

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 668 889**

51 Int. Cl.:

F03D 80/70 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 80/80 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.10.2013 PCT/EP2013/071623**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO14072157**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.10.2013 E 13782673 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2018 EP 2917572**

54 Título: **Turbina eólica**

30 Prioridad:

09.11.2012 DE 102012220502

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

22.05.2018

73 Titular/es:

WOBBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

RÖER, JOCHEN y

HOFFMANN, ALEXANDER

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 668 889 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

Turbina eólica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para diseñar una turbina eólica.

Las turbinas eólicas son bien conocidas, convierten la energía eólica en energía eléctrica. Una turbina eólica típica presenta una torre en la que está colocada una góndola que presenta un rotor aerodinámico y un generador eléctrico. La góndola reposa sobre un rodamiento de acimut en la torre para poder girar en el plano horizontal, de
10 manera que sea ajustable en su ángulo azimutal hacia viento. Dicho rodamiento de acimut debe soportar fuerzas enormes, ya que debe sostener toda la góndola. Dicha góndola puede pesar varios cientos de toneladas, dependiendo del sistema. Como una carga adicional, la presión del viento sobre el rotor de la turbina eólica puede provocar un momento de vuelco y, por lo tanto, una carga adicional también sobre el rodamiento de acimut.

15 A partir de la solicitud de patente europea EP 1 247 021 B1, se conoce el uso de elementos de deslizamiento segmentados fijos pero montados de forma desmontable para un rodamiento de acimut, para afrontar una carga elevada del rodamiento de acimut debido a que las almohadillas deslizantes pueden intercambiarse de una manera sencilla. De esta manera, se pueden reducir los costes de reparación, que se producen debido al desgaste del rodamiento de acimut. Sin embargo, no se ha resuelto la causa del desgaste.

20 Cada uno de los documentos US 20081272604 A1 o EP 1 319 830 A1 muestran una turbina eólica con una torre vertical, en cuyo extremo inferior está colocada una góndola giratoria sobre un rodamiento de acimut. Entre la góndola y el rodamiento de acimut, está prevista una capa cilíndrica o un cuello cilíndrico, para que el rodamiento de acimut esté colocado debajo de la góndola a una distancia.

25 El documento US 2011/316286 A1 muestra una turbina eólica y un sistema de rodamientos de acimut para una turbina eólica. La turbina eólica comprende una góndola que está conectada con la torre de la turbina eólica a través del sistema de rodamientos de acimut con un rodamiento de acimut superior y un rodamiento de acimut inferior colocado a una distancia con respecto al rodamiento de acimut superior.

30 La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad el siguiente estado de la técnica: US 2012/0133148 A1 y EP 2 075 464 A2.

El objetivo de la presente invención es, por lo tanto, abordar al menos uno de los problemas mencionados
35 anteriormente. En particular, se debería proponer una solución para reducir las cargas del rodamiento de acimut. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

Según la invención se propone, por tanto, un procedimiento para diseñar una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1. Este procedimiento se refiere a la determinación de la disposición del rodamiento de acimut en
40 sentido vertical, es decir, en particular, la distancia entre el rodamiento de acimut y la parte inferior de la góndola. En este caso, se considera en primer lugar que la turbina eólica básicamente ya está determinada, en particular, se puede considerar que se trata de un tipo de turbina eólica ya conocido que solo se va a mejorar con respecto a la posición del rodamiento de acimut. A ese respecto, el procedimiento reivindicado para el diseño de una turbina eólica también puede interpretarse como un procedimiento para la modificación de una turbina eólica. Según eso, se
45 propone que se determine un par de accionamiento esperado en función de la altura de la turbina eólica, en particular, para el funcionamiento nominal de la turbina eólica. Por lo tanto, se registra una función o al menos una serie de datos para el par de accionamiento. Esto se puede hacer, por ejemplo, mediante una simulación o, si se quiere mejorar una turbina existente, se puede recurrir a valores medidos, o se pueden registrar específicamente valores medidos para este fin. El momento de cabeceo se puede considerar como un valor fijo.

50 De forma alternativa, también se puede registrar un amplio conjunto de datos o una pluralidad de funciones del par de accionamiento para condiciones de funcionamiento esperadas muy diferentes con el fin de determinar un par de accionamiento medio. Además o de forma alternativa, se puede determinar de antemano qué estado operativo se espera que sea el más frecuente o el más representativo, o si se ha producido en el caso de una turbina de
55 referencia. En base a esto, se puede determinar el par de accionamiento.

En función de los momentos de cabeceo y pares de accionamiento o momentos de cabeceo dependientes de la altura determinados de esa manera, se determina una posición de altura en la que una suma del momento de cabeceo y del par de accionamiento es mínimo, en particular cero, y esta posición se usa como la posición de altura
60 para el rodamiento de acimut. Esta posición de altura debe describirse particularmente con respecto a la góndola, es

decir, como la distancia acimutal desde el rodamiento de acimut hasta la góndola. De acuerdo con esto, se determina el tamaño a partir de este resultado, es decir, la longitud axial del segmento del eje necesario.

5 Con el procedimiento según la invención, se diseña una turbina eólica, que presenta una góndola con un generador colocado en la misma, una torre y un rodamiento de acimut para ajustar la góndola en su orientación hacia el viento. El rodamiento de acimut está colocado debajo de la góndola a una distancia vertical. Esta distancia vertical se denomina en el presente documento distancia acimutal. La góndola se mantiene sobre el rodamiento de acimut mediante un segmento vertical del eje con una longitud de la distancia acimutal. De este modo, está previsto un segmento del eje vertical entre la góndola y el rodamiento de acimut, que crea la distancia acimutal entre la góndola
10 y el rodamiento de acimut.

De esta manera se abandona la manera clásica hasta el momento, en la que se colocó el rodamiento de acimut en la parte superior de la torre y se montó la góndola inmediatamente encima del mismo. En muchos casos, era suficiente un revestimiento de la góndola en el área de la torre, es decir, en la parte superior de la torre y un poco
15 hacia abajo desde la góndola, y con ello se podía proteger el rodamiento de acimut de los efectos del clima. A menudo también había en ese lugar una toma de aire para aspirar el aire exterior entre la torre y el revestimiento de la góndola.

Sin embargo, se reconoció que, en particular, los momentos de flexión o de vuelco en el área del rodamiento de acimut provocan una tensión elevada sobre el rodamiento de acimut. En particular, hay dos causas para los
20 momentos de flexión o de vuelco en el área del rodamiento de acimut.

Por un lado, particularmente el peso del generador y pero también el peso de las palas del rotor genera un centro de gravedad en la góndola, que se encuentra muy por delante de la torre. Esto debe entenderse en particular con
25 respecto a una orientación apropiada hacia el viento que se ve desde la dirección del viento. Esto genera lo que se denomina un momento de cabeceo. Este momento de cabeceo es un momento estático que resulta del peso de la góndola y la posición del centro de gravedad. Durante el funcionamiento de la turbina eólica, esto da como resultado un momento de cabeceo hacia el viento.

30 Otro factor a tener en cuenta es un par de accionamiento que resulta de la presión del viento sobre la turbina eólica, en particular, sobre las palas del rotor. El par de accionamiento es un momento dinámico que depende del funcionamiento de la turbina eólica y, en particular, del viento predominante.

El par de accionamiento depende de la altura observada en la torre. La carga del par de accionamiento disminuye
35 con la altura de la torre, mientras que el momento de cabeceo permanece constante en toda la altura de la torre. En este caso, estos dos momentos son opuestos en sus direcciones, es decir, mientras el momento de cabeceo conduce a un momento en la dirección del viento, el par de accionamiento conduce a un momento opuesto a la dirección del viento. Estos dos momentos se superponen y en la parte superior, en la cabeza de la torre, predomina el momento de cabeceo, mientras que abajo, en la base de la torre, predomina el par de accionamiento. Por tanto,
40 existe, al menos teóricamente, un área o punto en el que ambos momentos se cancelan entre sí o se superponen a cero. En exactamente ese área, es decir, en ese rango de altura de la torre, se propone colocar el rodamiento de acimut. Naturalmente, el rodamiento de acimut debe soportar el peso de la góndola con el generador y las palas del rotor, pero se produce un momento de vuelco o flexión al menos menor que en la parte superior de la cabeza de la torre, que también es dependiente del viento.

45 El efecto descrito se manifiesta de manera particularmente fuerte cuando el centro de gravedad y, en particular, el generador está colocado delante del rodamiento de acimut, en base a una observación meramente en sentido horizontal. Una disposición delante del rodamiento de acimut incluye, por lo tanto, una disposición delante, pero al mismo tiempo, por encima del rodamiento de acimut. En otras palabras, aquí el generador se mantiene libremente
50 delante de la torre, al menos delante de la torre en el área de la cabeza de torre superior y libremente delante del rodamiento de acimut. Debajo de la góndola en el área del generador no hay nada al principio. A lo sumo, es posible que más abajo, hacia la base de la torre, la turbina eólica sea tan ancha, de modo que un segmento de la torre esté colocado debajo del generador. Sin embargo, en el área de la cabeza de la torre, la góndola con su generador sobresale completamente de acuerdo con la realización descrita.

55 En cualquier caso, para este tipo de góndola de turbina eólica, es ventajoso desplazar el rodamiento de acimut más hacia abajo, es decir, preferentemente donde se produce el momento de cabeceo y el par de accionamiento. Dado que el momento de cabeceo es estático y, por lo tanto, básicamente constante, pero el par de accionamiento depende de la presión del viento y, por lo tanto, del viento predominante, así como de las condiciones de
60 funcionamiento de la turbina eólica, el momento de vuelco o flexión en el rodamiento de acimut desafortunadamente

no puede mantenerse de forma permanente en cero durante el funcionamiento. Sin embargo, es posible una minimización del momento de vuelco o flexión en el área del rodamiento de acimut mediante el posicionamiento adecuado del rodamiento de acimut. Para este propósito, se propone preferentemente utilizar un par de accionamiento medio como base, particularmente, el par de accionamiento promedio esperado. Esto puede depender de la ubicación y del diseño. Sin embargo, antes de la instalación de la turbina eólica se sabe generalmente qué espectro de viento cabe esperar y cómo se instala la turbina eólica en función de ello. También depende de la posición de las palas del rotor, si son ajustables. De forma alternativa, una determinación del par de accionamiento que se utiliza como base para el cálculo también puede basarse en una velocidad de viento predeterminada, como, por ejemplo, el viento nominal. Por tanto, se calcula para un viento nominal particularmente idóneo un par de accionamiento y un momento de cabeceo y se superponen, y la superposición se evalúa en función de la altura de la torre. Donde esta superposición asume el valor cero, se propone colocar el rodamiento de acimut.

Sin embargo, mediante esto puede deducirse para un determinado tipo de turbina una posición de altura general para el rodamiento de acimut. Aunque las cargas del viento y, por lo tanto, el par de accionamiento dependen del lugar de instalación, pero debido a que las turbinas eólicas están diseñadas en función de ciertas clases de viento, es decir, un tipo de turbina eólica específica está diseñada básicamente para la misma clase de viento, puede aplicarse una determinada posición de la altura del rodamiento de acimut como la altura para todas las turbinas eólicas de este tipo. En la medida en que la misma turbina eólica está diseñada para diferentes alturas de torre, es decir, el tipo de turbina eólica en cuestión varía esencialmente sólo en términos de altura de torre, la altura del rodamiento de acimut puede determinarse en relación con la góndola. El rodamiento de acimut debe colocarse con la distancia acimutal descrita hacia la góndola, en particular, independientemente de la altura total de la torre. En este caso, se ha demostrado que los valores para la distancia acimutal en el rango de 2,5 m son buenos valores. En cualquier caso, una reducción de la altura del rodamiento de acimut en aproximadamente 2,5 m con respecto a turbinas eólicas anteriores puede suponer una ventaja, incluso si la altura óptima varía unos pocos centímetros o incluso medio metro dependiendo de las condiciones marginales específicas. Preferentemente, se selecciona una distancia acimutal en el intervalo de 2 a 3 m. En cualquier caso, debería ser posible lograr un resultado positivo con una distancia acimutal de 1,5 m a 5 m.

Cabe señalar que la velocidad nominal del viento, que también se abrevia como viento nominal, es la velocidad del viento a la que la turbina eólica dirige su punto de operación nominal. Normalmente, una turbina eólica funciona a velocidades del viento inferiores a la velocidad nominal del viento hasta la velocidad nominal del viento en lo que se denomina operación de carga parcial, en la que la turbina eólica no tiene velocidad nominal ni potencia nominal. En el caso de instalaciones controladas por el sistema pitch, en los que el ángulo de la pala del rotor se modifica, es decir, se inclina, generalmente se usa un ángulo constante de la pala del rotor en el rango de carga parcial. A partir de y por encima de la velocidad nominal del viento, la velocidad del viento nominal como valor finalmente es solo un punto matemático, la turbina eólica funciona a la velocidad nominal y/o potencia nominal. En una instalación controlada por el sistema pitch, se modifica el ángulo de la pala del rotor para poder mantener la velocidad nominal del viento hasta que sea necesario reducirla o desactivarla a velocidades del viento incluso más altas. A una velocidad de viento nominal de ese tipo, se refieren las versiones anteriores. Sin embargo, normalmente se puede suponer que la velocidad nominal del viento puede estar aproximadamente en el intervalo de 12 a 17 m/s.

La turbina eólica presenta un segmento del eje con varios motores acimutales para efectuar la alineación de la góndola, que están firmemente adheridos al segmento del eje y conjuntamente se agarran en la corona dentada con dientes interiores, que está firmemente conectada con la torre, con el fin de efectuar un movimiento rotativo del segmento del eje y, por lo tanto, también de la góndola en relación con la torre. El posicionamiento del rodamiento de acimut en una posición más baja también permite la disposición de los accionamientos acimutales o motores acimutales en este segmento del eje, lo que crea la distancia entre la góndola y el rodamiento de acimut. De esta forma, se puede crear una ventaja adicional, es decir, que ahora hay más espacio disponible en el área de la góndola, donde los accionamientos acimutales estaban colocados hasta entonces. Esta disposición de los accionamientos acimutales, que se encuentra básicamente a una distancia de la góndola, también puede mejorar la compatibilidad electromagnética general, conocida por sus siglas CEM, dentro de la góndola. Esta mejora puede lograrse mediante la disposición de los accionamientos acimutales a una distancia de la góndola, la disposición de las líneas de alimentación con una distancia adecuada y, en su caso, también de los módulos de control. Si es necesario, la situación de la CEM también se mejora mediante una distribución general adicional de los accionamientos acimutales. Los accionamientos acimutales son circulares, lo más uniformemente posible, en particular equidistantes y/o colocados en el costado exterior del segmento del eje. La compatibilidad electromagnética también mejora en la medida en que los accionamientos acimutales son menos alterados por los equipos eléctricos en la góndola.

60

- Preferentemente, están previstos al menos ocho, en particular al menos 10 y con especial preferencia exactamente 14 accionamientos acimutales. En primer lugar, el uso del segmento del eje proporciona la oportunidad de utilizar dicha pluralidad de accionamientos acimutales y de acoplarlos a una corona dentada, particularmente a la corona dentada con dientes internos. Como resultado, se puede lograr una homogeneización de las fuerzas distribuidas de los accionamientos acimutales individuales. En soluciones conocidas anteriormente con accionamientos acimutales en la góndola, las estructuras en la góndola, en particular, los soportes de maquinaria, impedían frecuentemente una disposición uniforme de los accionamientos acimutales. Por lo tanto, se logra una distribución uniforme de las fuerzas necesarias para el ajuste del acimut, y, por lo tanto, más resistente al desgaste.
- 5
- 10 Según una realización, el segmento del eje presenta aberturas de entrada para la acogida de los accionamientos acimutales. En particular, dos aberturas de entrada pueden estar colocadas verticalmente una encima de la otra para cada uno de los accionamientos acimutales, en cada una de las cuales se inserta un accionamiento acimutal y se fija en el sentido de su eje de rotación. Por lo tanto, puede prepararse la colocación de los accionamientos acimutales en este segmento del eje. Preferentemente, los receptáculos están dispuestos a lo largo de la pared exterior del segmento del eje y fijados en el mismo, y esta pared exterior además es preferentemente la única pared del segmento del eje. Mediante el uso de una pluralidad de accionamientos acimutales y, por lo tanto, una pluralidad de receptáculos para accionamientos acimutales que se fijan a la pared, también es posible una fijación uniforme a la pared, que a diferencia de los puntos de fijación menos desiguales, hace que esta pared además se debilite menos. De forma alternativa, en el segmento del eje puede estar previsto anillo de fijación circunferencial hacia el rodamiento de acimut, que incluye estos receptáculos acimutales.
- 15
- 20

El segmento del eje forma así también una especie de extensión de torre o parte de la torre, que gira con respecto a la torre. En última instancia, no importa si este segmento del eje se atribuye a la torre o la góndola. Este segmento del eje es un elemento independiente, que también se puede denominar módulo acimutal. Este módulo acimutal está firmemente fijado a la góndola colocado encima del mismo, lo que se puede hacer, por ejemplo, atornillándolo a una sección de la brida. La sección del eje como elemento independiente también se fabrica de manera independiente. Esto también simplifica el procedimiento de fabricación de un soporte de maquinaria de una góndola, si este soporte de maquinaria, que también puede formar la góndola, ya no tiene que estar preparado para la acogida de los accionamientos azimutales y además dispone de más espacio en su interior.

25

30

El segmento del eje es más o menos tubular, especialmente cilíndrico. Básicamente, el contorno exterior del segmento del eje forma una sección cilíndrica o una sección tubular ligeramente cónica en comparación con una sección cilíndrica y cuyo diámetro exterior corresponde aproximadamente a la parte superior de la torre. En una vista externa o lateral de la turbina eólica, aparece de esta manera el segmento del eje esencialmente como el extremo superior de la torre. Dicho segmento del eje tubular, en particular, cilíndrico, puede producirse de manera uniforme y comparativamente fácil y permite la disposición de muchos accionamientos acimutales en un área circular amplio y está bien adaptado para la fijación de un rodamiento de acimut.

35

Según una realización, el segmento del eje presenta al menos una abertura de refrigeración para aspirar aire exterior al interior de la turbina eólica. Este segmento del eje proporciona un espacio adecuado para la colocación de aberturas de ventilación que pueden colocarse previamente cuando se fabrica este segmento del eje, por ejemplo, en un procedimiento de colada de todo el segmento del eje o mediante una inserción posterior. También hay espacio para un separador o filtro para separar la humedad y/o filtrar las impurezas del aire exterior. De este modo, el aire exterior se aspira a través de la turbina eólica, por lo que los ventiladores en cuestión también pueden colocarse en otro lugar como, por ejemplo, en la góndola, y este aire exterior seco y limpio se puede usar para el enfriamiento de la góndola, si es necesario.

40

45

La ventaja de esto es que un sistema conocido hasta ahora, que aspira el aire exterior en un hueco anular entre la torre y el revestimiento de la góndola, puede adaptarse fácilmente al uso de este segmento del eje, ya que la transmisión del aire exterior aspirado para el enfriamiento en la zona de la góndola puede permanecer inalterada. La entrada de aire exterior a este segmento del pozo y, por lo tanto, a la parte superior de la torre, también evita particularmente la aspiración de aire más cercano al suelo, que tiende a ser más caliente y más contaminado. Además, se evita una disposición correspondiente de las aberturas de ventilación, incluidos los separadores en la góndola. Esto da más libertad en el diseño de la góndola y, en particular, no permite que la góndola se vea debilitada por dichas aberturas.

50

55

A continuación, se describe la invención a modo de ejemplo mediante ejemplos de realización con referencia a las figuras adjuntas.

60 La Fig. 1 muestra un gráfico que ilustra un momento de flexión dependiente de la altura.

La Fig. 2 ilustra de manera esquemática una relación del gráfico de la Fig. 1 con una turbina eólica.

La Fig. 3 muestra de manera esquemática en una vista lateral en sección un segmento del eje de una turbina eólica y una parte de una góndola de una turbina eólica.

La Fig. 4 muestra una realización muy similar a la Fig. 3 en una vista en sección desde el frente.

La Fig. 5 muestra un sector de la Fig. 3.

10

De aquí en adelante, los elementos similares de realizaciones iguales pero no idénticas se pueden denotar con los mismos números de referencia para ilustrar la funcionalidad común.

El gráfico de la Fig. 1 muestra el momento de flexión de la torre M_y en función de la altura. El momento de flexión M_y también se puede denominar colectivo de la torre M_y . Para una mejor ilustración, sin embargo, se anota aquí el momento de flexión M_y en la abscisa y la altura de la torre en la ordenada. El momento de flexión M_y se aplica de forma normalizada al par de accionamiento máximo en % y la altura se aplica de forma normalizada a la altura total de la torre en %. El gráfico de la Fig. 1 es una ilustración y, por lo tanto, muestra una trayectoria lineal del momento de flexión M_y .

20

Se puede ver o se debe ilustrar mediante el gráfico que el momento de flexión es mayor en la base de la torre, es decir, a la altura $H = 0$. Aquí el valor es de aproximadamente el 90 % y con ello se debe ilustrar que no se alcanza un valor del 100 % del par de accionamiento porque hay que restar el momento de cabeceo.

25 En la parte superior de la torre, es decir, en $H = 100$ %, el momento de flexión M_y alcanza su valor absoluto más pequeño de aproximadamente el -10 %. Esto se debe a que el par de accionamiento es de aproximadamente el 0 % y el momento de cabeceo estático de aproximadamente el 10 %, pero con un signo negativo.

Con una altura de torre de $H = 90$ %, en esta representación ilustrada, el momento de cabeceo estático y el par de accionamiento o el momento de maniobra se cancelan mutuamente y, por lo tanto, su suma alcanza el valor 0. Para el momento de cabeceo estático m_{SN} , el gráfico ilustra el área donde predomina, es decir, a una altura de $H = 100$ %. Para el par de accionamiento m_s , el rango dominante resulta básicamente para el área restante de la altura de la torre, es decir, en particular para valores muy por debajo de $H = 90$ %, lo que se ilustra con la flecha "momento de maniobra" m_s .

35

El gráfico ilustrativo de la Fig. 1 llega a un momento de flexión $M_y = 0$ en $H = 90$ %, que, sin embargo, es solo una ilustración y no es necesario que refleje el valor real de una turbina eólica realista. Por el contrario, se espera el valor correspondiente a una altura aún mayor, es decir, a un 95 % o incluso superior. El gráfico muestra este punto de intersección con la ordenada, es decir, el valor $M_y = 0$ en $H = 0$ % para que sea más reconocible.

40

El gráfico de la Fig. 1 se introduce, sin dimensionamiento, en la ilustración de la Fig. 2, que muestra una turbina eólica 100 con una torre 102, una góndola 104, con un rotor 106 con tres palas de rotor 108, una de las cuales no es reconocible, y un rotámetro 110. El gráfico pretende ilustrar que el momento de flexión M_y debajo de la góndola 104 adopta el valor 0 y, por lo tanto, el rodamiento de acimut, preferentemente debería estar colocado allí. También, esta Fig. 2 es solo una ilustración, al menos con respecto al gráfico trazado, y el valor $M_y = 0$ debería estar más arriba, hacia la góndola, pero nunca debajo de la góndola.

45

La Fig. 3 muestra en una vista lateral una parte de una góndola 4 con un generador 12, que aquí está diseñado como rotor externo. El rotor aerodinámico con palas de rotor está conectado al generador 12, lo que no se muestra en esta representación de la Fig. 3.

50

Con la Fig. 3 se pretende explicar un segmento del eje 20 que está conectado hacia arriba con la góndola 4 mediante una brida anular de conexión con la góndola 22 y, por lo tanto, la góndola 4 es soportada en el segmento del eje 20. Hacia abajo, el segmento del eje 20 está conectado con la torre 2 a través del rodamiento de acimut 24.

55

En el segmento del eje 20, se dibuja una referencia comparativa 18 para ilustrar el orden de magnitud del segmento del eje 20. Aquí, se muestra la distancia desde la brida de conexión con la góndola 22 hasta el rodamiento de acimut 24 como la distancia acimutal 26 y es de aproximadamente 2,5 m en el ejemplo mostrado, tal como lo ilustra la comparación con la referencia 18.

60

En el segmento del eje 20, están previstos un total de 14 accionamientos acimutales 28 en el ejemplo mostrado, siete de los cuales se pueden ver en la vista en sección. Cada accionamiento acimutal 28 presenta un piñón 30, que se acopla con una corona dentada 32 con dientes internos en una zona de acoplamiento 34. Esta zona de acoplamiento que incluye rodamientos de acimut 24, piñones 30 y una parte de un accionamiento acimutal 28 se muestra de forma ampliada en la Fig. 5.

En la Fig. 3, también se puede ver que los accionamientos acimutales 28 se mantienen en dos placas de retención 36 y 38 anulares. Los accionamientos acimutales 28 están dispuestos a lo largo de la camisa externa 40 del segmento del eje 20 hacia dentro y en el medio queda mucho espacio para caminar sobre la segmento del eje 20. Además, aquí se pueden pasar líneas eléctricas y un ascensor, por nombrar solo algunos elementos.

La Fig. 4 muestra un segmento del eje 20 muy similar al de la Fig. 3, de modo que aquí se usa el mismo número de referencia. En la Fig. 4, la vista en sección muestra una perspectiva desde el generador 12 hasta una abertura de la góndola 42. Además, a modo de ilustración, se ilustran dos espacios libres 44 mediante dos rectángulos. Estos espacios libres 44 intentan aclarar que con el concepto también se ha creado mucho espacio que se puede utilizar para diversas instalaciones. Estos espacios libres 44 invaden parcialmente el segmento del eje 20. Con el fin de proporcionar un espacio transitable, puede estar prevista una placa de base 46 que puede incluir una abertura para entrar y salir por la misma. Puede estar prevista otra placa de base 48 en la parte inferior del segmento del eje 20. La referencia dibujada 18 solo debe servir para la orientación con respecto al orden de magnitud. El espacio libre o los espacios libres 44 es/son ahora mayores que en otros conceptos, debido a que el rodamiento de acimut ahora está colocado más abajo.

Básicamente, el segmento del eje 20 de la Fig. 4 difiere del segmento del eje 20 de Fig. 3 solamente en estas dos placas de base 46 y 48 trazadas a modo de ejemplo. A ese respecto, la Fig. 5 también puede servir para ilustrar la conexión entre los accionamientos acimutales 28 con sus piñones 30 y la corona dentada 32 en el área de la zona de acoplamiento 34. También para las explicaciones adicionales de la Fig. 4, se hace referencia a las explicaciones de la Fig. 3. Por lo tanto, se coloca un segmento del eje, que también se puede denominar módulo acimutal, entre la góndola y la torre. En el extremo inferior, se conecta este módulo acimutal con el rodamiento de acimut y, por lo tanto, queda acoplado a la torre. Por lo tanto, el rodamiento de acimut se encuentra a una distancia acimutal de, por ejemplo, 2,5 m más baja que la góndola y, por lo tanto, también 2,5 m más bajo que antes.

La carga del rodamiento se puede reducir de esta manera, al menos no aumenta. El módulo acimutal se puede diseñar como pieza de fundición, lo que permite ahorrar costes de la torre. Posiblemente aumenten los costes de la góndola. Sin embargo, se crea una buena accesibilidad de los accionamientos acimutales y, en general, un mayor requerimiento de espacio o una mayor disponibilidad de espacio.

Debido a la disposición de los accionamientos acimutales, varios de ellos pueden ser utilizados y preferentemente pueden ser insertados en sus receptáculos desde arriba. La utilización del segmento del eje o del módulo acimutal permite reducir la altura de la grúa durante el montaje de una turbina eólica. Esto se debe al hecho de que la góndola presenta una plataforma abatida, que primero debería haberse elevado por encima del área superior de la torre. Ahora, se puede fijar el módulo acimutal a la góndola y solo es necesario elevar la góndola con el módulo acimutal exactamente a la altura en la que se va a instalar.

Los dientes internos también permiten un mejor enganche de los piñones de los accionamientos acimutales con esta estructura dentada que con dientes externos, ya que la corona dentada con dientes internos se pliega hacia los piñones en lugar de alejarse de ellos, permitiendo que los piñones se acoplen mejor.

El módulo de acimut ahora se puede fabricar por separado y luego se puede conectar con la góndola o un soporte de góndola adecuado. La góndola 4 ilustrada de las Fig. 3 y 4 a ese respecto también se puede denominar soporte de góndola.

El hecho de que el aire, es decir, el aire exterior, sea aspirado a través de aberturas en el segmento del eje y posteriormente introducido en la góndola, impide que este aire exterior pase por el rodamiento de acimut, porque es aspirado más arriba del rodamiento de acimut, especialmente de la grasa de los rodamientos y también de los engranajes, es decir, de la corona dentada con dientes internos y de los piñones de los accionamientos acimutales.

En un segmento del eje cilíndrico, es mejor que estén previstas aberturas de ventilación para la entrada de aire exterior, particularmente por razones estáticas. También es ventajoso que se puedan probar los elementos individuales, en particular, los accionamientos acimutales, mejor por separado, ya que estos se pueden probar aquí

solos en el segmento del eje sin una góndola.

Si, al igual que la torre, el segmento del eje es también ligeramente cónico, el diámetro del segmento del eje en el área del rodamiento de acimut es ligeramente mayor que en el área de la conexión a la góndola. Con esto se
5 obtiene más espacio para los accionamientos acimutales en el área. Además, se podrán distribuir mejor las cargas sobre el rodamiento de acimut.

Además de una construcción ventajosa de la turbina eólica, también hay ventajas durante el transporte, ya que el módulo de acimut se entrega por separado y se puede conectar a la góndola en el sitio.
10

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para diseñar una turbina eólica (100) que comprende las etapas:
 - 5 - Determinación de un momento de cabeceo esperado (m_{SN}) de la turbina eólica,
 - Determinación del par de accionamiento previsto en función de la altura de la turbina eólica (100), en particular, para el funcionamiento nominal de la turbina eólica (100),
 - Determinación de una posición de altura en la que la suma del momento de cabeceo (m_{SN}) y el par de accionamiento (m_S) es mínima en magnitud, en particular, cero, y
 - 10 - Definición de esta posición de altura como la posición de un rodamiento de acimut (24).

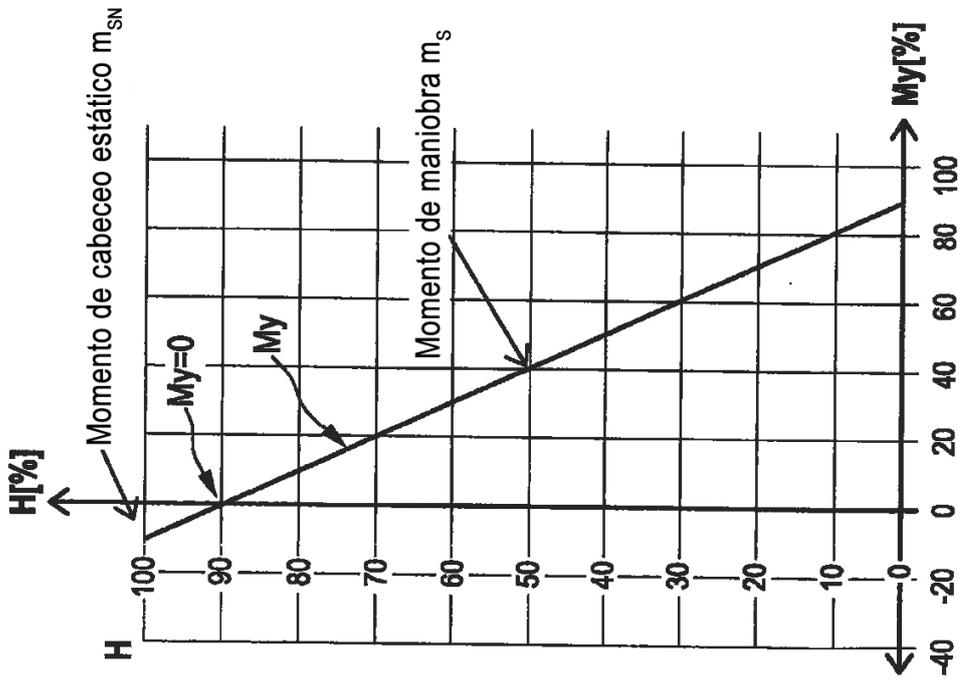


Fig. 1

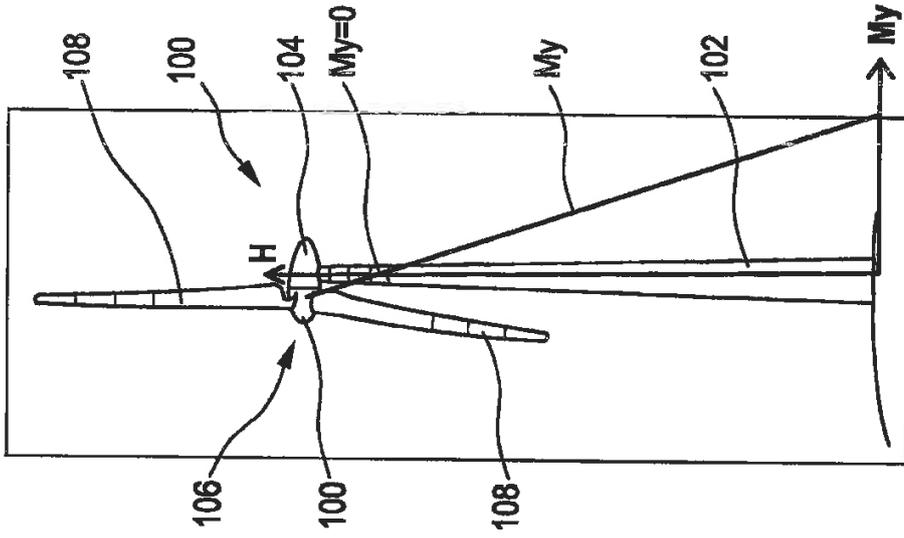


Fig. 2

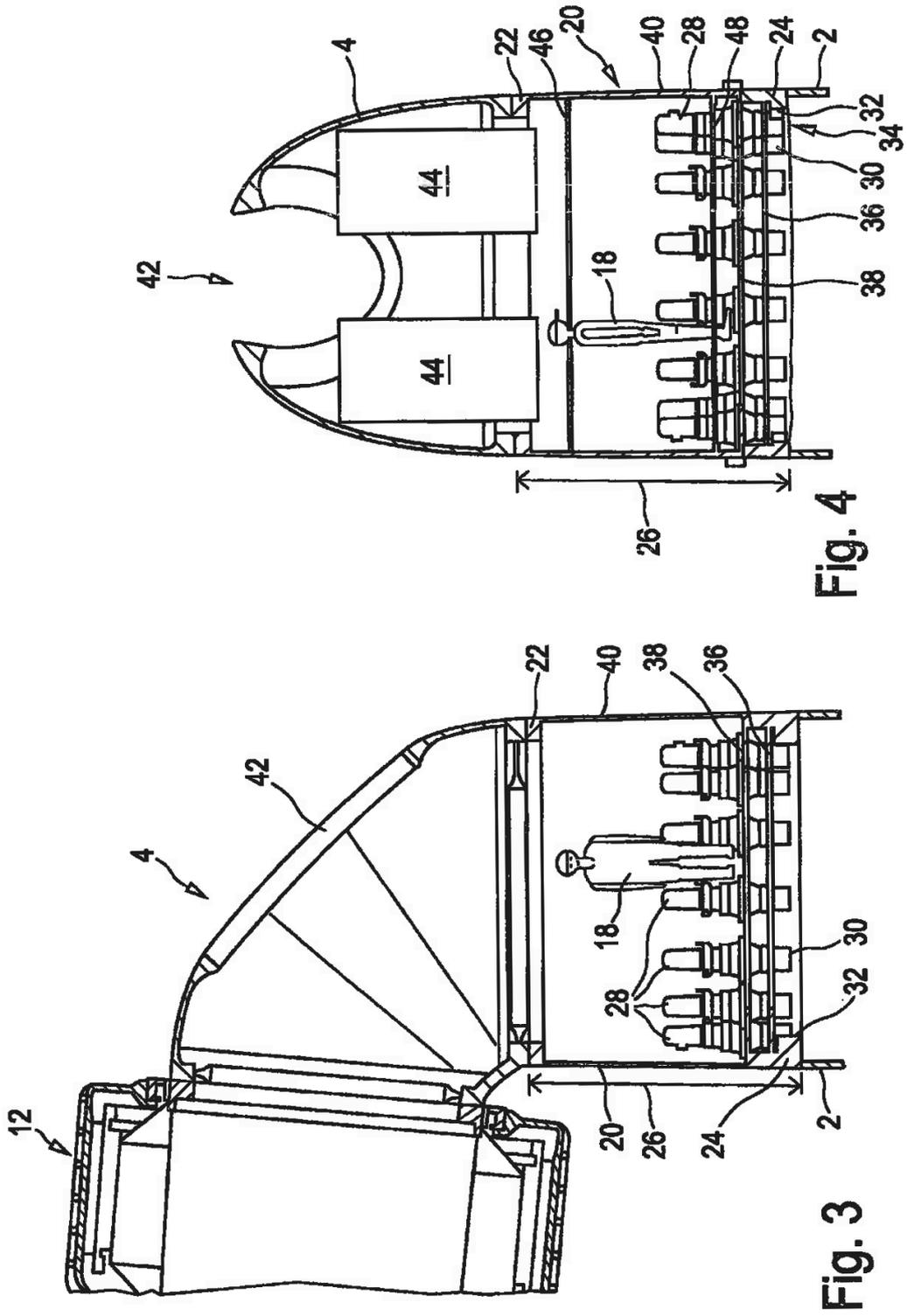


Fig. 4

Fig. 3

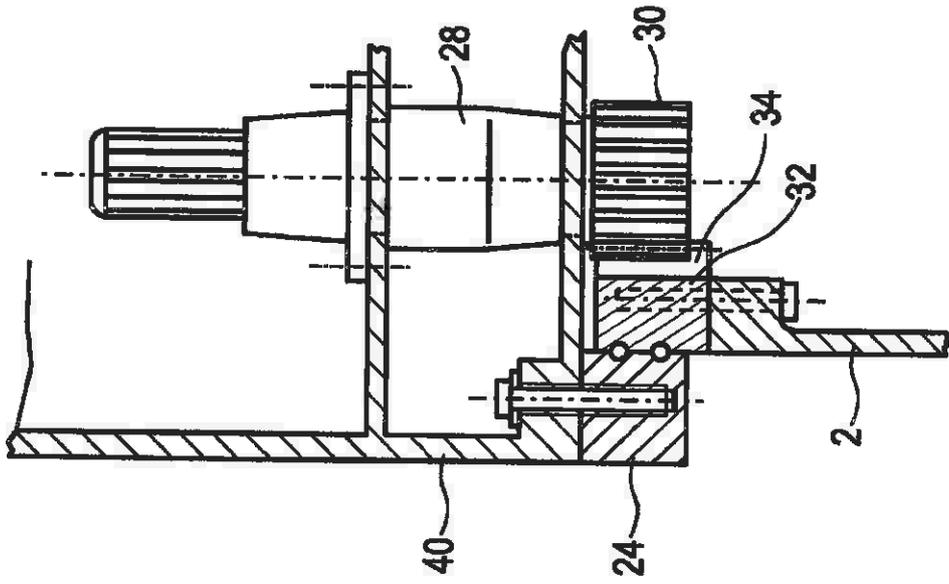


Fig. 5