

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 264**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 13/20 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2007 PCT/DK2007/000333**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.12.2007 WO07144003**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2007 E 07764463 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 2035698**

54 Título: **Un banco de ensayo y un método para ensayar equipo de turbina eólica**

30 Prioridad:

03.07.2006 DK 200600911

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

20.09.2017

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

JENSEN, JAN, BISGAARD

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 633 264 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

Un banco de ensayo y un método para ensayar equipo de turbina eólica

5 Antecedentes de la invención

La invención se refiere a un banco de ensayo para ensayar equipo de turbina eólica y un método para el ensayo de equipo de turbina eólica.

10 Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende una torre de turbina eólica ahusada y una góndola de turbina eólica colocada en la parte superior de la torre. Se conecta un rotor de turbina eólica con un número de palas de turbina eólica a la góndola a través de un árbol de baja velocidad, que se extiende fuera del frente de la góndola tal como se ilustra en la figura 1.

Las grandes turbinas eólicas modernas son constantemente cada vez más grandes y los diferentes componentes de la turbina eólica tales como la caja de engranajes, generador, sistema de frenos etc. también se hacen más grandes. Adicionalmente, el desarrollo tecnológico produce componentes e interacción entre componentes que son cada vez más especializados y complejos. Esto es naturalmente ventajoso con relación a la eficiencia y producción de la turbina eólica pero dado que estas grandes turbinas eólicas son caras y las averías pueden ser muy costosas es importante asegurar que la vida útil, durabilidad, calidad, capacidad, etc. de los componentes de la turbina eólica están bien documentados.

Una forma de hacer esto sería recoger información sobre turbinas eólicas interesantes y a continuación basar el programa de mantenimiento, la elección de componentes y así sucesivamente, en un análisis estadístico de estos datos. Pero este método es bastante ineficiente porque si los datos revelan que un componente con una vida útil esperada de 20 años solo dura un promedio de 7 años, las turbinas eólicas similares producidas en estos 7 años también contendrán el componente defectuoso, y los datos pueden muy frecuentemente no desvelar si los componentes se averían debido a una pobre calidad, si se han montado o usado erróneamente o si varios factores en interacción provocan la vida útil reducida.

Otra forma de resolver este problema se divulga en la solicitud de patente europea N.º EP 1 564 405 A1. Esta solicitud divulga un banco de ensayos para llevar a cabo ensayos de fatiga y carga sobre elementos estructurales, principalmente de la góndola y los componentes de la góndola. Pero ensayar la resistencia de los elementos estructurales de la góndola tiene la finalidad principal de reducir el uso de material u optimizar el diseño de estos elementos estructurales, reduciendo de ese modo el coste y peso de los elementos y asegurando que pueden soportar las cargas que les afectarán durante la operación normal de la turbina eólica. No proporcionará información útil con relación a la selección de componentes, la interacción de los componentes y otras que podrían impedir averías y reducir el coste de los componentes.

Es por lo tanto un objeto de la invención proporcionar una técnica ventajosa y eficiente para ensayar equipo de turbina eólica.

Especialmente, es un objeto de la invención proporcionar una técnica para ensayar equipo de turbina eólica que ofrezca tipos de carga más realistas.

La invención

La invención proporciona un banco de ensayo para ensayar equipo de turbina eólica. El banco de ensayo comprende uno o más medios de aplicación de carga que aplican directamente y/o indirectamente carga al equipo, medios de accionamiento del banco de ensayo para el giro de un árbol de entrada del equipo al menos durante una parte del ensayo, y medios de simulación para establecer condiciones o funcionalidades similares a la turbina eólica.

Mediante el giro del árbol de entrada del equipo durante el ensayo y aplicación al mismo tiempo de carga al árbol de entrada, es posible simular las cargas que actúan sobre el equipo durante la operación normal de una turbina eólica así como situaciones extremas, haciendo posible de ese modo comparar equipo diferentes bajo las mismas condiciones de carga normal así como realizar ensayos de vida útil acelerados. Esto es ventajoso, porque es posible de ese modo realizar un ensayo más eficiente del equipo, que permite que los tipos de carga y tamaños se ajusten dinámicamente, por ejemplo para ser sustancialmente realistas si es necesario o para imponer sobrecargas si es necesario.

Adicionalmente, es ventajoso que el banco de ensayo comprenda adicionalmente medios de simulación para establecer condiciones o funcionalidades similares a una turbina eólica, por ejemplo permitiendo que los componentes de la turbina eólica puedan ensayarse mientras se montan en su estructura de suspensión real, permitiendo que el equipo pueda ensayarse en un ángulo correspondiente al ángulo bajo el que operarían

normalmente en una turbina eólica, permitiendo que el equipo pueda ensayarse en un entorno “realista” con relación a temperatura, presión de aire, humedad u otros, permitiendo que el equipo pueda ensayarse mientras se expone a vibraciones o cualesquiera otras condiciones, situaciones o funcionalidades lo que estimularía o al menos crearía en algún grado condiciones, situaciones o funcionalidades similares a una turbina eólica para el equipo ensayado, porque mediante el establecimiento de estas condiciones o funcionalidades similares a una turbina eólica el banco de ensayo es capaz de realizar un ensayo más realista y/o eficiente.

Debería remarcar que el término “árbol”, ha de entenderse como cualquier clase de barra, caña, tubo, anillo, acoplamiento, casquillo, manguito u otros capaces de transferir un giro. El árbol no está limitado de ninguna forma a ser sólido sino que podía ser también, por ejemplo, un anillo o casquillo hueco formado o fijado a un engranaje planetario o engranaje anular de la caja de engranajes de la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho equipo son componentes del tren de accionamiento de la turbina eólica tales como el cojinete principal, caja de engranajes y generador, y en el que dicho generador está conectado a una red eléctrica o a medios de simulación de la red eléctrica.

Los componentes del tren de accionamiento de la turbina eólica comprenden todas partes giratorias y están muy frecuentemente colocados en la góndola haciéndoles muy difíciles y caros de reparar y sustituir. Adicionalmente, la integración entre los diferentes componentes del tren de accionamiento, entre los diferentes componentes del tren de accionamiento y los diferentes sistemas y software de control puede ser muy compleja y es naturalmente un aspecto importante con relación a la eficiencia de la turbina eólica. Es por lo tanto ventajoso, que particularmente los componentes del tren de accionamiento se ensayen en un banco de ensayo que comprenda medios tanto para girar el árbol de entrada como para aplicar cargas a los componentes.

En un aspecto de la invención, dicha red eléctrica o medios de simulación de la red eléctrica son un medio indirecto de aplicación de carga de dicho banco de ensayo.

Esto es ventajoso, porque aplicando carga indirectamente al equipo mediante la conexión del generador a una red eléctrica o medios de simulación de la red eléctrica, es posible simular más precisamente las situaciones de carga de una turbina eólica real o realizar ensayos de vida útil acelerados, por ejemplo mediante el establecimiento de una situación de sobrecarga permanente o de situaciones de carga variable.

En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación de la red eléctrica comprenden medios para ajustar dinámicamente la tensión de red y la frecuencia de red.

Permitir al ajuste dinámicamente de la tensión de red y de la frecuencia de red durante el ensayo es posible tanto para simular las condiciones de operaciones normales del equipo así como situaciones extremas o de fallo de la red facilitando de ese modo un ensayo más eficiente y/o realista.

En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación de la red eléctrica comprenden un convertidor.

Hacer que los medios de simulación de la red eléctrica comprendan un convertidor es ventajoso, porque un convertidor proporciona medios para ajustar dinámicamente los diferentes parámetros de la red permitiendo de ese modo un ensayo más eficiente.

En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación de la red eléctrica comprenden medios para ensayar si dicho equipo cumple con diferentes regulaciones de la red eléctrica.

Diferentes regulaciones de la red eléctrica son en principio diferentes reglas de cómo ha de reaccionar la turbina eólica con desviaciones diferentes en la red eléctrica tales como desviaciones en la tensión o frecuencia. Estas regulaciones de la red pueden ser diferentes de país a país o de región a región. Es por lo tanto ventajoso proporcionar medios de simulación de la red eléctrica con la capacidad de ensayar si el equipo actúa de acuerdo con diferentes regulaciones de la red eléctrica, ensayando de ese modo que el equipo ensayado es eficiente independientemente de las regulaciones.

En un aspecto de la invención, al menos uno de dichos uno o más medios de aplicación de carga comprenden medios para aplicar carga axial y/o radial a dicho árbol de entrada.

El árbol de entrada del equipo siempre estará influido —al menos en algún grado— por las fuerzas dirigidas axial y/o radialmente durante la operación normal del equipo en una turbina eólica real. Es por lo tanto ventajoso aplicar estas cargas durante el ensayo para producir un ensayo más eficiente y/o realista.

En un aspecto de la invención, dichos uno o más medios de aplicación de carga comprenden dos o más medios de carga radial para aplicar una carga sustancialmente radial a dicho árbol de entrada, estando dichos dos o más medios de carga radial axialmente desplazados.

Proporcionar al árbol de entrada del equipo ensayado con dos medios de carga radiales axialmente desplazados, es posible para imponer una situación de carga más eficiente y/o realista sobre el equipo ensayado. Debería ser posible por ejemplo usar uno de los medios de carga radial para simular la fuerza sustancialmente estática de la gravedad sobre el rotor 4 y usar el otro para simular el par que se origina por la diferencia en la carga del viento en la parte superior e inferior del rotor, o para simular cargas cambiando dinámicamente o cíclicamente tal como inestabilidad del rotor o incluso vibraciones que se originan en las palas 5 o en el posible mecanismo de paso de las palas 5. Ambos medios de carga radial podrían también imponer dos cargas estáticas diferentes (por ejemplo en diferentes direcciones imponiendo de ese modo un par sobre el equipo) o ambos medios de carga radial podrían simular cargas diferentes cambiando dinámicamente. Esto puede en alguna forma realizarse también mediante solo un medio de carga radial pero mediante el uso de dos, es más fácil y más simple simular cargas complejas y situaciones de carga que impliquen por ejemplo cargas tanto estáticas como dinámicas.

En un aspecto de la invención, dicho árbol de entrada de dicho equipo es un árbol de entrada de una caja de engranajes de turbina eólica o un árbol de entrada de un generador de turbina eólica.

La función de la caja de engranajes y el generador de una turbina eólica es esencial para la eficiencia de la turbina eólica y dado que estos componentes son muy complejos y caros y dado que muy frecuentemente están situados en la góndola de la turbina eólica donde es difícil repararlos y sustituirlos es ventajoso proporcionar un banco de ensayo que sea capaz de girar el árbol de entrada de la caja de engranajes y/o del generador y al mismo tiempo aplicar carga a éstos.

De nuevo se debería remarcar que el término "árbol" en esta conexión ha de entenderse como cualquier clase de conexión mecánica capaz de transferir giro al dispositivo tal como cualquier clase de conexión mecánica sobre la caja de engranajes de la turbina eólica, generador o góndola capaz de ser conectada a un dispositivo en giro y transferir el giro a la caja de engranajes, generador o góndola de la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho medio de accionamiento es un motor eléctrico que comprende una caja de engranajes.

La velocidad de giro y particularmente el par del motor eléctrico se controla fácilmente muy precisamente y proporcionando al motor con una caja de engranajes es posible reducir la velocidad de giro nominal del rotor a un grado adecuado para simular la velocidad de giro del rotor en una turbina eólica. Esto es ventajoso porque es posible de ese modo llevar a cabo un ensayo más eficiente, preciso y/o realista del equipo de la turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho banco de ensayo es fijo.

Un banco de ensayo de turbina eólica para ensayo de equipo tales como góndolas podría pesar fácilmente hasta 500 toneladas métricas, y es por lo tanto ventajoso hacer fijo el banco de ensayo.

En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación comprenden medios de control climáticos para controlar sustancialmente uno o más parámetros climáticos tales como la temperatura, humedad y presión del aire del entorno de al menos una parte de dicho equipo.

Los parámetros climáticos son factores de tensión muy importantes en una turbina eólica en operación y particularmente unas temperaturas muy altas o bajas o variaciones constantes en la temperatura pueden ser potencialmente muy perjudiciales para el equipo de la turbina eólica. Al proporcionar al banco de ensayo con medios de control del clima es posible controlar sustancialmente uno o más de los parámetros climáticos permitiendo de ese modo un ensayo más eficiente y/o realista del equipo. Entre otras cosas esto permitiría el HALT (Ensayo de vida útil altamente acelerado o Ensayo de límites altamente acelerado) del equipo, lo que es una forma bien conocida y muy eficiente de ensayar y/o estimar la vida y/o los límites de carga del equipo en un periodo de tiempo relativamente corto en comparación con la vida deseada del equipo.

En un aspecto de la invención, dichos medios de control del clima son al menos una caja de clima que encierra dicho equipo o al menos una parte de dicho equipo.

Encerrar sustancialmente el equipo o al menos una parte del equipo mediante una caja de clima proporciona una forma relativamente simple y barata de establecer un entorno controlado alrededor del equipo. Adicionalmente, una caja de clima que encierre sustancialmente el equipo tendría también el efecto colateral de ser absorbente del sonido, reduciendo de ese modo el ruido emitido desde el banco de ensayo.

En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación comprenden medios para colocar dicho equipo en un ángulo definido con relación a un plano horizontal al menos durante dicho ensayo, siendo dicho ángulo definido diferente de 0°.

Del rotor de las grandes turbinas eólicas modernas está por diferentes razones en ángulo de modo que el plano del rotor no es perpendicular al terreno. Esto provoca que el tren de accionamiento de la mayor parte de las turbinas

eólicas se sitúe en un ángulo perpendicular al plano del rotor y por lo tanto no paralelo con el plano horizontal del terreno. Dado que el tren de accionamiento y los componentes de accionamiento son componentes muy esenciales de una turbina eólica sería ventajoso ensayar estos componentes en un banco de ensayo y en particular en un banco de ensayo que pudiera ensayar el equipo en un ángulo diferente de 0° con relación al plano horizontal.

5 En un aspecto de la invención, dicho ángulo definido corresponde a un ángulo de operación normal de dicho equipo, por ejemplo el ángulo de una góndola con relación a una torre.

10 Esto es ventajoso, porque de ese modo es posible proporcionar un banco de ensayo capaz de realizar un ensayo más eficiente y/o realista.

En un aspecto de la invención, dicho banco de ensayo comprende un sistema de supervisión que supervisa dicho equipo y/o dicho banco de ensayo durante dicho ensayo.

15 El equipo se ensaya para entre otras razones extraer información importante del equipo tal como vida útil del equipo, durabilidad, eficiencia y capacidad y calidad en general. Es por lo tanto ventajoso proporcionar al banco de ensayo con un sistema de supervisión para recoger esta u otra información para su uso para el análisis del equipo ensayado.

20 En un aspecto de la invención, dichos uno o más medios de aplicación de carga comprenden medios de resistencia al giro para ofrecer resistencia al movimiento de giro de uno o más árboles de salida de una caja de engranajes de dicho equipo.

25 Proporcionando al banco de ensayo con medios de resistencia a la rotación, es posible ofrecer más (o menos) resistencia al giro del árbol de salida de una caja de engranajes ensayada, que lo que el generador —al que el tipo específico de caja de engranajes se conectaría normalmente en una turbina eólica en operación— sería capaz de imponer. Esto es ventajoso, porque es posible de ese modo proporcionar al banco de ensayo con medios de aplicación de carga capaces de aplicar no solo cargas operacionales normales a una caja de engranajes en ensayo sino también cargas extremas, accidentales u otras clases que el generador normal o bien no sería capaz de imponer o quedaría severamente dañado al hacerlo.

30 En un aspecto de la invención, dichos medios de resistencia al giro comprenden un generador de banco de ensayo de dicho banco de ensayo.

35 Proporcionar al banco de ensayo con un generador para resistir al giro de al menos un árbol de salida de una caja de engranajes ensayada es ventajoso, porque la energía producida por cualquier equipo que trate de resistir al giro de una caja de engranajes de turbina eólica en una situación de sobrecarga es considerable y más factiblemente los sistemas mecánicos convertirían esta energía en calor, haciendo de ese modo más difícil realizar el ensayo eficiente y/o realista. Mediante el uso de un generador es posible convertir la mayoría de esta energía de vuelta a energía eléctrica que ventajosamente podría conducirse de retorno a la red eléctrica.

40 En un aspecto de la invención, dicho generador de banco de ensayo de dicho banco de ensayo se conectaría a una red eléctrica o medios de simulación de la red eléctrica.

45 Si el generador del banco de ensayo se conecta a una red eléctrica es posible simular la operación normal de la caja de engranajes y proporciona medios para deshacerse de la energía producida y si el generador se conecta a un medio de simulación de la red eléctrica es adicionalmente posible simular diferentes modos especiales, de defecto o anormales de la red eléctrica. Esto es ventajoso porque es así posible realizar un ensayo más realista y/o eficiente.

50 En un aspecto de la invención, dichos uno o más medios de aplicación de carga aplican carga a dicho árbol de entrada y/o a un árbol de salida de dicho equipo.

55 El equipo de la turbina eólica que comprende partes giratorias está en situaciones de operación real sustancialmente afectado principalmente por cargas tanto su árbol de entrada como en el de salida o en ambos. Por lo tanto es ventajoso proporcionar las cargas sobre estos árboles en una situación de ensayo para proporcionar un ensayo más realista y/o eficiente.

60 En un aspecto de la invención, dichos medios de simulación comprenden medios para montar los componentes de la turbina eólica a través de su estructura de suspensión real.

65 Mediante el ensayo de los componentes de la turbina eólica mientras están montados o suspendidos en la estructura de suspensión, en la que se montarían o suspenderían en una turbina eólica real, es posible realizar un ensayo mucho más realista y/o eficiente porque, junto al hecho de que la estructura de suspensión en sí puede ensayarse bajo circunstancias realistas, también permite que el ensayo de los componentes de la turbina eólica se haga más realista y que puede ensayarse la interacción entre combinaciones y/o diseños específicos de estructuras de suspensión y componentes.

La invención proporciona adicionalmente un método para el ensayo de equipo de turbina eólica. El método comprende las etapas de colocar el equipo dentro, sobre o en un banco de ensayo, girando un árbol de entrada del equipo mediante medios de accionamiento del banco de ensayo, y aplicar carga directa y/o indirectamente al equipo por medio de los medios de aplicación de carga del banco de ensayo.

5 Mediante el giro de un árbol de entrada del equipo mientras se somete a tensiones al equipo por medio de aplicar carga al mismo tiempo al equipo es ventajoso, porque es posible de ese modo realizar un ensayo más eficiente y/o realista.

10 En un aspecto de la invención, la carga se aplica a dicho equipo mediante la conexión de un generador de dicho equipo a una red eléctrica o medio de simulación de la red eléctrica.

En un aspecto de la invención, la tensión de red y la frecuencia de red de dichos medios de simulación de la red eléctrica pueden ajustarse dinámicamente durante dicho ensayo.

15 En un aspecto de la invención, se aplica carga axial y/o radial a un árbol de entrada de dicho equipo durante el ensayo.

20 En un aspecto de la invención, se controlan uno o más parámetros del clima tales como la temperatura, humedad y presión del aire del entorno de al menos una parte de dicho equipo, durante el ensayo.

En un aspecto de la invención, dicho equipo se coloca en un ángulo definido con relación a un plano horizontal al menos durante dicho ensayo, siendo dicho ángulo definido diferente de 0°.

25 En un aspecto de la invención, dicho ángulo es fijo o dinámicamente ajustable durante dicho ensayo.

En un aspecto de la invención, dicho ángulo se establece para corresponder sustancialmente a un ángulo de operación normal de dicho equipo, por ejemplo el ángulo de un tren de accionamiento en una góndola con relación a una torre.

30 En un aspecto de la invención, dicho equipo y/o dicho banco de ensayo se supervisan mediante un sistema de supervisión durante el ensayo.

35 En un aspecto de la invención, dicho método comprende adicionalmente la etapa de resistir al movimiento de giro de uno o más árboles de salida de una caja de engranajes de dicho equipo.

En un aspecto de la invención, dicho ensayo también ensaya la estructura de suspensión de dicho equipo y/o la interacción entre uno o más componentes de la turbina eólica y dicha estructura de suspensión.

40 En un aspecto de la invención, dicho método comprende adicionalmente la etapa de establecer condiciones o funcionalidades similares a una turbina eólica por medio de los medios de simulación.

Figuras

45 La invención se describirá en lo que sigue con referencia a las figuras en las que

la fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna grande conocida en la técnica, tal como se ve desde el frente,

la fig. 2 ilustra una sección transversal de una realización de una góndola simplificada conocida en la técnica, tal como se ve desde el lateral,

50 la fig. 3 ilustra una sección transversal parcial de un banco de ensayo ensayando una góndola de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral,

la fig. 4 ilustra una realización de medios de aplicación de carga, tal como se ven en perspectiva,

la fig. 5 ilustra una realización de un banco de ensayo ensayando una góndola, tal como se ve en perspectiva,

la fig. 6 ilustra un banco de ensayo realizando un ensayo de la caja de engranajes, tal como se ve en perspectiva,

55 la fig. 7 ilustra un banco de ensayo realizando un ensayo de la caja de engranajes en otra realización de una caja de engranajes de turbina eólica, tal como se ve en perspectiva, y

la fig. 8 ilustra otra realización de un banco de ensayo ensayando un generador de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral.

60 Descripción detallada

La fig. 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna, que comprende una torre 2 colocada sobre una cimentación y una góndola 3 de turbina eólica situada en la parte superior de la torre 2. El rotor 4 de la turbina eólica, que comprende tres palas 5 de turbina eólica, se conecta a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad que se extiende fuera del frente de la góndola 3.

65

La fig. 2 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3, tal como se ve desde el lateral. Las góndolas 3 existen en una multitud de variaciones y configuraciones pero en la mayor parte de los casos el tren de accionamiento 14 en la góndola 3 comprende casi siempre uno o más de los siguientes componentes: una caja de engranajes 6, un acoplamiento (no mostrado), alguna clase de sistema de freno 7 y un generador 8. Una góndola 3 de una turbina eólica 1 moderna puede incluir también un convertidor 9 (también llamado inversor) y equipo periférico adicional tal como equipo de gestión de la generación, cabinas de control, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeración y más.

El peso de toda la góndola 3 incluyendo los componentes de la góndola 6, 7, 8, 9 es soportado por una estructura de soporte de carga 10. Los componentes 6, 7, 8, 9 se colocan normalmente sobre y/o se conectan a esta estructura de soporte de carga 10. En esta realización simplificada, la estructura de soporte de carga 10 solo se extiende a lo largo de la parte inferior de la góndola 3, por ejemplo en la forma de una estructura de cama a la que se conectan algunos o todos los componentes 6, 7, 8, 9. En otra realización la estructura de soporte de carga 10 podría comprender una cubierta de engranajes 11 que transfiere la carga del rotor 4 a la torre 2, o la estructura de soporte de carga 10 podría comprender varias piezas interconectadas tales como una celosía.

En esta realización de la invención el tren de accionamiento 14 se fija con un ángulo de operación normal NA de 8° con relación a un plano perpendicular a la torre 2, un eje central a través de la torre 2 y un plano horizontal. Los trenes de accionamiento están en ángulo por, entre otras razones, para permitir que el rotor 4 pueda estar en ángulo correspondientemente, por ejemplo, para asegurar que las palas 5 no inciden en la torre 2, para compensar las diferencias en la velocidad del viento en la parte superior e inferior del rotor 4 y otras.

La fig. 3 ilustra una sección transversal parcial de un banco de ensayo 12 ensayando una góndola 3 de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral.

En esta realización de la invención el banco de ensayo 12 comprende medios de accionamiento 12 en la forma de un motor eléctrico 15 y una caja de engranajes 16 entre los que se posiciona un sistema de freno 17.

El árbol de salida de la caja de engranajes 16 del banco de ensayo se conecta a un acoplamiento flexible 18 del banco de ensayo 12, que se conecta a medios de aplicación de carga del banco de ensayo 12 en forma de medios de carga radial 20, que se describirán más completamente durante la descripción de la fig. 4.

Los medios de carga radial 20 comprenden un adaptador del árbol 24 que se conecta a un árbol de entrada 21 de una góndola 3, que en este caso es el árbol de entrada 21 de una caja de engranajes 6 de turbina eólica, que a través de un sistema de freno 7 y acoplamiento (no mostrado) se conecta a un generador 8 dentro de la góndola 3. En esta realización la góndola 3 comprende adicionalmente un convertidor 9.

En esta realización el equipo 22 de la turbina eólica —en la forma de componentes del tren de accionamiento 6, 7, 8 en la góndola 3— se posiciona en un ángulo A de 6° con relación a un plano horizontal, en el que el reborde 23 de conexión a la torre de la góndola 3 se conecta rigidamente a un reborde de conexión sustancialmente horizontal del banco de ensayo 12. Dado que la góndola 3 en la vida real estaría conectada a un reborde de conexión sustancialmente horizontal en la parte superior de una torre 2 de turbina eólica, este ángulo A corresponde al ángulo NA de estos componentes 6, 7, 8, 9 del tren de accionamiento específico posicionado en una turbina eólica 1 ordinaria en operación.

En otra realización de la invención el reborde de conexión del banco de ensayo 12 podría estar en ángulo con relación a un plano horizontal o todo el banco de ensayo 12 podría estar en ángulo o comprender medios para el control del ángulo del banco 12 y/o del equipo 22.

En otra realización de la invención el reborde de conexión del banco de ensayo 12 podría comprender también medios para proporcionar carga al equipo por ejemplo alguna clase de medios de aplicación de carga 19 que aplica cargas a un mecanismo de orientación (no mostrado) de una turbina eólica 1, la estructura de soporte de carga 10 de una góndola 3 o el árbol de entrada 21 si el equipo ensayado 22 o para aplicar carga en cualquier otra forma al equipo de ensayo 22 por ejemplo para incrementar la eficiencia y/o realismo del ensayo.

En esta realización de la invención los medios de carga radial 20 son al menos en principio los únicos medios de aplicación de carga 19 del banco de ensayo 12 que aplican carga directa al árbol de entrada 21 del equipo 22 pero en otra realización el banco de ensayo 12 podría comprender medios de aplicación de carga 19 adicionales para la aplicación de carga al árbol de entrada 21 del equipo 22 o a cualquier otra parte del equipo 22 en cualquier otra dirección factible tal como axial, diagonalmente o desde direcciones variables. Particularmente las cargas axiales podrían ser interesantes porque todas las turbinas eólicas 1 en operación han de ser capaces de manejar una carga axial significativa por la carga del viento del rotor 4.

En esta realización de la invención el generador 8 en la góndola 3 se conecta a medios de simulación de la red que permiten que el generador 8 pueda actuar indirectamente durante el ensayo como un medio de aplicación de carga del banco de ensayo 12, porque es posible simular diferentes situaciones de red tales como situaciones de

sobrecarga extrema, situaciones de falta, cortocircuitos, amplitud y ángulo de fase asimétricos u otros, tanto independientemente como en cooperación u otra. Las diferentes situaciones de la red aplicarán por tanto indirectamente a través del generador 8 diferentes situaciones de carga sobre el equipo ensayado 22.

5 En otra realización el generador 8 podría conectarse simplemente a la red eléctrica en la misma forma que lo haría en una turbina eólica 1 en operación.

10 En esta realización de la invención el banco de ensayo 12 comprende medios de reducción de ruido 28 en la forma de una caja absorbente del sonido 28 que encierra sustancialmente los medios de accionamiento 13 del banco de ensayo 12, permitiendo de ese modo que el ruido producido particularmente por los medios de accionamiento 13 sean absorbidos por la caja 28, reduciendo por ello la emisión de ruidos desde el banco de ensayo 12.

15 En otra realización todo el banco de ensayo 12 podría encerrarse en una caja absorbente del sonido 28 o las partes individuales del banco de ensayo 12 que producen ruido podrían equiparse individualmente con medios de reducción de ruido 28. En esta realización los medios de reducción de ruido 28 son pasivos pero en otra realización los medios 28 podrían ser activos por ejemplo proporcionando ruido en antifase u otros.

20 En la presente realización de la invención el banco de ensayo 12 comprende adicionalmente medios de simulación en la forma de medios de control del clima 29. Los medios de control del clima 29 se proporcionan por medio de una caja de clima 29 que encierra sustancialmente el equipo 22 de la turbina eólica o al menos una parte del equipo 22 a ser ensayado en el banco 12.

25 En esta realización la caja de clima 29 permite que la temperatura en el interior de la caja 29 pueda ajustarse y controlarse libremente entre 45 y 55 °C cuando el equipo 22 está inactivo y no operando y entre 40 y 90 °C durante la operación del equipo 22. Estos intervalos de temperatura son suficientes en la presente realización de la invención para proporcionar un entorno eficiente y/o realista para el equipo ensayado 22 pero en otra realización el banco 12 podría comprender medios para el control de la temperatura ambiente del equipo 22 dentro de diferentes intervalos y los medios de control del clima 29 podrían comprender adicionalmente medios para el control de otros parámetros climáticos tales como la humedad y/o la presión del aire.

30 La fig. 4 ilustra una realización de medios de aplicación de carga 19, tal como se ven en perspectiva.

35 En esta realización de la invención los medios de aplicación de carga 19 están formados por dos medios de carga radial 20 axialmente desplazados respecto a un adaptador del árbol 24 realizado para ajustar por ejemplo, el árbol de entrada 21 de la caja de engranajes 6 de la góndola o el árbol de entrada de otros equipo 22 de la turbina eólica.

40 Cada uno de los medios de aplicación de carga 20 comprende un cojinete de carga radial 25 grande que comprende un anillo interior conectado al adaptador del árbol 24 o bolas o rodillos que se desplazan directamente sobre la superficie exterior del adaptador del árbol 24 y un anillo exterior al que se fijan cuatro actuadores lineales 26 regularmente espaciados.

45 En la presente realización los actuadores lineales 26 son cuatro cilindros hidráulicos 26 con un diámetro de cilindro interior de 350 milímetros y un diámetro exterior de la barra del pistón de 120 milímetros funcionando con una presión de aceite de 175 bares, pero naturalmente en otra realización los cilindros podrían dimensionarse de modo diferente. En otra realización los actuadores lineales 26 podrían ser también husos accionados por motor, cilindros neumáticos u otros.

50 En otra realización los medios de carga radial 20 podrían comprender otro número de actuadores lineales 26 tales como uno, dos, tres o más y los actuadores lineales 26 podrían colocarse y espaciarse de modo diferente.

55 Los actuadores lineales 26 están conectados en el otro extremo rígidamente a una estructura sustancialmente rígida del banco de ensayo 12 permitiendo que cuando los actuadores lineales 26 se extienden o retraen esta carga se transfiera sustancialmente de modo completo al árbol de entrada 21 sobre el que se monta, o conecta, el adaptador del árbol 24.

Los cilindros hidráulicos 26 podría conectarse individualmente, por ejemplo, a válvulas proporcionales o válvulas servo controladas que hacen posible controlar la carga impuesta por cada uno de los cilindros 26 individualmente.

60 En otra realización de la invención el adaptador del árbol 24 podría comprender solo un medio de carga radial 20 o más de dos medios de carga radial 20 y los medios de carga radial podrían actuar directamente sobre el árbol de entrada 21 de la góndola 3, directamente sobre el árbol principal, el árbol de baja velocidad y/o el árbol de alta velocidad o sobre el árbol de entrada y/o salida 21, 27 de otro equipo de turbina eólica tal como generador, caja de engranajes, sistema de frenos, acoplamientos u otros.

65 La fig. 5 ilustra una realización de un banco de ensayo 12 ensayando una góndola 3, tal como se ve en perspectiva.

- 5 En esta realización de la invención la estructura de soporte del banco de ensayo 12 está fabricada de una celosía fundamentalmente soldada de tubos o vigas de acero que se sueldan entre un número de elementos resistentes en la forma de placas de perfil trapezoidal. Las placas de perfil trapezoidal son placas formadas como una parte recta seguida por dobleces por ejemplo a 45° en direcciones opuestas y a continuación otra parte recta desplazada respecto a la primera, a continuación dos a 45° de nuevo y así sucesivamente. Al proporcionar las áreas abiertas de la celosía con estas placas perfiladas la estructura de soporte del banco de ensayo 12 se hace muy fuerte y rígida.
- 10 En otra realización de la invención la estructura de soporte del banco de ensayo 12 puede fabricarse en una multitud de diferentes maneras tal como una estructura conectada fundamentalmente con medios de fijación tales como pernos, tornillos o remaches, podría moldearse parcial o completamente en hierro fundido u hormigón, o podría ser cualquier combinación de las técnicas anteriormente mencionadas o cualquier otra técnica que asegure que el banco de ensayo 12 es suficientemente rígido para transferir las cargas deseadas en las cantidades deseadas en las localizaciones deseadas satisfactoriamente para asegurar que los resultados del ensayo son tan fiables como sea posible.
- 15 En esta realización de la invención la estructura de soporte del banco de ensayo 12 comprende una estructura que rodea sustancialmente el enlace entre el equipo de la turbina eólica y el equipo de ensayo del banco de ensayo, particularmente los medios de carga radial 20. Esto se realiza para proporcionar una estructura fuerte y rígida para que se suspendan en ellos los medios de carga radial 20. En otra realización esta suspensión de los medios de carga radial 20 podría realizarse por supuesto en una multitud de diferentes maneras tal como un bastidor de suspensión independiente conectado rígidamente al resto del banco de ensayo 12 u otras.
- 20 En esta realización de la invención la estructura de soporte del banco de ensayo 12 comprende adicionalmente un cierto número de medios de amortiguación de vibraciones en la forma de placas de goma estratégicamente colocadas entre los tubos de acero de la estructura de soporte del banco de ensayo 12 y proporcionando en los puntos de conexión o puntos de soporte al terreno medios de amortiguación de vibraciones que sustancialmente impiden que se transmita al terreno cualquier vibración del banco de ensayo 12.
- 25 En otra realización de la invención el banco de ensayo 12 podría comprender otras clases de medios de amortiguación de vibraciones tales como medios de amortiguación activos, proporcionando al banco de ensayos 12 depósitos líquidos de amortiguación de vibraciones, proporcionando al banco 12 absorbentes de choques estratégicamente colocados u otros.
- 30 La fig. 6 ilustra un banco de ensayo 12 que realiza un ensayo de caja de engranajes, tal como se ve en perspectiva.
- 35 En esta realización de la invención se establecen funcionalidades similares a las de una turbina eólica en que en esta realización se conecta una caja de engranajes 6 de turbina eólica rígidamente al reborde de conexión del banco de ensayo 12 a través de su estructura de suspensión original 31. Mediante el ensayo de la caja de engranajes 6 (y todos los otros equipo 22 de la turbina eólica para este asunto) suspendidos en su estructura de suspensión 31 original y real es posible ensayar también la estructura de suspensión 31 del equipo 31 durante el ensayo. Adicionalmente, estableciendo estas funcionalidades similares a turbina eólica, puede ensayarse la interacción entre el componente (6, 7, 8, 9) de turbina eólica específico y su estructura de suspensión 31 real y el engranaje 6 ilustrado puede ensayarse por ello bajo unas condiciones muy realistas.
- 40 En otra realización los medios de simulación podrían comprender dispositivos de suspensión o montaje de amortiguación de vibraciones, estructuras externas o bastidores para proporcionar rigidez adicional o cualquier otra forma de estructura o dispositivo en o a través de la que los componentes 6, 7, 8, 9 de la turbina eólica se montarían en una turbina eólica real, permitiendo de ese modo que el equipo 22 de la turbina eólica se pudiera ensayar más realista y/o eficientemente.
- 45 En esta realización, la estructura de suspensión 31 comprende adicionalmente el cojinete principal de la góndola 3 haciendo posible ensayar este o estos cojinetes en una forma eficiente y/o realista.
- 50 El árbol de entrada 21 de la caja de engranajes 6 se conecta a los medios de accionamiento 13 y directa o indirectamente a los medios de carga radial 20 y el árbol de salida 27 de la caja de engranajes se conecta a un generador 30 del banco de ensayo 12.
- 55 Mediante el control del generador 30 es posible aplicar una carga al árbol de salida 27 que intentaría resistir al giro del árbol 27 haciendo posible de ese modo imponer, por ejemplo sobrecargas extremas, situaciones de falta u otras situaciones a la caja de engranajes que no se simularían fácilmente en caso contrario.
- 60 La fig. 7 ilustra un banco de ensayo 12 que realiza un ensayo de caja de engranajes en otra realización de una caja de engranajes 6 de turbina eólica, tal como se ve en perspectiva.
- 65 En esta realización de la invención otra realización de una caja de engranajes 6 de turbina eólica se conecta rígidamente al reborde de conexión del banco de ensayo 12 a través de su estructura de suspensión original 31, que

en esta realización comprende una cubierta de engranajes 11. La caja de engranajes 6 es en esta realización una caja de engranajes epicicloidal en la que el árbol de entrada 21 está constituido en principio por el portasatélites de la caja de engranajes. En esta realización el cojinete principal de la góndola 3 se incorpora en la caja de engranajes 6 y de ese modo también se ensaya en un ensayo de caja de engranajes 6.

5 En esta realización los medios de acoplamiento que conectan el árbol de salida 27 de la caja de engranajes 6 y el árbol de entrada del generador 30 del banco de ensayo se eliminan mostrando de ese modo el árbol de salida 27 de la caja de engranajes 6 y en esta realización la caja de engranajes 6 solo comprende el árbol de salida 27 pero en otra realización la caja de engranajes 6 podría comprender dos árboles de salida 27 o incluso más por ejemplo para ser conectados a dos o más generadores 8 separados en la góndola 3 de turbina eólica.

10 La fig. 8 ilustra otra realización de un banco de ensayo 12 ensayando un generador 8 de turbina eólica, tal como se ve desde el lateral.

15 En esta realización el banco de ensayo 12 se configura para ensayar un generador 8 de turbina eólica. Dado que se realiza el generador 6 para producir óptimamente potencia a sustancialmente la misma velocidad de giro que la velocidad de giro nominal de la mayor parte de los motores eléctricos 15, los medios de accionamiento 13 del banco de ensayo 12 no comprenden una caja de engranajes 16, haciendo que el árbol de salida del motor 15 del banco de ensayo esté más o menos directamente acoplado al árbol de entrada 21 de generador 8 través de un acoplamiento 18 y un sistema de frenos 17 del banco de ensayo 12.

20 Dado que el generador 8 se ensaya sin la estructura de soporte de carga 10 que podría definir su orientación en una góndola, el banco de ensayo 12 en esta realización se proporciona con medios de simulación en la forma de medios de inclinación 32, que permiten que se establezcan condiciones similares a las de la turbina eólica porque el generador puede ensayarse en un ángulo A que corresponde a su ángulo NA en relación con un plano horizontal cuando se monta en una turbina eólica 1 en operación.

25 En esta realización el generador 8 se conecta a medios de simulación de la red que aplican una carga indirecta al árbol de entrada 21 del generador 8, porque cuando se conecta a estos medios de simulación de la red es posible simular diferentes situaciones en las que el generador produce potencia haciendo que el rotor del generador 8 resista el giro y aplique de ese modo carga al árbol de entrada 21.

30 En otra realización el banco 12 podría proporcionarse también con otros medios de aplicación de carga 19 tales como medios de aplicación de carga sustancialmente axial al árbol de entrada 21 del generador 8.

35 La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de los bancos de ensayo 12, equipo 22 de la turbina eólica, medios de aplicación de carga 19 y otros. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede diseñarse y alterarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

40 **Lista**

1. Turbina eólica
2. Torre
- 45 3. Góndola
4. Rotor
5. Pala
6. Caja de engranajes
7. Sistema de frenos
- 50 8. Generador
9. Inversor
10. Estructura de soporte de carga
11. Cubierta de engranajes
12. Banco de ensayo
- 55 13. Medios de accionamiento
14. Tren de accionamiento
15. Motor eléctrico
16. Caja de engranajes del banco de ensayo
17. Sistema de frenos del banco de ensayo
- 60 18. Acoplamiento del banco de ensayo
19. Medios de aplicación de carga
20. Medio de carga radial
21. Árbol de entrada
22. Equipo de la turbina eólica
- 65 23. Reborde de conexión de la torre
24. Adaptador del árbol

- 25. Cojinete de carga radial
- 26. Actuador lineal de carga radial
- 27. Árbol de salida
- 28. Medios de reducción de ruido
- 5 29. Medios de control del clima
- 30. Generador del banco de ensayo
- 31. Estructura de suspensión
- 32. Medios de inclinación
- A. Ángulo del equipo
- 10 NA. Ángulo de operación normal

REIVINDICACIONES

1. Un banco de ensayo (12) para ensayar equipo (22) de turbina eólica, comprendiendo dicho banco de ensayo (12)
 - 5 uno o más medios de aplicación de carga (19) que aplican directa y/o indirectamente carga a dicho equipo (22), medios de accionamiento (13) de dicho banco de ensayo (12) para el giro de un árbol de entrada (21) de una caja de engranajes (6) de turbina eólica y/o un árbol de entrada (21) de un generador (8) de turbina eólica al menos durante una parte del ensayo, y
 - 10 medios de simulación para establecer condiciones o funcionalidades similares a las de la turbina eólica.
2. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho equipo (22) son componentes de un tren de accionamiento (14) de turbina eólica tal como el cojinete principal, caja de engranajes (6) y generador (8), y en el que dicho generador (8) está conectado a una red eléctrica o medios de simulación de la red eléctrica.
- 15 3. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que dicha red eléctrica o medios de simulación de la red eléctrica son un medio de aplicación de carga indirecta de dicho banco de ensayo (12).
4. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que dichos medios de simulación de la red eléctrica comprenden medios para el ensayo de si dicho equipo (22) cumplen con diferentes regulaciones de la red eléctrica.
 - 20 5. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que al menos uno de dichos uno o más medios de aplicación de carga (19) comprenden medios para la aplicación de carga axial y/o radial a dicho árbol de entrada (21).
 - 25 6. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos uno o más medios de aplicación de carga (19) comprenden dos o más medios de carga radial (20) para la aplicación de carga sustancialmente radial a dicho árbol de entrada (21), estando dichos dos o más medios de carga radial (20) axialmente desplazados.
 - 30 7. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de simulación comprenden medios de control climáticos (29) para controlar sustancialmente uno o más parámetros climáticos tales como la temperatura, humedad y presión del aire del entorno de al menos una parte de dicho equipo (22).
 - 35 8. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de simulación comprenden medios para colocar dicho equipo (22) en un ángulo (A) definido con relación a un plano horizontal al menos durante dicho ensayo, siendo dicho ángulo (A) definido diferente de 0°.
 - 40 9. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos uno o más medios de aplicación de carga (19) comprenden medios de resistencia al giro para ofrecer resistencia al movimiento de giro de uno o más árboles de salida (27) de una caja de engranajes (6) de dicho equipo (22).
 - 45 10. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de resistencia al giro comprenden un generador (8) del banco de ensayo de dicho banco de ensayo (12).
 - 50 11. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos uno o más medios de aplicación de carga (19) aplican carga a dicho árbol de entrada (21) y/o a un árbol de salida (27) de dicho equipo (22).
 - 55 12. Un banco de ensayo (12) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichos medios de simulación comprenden medios para montar los componentes (6, 7, 8, 9) de la turbina eólica a través de su estructura de suspensión (31) real.
 - 60 13. Un método para el ensayo de equipo (22) de turbina eólica, comprendiendo dicho método las etapas de
 - posicionar dicho equipo (22) dentro de, sobre o en un banco de ensayo (12),
 - girar un árbol de entrada (21) de una caja de engranajes (6) de turbina eólica y/o un árbol de entrada (21) de un generador (8) de turbina eólica por medios de accionamiento (13) de dicho banco de ensayo (12), y
 - aplicar carga directa y/o indirectamente a dicho equipo (22) por medio de los medios de aplicación de carga (19) de dicho banco de ensayo (12).
 - 65 14. Un método de acuerdo con la reivindicación 13, en el que se aplica carga a dicho equipo (22) mediante la conexión de un generador (8) de dicho equipo (22) a una red eléctrica o a medios de simulación de la red eléctrica.
 15. Un método de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la tensión de red y la frecuencia de red de dichos

medios de simulación de la red eléctrica pueden ajustarse dinámicamente durante dicho ensayo.

- 5 16. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en el que la carga axial y/o radial se aplica (26) a un árbol de entrada (21) de dicho equipo (22) durante el ensayo.
17. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, en el que se controlan uno o más parámetros climáticos tales como la temperatura, humedad y presión del aire del entorno de al menos una parte de dicho equipo (22), durante el ensayo.
- 10 18. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 17, en el que dicho equipo (22) se posiciona en un ángulo (A) definido con relación a un plano horizontal al menos durante dicho ensayo, siendo dicho ángulo (A) definido diferente de 0°.
- 15 19. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 18, en el que dicho método comprende adicionalmente la etapa de resistir al movimiento de giro de uno o más árboles de salida (27) de una caja de engranajes (6) de dicho equipo (22).
- 20 20. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13 a 19, en el que dicho ensayo también ensaya la estructura de suspensión (31) de dicho equipo (22) y/o la interacción entre uno o más componentes (6, 7, 8, 9) de la turbina eólica y dicha estructura de suspensión (31).

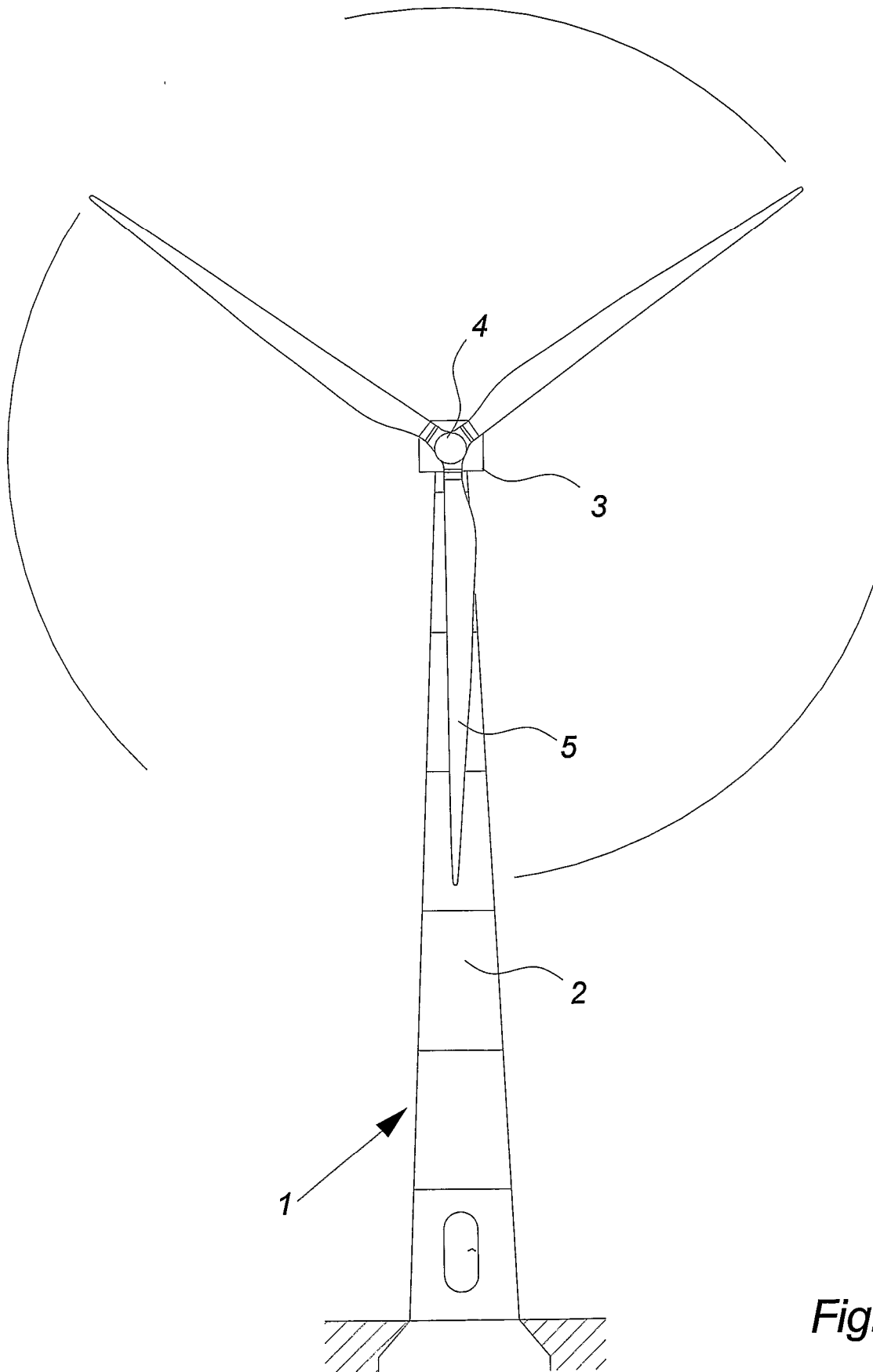


Fig. 1

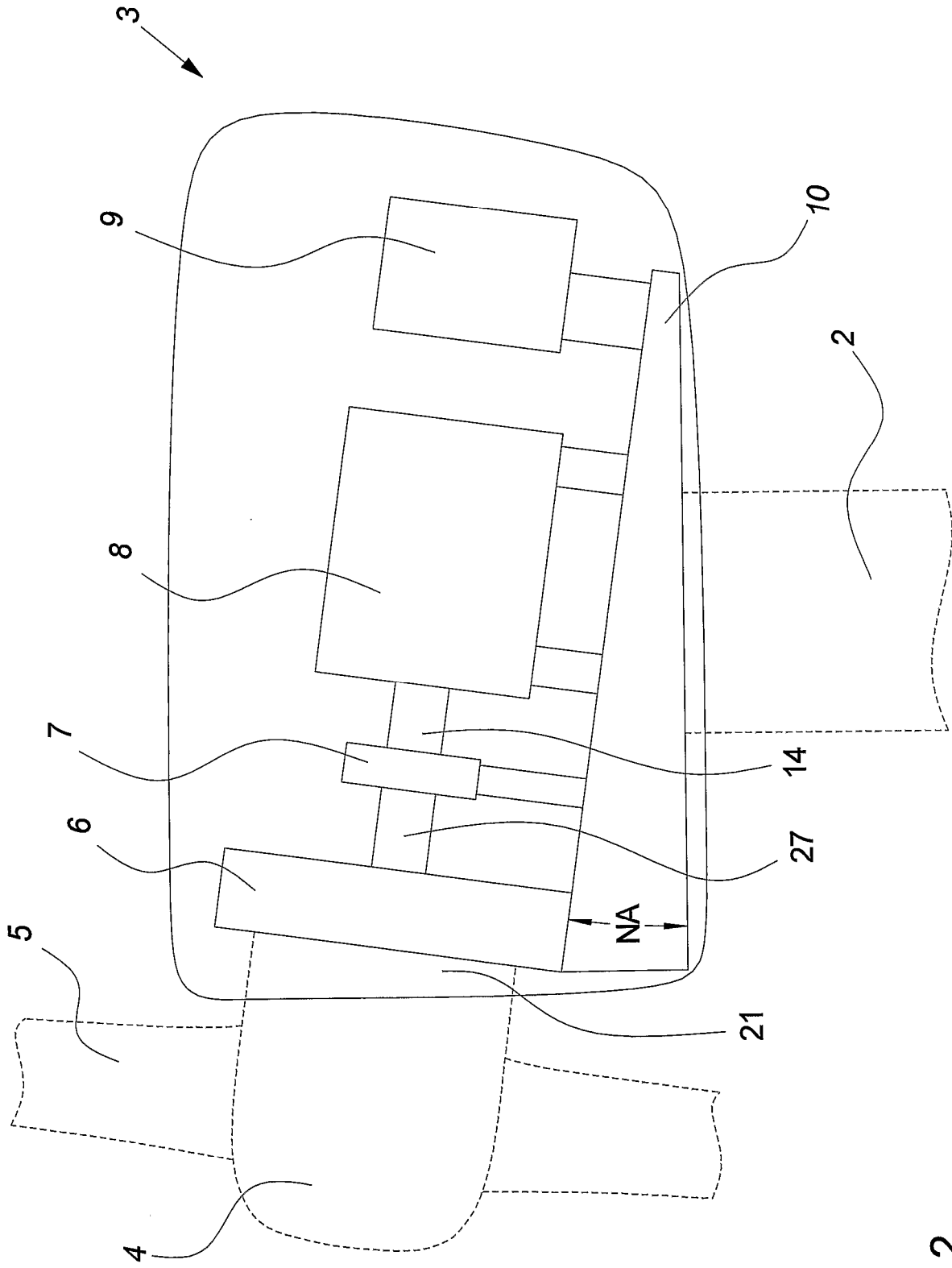


Fig. 2

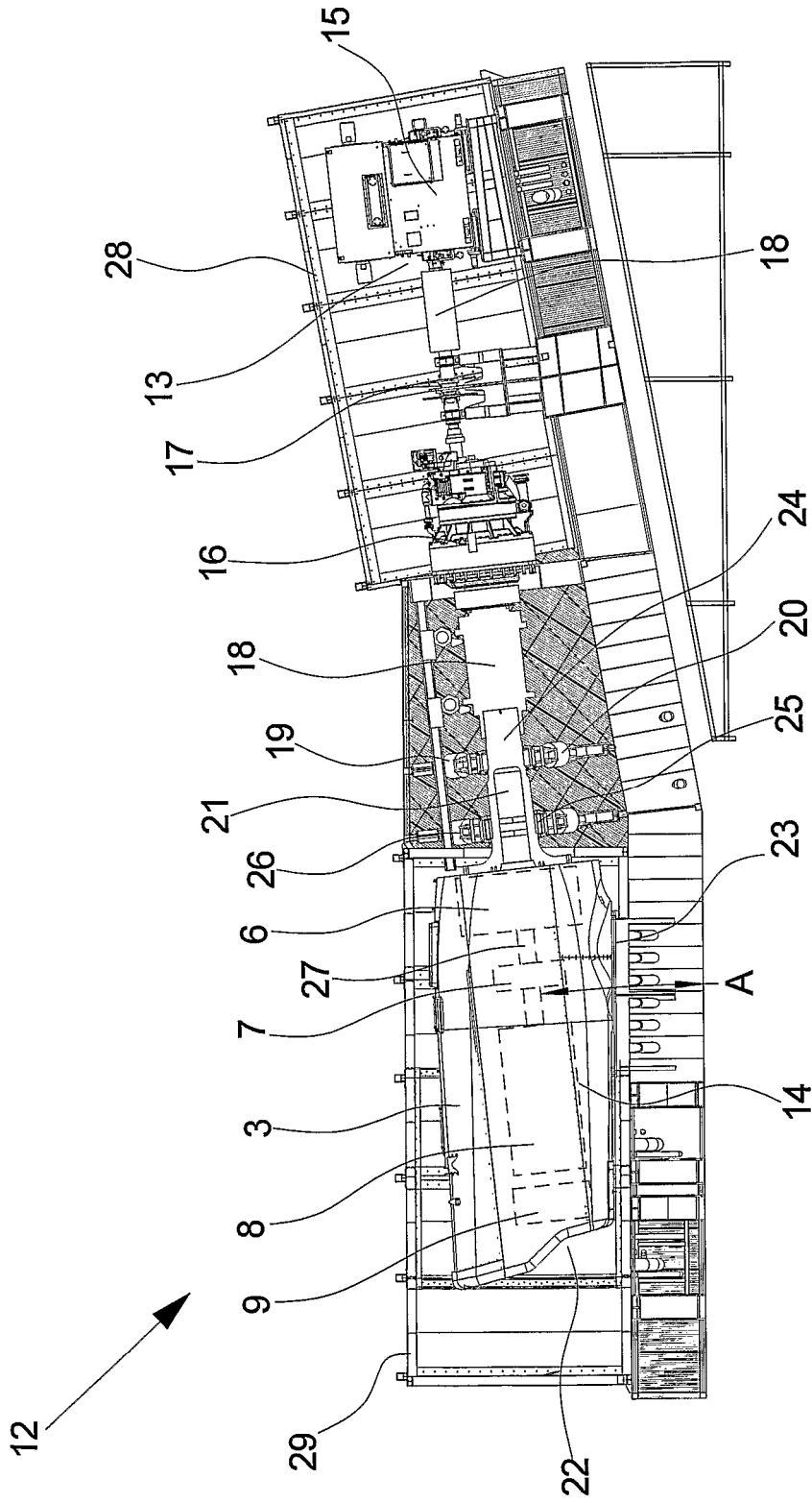


Fig. 3

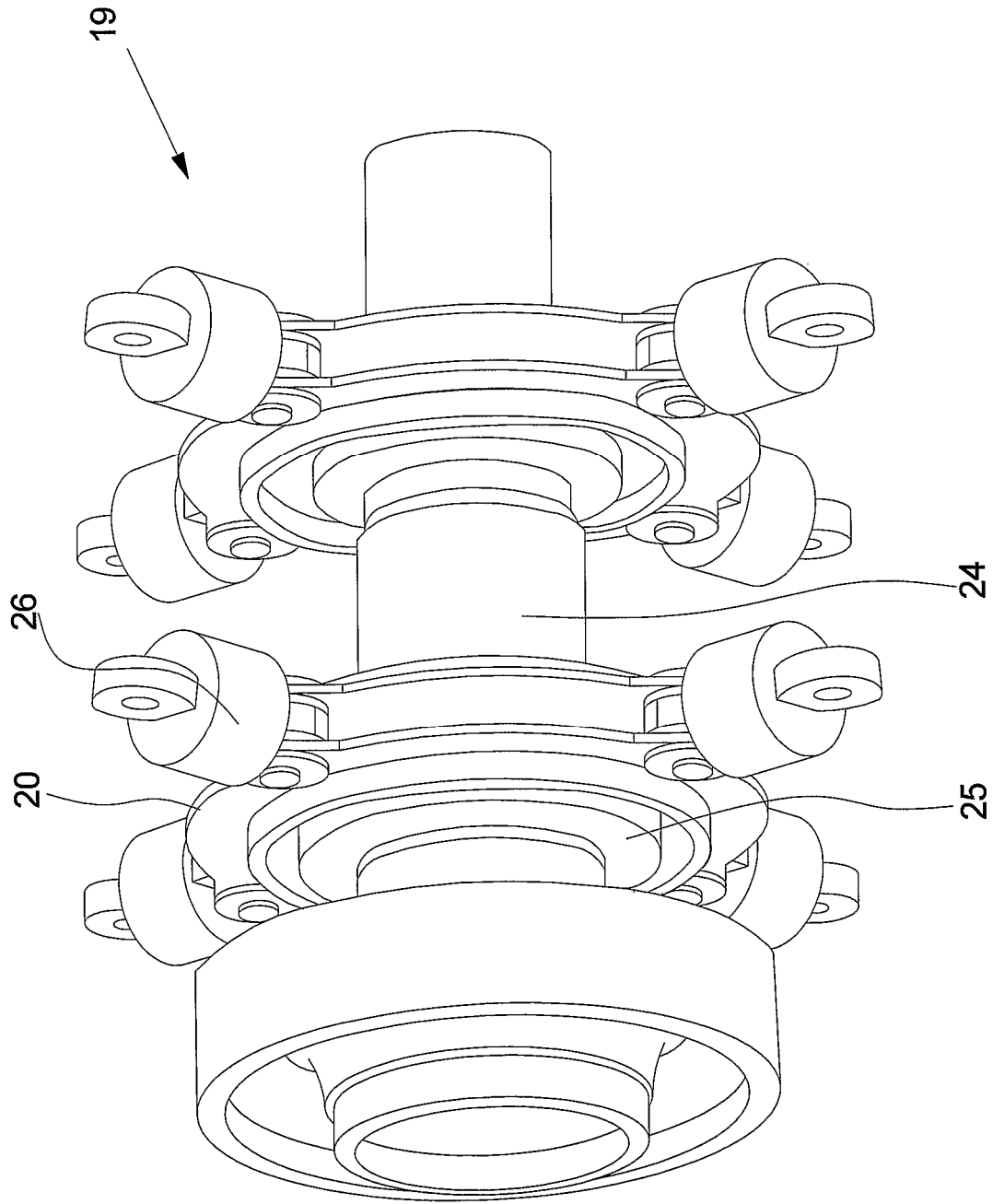


Fig. 4

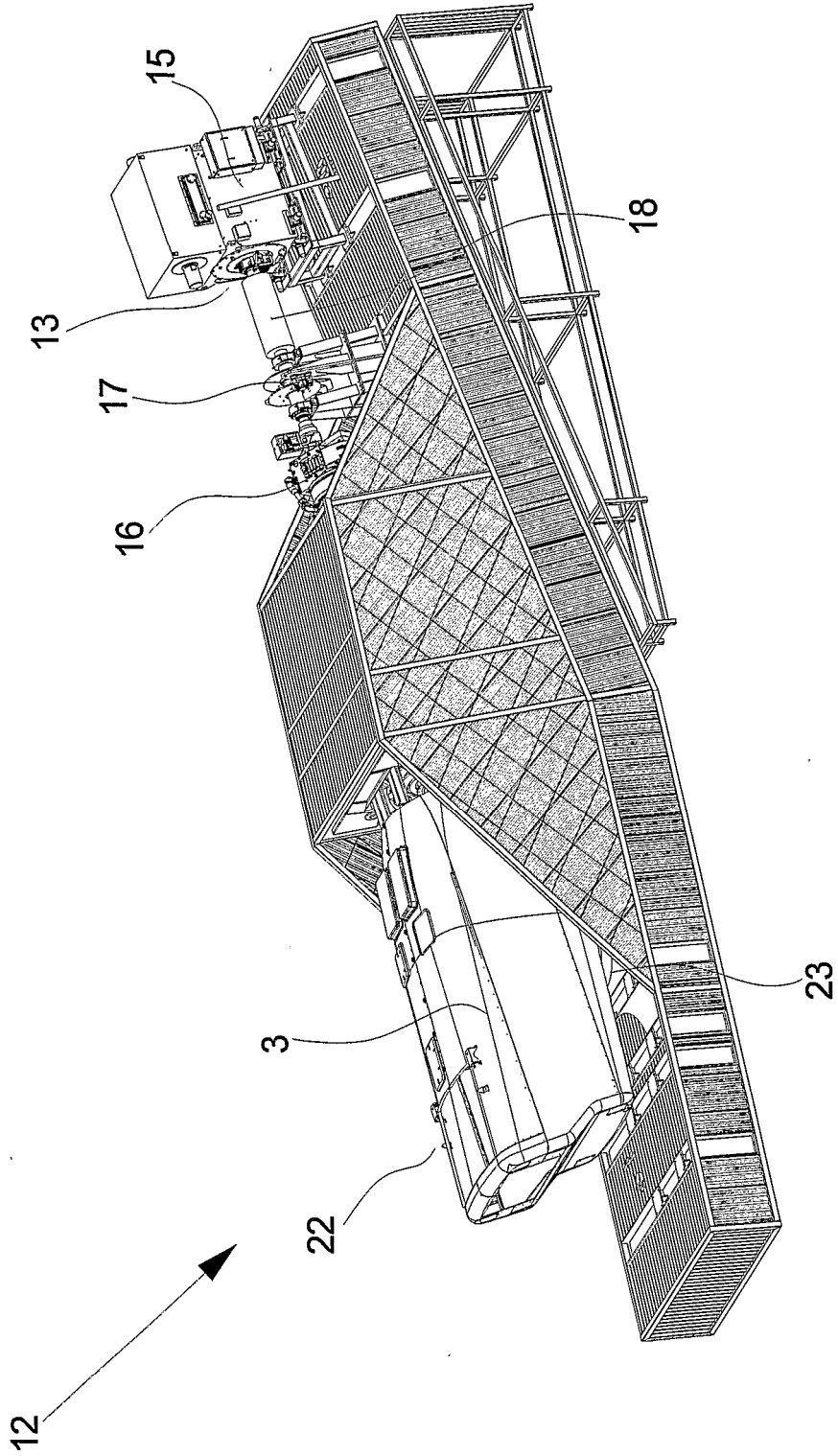


Fig. 5

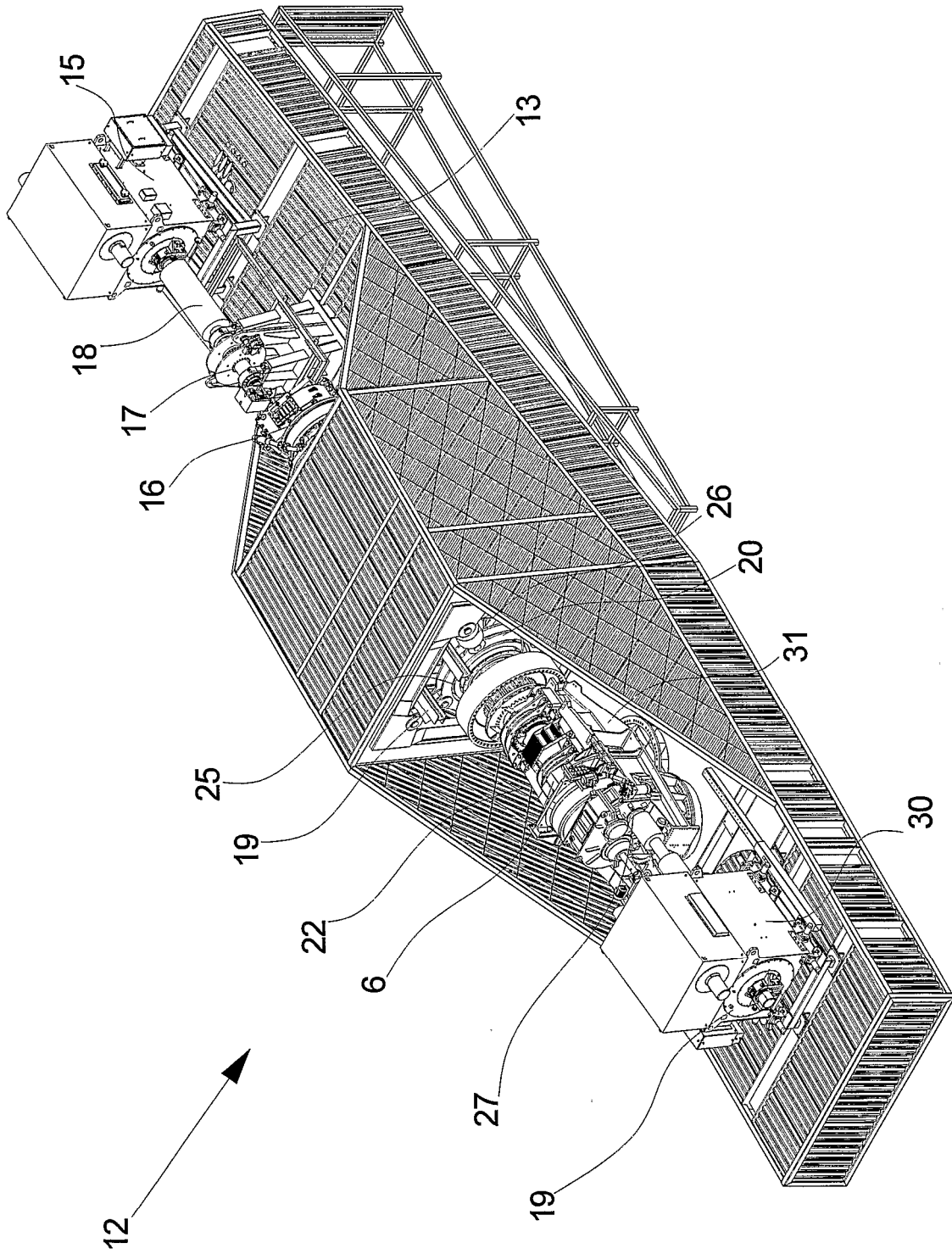


Fig. 6

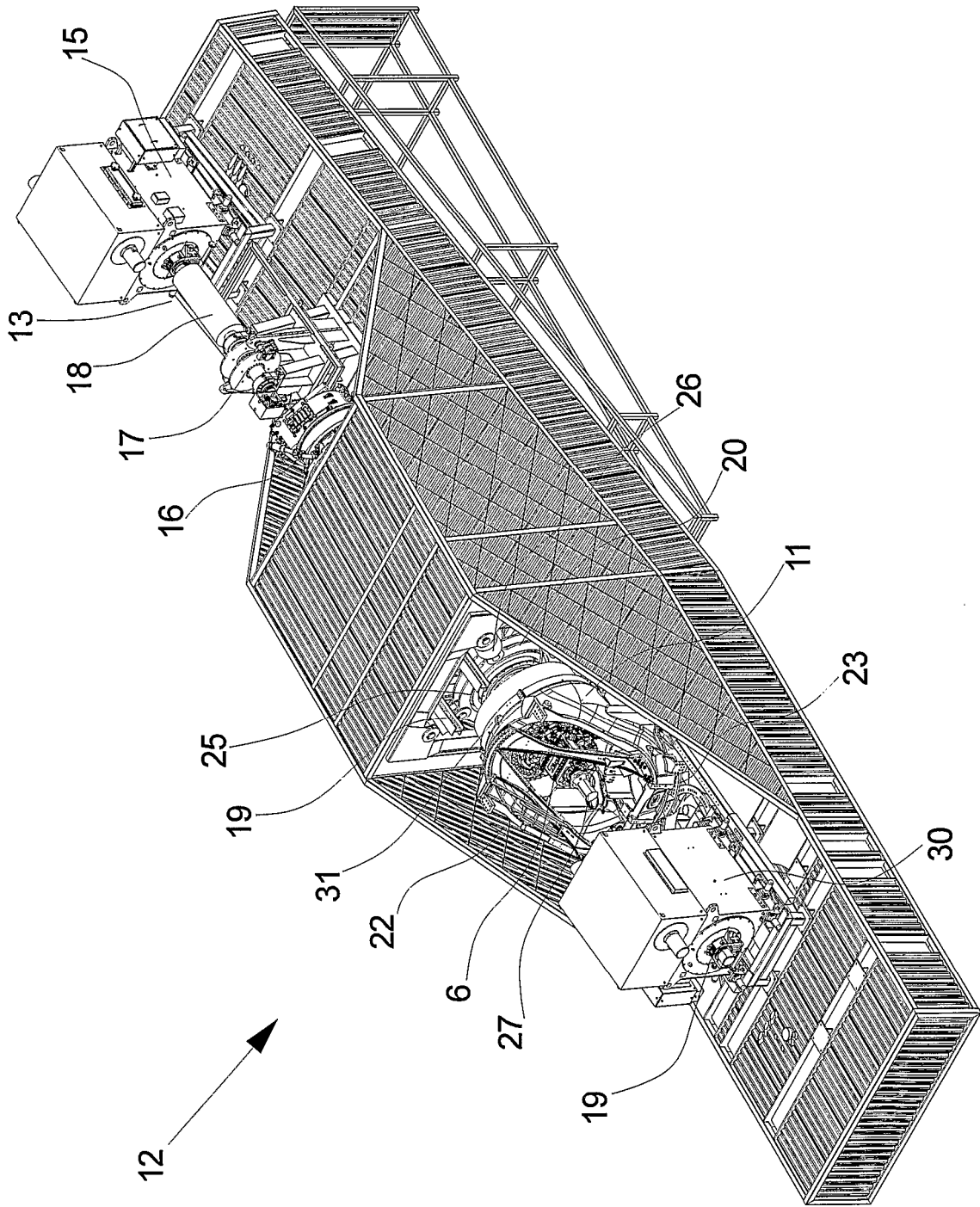


Fig. 7

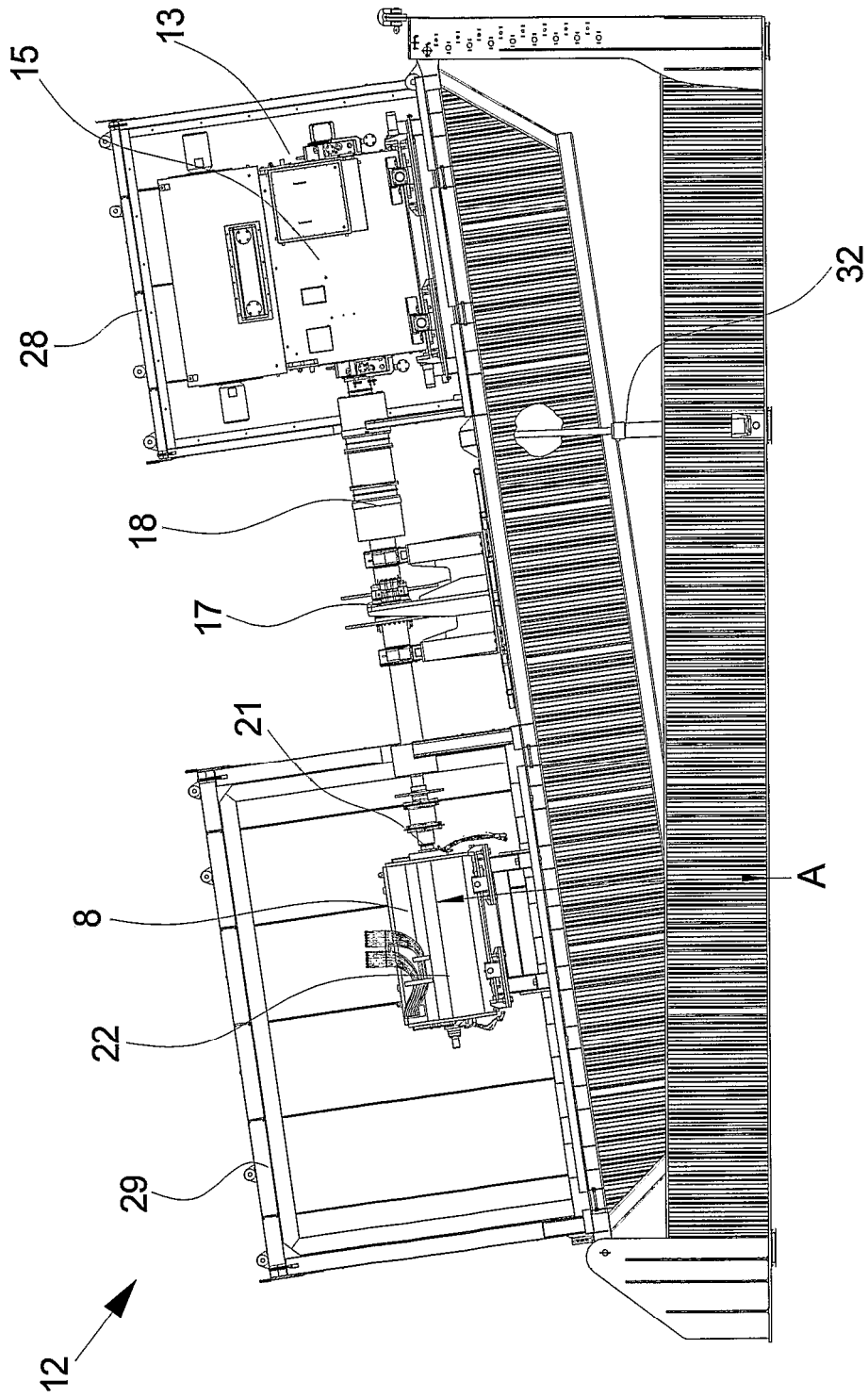


Fig. 8