en los extremos de cable a los ojales 502 mediante pernos o pasadores. El elemento de fijación 103 se fija a la torre por ejemplo mediante soldadura o mediante elementos de sujeción mecánicos tales como pernos, remaches o similares, o puede formar una parte solidaria de la pared de torre.

En la figura 6 se muestra un elemento de fijación 103 tal como se fija a una sección de torre 104 y tal como se observa en una vista en sección transversal desde un lado. En este caso el elemento de fijación 103 está formado como un elemento de placa con un orificio 502 para recibir un extremo de cable. El grosor de pared de la sección de torre 104 con los elementos de fijación tiene un grosor aumentado 301 adyacente al elemento de fijación 103. La sección de torre 104 comprende bridas 601 en ambos extremos para la unión de la sección de torre a otras secciones de torre. Las bridas 601 deben conectarse mediante pernos.

En la figura 7B, en una vista desde arriba, se muestra una realización de los extremos de cable 101 tal como se fijan a un elemento de fijación 103 en la sección de torre 104, y tal como se fijan en el otro extremo a un elemento de anclaje 102. La figura 7A muestra el elemento de anclaje 102 de la figura 7B en una vista lateral. El cable puede tensarse tensando los pernos 701 de manera apropiada en el elemento de anclaje 102.

La figura 8 es un esquema de cómo puede levantarse la torre de turbina eólica y tal como se observa en una vista desde arriba. Se ha posicionado una primera sección de torre 401 de la torre y se han fijado los cables 101 a la

5 segunda sección de torre 104 opcionalmente estando una parte de los cables todavía enrollada en tambores para cable 802. En este caso, los dos cables que van a fijarse al mismo elemento de anclaje 102 están enrollados en el mismo tambor para cable 802. Alternativamente el conjunto de cables puede estar enrollado en tambores para cable distintos. En general las longitudes de cada uno de los cables en un conjunto que va a fijarse al mismo elemento de anclaje son las mismas. Preferiblemente, todos los elementos de anclaje se colocan a la misma distancia de la torre de turbina eólica. Sin embargo, incluso en ese caso las longitudes de cable pueden variar en una cierta longitud debido a la posibilidad de diferencias de nivel entre los elementos de anclaje. Una grúa 801 eleva entonces la segunda sección de torre 104 con los cables fijados 101 sobre la primera sección de torre 401 y se unen las secciones de torre. La grúa 801 puede usarse entonces ventajosamente para elevar cada tambor para cable 802 con los otros extremos de cable fuera de la torre hasta la ubicación de los elementos de anclaje 102 para la fijación y el tensado de los cables. De esta manera la grúa puede elevar los cables por encima de árboles u otros tipos de vegetación u obstáculos sin tener que abrir camino en el suelo.

10 A pesar de que se han descrito realizaciones preferidas de la invención, debe entenderse que la invención no está limitada en ese sentido y pueden realizarse modificaciones sin apartarse de la invención. El alcance de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Torre de turbina eólica (100) configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor, teniendo dicha torre una pared de torre generalmente cilíndrica y extendiéndose en una dirección longitudinal a lo largo y alrededor de un eje longitudinal central (105);
- 5 en la que dicha pared de torre tiene una superficie interior (202) y una superficie exterior (203);
y en la que un grosor de pared de torre (301) se extiende entre dicha superficie interior y dicha superficie exterior en una dirección radial (305) desde dicho eje longitudinal central;
en la que dicha torre se amarra mediante varios cables (101);
- 10 en la que cada cable se extiende entre un primer extremo anclado a un elemento de anclaje (102) y un segundo extremo opuesto fijado a dicha torre en un elemento de fijación (103);
y en la que dos cables que se extienden desde dos elementos de anclaje diferentes se fijan a la torre de manera que convergen líneas de proyección longitudinales (201) desde dichos segundos extremos de dichos dos cables en un punto de convergencia (300);
- 15 y en la que dicho punto de convergencia se encuentra en una ubicación a una altura y en el interior del grosor de pared de torre (301) o en el interior de la torre dentro de una distancia de tres grosores de pared desde la superficie interior de pared según se mide a la altura y en una dirección (204) perpendicular a dicho eje longitudinal central.
2. Torre de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que los dos cables se fijan a la torre de manera que el punto de convergencia se encuentra en una ubicación en el interior del grosor de pared de torre o en el interior de la torre dentro de una distancia de un grosor de pared desde la superficie interior de pared medido a la altura y en una dirección perpendicular a dicho eje longitudinal central.
- 20 3. Torre de turbina eólica según la reivindicación 1 ó 2, en la que los dos cables se fijan a la torre de manera que el punto de convergencia (300) se encuentra en una ubicación dentro del grosor de torre (301).
4. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el elemento de fijación (103) forma una parte solidaria de la pared de torre o se fija a una superficie de la pared de torre mediante medios de sujeción tales como cualquiera de soldadura, encolado, o elementos de sujeción mecánicos.
- 25 5. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el elemento de fijación está adaptado para recibir los segundos extremos de los dos cables diferentes.
6. Torre de turbina eólica según la reivindicación 5, en la que el elemento de fijación se forma al menos parcialmente a partir de una placa doblada.
- 30 7. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que dos cables se anclan al mismo elemento de anclaje y se extienden hasta diferentes posiciones en la torre a la misma altura esencialmente de la torre.
8. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la turbina eólica comprende varios elementos de anclaje y varios elementos de fijación, y en la que cada elemento de anclaje está adaptado para anclar al menos dos cables y cada elemento de fijación está adaptado para recibir dos cables que no se extienden desde los mismos elementos de anclaje.
- 35 9. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que cada cable se pretensa a un valor en el intervalo del 30-55% de su resistencia nominal, tal como en el intervalo del 40-50% de su resistencia nominal.
- 40 10. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la torre de turbina eólica comprende al menos una primera sección de torre y una segunda sección de torre unida a la primera sección de torre, y en la que los cables se fijan a la segunda sección de torre, y en la que el grosor de pared de torre de la segunda sección de torre es mayor que el grosor de pared de torre de la primera sección de torre.
- 45 11. Torre de turbina eólica según la reivindicación 10, en la que la segunda sección de torre tiene un diámetro exterior mayor que un diámetro exterior de la primera sección de torre.
12. Torre de turbina eólica según la reivindicación 10 u 11, en la que la segunda sección de torre tiene un diámetro interior menor que un diámetro interior de la primera sección de torre.
- 50 13. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en la que las secciones de torre

primera y segunda se unen mediante cualquiera de una conexión de brida, soldadura de partes de sección de torre contiguas o solapantes, o sujeción de partes de sección de torre solapantes con pernos.

14. Torre de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los cables se fijan a un anillo de torre colocado alrededor de la torre de turbina eólica.
- 5 15. Método de levantamiento de una torre de turbina eólica (100) amarrada mediante varios cables (101) según la reivindicación 1, y
- configurada para soportar una góndola de turbina eólica y un rotor, y en la que la torre comprende varias secciones de torre (104) unidas entre sí, comprendiendo el método:
- posicionar una primera sección de torre,
- 10 - fijar al menos algunos de los cables de amarre a una segunda sección de torre mientras la segunda sección de torre está en el suelo,
- elevar la segunda sección de torre con los cables fijados sobre la primera sección de torre, y
- unir la segunda sección de torre a la primera.
- 15 16. Método según la reivindicación 15, en el que se fija una tercera sección de torre a la segunda sección de torre mientras la segunda sección de torre está en el suelo.

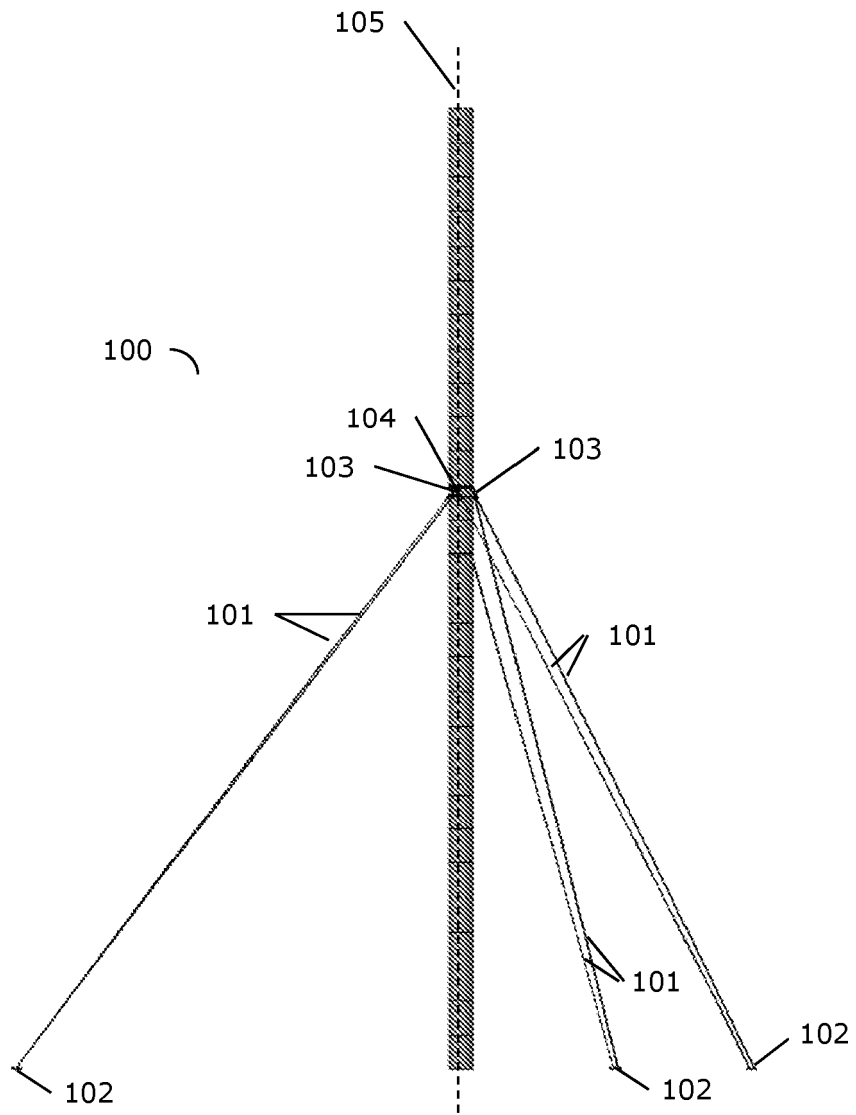


Fig. 1

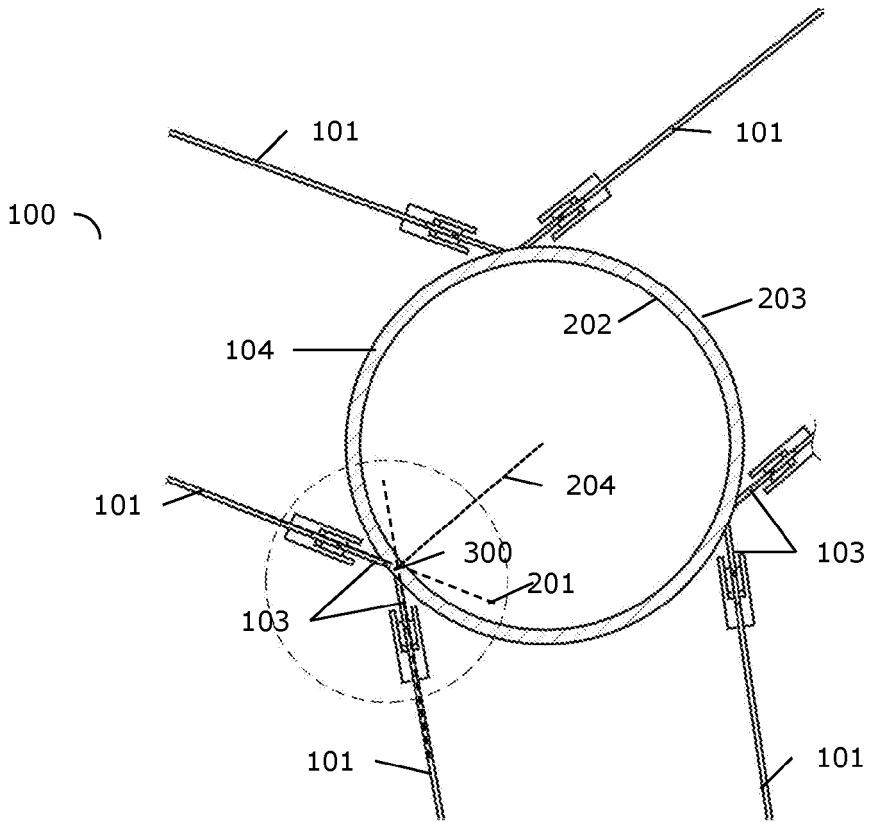


Fig. 2

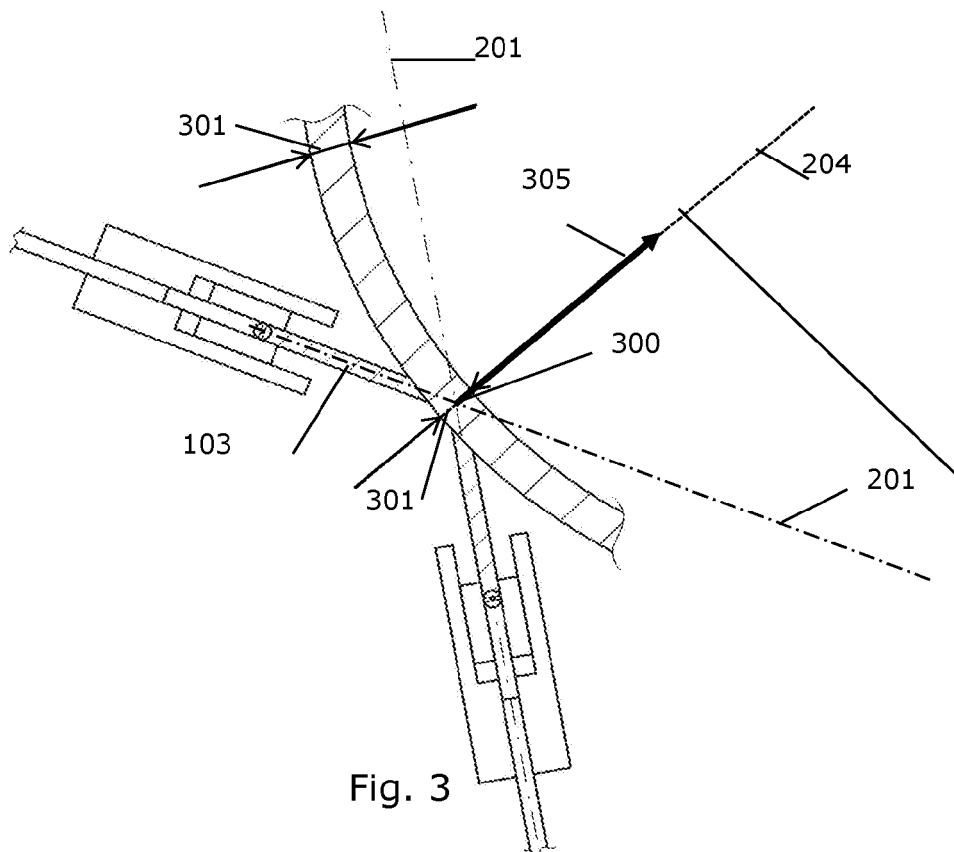


Fig. 3

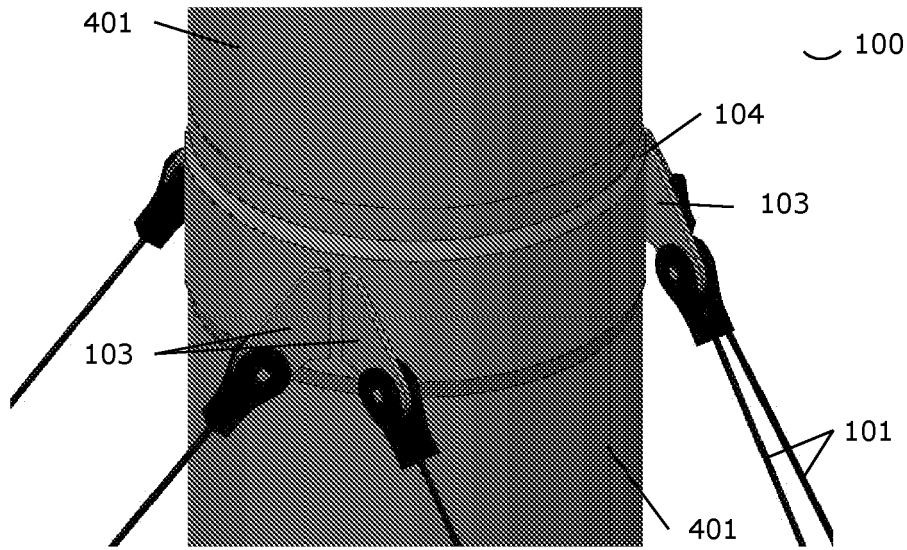


Fig. 4A

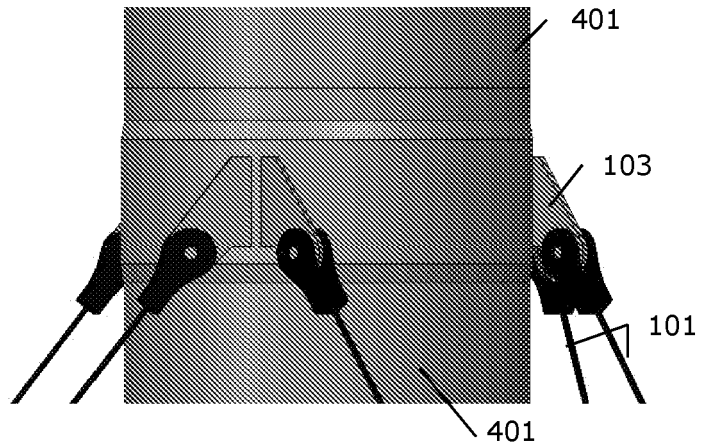


Fig. 4B

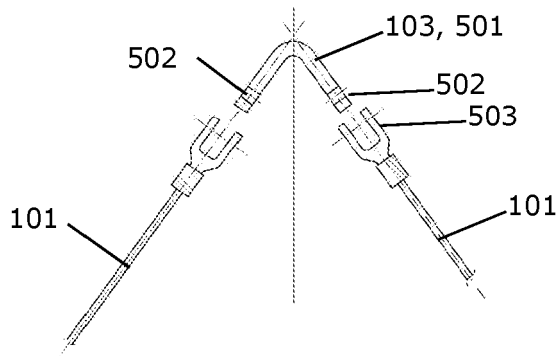


Fig. 5

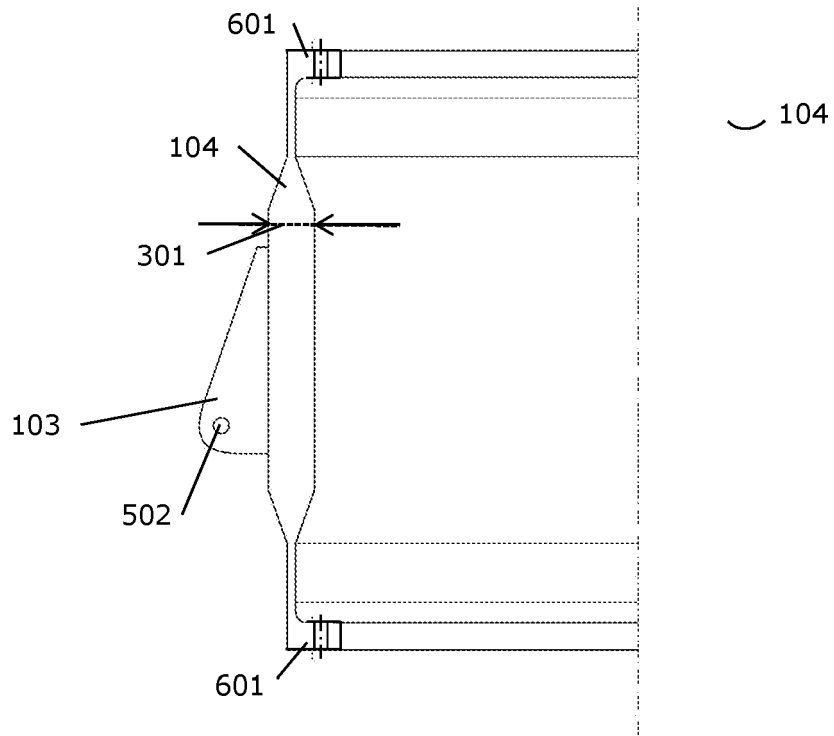


Fig. 6

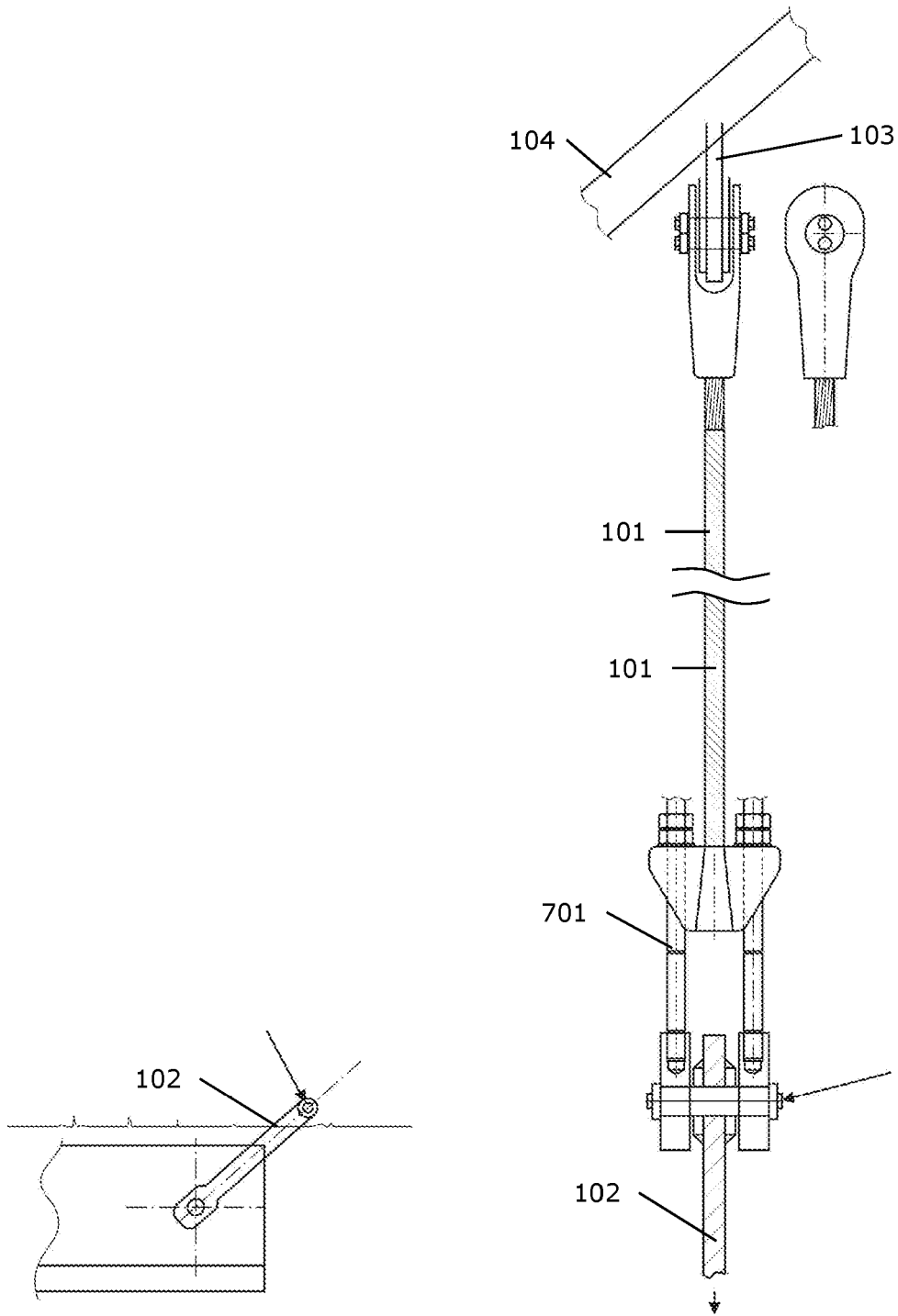


Fig. 7A

Fig. 7B

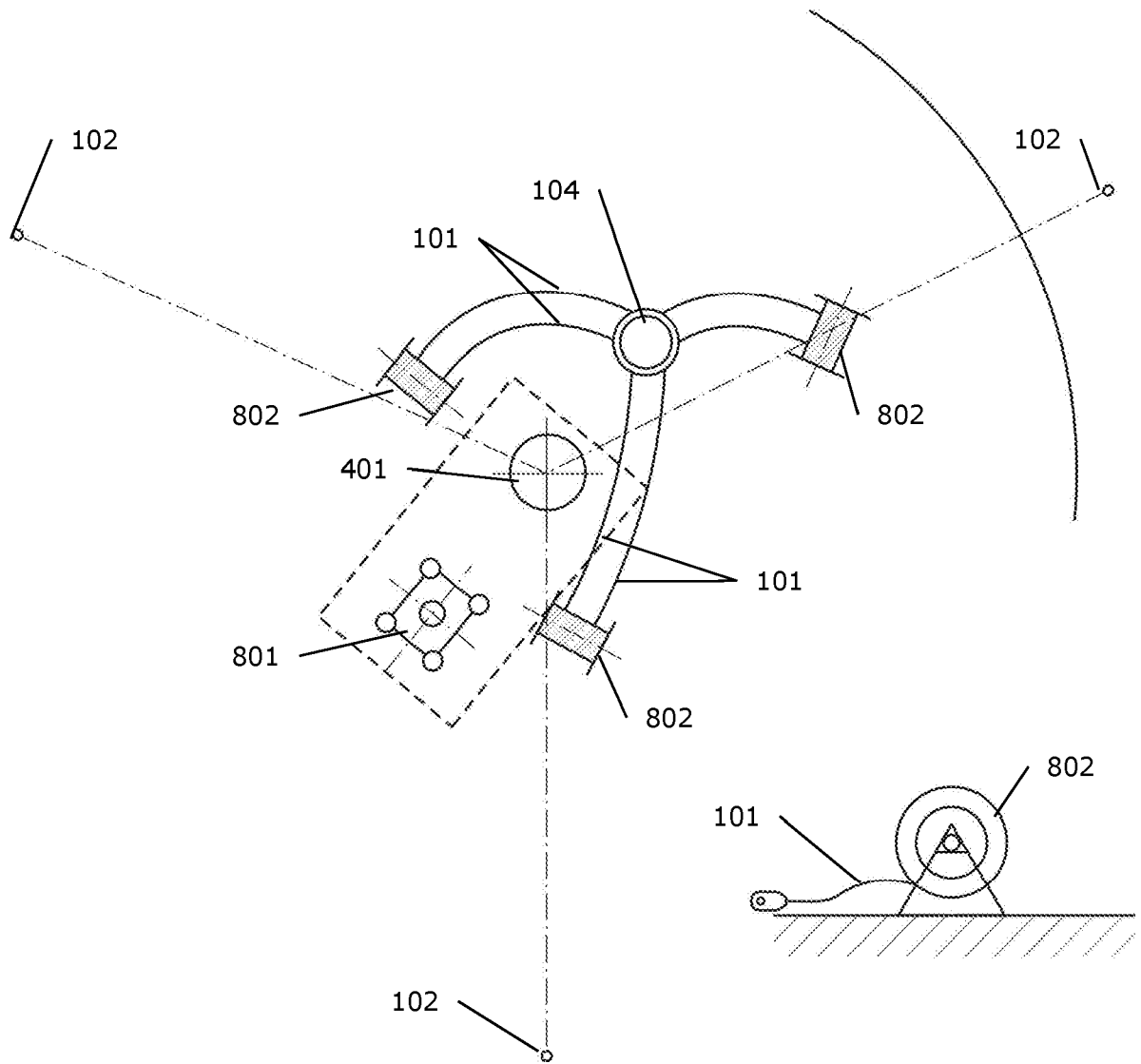


Fig. 8