

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 974 681**

51 Int. Cl.:

F03D 13/20 (2006.01)

F03D 80/80 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.11.2019** **E 19210730 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2023** **EP 3825549**

54 Título: **Torre para turbina eólica y turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
01.07.2024

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.0%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**EIDAM, MATHIAS;
LUEHN, HOLGER;
VOSS, STEFAN y
ROSS, DANIEL**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 974 681 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 para turbina eólica y turbina eólica

5 Campo

[0001] La presente materia objeto se refiere en general a torres para turbinas eólicas, y más en particular a una disposición de una góndola de la turbina eólica en una torre, en la que se proporcionan cables de alimentación desde la góndola en la parte superior de la torre hasta una parte inferior de la torre.

10 Antecedentes

[0002] La potencia eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye posiblemente una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor.

[0003] En el documento EP 2 577 058 B1 se proporciona una torre para una turbina eólica y una guía de cable para una torre de una turbina eólica. Dentro de la torre, los cables de alimentación van desde la góndola hasta el suelo. Un sistema de guiado de cable se instala para optimizar la capacidad global de potencia y reducir el desgaste entre los cables. El objetivo se logra usando al menos dos dispositivos de agrupamiento. El documento US 2013/0105199 A1 describe una torre para una turbina eólica y una guía de cables para la misma, en la que una góndola para la turbina eólica se dispone en la torre de modo que puede rotar alrededor de un eje vertical que discurre en la dirección longitudinal de la torre. Los cables se conducen en la torre de la turbina eólica fuera de la góndola desde los componentes eléctricos hasta el suelo. La torre tiene al menos dos dispositivos de agrupamiento que son adecuados para unir los cables individuales que discurren longitudinalmente en la torre conjuntamente para formar un haz de cables con los cables fijados entre sí.

[0004] Un objetivo es proporcionar una torre para una turbina eólica que tiene cables guiados desde la góndola hasta una porción inferior de la torre, en la que se evitan desventajas de la técnica anterior, por ejemplo incremento en el desgaste y/o complejidad de dispositivos y/o disposiciones relacionados o se reduce un efecto de las mismas.

Breve descripción

[0005] Los aspectos y ventajas de la divulgación se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la divulgación.

[0006] En un aspecto, la presente divulgación se refiere a una torre para una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 y a una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 15. Se describen modos de realización específicos por las reivindicaciones dependientes, en particular por una combinación de las reivindicaciones dependientes.

[0007] En particular, o como alternativa, se divulga una torre para una turbina eólica. Dicha turbina eólica comprende una torre, una góndola y un rotor que tiene al menos una pala de rotor. El rotor se soporta de forma rotatoria por la góndola de modo que el rotor puede rotar alrededor de un eje de rotor al menos parcialmente horizontal.

[0008] La torre se configura para soportar la góndola y el rotor sobre un sistema de soporte, preferentemente en un sistema de soporte dispuesto en el suelo. La propia torre se puede estructurar teniendo un extremo superior más arriba para soportar la góndola y un extremo de soporte inferior más abajo colocarse sobre el sistema de soporte.

[0009] Cabe destacar señalar que cualquier indicación con respecto al posicionamiento, localizaciones y/o disposiciones específicas de la turbina eólica, de la torre y/o de partes de la torre se entenderá con respecto a una turbina eólica montada y/u operativa y su torre.

[0010] Además, direcciones y orientaciones específicas tales como longitudinal, axial, radial, circunferencial, interior y/o exterior se refieren a la estructura geométrica de la torre. Por ejemplo, el eje longitudinal o línea central de la torre tiene una posición más interior que las paredes de torre que tienen una posición exterior cuando se ven en dirección radial.

[0011] La torre puede comprender una disposición de conexión eléctrica montada directa o indirectamente a la torre a un nivel más bajo que el extremo superior. Además o como alternativa, la disposición de conexión eléctrica se puede colocar en el suelo, en la torre o bien en las proximidades de la torre. La disposición de conexión eléctrica se configura para recibir extremos de cable inferiores de los cables de alimentación que se van desde la góndola a través de la torre de modo que los cables de alimentación se pueden conectar a la disposición de conexión eléctrica.

[0012] Dentro de la góndola se dispone al menos un componente de potencia eléctrica, por ejemplo un generador eléctrico, en el que el rotor, por ejemplo un eje de rotor, se soporta por la góndola de modo que el generador se puede rotar por una rotación del rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer rotar un eje y de este modo acoplar las palas de rotor por medio de una multiplicadora a un generador eléctrico, o si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. De esta manera, la energía cinética del viento captada por las palas de rotor se transforma en energía mecánica de rotación, y se transforma además en energía eléctrica por el generador. A continuación, la energía eléctrica generada se transporta por medio de cables de alimentación desde la góndola a una red eléctrica, preferentemente por medio de componentes electrónicos de potencia, interruptores y/o transformadores.

[0013] De acuerdo con un modo de realización, se pueden proporcionar componentes electrónicos de potencia, interruptores y/o transformadores dentro de la góndola de modo que y conectar al generador de modo que la energía eléctrica como se genera por el generador que tiene un voltaje bajo de 400 V a 1000 V se transforma a un voltaje medio, por ejemplo, que tiene un voltaje de alrededor de 10 kV o entre 20-35 kV, directamente en la góndola por dichos componentes. En este caso se usan al menos dos, preferentemente tres cables que tienen una sección transversal suficientemente grande para transportar energía eléctrica desde la góndola a través de la torre hasta un punto de conexión eléctrica, por ejemplo hasta la disposición de conexión eléctrica.

[0014] En particular, se puede implementar una transformación en voltaje medio directamente en la torre, si la potencia nominal global de la turbina eólica excede de 4,6 MW, preferentemente excede de 4,8 MW.

[0015] Un cable de alimentación de acuerdo con la presente divulgación es un dispositivo conductor configurado para transmitir un tipo de corriente eléctrica, en particular que tiene una sola fase. En particular, un cable multipolar que tiene una pluralidad de conductores de potencia configurados para transmitir una pluralidad de corrientes eléctricas, en particular teniendo cada uno una fase eléctrica diferente, se considerará como una pluralidad de cables de alimentación.

[0016] De acuerdo con un modo de realización, el número de cables de alimentación puede ser más de tres, preferentemente una multiplicidad de tres.

[0017] Por ejemplo, un cable (cable-MV_{alto}, 20-35 kV) para la transmisión de potencia de voltaje medio mayor hecho de cobre puede tener una sección transversal de al menos 55 mm², preferentemente al menos 60 mm², preferente además al menos 65 mm², y/o de alrededor de 70 mm², y/o puede tener una sección transversal no más grande de 75 mm², en particular preferentemente no más grande de 80 mm².

[0018] Un cable (cable-MV_{alto}, 20-35 kV) para la transmisión de potencia de voltaje medio mayor hecho de aluminio puede tener una sección transversal de al menos 85 mm², preferentemente al menos 90 mm², y/o de alrededor de 95 mm², y/o puede tener una sección transversal no más grande de 110 mm², en particular no más grande de 100 mm², preferentemente no más grande de 95 mm².

[0019] Un cable (cable-MV_{bajo}, aprox. 10 kV) para la transmisión de potencia de voltaje medio menor hecho de cobre puede tener una sección transversal de al menos 150 mm², en particular al menos 170 mm², preferentemente al menos 180 mm², y/o de alrededor de 185 mm², y/o puede tener una sección transversal no más grande de 230 mm², preferentemente no más grande de 210 mm², preferente además no más grande de 190 mm².

[0020] Un cable (cable-MV_{bajo}, aprox. 10 kV) para la transmisión de potencia de voltaje medio menor hecho de aluminio puede tener una sección transversal de al menos 200 mm², en particular al menos 220 mm², preferentemente al menos 230 mm², y/o de alrededor de 240 mm², y/o puede tener una sección transversal no más grande de 280 mm², preferentemente no más grande de 260 mm², preferente además no más grande de 250 mm².

[0021] De acuerdo con un modo de realización adicional o alternativo, la energía eléctrica como se genera por el generador que tiene un voltaje de 400 V a 1000 V se guía a través de la torre a un componente de potencia eléctrica, interruptores y/o un transformador para transformarse a voltaje medio (10 – 35 KV) por dichos componentes localizados en una posición inferior que la góndola. En este caso se usan al menos 9 cables, en particular al menos 12, preferente 15 cables, y/o no más de 21 cables, en particular no más de 18 cables, preferente 15 cables, para conectar el generador y/o los dispositivos de potencia del generador a un transformador localizado en la torre debajo del generador o en el suelo.

[0022] Por ejemplo, un cable para dicha transmisión de potencia de voltaje bajo, en particular hecho de cobre, puede tener una sección transversal de al menos 200 mm², preferentemente al menos 220 mm², preferente además al menos 240 mm², y/o de alrededor de 270 mm², y/o puede tener una sección transversal no más grande de 330 mm², preferentemente no más grande de 310 mm², preferente además no más grande de 300 mm².

[0023] Con respecto a uno o ambos de los modos de realización mencionados anteriormente, al menos uno o una pluralidad de cables para transmitir señales de comunicación y/o energía de soporte y/o auxiliar pueden estar provistos además de los cables de alimentación mencionados.

[0024] Específicamente, la góndola se puede rotar en la parte superior de la torre alrededor de un eje esencialmente vertical (eje de orientación). Para este propósito, se proporciona eficazmente un sistema de orientación que tiene al menos un mecanismo de accionamiento de orientación entre la góndola y la parte superior de la torre. Con la ayuda de este sistema de orientación, se permite un seguimiento del viento de la góndola. La góndola puede rotar de modo que el rotor de la turbina eólica se enfrente perpendicularmente al viento, lo que maximiza la generación de energía de la turbina eólica. Esto implica que la góndola puede rotar alrededor del eje de orientación de acuerdo con la dirección del viento actual. Por lo tanto, la rotación de la góndola introduce una torsión en los cables de alimentación, en la que dicha torsión provoca una desviación (acortamiento) en la longitud de los cables de alimentación.

[0025] Por tanto, durante la operación que incluye la rotación de la góndola alrededor del eje de orientación, los cables de alimentación pueden experimentar una torsión, lo que es aceptable al menos en un determinado intervalo. En particular, un ángulo de torsión máximo puede ser al menos $\pm 720^\circ$ grados (dos rotaciones completas), preferentemente al menos $\pm 900^\circ$ grados (tres rotaciones completas), o al menos $\pm 1440^\circ$ (cuatro rotaciones). Por lo tanto, los cables que van desde la góndola a la disposición de conexión eléctrica se deben disponer, guiar y configurar para soportar dicho intervalo de torsión sin someterse a desgaste no deseado, daño estructural y/o cualquier otra desventaja funcional provocada por la torsión.

[0026] Además, la torre comprende al menos un dispositivo de guiado radial de cable para recibir el cable y una disposición de soporte de cable para soportar el cable de manera beneficiosa.

[0027] El dispositivo de guiado radial de cable se soporta directa o indirectamente por y se monta en la torre y se configura de modo que se limita un espacio para el movimiento de los cables de alimentación al menos en una dirección radial de la torre, mientras que se permite un desplazamiento de los cables de alimentación en una dirección axial de la torre. Por tanto, el dispositivo de guiado radial de cable evita que los cables cuelguen y/u oscilen libremente dentro de la torre, pero proporciona flexibilidad de desplazamiento a los cables de alimentación en dirección axial y/o en una dirección de cable longitudinal. De acuerdo con un modo de realización, el dispositivo de guiado radial de cable puede incluir un anillo que rodea los cables, en el que el anillo se une directa o indirectamente a la torre. Por lo tanto, el movimiento de los cables en dirección radial se limita de este modo por el diámetro interior del anillo.

[0028] En particular, el diámetro interior eficaz del dispositivo de guía de cable radial es al menos un 100 % más grande, en particular al menos un 60 % más grande, preferente al menos un 30 % más grande, que un diámetro exterior máximo de los cables de alimentación, en particular de un haz de cables formado por una pluralidad de cables de alimentación. Por ejemplo, el diámetro interior eficaz puede tener un tamaño de al menos 150 mm, preferentemente al menos 170 mm, preferente además al menos 190 mm y/o de alrededor de 200 mm, y/o puede tener una sección transversal no más grande de 250 mm, preferentemente no más grande de 230 mm, preferente además no más grande de 210 mm.

[0029] La disposición de soporte de cable se monta directa o indirectamente en la torre a un nivel inferior que el dispositivo de guiado radial de cable. En particular, la disposición de soporte de cable vertical comprende medios de fijación de soporte de cable para montar firmemente al menos una parte de los cables de alimentación, en particular una parte de una porción soportada de los cables de alimentación en la disposición de soporte de cable.

[0030] Además, la torre comprende medios de fijación antitorsión configurados para reducir y/o evitar la propagación de una torsión de los cables de una porción colgante hacia los cables de alimentación de una porción de bucle.

[0031] De hecho, la disposición de soporte de cable y los medios de fijación antitorsión sujetan al menos parcialmente los cables de alimentación de modo que y se disponen y configuran de modo que los cables de alimentación forman y comprenden una porción colgante que tiene un eje de cable, una porción de bucle de cable que tiene un bucle de cable horizontal, y estando soportada la porción soportada al menos parcialmente por la disposición de soporte de cable.

[0032] La expresión "bucle de cable horizontal" representa una porción curvada de los cables de alimentación, en particular de la porción de bucle de cable, en la que dichos cables comprenden una curvatura que se extiende al menos parcialmente en un plano horizontal.

[0033] La disposición de soporte de cable y los medios de fijación antitorsión sujetan al menos parcialmente los cables de alimentación de modo que y se disponen y configuran de modo que los cables de alimentación de la porción de bucle de cable se sitúan al menos parcialmente en una forma similar a una espiral cuando se ve en la dirección del eje longitudinal de la torre.

[0034] En particular, los medios de fijación antitorsión no se realizan necesariamente como un aparato físico específico, sino que también se pueden representar funcionalmente por otras partes, por ejemplo por la disposición de soporte de cable y en particular por una localización específica de medios de fijación de soporte de cable de la disposición de soporte de cable que sujeta los cables de alimentación de una manera específica, y/o en la que los cables tienen una longitud específica.

[0035] La porción colgante se extiende esencialmente desde la góndola o desde un punto de conexión de cable de góndola en una porción inferior de la góndola hasta la porción de bucle de cable de los cables de alimentación. Los cables de alimentación de la porción colgante cuelgan de manera esencialmente recta y paralela, se dirigen principalmente en dirección axial y/o longitudinal de la torre y definiendo de este modo el eje de cable. Sin embargo, los cables de alimentación de la porción colgante se pueden someter a torsión si la góndola se rota alrededor del eje de orientación. La pluralidad de cables de alimentación puede formar un haz de cables.

[0036] De acuerdo con un modo de realización, la porción colgante tiene una longitud en dirección vertical de al menos 5 m, en particular de al menos 7 m, preferente de al menos 8 m, y/o alrededor de 9 m, y/o de no más de 50 m, en particular de no más de 20 m, preferente de no más de 15 m, más preferente de no más de 12 m.

[0037] En particular, los cables de alimentación se configuran para soportar una torsión de al menos 0,18 rotaciones completas por longitud de cable por metro (n/m), en particular al menos 0,2 n/m, preferente al menos 0,25 n/m, y/o alrededor de 0,28 n/m, y/o no más de 0,4 n/m, en particular no más de 0,35 n/m, preferente no más de 0,3 n/m. Por ejemplo, los cables de alimentación que tienen una porción colgante de aproximadamente 9 m de longitud se configuran para aceptar una torsión de 2,5 rotaciones en cada dirección de rotación.

[0038] La porción de bucle de cable comprende un bucle de cable vertical que tiene una primera curvatura en dirección radial y el bucle de cable horizontal que tiene una segunda curvatura en dirección circunferencial.

[0039] Por la primera curvatura en dirección radial, los cables de alimentación que vienen de la porción colgante se curvan al menos parcialmente hacia un área radialmente exterior de la torre. Por tanto, la primera curvatura se extiende al menos parcialmente en el plano vertical.

[0040] Por la segunda curvatura en dirección circunferencial, los cables de alimentación que vienen de la primera curvatura que tienen un componente en dirección radial se curvan al menos parcialmente para obtener un componente de orientación en dirección circunferencial, por ejemplo en dirección a una pared de torre de la torre. Por lo tanto, la segunda curvatura tiene un componente de curvatura que se encuentra en el plano horizontal y se forma de este modo el bucle de cable horizontal.

[0041] En particular, la porción de bucle de cable tiene al menos un radio de curvatura mientras conecta eléctricamente la porción colgante de los cables de alimentación a una porción soportada de los cables de alimentación. La porción de bucle de cable puede colgar libremente entre la porción colgante y la disposición de soporte de cable sin soportarse por ninguna estructura o dispositivo, en particular pero estando soportada por la porción colgante y la porción soportada. Por ejemplo, una parte final de la porción de bucle de cable se conecta, se soporta por y se fusiona con la porción colgante de los cables de alimentación. La otra parte final de la porción de bucle de cable se fusiona con la porción soportada de los cables de alimentación y de este modo se soporta por la porción soportada de los cables de alimentación e indirectamente por la disposición de soporte de cable.

[0042] De acuerdo con un modo de realización opcional, la longitud de cable eficaz de la porción de bucle de cable es de al menos 0,5 m, en particular de al menos 1 m, preferente de al menos 1,5 m, y/o alrededor de 2 m, y/o no excede de 5 m, en particular de no más de 4 m, preferente de no más de 3 m.

[0043] Se debe mencionar que la determinación de una longitud de la porción colgante con respecto a una determinación de la longitud eficaz de la porción de bucle de cable se puede lograr por un proceso iterativo, en particular comenzando con determinados valores iniciales, realizando una evaluación de funcionalidad de dichos valores y optimización de dichos valores, mientras se usan esos valores optimizados como otros valores iniciales.

[0044] Preferentemente, los cables de alimentación que forman la porción colgante, la porción de bucle de cable y la porción soportada se fabrican de los mismos cables sin intersecciones estructurales, conexiones u otras irregularidades entre los cables de alimentación individuales.

[0045] Los medios antitorsión se pueden realizar de modo que la disposición de soporte de cable comprende medios de fijación de soporte de cable para montar firmemente al menos una parte de la porción soportada en la disposición de soporte de cable. Los medios de fijación de soporte de cable se configuran y localizan de modo que el efecto de fijación de los cables de alimentación de la disposición de soporte de cable, en particular con respecto a la torsión de cable o rotación de cable, se extiende en y afecta a toda la porción de bucle de cable. Por esta fijación de rotación de la porción soportada y de una parte final de la porción de bucle de cable contiguo vecina a la porción soportada se evita una propagación, al menos una propagación esencial, de una torsión de cable desde la porción colgante hacia la porción de bucle de cable. Por tanto, una torsión, introducida en la porción colgante por una rotación de la góndola, en particular dentro de intervalos como se menciona anteriormente, se produce de forma esencialmente única en la porción colgante y no afecta negativamente a la porción de bucle curva.

[0046] El presente modo de realización permite por primera vez implementar una conexión de potencia entre un componente de potencia en la góndola y una disposición de conexión eléctrica usando cables de alimentación, en la

que se evita el desgaste no deseado de los cables provocado por la fricción relativa sin usar estructuras de soporte complejas como se presenta en turbinas de viento previas.

[0047] En particular, se logra obtener una separación funcional precisa realizada por los cables de alimentación: en primer lugar, una torsión de los cables de alimentación se absorbe de forma esencialmente exclusiva por la porción colgante. En segundo lugar, la desviación de longitud de los cables de alimentación se compensa de forma esencialmente exclusiva por la sección de bucle de cable.

[0048] Por ejemplo, una longitud eficaz de la porción de bucle de cable se determina de modo que una desviación de longitud, provocada por una torsión de cable admisible máxima, de al menos 1 cm, en particular de al menos 5 cm, preferente de al menos 10 cm, más preferente de al menos 15 cm, se puede compensar, en particular sin que la porción de cable caiga por debajo del radio de curvatura mínimo aceptable.

[0049] Separar una torsión de la porción colgante de la porción de bucle de cable evita de forma eficaz y eficiente que los cables de alimentación de la porción de bucle de cable entren en contacto entre sí y provoquen fenómenos de fricción entre sí. Dicha fricción tiene un efecto aún peor si los cables de la porción de bucle de cable se apretaran entre sí por una torsión compensando al mismo tiempo la desviación de longitud de los cables.

[0050] Estos modos de realización específicos son el resultado de experimentos y cálculos a largo plazo y de este modo de una inversión notable.

[0051] De acuerdo con una forma específica, una propagación de una torsión de cable desde la porción colgante hasta la porción de bucle de cable se evita esencialmente localizando la disposición de soporte de cable a un nivel de torre de modo que, y determinando una longitud de los cables de alimentación de modo que la porción de bucle de cable se forma al menos en un nivel de altura igual que la porción soportada, y/o que la porción de bucle de cable no se dispone en un nivel inferior que la porción soportada y/o que la disposición de soporte de cable.

[0052] Como alternativa o además, los medios de fijación antitorsión incluyen al menos parcialmente medios de fijación de soporte de cable para montar firmemente al menos una parte de la porción soportada a la disposición de soporte de cable de modo que, e incluyen además la porción colgante que tiene una longitud determinada de modo que se forma la porción de bucle de cable que tiene el bucle de cable vertical y el bucle de cable horizontal. En este caso los medios de fijación antitorsión no son un dispositivo específico, sino que funcionalmente se representan por la localización determinada de los medios de fijación de soporte de cable, por la rigidez, flexibilidad y longitud de los cables de alimentación.

[0053] Adicionalmente o de forma alternativa, los medios de fijación antitorsión se realizan como un dispositivo de fijación antitorsión y/o incluyen un dispositivo de fijación antitorsión. Dicho dispositivo de fijación antitorsión es un aparato físico, en particular y por ejemplo distinto de los medios de fijación de soporte de cable. El dispositivo de fijación antitorsión dispone los cables de alimentación directa o indirectamente a la torre de modo que se inhibe la rotación de los cables, mientras se permite un desplazamiento de los cables de alimentación en una dirección axial de la torre. Por tanto, el dispositivo antitorsión fija los cables de alimentación a la torre de forma rotatoria y en dirección radial, pero proporciona flexibilidad de desplazamiento en dirección axial y/o en una dirección de cable longitudinal. Por tanto, de acuerdo con este modo de realización, la expresión "medios de fijación antitorsión configurados para reducir y/o evitar una propagación de una torsión de cable de los cables de una porción colgante hacia los cables de alimentación de una porción de bucle" se puede reemplazar por la expresión "dispositivo de fijación antitorsión configurado para disponer los cables a la torre de modo que se inhibe una rotación de los cables alrededor del eje de cable, mientras que los cables al menos parcialmente de la porción colgante y al menos parcialmente de la porción de bucle de cable pueden realizar un movimiento en la dirección axial".

[0054] Específicamente, el dispositivo de fijación antitorsión se localiza en una transición y/o interfaz entre la porción colgante y la porción de bucle de cable, por tanto en un extremo de la porción colgante y un comienzo de la porción de bucle de cable (cuando viene desde la parte superior de la turbina eólica). De este modo, cualquier torsión de los cables de alimentación de la porción colgante introducida por una rotación de la góndola se detiene en el dispositivo de fijación antitorsión y no se puede propagar además hacia la porción de bucle de cable.

[0055] De acuerdo con un modo de realización, se divulga otro modo de realización, en el que los medios de fijación de soporte de cable se disponen de modo que y los cables de alimentación que tienen una longitud tal que un radio de curvatura mínimo del radio de curvatura es de al menos 0,2 m, en particular de al menos 0,3 m, preferente 0,4 m, y/o en el que un radio de curvatura máximo no es más grande de 1,1 m, en particular no más grande de 0,9 m, preferente no más grande de 0,8 m.

[0056] En consecuencia, el tamaño de la porción de bucle de cable se determina de modo que el radio de curvatura real es suficientemente más grande que el radio de curvatura mínimo si no se introduce torsión en los cables de alimentación. Este sobredimensionamiento del radio de curvatura real con respecto al radio de curvatura mínimo se elige de modo que una desviación de una longitud eficaz de la porción colgante provocada por una torsión de cable

máxima se puede compensar por la porción de bucle de cable sin que el radio de curvatura real caiga por debajo del radio de curvatura mínimo.

[0057] De acuerdo con otro modo de realización, el dispositivo de fijación antitorsión comprende una porción de fijación de cable que tiene medios de fijación para montar firmemente los cables a la porción de fijación de cable, una porción de montaje para montar el dispositivo de fijación antitorsión directa o indirectamente a la torre, en particular a una estructura de soporte central de la torre, y una porción intermedia configurada para sujetar la porción de fijación de cable a la porción de montaje de modo que se evita una rotación y/o un desplazamiento de la porción de fijación de cable con respecto a la porción de montaje en dirección radial. y se permite un desplazamiento en dirección axial y/o a lo largo del eje de cable.

[0058] Específicamente, la porción de fijación de cable puede incluir una pinza de cable y una estructura base a la que se puede fijar firmemente la pinza de cable, por ejemplo por tornillos. Opcionalmente, la estructura de base se puede unir a la porción de montaje por medio de la porción intermedia como se describe, mientras que la porción intermedia se conecta firmemente a la porción de montaje. La porción intermedia y la estructura de base se pueden realizar como un sistema de guía de rieles, en el que la porción intermedia puede incluir determinadas monturas que abarcan al menos parcialmente la estructura de base de modo que se evita una rotación y/o un desplazamiento de la estructura de base con respecto a la porción intermedia y/o porción de montaje en dirección radial y se permite un desplazamiento en dirección axial y/o a lo largo del eje de cable.

[0059] Además, la porción intermedia puede incluir un sistema de rodillo y/o rodamientos de rodillo lineales dispuestos eficazmente entre la porción de montaje y la porción de fijación de cable de modo que el movimiento de traslación de la porción de fijación de cable con respecto a la porción de montaje se puede realizar con fricción reducida y desgaste con respecto a un modo de realización sin dicha medida.

[0060] Adicionalmente o como alternativa, se pueden proporcionar medios para proporcionar un coeficiente de fricción reducido entre los componentes de fricción, en particular entre la porción de fijación de cable y la porción de montaje. La reducción del coeficiente de fricción se debe entender respecto a un coeficiente de fricción de la combinación tribológica acero sobre acero. En particular, los medios para reducir la fricción no incluyen proporcionar grasa o un lubricante líquido o pastoso entre los componentes. Por ejemplo, los medios se eligen de modo que un coeficiente de fricción estática (seca y limpia) entre las partes de fricción es menor de 0,7, en particular menor de 0,3, preferentemente menor de 0,1.

[0061] De acuerdo con un modo de realización, los medios de fijación de soporte de cable de la disposición de soporte de cable se sitúan precisamente de modo que una orientación de los cables de alimentación de la porción de bucle de cable directamente contigua a los medios de fijación de soporte de cable, en el plano horizontal, no apunta hacia el eje de cable, y/o que una línea recta virtual que se extiende en el plano horizontal y se define por una orientación de los cables de alimentación de la porción de bucle de cable directamente contigua a los medios de fijación de soporte de cable tiene una distancia mínima al eje de cable de al menos 0,1, en particular de al menos 0,15, preferente de al menos 0,2 de un respectivo radio de torre. En particular, al proporcionar los medios de fijación de soporte de cable de la manera específica, se soporta la formación del bucle de cable horizontal en su forma mantenida.

[0062] De acuerdo con un modo de realización, la torre comprende una plataforma de bucle de cable que tiene una superficie de plataforma, en la que la plataforma de bucle de cable actúa al menos parcialmente como disposición de soporte de cable. En particular, el modo de realización como plataforma de bucle de cable tiene dos efectos sinérgicos: los cables de alimentación se soportan y montan de una manera preferente mientras que el personal profesional puede usar la plataforma para montar los cables.

[0063] Además, la plataforma de bucle de cable solo puede cubrir parcialmente una sección transversal de la torre, en particular la plataforma de bucle de cable cubre no más de un 70 %, en particular no más de un 50 %, preferente no más de un 40 %, más preferente no más de un 30 % del tamaño de una respectiva área seccional de la torre.

[0064] De acuerdo con un modo de realización alternativo, la plataforma de bucle de cable puede ser una plataforma completa, en particular que tiene las aberturas necesarias para cables, escaleras y/o un ascensor.

[0065] De acuerdo con otro modo de realización, la torre de la turbina eólica comprende una estructura de soporte central. Dicha estructura se dispone en la torre y se extiende en la dirección axial de la torre, en la que el dispositivo de guiado radial de cable y/o el dispositivo de fijación antitorsión se montan en la estructura de soporte central.

[0066] Además, se proporciona una pluralidad de dispositivos de guiado radial de cable, en los que los dispositivos de guiado radial de cable se montan en la estructura de soporte central a lo largo de la dirección axial. De este modo se logra un guiado mejorado de la porción colgante de los cables de alimentación.

[0067] De acuerdo con un modo de realización, al menos dos de los dispositivos de guiado radial de cable, preferente una mayoría de los mismos, más preferente todos los dispositivos de guiado radial de cable, se montan en la estructura de soporte central de modo que la distancia entre los dispositivos de guía de cable radiales asciende al

menos a 3 m, en particular al menos a 4 m, preferente al menos a 4,5 m, y/o no excede de 7 m, en particular 6 m, preferente 5,5 m.

[0068] Además, la disposición de conexión eléctrica localizada en la torre o en una base de la torre comprende un punto de empalme de cable de alimentación. Dicho punto de empalme de cable de alimentación conecta los extremos inferiores de los cables de alimentación con los dispositivos conductores de potencia posteriores. En particular, si la disposición de conexión eléctrica se sitúa en la torre, los cables de alimentación conectan la góndola a la disposición de conexión eléctrica, en la que la conexión eléctrica posterior a los dispositivos eléctricos posteriores se logra usando dispositivos conductores de potencia posteriores realizados como conductores de aluminio.

[0069] De acuerdo con otro aspecto, se divulga una turbina eólica que tiene una torre de acuerdo con uno o una pluralidad de los modos de realización descritos precedentemente, en la que una góndola que tiene un rotor se monta de forma rotatoria en la parte superior de la torre.

[0070] Los modos de realización como se describen representarán diversos aspectos de la divulgación, en los que se incluyen explícitamente combinaciones adicionales de dichos modos de realización siempre que dichas combinaciones sean técnicamente válidas a la luz del experto en la técnica, por ejemplo, una combinación de medios antitorsión funcionalmente incorporados y al menos un dispositivo antitorsión es un modo de realización adecuado para mejorar el rendimiento de la porción de bucle de cable.

[0071] Estos y otros rasgos característicos, aspectos y ventajas de la presente divulgación se respaldarán y describirán además con referencia a la siguiente descripción y las reivindicaciones adjuntas, en particular en los párrafos que hacen referencia de la FIG. 3 a la FIG. 6. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la divulgación y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la divulgación, en la que no se puede interpretar una limitación de la divulgación por dichos modos de realización mostrados, por ejemplo, se incluirán otros modos de realización no mostrados tales como el modo de realización que tiene la disposición de conexión eléctrica colocada en un nivel de altura en la torre para optimizar ergonómicamente la instalación y la tarea de mantenimiento del personal profesional como se describe a continuación, pero no se muestra.

Breve descripción de los dibujos

[0072] Una divulgación completa y suficiente, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de una góndola de una turbina eólica que tiene un sistema de multiplicadora de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 representa una vista en sección parcialmente esquemática a través de la torre de la turbina eólica de acuerdo con un primer modo de realización como se muestra en la FIG. 1;

la FIG. 4 representa una vista parcialmente esquemática en una torre de la turbina eólica de acuerdo con el primer modo de realización de la FIG. 3;

la FIG. 5 muestra una vista en sección de un dispositivo antitorsión del primer modo de realización de la FIG. 3; y

la FIG. 6 muestra una vista parcialmente esquemática en una torre de la turbina eólica de acuerdo con un segundo modo de realización.

[0073] Los rasgos característicos individuales representados en las figuras se muestran relativamente entre sí y por lo tanto no están necesariamente a escala. Los elementos similares o iguales en las figuras, incluso si se muestran en diferentes modos de realización, se representan con los mismos números de referencia.

Descripción detallada

[0074] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la divulgación, de los que uno o más ejemplos se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la divulgación, no de limitación de la divulgación.

[0075] La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar 10. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye una torre 100 que se extiende desde un sistema de soporte 14 en un suelo 12, una góndola 16 montada en la torre 100 y un rotor 18 que

se acopla a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje rotatorio 20 y al menos una pala de rotor 22 acoplada a y que se extiende hacia afuera del buje 20. En el modo de realización ejemplar, el rotor 18 tiene tres palas de rotor 22. En un modo de realización alternativo, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas de rotor 22. En el modo de realización ejemplar, la torre 100 se fabrica de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la figura 1) entre un sistema de soporte 14 y la góndola 16. En un modo de realización alternativo, la torre 100 es cualquier tipo adecuado de una torre que tiene cualquier altura adecuada. De acuerdo con un modo de realización alternativo o adicional, la torre puede ser una torre híbrida que comprende una porción hecha de hormigón y una porción de acero tubular. Además, la torre puede ser una torre de celosía parcial o total.

[0076] Las palas de rotor 22 se espacian alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para permitir que la energía cinética se transfiera del viento a energía mecánica utilizable y, posteriormente, energía eléctrica. Las palas de rotor 22 se engranan al buje 20 acoplando una porción de raíz de pala 24 al buje 20 en una pluralidad de regiones de transferencia de carga 26. Las regiones de transferencia de carga 26 pueden tener una región de transferencia de carga de buje y una región de transferencia de carga de pala (ninguna mostrada en la figura 1). Las cargas inducidas a las palas de rotor 22 se transfieren al buje 20 por medio de las regiones de transferencia de carga 26.

[0077] En un modo de realización, las palas de rotor 22 tienen una longitud que varía de aproximadamente 15 metros (m) a aproximadamente 91 m. De forma alternativa, las palas de rotor 22 pueden tener cualquier longitud adecuada que permita que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, otros ejemplos no limitantes de longitudes de pala incluyen 20 m o menos, 37 m, 48,7 m, 50,2 m, 52,2 m o una longitud que es mayor de 91 m. Cuando el viento golpea las palas de rotor 22 desde una dirección de viento 28, el rotor 18 se rota alrededor de un eje de rotor 30. A medida que las palas de rotor 22 se rotan y se someten a fuerzas centrífugas, las palas de rotor 22 también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tal, las palas de rotor 22 se pueden desviar y/o rotar desde una posición neutra, o no desviada, a una posición desviada.

[0078] Además, un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento, se puede cambiar por un sistema de *pitch* 32 para controlar la carga y la potencia generada por la turbina eólica 10 ajustando una posición angular de al menos una pala de rotor 22 en relación con los vectores de viento. Se muestran los ejes de *pitch* 34 de las palas de rotor 22. Durante la operación de la turbina eólica 10, el sistema de *pitch* 32 puede cambiar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22 de modo que las palas de rotor 22 se mueven a una posición de bandera, de modo que la perspectiva de al menos una pala de rotor 22 en relación con los vectores de viento proporciona que un área de superficie mínima de la pala de rotor 22 se oriente hacia los vectores de viento, lo que facilita reducir una velocidad de rotación y/o facilita una parada del rotor 18.

[0079] En el modo de realización ejemplar, un *pitch* de pala de cada pala de rotor 22 se controla individualmente por un controlador de turbina eólica 36 o por un sistema de control de *pitch* 80. De forma alternativa, el *pitch* de pala para todas las palas de rotor 22 se puede controlar simultáneamente por dichos sistemas de control.

[0080] Además, en el modo de realización ejemplar, a medida que cambia la dirección del viento 28, se puede rotar una dirección de orientación de la góndola 16 alrededor de un eje de orientación 38 para situar las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28.

[0081] En el modo de realización ejemplar, el controlador de turbina eólica 36 se muestra como centralizado dentro de la góndola 16, sin embargo, el controlador de turbina eólica 36 puede ser un sistema distribuido por toda la turbina eólica 10, en el sistema de soporte 14, dentro de un parque eólico, y/o en un centro de control remoto. El controlador de turbina eólica 36 incluye un procesador 40 configurado para realizar los procedimientos y/o etapas descritos en el presente documento. Además, muchos de los otros componentes descritos en el presente documento incluyen un procesador. Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como ordenador, sino que se refiere en términos generales a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables, y estos términos se usan de manera intercambiable en el presente documento. Se debe entender que un procesador y/o un sistema de control también pueden incluir memoria, canales de entrada y/o canales de salida.

[0082] La FIG. 2 es una vista en sección ampliada de una porción de la turbina eólica 10. En el modo de realización ejemplar, la turbina eólica 10 incluye la góndola 16 y el rotor 18 que se acopla de forma rotatoria a la góndola 16. Más específicamente, el buje 20 del rotor 18 se acopla de forma rotatoria a un generador eléctrico 42 situado dentro de la góndola 16 por el eje principal 44, una multiplicadora 46, un eje rápido 48 y un acoplamiento 50. En el modo de realización ejemplar, el eje principal 44 se dispone al menos parcialmente coaxial a un eje longitudinal (no mostrado) de la góndola 16. Una rotación del eje principal 44 acciona la multiplicadora 46 que posteriormente acciona el eje rápido 48 traduciendo el movimiento de rotación relativamente lento del rotor 18 y del eje principal 44 en un movimiento de rotación relativamente rápido del eje rápido 48. Este último se conecta al generador 42 para generar energía eléctrica con la ayuda de un acoplamiento 50. Además, un transformador 90 y/o una electrónica, interruptores y/o inversores adecuados se disponen en la góndola 16 para transformar energía eléctrica generada por el generador 42

que tiene un voltaje de entre 400 V y 1000 V en energía eléctrica que tiene voltaje medio (10 - 35 kilovoltios). Dicha energía eléctrica se conduce por medio de cables de alimentación 160 desde la góndola 16 a la torre 100.

[0083] La multiplicadora 46, el generador 42 en el transformador 90 se pueden soportar por un bastidor de estructura de soporte principal de la góndola 16, opcionalmente realizado como un bastidor principal 52. La multiplicadora 46 puede incluir una carcasa de multiplicadora que se conecta al bastidor principal 52 por uno o más brazos de par de torsión 103. En el modo de realización ejemplar, la góndola 16 también incluye un rodamiento de soporte delantero principal 60 y un rodamiento de soporte posterior principal 62. Además, el generador 42 se puede montar en la trama principal 52 desacoplando los medios de soporte 54, en particular para evitar que las vibraciones del generador 42 se introduzcan en el bastidor principal 52 y provoquen de este modo una fuente de emisión de ruido.

[0084] Preferentemente, el bastidor principal 52 se configura para sostener toda la carga provocada por el peso del rotor 18 y los componentes de la góndola 16 y por las cargas de viento y rotatorias, y además, para introducir estas cargas en la torre 100 de la turbina eólica 10. El eje de rotor 44, el generador 42, la multiplicadora 46, el eje rápido 48, el acoplamiento 50 y cualquier dispositivo de sujeción, soporte y/o fijación asociado incluyendo, pero sin limitarse a, el soporte 52, y el rodamiento de soporte delantero 60 y el rodamiento de soporte posterior 62, a veces se denominan tren de accionamiento 64.

[0085] La góndola 16 también puede incluir un mecanismo de accionamiento de orientación 56 que se puede usar para rotar la góndola 16 y de este modo también el rotor 18 alrededor del eje de orientación 38 para controlar la perspectiva de las palas de rotor 22 con respecto a la dirección del viento 28.

[0086] Para situar la góndola 16 apropiadamente con respecto a la dirección del viento 28, la góndola 16 también puede incluir al menos un mástil meteorológico 58 que puede incluir una veleta y anemómetro (ninguno mostrado en la figura 2). El mástil 58 proporciona información al controlador de turbina eólica 36 que puede incluir la dirección del viento 28 y/o la velocidad del viento.

[0087] En el modo de realización ejemplar, el sistema de *pitch* 32 se dispone al menos parcialmente como un conjunto de *pitch* 66 en el buje 20. El conjunto de *pitch* 66 incluye uno o más sistemas de accionamiento de *pitch* 68 y al menos un sensor 70. Cada sistema de accionamiento de *pitch* 68 se acopla a una respectiva pala de rotor 22 (mostrada en la figura 1) para modular el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 22 a lo largo del eje de *pitch* 34. Solo uno de los tres sistemas de accionamiento de *pitch* 68 se muestra en la figura 2.

[0088] En el modo de realización ejemplar, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un rodamiento de *pitch* 72 acoplado al buje 20 y a una respectiva pala de rotor 22 (mostrada en la FIG. 1) para rotar la respectiva pala de rotor 22 alrededor del eje de *pitch* 34. El sistema de accionamiento de *pitch* 68 incluye un motor de accionamiento de *pitch* 74, una reductora de accionamiento de *pitch* 76 y un piñón de accionamiento de *pitch* 78. El motor de accionamiento de *pitch* 74 se acopla a la reductora de accionamiento de *pitch* 76 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 74 imparte fuerza mecánica a la reductora de accionamiento de *pitch* 76. La reductora de accionamiento de *pitch* 76 se acopla al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que el piñón de accionamiento de *pitch* 78 se rota por la reductora de accionamiento de *pitch* 76. El rodamiento de *pitch* 72 se acopla al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 78 provoca la rotación del rodamiento de *pitch* 72.

[0089] El sistema de accionamiento de *pitch* 68 se acopla al controlador de turbina eólica 36 para ajustar el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 22 tras recibir una o más señales desde el controlador de turbina eólica 36. En el modo de realización ejemplar, el motor de accionamiento de *pitch* 74 es cualquier motor adecuado accionado por potencia eléctrica y/o un sistema hidráulico que permite que el conjunto de *pitch* 66 funcione como se describe en el presente documento. De forma alternativa, el conjunto de *pitch* 66 puede incluir cualquier estructura, configuración, disposición y/o componentes adecuados tales como, pero sin limitarse a, cilindros hidráulicos, resortes y/o servomecanismos. En determinados modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 74 se acciona por la energía extraída de una inercia de rotación del buje 20 y/o una fuente de energía almacenada (no mostrada) que suministra energía a los componentes de la turbina eólica 10.

[0090] El conjunto de *pitch* 66 también incluye uno o más sistemas de control de *pitch* 80 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 de acuerdo con señales de control del controlador de turbina eólica 36, en caso de situaciones prioritarias específicas y/o durante la sobrevelocidad del rotor 18. En el modo de realización ejemplar, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un sistema de control de *pitch* 80 acoplado de forma comunicativa a un respectivo sistema de accionamiento de *pitch* 68 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 independientemente del controlador de turbina eólica 36. En el modo de realización ejemplar, el sistema de control de *pitch* 80 se acopla al sistema de accionamiento de *pitch* 68 y a un sensor 70. Durante la operación normal de la turbina eólica 10, el controlador de turbina eólica 36 controla el sistema de accionamiento de *pitch* 68 para ajustar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 22.

[0091] En un modo de realización, en particular cuando el rotor 18 opera a sobrevelocidad de rotor, el sistema de control de *pitch* 80 anula el controlador de turbina eólica 36, de modo que el controlador de turbina eólica 36 ya no controla el sistema de control de *pitch* 80 y el sistema de accionamiento de *pitch* 68. Por tanto, el sistema de control

de *pitch* 80 puede hacer que el sistema de accionamiento de *pitch* 68 mueva la pala de rotor 22 a una posición de bandera para reducir una velocidad de rotación del rotor 18.

[0092] De acuerdo con un modo de realización, un generador de potencia 84, que comprende por ejemplo una batería, condensadores eléctricos o un generador eléctrico accionado por la rotación del buje 20, se dispone en o dentro del buje 20 y se acopla al sensor 70, el sistema de control de *pitch* 80, y al sistema de accionamiento de *pitch* 68 para proporcionar una fuente de potencia a estos componentes. En el modo de realización ejemplar, el generador de potencia 84 proporciona una fuente continua de potencia al conjunto de *pitch* 66 durante la operación de la turbina eólica 10. En un modo de realización alternativo, el generador de potencia 84 proporciona potencia al conjunto de *pitch* 66 solo durante un evento de pérdida de potencia eléctrica de la turbina eólica 10. El evento de pérdida de potencia eléctrica puede incluir pérdida o caída de la red eléctrica, mal funcionamiento de un sistema eléctrico de la turbina eólica 10 y/o fallo del controlador de turbina eólica 36. Durante el evento de pérdida de potencia eléctrica, el generador de potencia 84 opera para proporcionar potencia eléctrica al conjunto de *pitch* 66 de modo que el conjunto de *pitch* 66 puede operar durante el evento de pérdida de potencia eléctrica.

[0093] En el modo de realización ejemplar, el sistema de accionamiento de *pitch* 68, el sensor 70, el sistema de control de *pitch* 80, los cables y el generador de potencia 84 se sitúan cada uno en una cavidad 86 definida por una superficie interior 88 del buje 20. En un modo de realización alternativo, dichos componentes se sitúan con respecto a una superficie exterior del buje 20 y se pueden acoplar, directa o indirectamente, a la superficie exterior.

[0094] La FIG. 3 muestra una vista en sección parcial de un primer modo de realización de una torre 100 de una turbina eólica 10. Además, la FIG. 4 y FIG. 5 muestran determinados aspectos del primer modo de realización de la torre 100. La torre 100 tiene un extremo superior 102 adecuado para soportar la góndola 16. La energía eléctrica generada por el generador 42 y transformada por el transformador 90 se conduce por medio de los cables de alimentación 160 desde la góndola 16 a la torre 100, en la que una porción de conexión de góndola 188 de los cables de alimentación 160 se dispone firmemente en la góndola 16, por ejemplo con la ayuda de los medios de fijación de cable de góndola 92.

[0095] Los cables de alimentación 160 conducen hacia el eje de orientación 38 y/o a un eje de cable 162 que se alinea principalmente con un eje longitudinal de la torre 100. En esta localización central, los cables de alimentación 160 se conducen en el interior de la torre 100, en particular en la dirección axial 112 de la torre 100. Desde allí, los cables de alimentación 160 cuelgan libremente dentro de la torre 100 en dirección axial y se soportan preferentemente por una disposición de soporte en la góndola 16.

[0096] Los cables de alimentación 160 que cuelgan en la torre 100 se pueden entender como una porción colgante 164 de los cables de alimentación 160. Específicamente, una pluralidad de dispositivos de guiado radial de cable 120 que tienen un anillo 122 o un dispositivo de sujeción redondeado se proporcionan en el centro de la torre 100 de modo que el eje de cable 162 queda dentro del anillo 122. Por lo tanto, los cables de alimentación 160 de la porción colgante 164 se rodean por los dispositivos de guiado radial de cable 120 de modo que se limita un espacio para el movimiento de los cables de alimentación 160 en dirección radial 110 de la torre 100, mientras que es posible un desplazamiento de los cables de alimentación 160 en dirección axial 112 de la torre 100.

[0097] En el extremo inferior de la porción colgante 164, los cables de alimentación 160 se fusionan en una porción de bucle de cable 166, que a continuación se sigue por una porción soportada 168 de los cables de alimentación 160. Por lo tanto, se puede entender que los cables de alimentación 160 en la torre 100 tienen una porción colgante 164, una porción de bucle de cable 166 y una porción soportada 168.

[0098] La porción soportada 168 se soporta por una disposición de soporte de cable 150, que, de acuerdo con el presente modo de realización, se realiza como una plataforma de soporte parcial 152 que se dispone de forma al menos parcialmente horizontal en la torre 100.

[0099] De acuerdo con todos los modos de realización, los cables de alimentación 160 de la porción de bucle de cable 166 pueden tener al menos un bucle de cable vertical 170 con una primera curvatura 172 y un bucle de cable horizontal 180 con una segunda curvatura 182. La primera curvatura 172 tiene un componente de curvatura que se encuentra en un plano vertical 174 de modo que los cables de alimentación 160 conducen desde un área central de la torre 100 al menos parcialmente en dirección radial 110 hacia la pared de torre 108, como se representa en la FIG. 3, FIG. 4 en la FIG. 6. Además, el bucle de cable horizontal 180 que tiene la curvatura 182 provoca una orientación de los cables de alimentación 160 de la porción de bucle de cable 166 hacia una dirección circunferencial hacia los medios de fijación de soporte de cable 154 de la disposición de soporte de cable 150.

[0100] La configuración como se describe da como resultado que los cables de alimentación 160 de la porción de bucle de cable 166 se sitúan al menos parcialmente en una forma similar a una espiral cuando se ve en la dirección del eje longitudinal de la torre 100.

[0101] Los cables de alimentación 160 se unen firmemente a la disposición de soporte de cable 150 con la ayuda de los medios de fijación de soporte de cable 154. Dicha fijación de los cables de alimentación 160 en un área exterior

radial de la torre 100 se realiza de modo que una línea virtual 186 que comienza en el medio de fijación de soporte de cable 154 contiguo a la porción de bucle de cable 166 no pasa a través del eje de cable 162 o el eje de torre, ni a través de un área central de la torre 100. En particular, la línea recta virtual 186 que se extiende en el plano horizontal 184 definido por la orientación de los cables 160 de la porción de bucle de cable 166 directamente contiguo a los medios de fijación de soporte de cable 154 tiene una distancia mínima al eje de cable 162 de al menos 0,1, en particular de al menos 0,15, preferente de al menos 0,2 del respectivo radio de torre 106.

[0102] La combinación de un bucle de cable vertical 170 y un bucle de cable horizontal 180 conduce a una formación beneficiosa de la porción de bucle de cable 166, que inhibe una propagación de una torsión de la porción colgante 164 dentro de la porción de bucle de cable 166. El ejemplo mostrado en la FIG. 6 proporciona una solución, en la que los medios de fijación antitorsión se representan de forma al menos parcialmente funcional por la fijación específica de los cables de alimentación 160 en la disposición de soporte de cable 150, y por la determinación de una longitud específica de los cables de alimentación 160 de modo que la porción de bucle de cable 166 que tiene el bucle de cable vertical 170 y un bucle de cable horizontal 180 se materializan. Posiblemente, la transición entre la porción colgante 164 y la porción de bucle de cable 166 se puede manifestar proporcionando un dispositivo de guiado radial de cable 120 como se muestra en la FIG. 6 en esta transición.

[0103] Sin embargo, los modos de realización como se muestran en la FIG. 3, FIG. 4 y FIG. 5 incluyen realizar los medios de fijación antitorsión como un dispositivo de fijación antitorsión 130. De este modo, la porción colgante 164 y la porción de bucle de cable 166 se pueden diferenciar entre sí por el dispositivo de fijación antitorsión 130 colocado entre ambas porciones. No obstante, la disposición especial de la porción de bucle de cable 166 que tiene un bucle de cable vertical 170 y un bucle de cable horizontal 180 como se describe *supra* todavía está en la opción aplicable.

[0104] El dispositivo de fijación antitorsión 130 tiene el efecto de que cualquier torsión introducida en los cables 160 por una rotación de la góndola 16 permanece en la porción colgante 164 y no se puede propagar más allá del dispositivo antitorsión 130 hacia la porción de bucle de cable 166. El dispositivo antitorsión 130 como se indica en la FIG. 3 y FIG. 4 se representará de acuerdo con la FIG. 5 detallada.

[0105] El dispositivo antitorsión 130 se monta en la torre 100 por medio de la estructura de soporte central 116 y puede reemplazar un dispositivo de guiado radial de cable 120 localizado lo más cerca de la disposición de soporte de cable 150 como se muestra en la FIG. 6.

[0106] El dispositivo antitorsión 130 puede comprender una porción de fijación de cable 132 para fijar los cables de alimentación 160 a una placa de fijación 133 usando medios de fijación de cable 134. Por tanto, la porción de fijación de cable 132 se conecta firmemente a los cables de alimentación 160. Además, la porción de fijación de cable 132 se conecta a la porción de montaje 136 por la porción intermedia 138 de modo que se evita una rotación alrededor del eje de cable 162 y/o un desplazamiento de la porción de fijación de cable 134 con respecto a la porción de montaje 136 en dirección radial 110 y se permite un desplazamiento en dirección axial 112 y/o a lo largo del eje de cable 162.

[0107] Por ejemplo, los cables de alimentación 160 se pueden unir a una placa de fijación 133 con la ayuda de medios de fijación 134 en forma de aplique. Opcionalmente o de forma alternativa, la porción intermedia 138 puede comprender una pinza 139 que sujeta la placa de fijación 133 en dirección radial 110 y evita una rotación del cable de alimentación 160 conjuntamente con la porción de fijación de cable 132.

[0108] Los modos de realización de acuerdo con la FIG. 3 a la FIG. 6 incluyen todos la disposición de conexión eléctrica 140 que se coloca debajo de la disposición de soporte de cable 150. No obstante, se divulga, pero no se muestra, que la disposición de conexión eléctrica se localiza en la torre de modo que la disposición de conexión eléctrica 140 se localiza en una instalación ergonómicamente y una altura de trabajo apropiadas para el personal profesional que está de pie sobre la plataforma de soporte 152. Para dicho propósito, los cables de alimentación 160 después de la porción soportada que sigue a la porción soportada se pueden guiar hacia arriba nuevamente hasta una disposición de conexión eléctrica 140 que se dispone a una altura de trabajo apropiada para el personal profesional.

[0109] De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención, por ejemplo, los rasgos característicos ilustrados o descritos como parte de un modo de realización se pueden usar con otro modo de realización para producir todavía otro modo de realización, por ejemplo, combinando el primer modo de realización que tiene el dispositivo antitorsión 130 de la FIG. 3 a 5, teniendo el modo de realización medios antitorsión de la FIG. 6, por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones como dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

Números de referencia

[0110]

10 turbina eólica

	12 suelo
	14 sistema de soporte
	16 góndola
	18 rotor
5	20 buje rotatorio
	22 palas de rotor
	24 porción de raíz de pala
	26 regiones de transferencia de carga
	28 dirección del viento
10	30 eje de rotor
	32 sistema de <i>pitch</i>
	34 ejes de <i>pitch</i>
	36 controlador de turbina eólica
	38 eje de orientación
15	40 procesador
	42 generador eléctrico
	44 eje principal
	46 multiplicadora
	48 eje rápido
20	50 acoplamiento
	52 bastidor principal
	54 medios de soporte de desacoplamiento
	56 mecanismo de accionamiento de orientación
	58 mástil meteorológico
25	60 rodamiento de soporte delantero
	62 rodamiento de soporte trasero
	64 tren de accionamiento
	66 conjunto de <i>pitch</i>
	68 sistema de accionamiento de <i>pitch</i>
30	70 sensor
	72 rodamiento de <i>pitch</i>
	74 motor de accionamiento de <i>pitch</i>
	76 reductora de accionamiento de <i>pitch</i>
	78 piñón de accionamiento de <i>pitch</i>
35	80 sistema de control de <i>pitch</i>
	84 generador de potencia
	86 cavidad
	88 superficie interior
	90 transformador
40	92 medios de fijación de cable de góndola
	100 torre
	102 extremo superior
	104 extremo de soporte
	106 radio de torre
45	108 pared de torre
	110 dirección radial
	112 dirección axial
	116 estructura de soporte central
	120 dispositivo de guiado radial de cable
50	122 anillo
	130 dispositivo de fijación antitorsión
	132 porción de fijación de cable
	133 placa de fijación
	134 medios de fijación de cable
55	136 porción de montaje
	138 porción intermedia
	139 pinza
	140 disposición de conexión eléctrica
	142 punto de empalme de cable
60	144 conectores
	146 dispositivo conductor de potencia posterior
	150 disposición de soporte de cable
	152 plataforma de soporte
	154 medios de fijación de soporte de cable
65	156 superficie de plataforma
	158 asiento de soporte

	160 cable de alimentación
	162 ejes de cable
	164 porción colgante
	166 porción de bucle de cable
5	168 porción soportada
	169 extremo de cable inferior
	170 bucle de cable vertical
	172 primera curvatura
	174 plano vertical
10	180 bucle de cable horizontal
	182 segunda curvatura
	184 plano horizontal
	186 línea virtual
	188 porción de conexión de góndola
15	

REIVINDICACIONES

1. Una torre (100) para una turbina eólica (10), comprendiendo la torre (100)

5 un extremo superior (102) para soportar de forma rotatoria alrededor de un eje de orientación (38) una góndola (16) de la turbina eólica (10), un extremo de soporte (104) para soportar la turbina eólica (10) en un sistema de soporte (14) en un suelo (12), teniendo la góndola (16) un componente de potencia eléctrica, en particular un generador (42), comprendiendo además la torre (100) al menos dos, preferentemente tres, cables de alimentación (160) para conectar eléctricamente el componente de potencia eléctrica con una
10 disposición de conexión eléctrica (140) que se monta en la torre (100) a un nivel inferior que el extremo superior (102) o que se localiza en el suelo (12),
al menos un dispositivo de guiado radial de cable (120) montado en la torre (100) para unir los cables de alimentación (160) a la torre (100) limitando el espacio para el movimiento del cable de alimentación (160) al menos en una dirección radial (110) de la torre (100), mientras se permite un desplazamiento de los
15 cables de alimentación (160) en una dirección axial (112) de la torre (100),
una disposición de soporte de cable (150) montada en la torre (100) a un nivel inferior que el dispositivo de guiado radial de cable (120) para soportar al menos una parte de los cables de alimentación (160), y
medios de fijación antitorsión configurados para reducir y/o evitar una propagación de una torsión de cable de los cables de alimentación (160) de una porción colgante (164) hacia los cables de alimentación (160)
20 de una porción de bucle (166),
en la que la disposición de soporte de cable (150) y los medios de fijación antitorsión sujetan al menos parcialmente los cables de alimentación (160) de modo que, y se disponen y configuran de modo que los cables de alimentación (160) comprenden

25 una porción colgante (164) que tiene un eje de cable (162),
una porción de bucle de cable (166) que tiene un bucle de cable horizontal (180), y
una porción soportada (168) estando soportada al menos parcialmente por la disposición de soporte de cable (150),

30 en la que la porción de bucle de cable (166) comprende

una primera curvatura (172) que forma un bucle de cable vertical (170) que se extiende al menos parcialmente en un plano vertical (174), y
35 una segunda curvatura (182) que se curva al menos parcialmente para obtener un componente de orientación de los cables de alimentación (160) en una dirección circunferencial de la torre (100) y formando de este modo el bucle de cable horizontal (180) que se extiende al menos parcialmente en un plano horizontal (184).

40 2. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la disposición de soporte de cable (150) se localiza a un nivel de torre de modo que, y los cables de alimentación (160) tienen una longitud tal, que la porción de bucle de cable (166) se extiende al menos en el mismo nivel de altura que la porción soportada (168), y/o que la porción de bucle de cable (166) no se dispone a un nivel inferior que la porción soportada (168) y/o que la disposición de soporte de cable (150).

45 3. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de fijación antitorsión incluyen al menos parcialmente medios de fijación de soporte de cable (154) para montar firmemente al menos una parte de la porción soportada (168) a la disposición de soporte de cable (150) de modo que, e incluyen además la porción colgante (164) que tiene una longitud determinada de modo que se forma la porción de bucle de cable (166) que tiene el bucle de cable vertical (160) y el bucle de cable horizontal (180).
50

4. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de fijación antitorsión se realizan como al menos un dispositivo de fijación antitorsión (130) configurado para disponer los cables (160) en la torre (100) de modo que se inhibe una rotación de los cables (160) alrededor del eje de cable (162), mientras que los cables (160) al menos parcialmente de la porción colgante (164) y al menos parcialmente de la porción de bucle de cable (166) pueden realizar un movimiento en la dirección axial (112), y en particular que se forma la porción de bucle de cable (166) que tiene el bucle de cable vertical (160) y el bucle de cable horizontal (180).
55

60 5. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de fijación de soporte de cable (154) se disponen de modo que y los cables de alimentación (160) tienen una longitud tal que un radio de curvatura mínimo del radio de curvatura es de al menos 0,2 m, en particular al menos 0,3 m, preferente 0,4 m, en particular en la que al menos uno, preferentemente todos, los cables de alimentación (160) tienen una sección transversal de al menos 80 mm², preferentemente al menos 85 mm², preferente además al menos 90 mm², y/o de alrededor de 95 mm², y/o pueden tener una sección transversal no más grande de 110 mm², preferentemente no más grande de 105 mm², preferente además no más grande de 100 mm², o en
65

particular en la que al menos uno, preferentemente todos, los cables de alimentación (160) tienen una sección transversal de al menos 55 mm², preferentemente al menos 60 mm², preferente además al menos 65 mm², y/o de alrededor de 70 mm², y/o pueden tener una sección transversal no más grande de 85 mm², preferentemente no más grande de 80 mm², preferente además no más grande de 75 mm².

6. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que un tamaño de la porción de bucle de cable (166) se determina de modo que una desviación de una longitud eficaz de la porción colgante (164) provocada por la torsión de cable se puede compensar por la porción de bucle de cable (166) sin que caiga por debajo del radio de curvatura mínimo.

7. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de fijación de soporte de cable (154) se disponen de modo,

que una orientación de los cables de alimentación (160) de la porción de bucle de cable (166) directamente contigua a los medios de fijación de soporte de cable (154), en el plano horizontal (184) no apunta al eje de cable (162), y/ o

que una línea recta virtual (167) que se extiende en el plano horizontal (184) definido por una orientación de los cables (160) de la porción de bucle de cable (166) directamente contigua a los medios de fijación de soporte de cable (154) tiene una distancia mínima al eje de cable (162) de al menos 0,1, en particular de al menos 0,15, preferente de al menos 0,2 de un respectivo radio de torre (106).

8. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que la disposición de soporte de cable (150) se forma al menos parcialmente por una plataforma de bucle de cable (152) que tiene una superficie de plataforma (156) que soporta los cables (160).

9. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la plataforma de bucle de cable (152) cubre no más de un 70 %, en particular no más de un 50 %, preferente no más de un 40 % del tamaño de una respectiva área seccional de la torre (100).

10. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, una estructura de soporte central (116) se dispone en la torre (100) y se extiende en la dirección axial (112), en la que el dispositivo de guiado radial de cable (120) se monta en la estructura de soporte central (116).

11. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 10, en la que una pluralidad de dispositivos de guiado radial de cable (120) se montan en la estructura de soporte central (116) a lo largo de la dirección axial (112).

12. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 11, en la que al menos dos de los dispositivos de guiado radial de cable (120), preferente una mayoría de los mismos, se montan en la estructura de soporte central (116) de modo que la distancia entre los dispositivos de guiado radial de cable (120) asciende al menos a 3 m, en particular al menos a 4 m, preferente al menos a 4,5 m, y/o no excede de 7 m, en particular 6 m, preferente 5,5 m.

13. La torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes 3 a 12, en la que el dispositivo de fijación antitorsión (130) comprende

una porción de fijación de cable (132) que tiene medios de fijación (134) para montar firmemente los cables (160) en la porción de fijación de cable (132),

una porción de montaje (136) para montar el dispositivo de fijación antitorsión (130) a la estructura de soporte central (116), y

una porción intermedia (138) configurada para sujetar la porción de fijación de cable (132) a la porción de montaje (136) de modo que se evita una rotación y/o un desplazamiento de la porción de fijación de cable (132) con respecto a la porción de montaje (136) en dirección radial (110) y se permite un desplazamiento en dirección axial (112) y/o a lo largo del eje de cable 162).

14. La torre (100) de acuerdo con la reivindicación 13, en la que la porción intermedia comprende medios para permitir al menos parcialmente un contacto rodante entre la porción de fijación de cable (132) y la porción de montaje (136), y/o medios para proporcionar un coeficiente de fricción reducido entre componentes de fricción con respecto a un coeficiente de fricción de la combinación tribológica acero sobre acero.

15. Una turbina eólica (10) que comprende una góndola (16), un rotor (18) que tiene al menos una pala de rotor (22), en la que el rotor (22) se soporta de forma rotatoria por la góndola (16), y una torre (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que la góndola (16) se monta de forma rotatoria alrededor de un eje de orientación (38) de la turbina eólica (10) en el extremo superior (102) y teniendo un componente de potencia eléctrica, en particular un generador (42).

Fig. 1

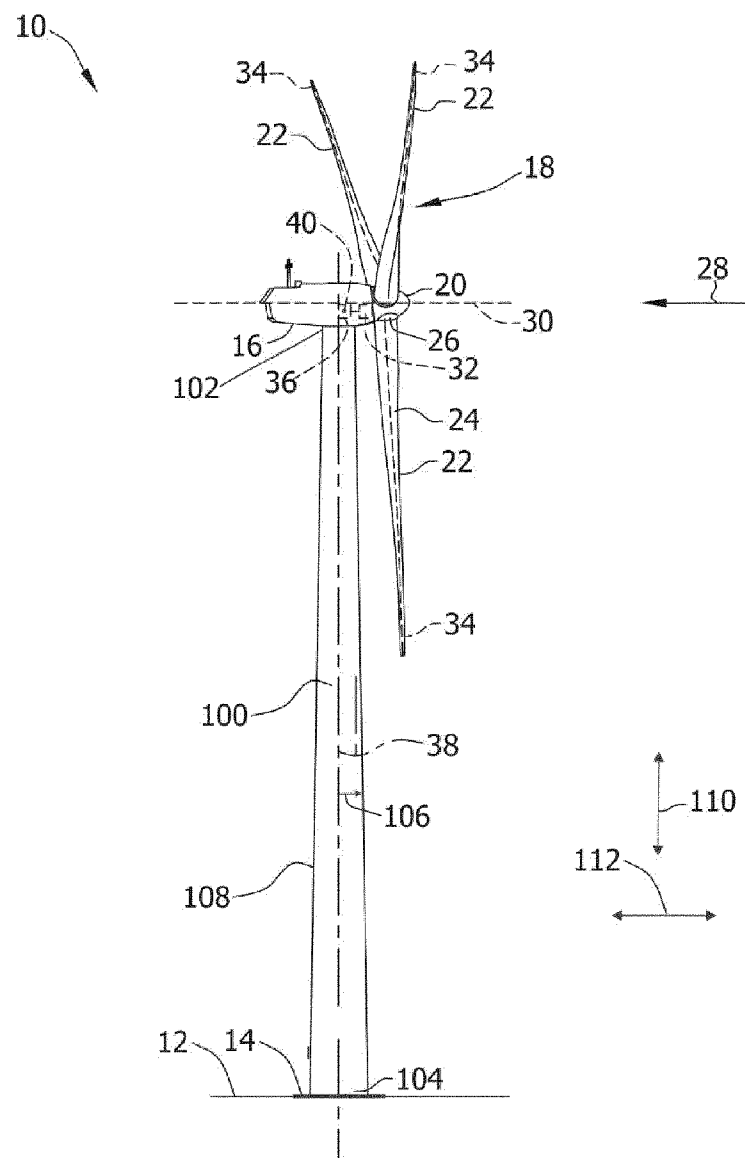
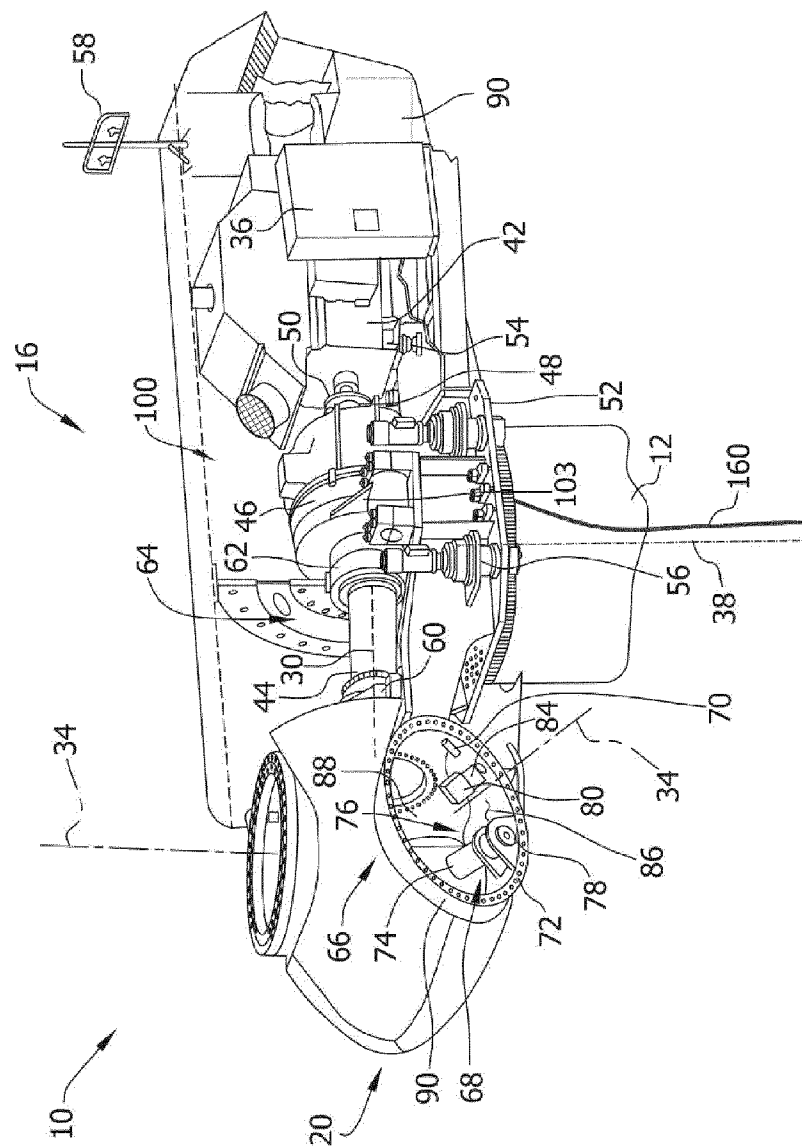


Fig. 2



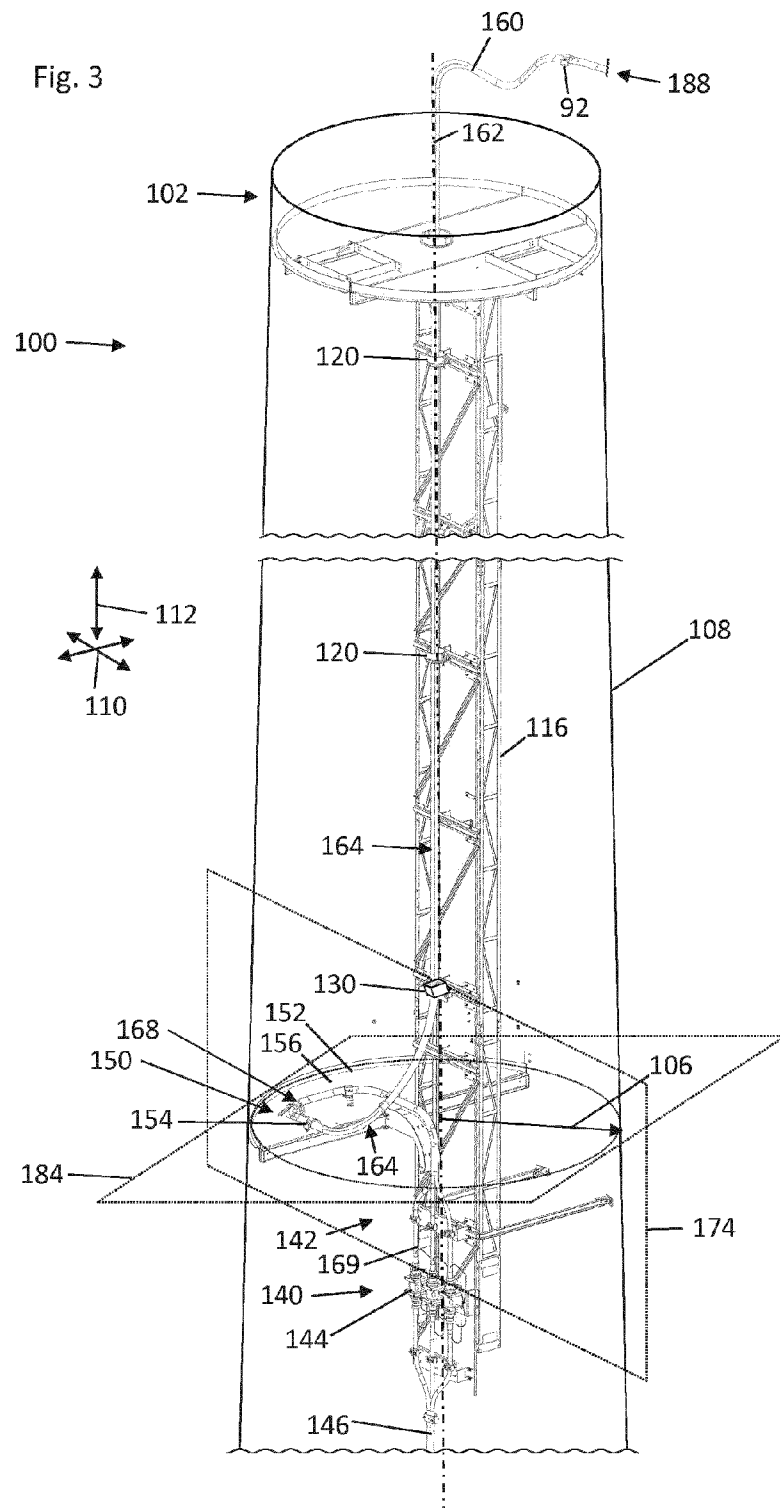


Fig. 4

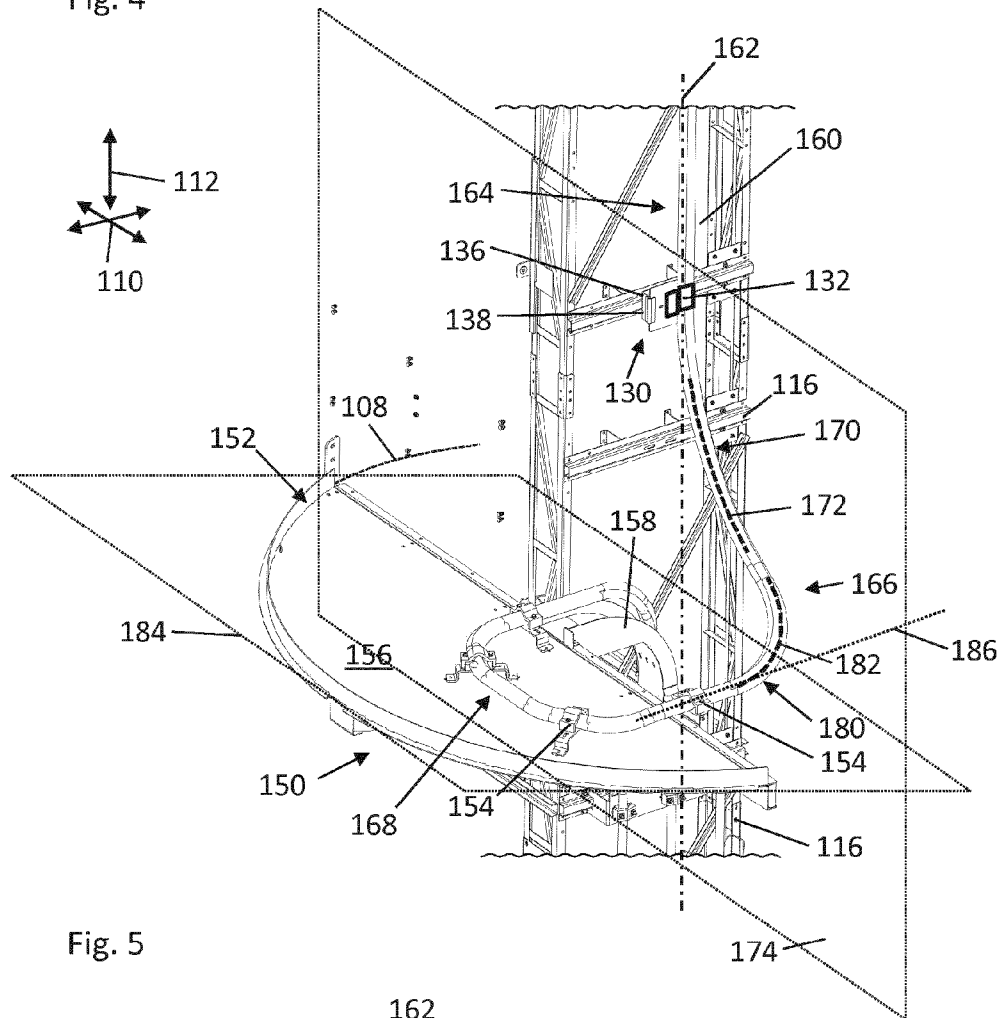


Fig. 5

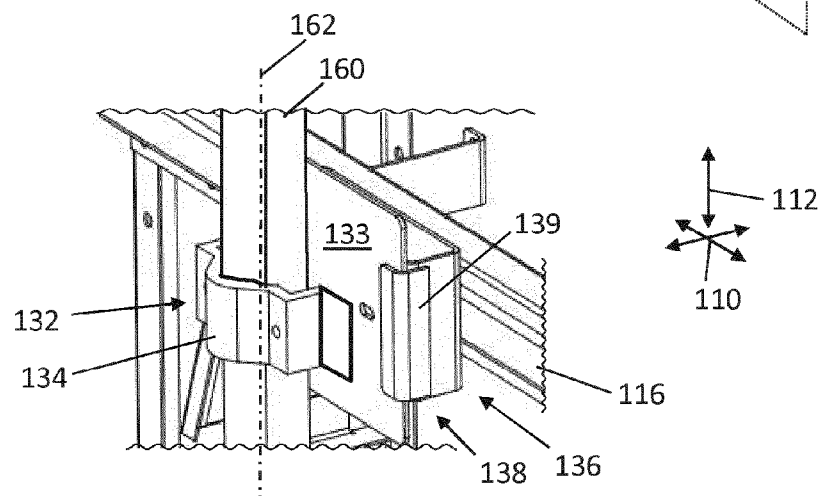


Fig. 6

