

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 393 604**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

B66C 1/42 (2006.01)

B66C 1/62 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **10000317 .7**

96 Fecha de presentación: **14.01.2010**

97 Número de publicación de la solicitud: **2345811**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2011**

54

Título: **Dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica y método de instalación de palas de turbina eólica**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:

26.12.2012

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:

26.12.2012

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**MAJ, KARL AAGE;
POULSEN, HENNING y
WILLIM, HANS-DIETER**

74 Agente/Representante:

ZUAZO ARALUZE, Alexander

ES 2 393 604 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

Dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica y método de instalación de palas de turbina eólica.

5

Campo de invención

La presente invención se refiere a un dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica y a un método de instalación de palas de turbina eólica en un buje. En particular, la presente invención se refiere a un dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica y a un método de instalación de palas de turbina eólica que son adecuados para ensamblar una turbina eólica que no permite girar su buje mediante un actuador externo.

10

Antecedentes de la invención

15

Una turbina eólica es una máquina que convierte energía cinética de aire en movimiento, tal como viento, en energía mecánica. La energía mecánica puede convertirse, por ejemplo, en energía eléctrica usando un generador. Se usan habitualmente turbinas eólicas de eje horizontal que comprenden un árbol de rotor (giratorio alrededor de un eje horizontal) y una góndola en la parte superior de una torre. En el árbol de rotor está montado un buje al que están conectadas palas de rotor. Las palas pueden tener una longitud de 20 a 70 m y la torre puede tener una altura de 60 a 100 m o mayor. Las turbinas eólicas modernas en parques eólicos pueden tener tres palas acopladas al buje y pueden orientarse respecto a una dirección del viento girando una parte superior de la turbina eólica incluyendo el buje y la góndola alrededor de un eje vertical. Además, el ángulo de paso de pala puede ajustarse girando la pala alrededor de un eje longitudinal de la pala. Por tanto, dependiendo de la dirección del viento en un momento dado y de la velocidad del viento la orientación de las palas puede ajustarse apropiadamente para optimizar la eficacia de la conversión de energía.

20

25

Algunas turbinas eólicas comprenden una caja de cambios que puede usarse para girar el buje mediante un actuador externo o integrado, tal como un electromotor, durante la instalación de las palas en el buje. Otras turbinas eólicas, llamadas turbinas de accionamiento directo o turbinas sin caja de cambios o virador, no permiten girar el buje mediante un actuador porque no puede generarse un par de fuerzas suficiente para girar el buje. Estas turbinas eólicas sólo permiten girar el buje durante el funcionamiento normal cuando se convierte la energía eólica en energía mecánica mediante el accionamiento de las palas por el aire incidente.

30

El documento US 7.353.603 describe un método para montar palas de rotor en un buje de rotor que está conectado a un receptáculo de una instalación de energía eólica. De este modo el giro del buje de rotor se realiza entre la instalación de las palas individuales aprovechando la fuerza gravitatoria ejercida por las palas ya montadas. Sin embargo, para este método se requiere un virador o una grúa, para girar el buje de rotor.

35

El documento WO 2008/132226 A1 da a conocer un dispositivo de montaje para montar una pala de turbina eólica en un buje, en el que la pala de turbina se dispone entre dos mandíbulas incluidas en una estructura de agarre. Un dispositivo de inclinación inclina la estructura de agarre respecto a una estructura de soporte alrededor de un eje vertical de la pala.

40

El documento EP 2 243 954 A2 da a conocer un manipulador para montar palas de rotor de una turbina eólica, en el que el manipulador comprende una unidad de posicionamiento, a través de la cual una pala de rotor alojada en una unidad de alojamiento puede ajustarse y/o posicionarse respecto a una palanca, en el que se permite en particular una alineación y/o posicionamiento de la unidad de alojamiento con dos o tres grados de libertad.

45

Resultó que la instalación de una turbina eólica es una tarea difícil debido al gran tamaño de las palas y debido al gran peso de las palas. En particular, puede existir la necesidad de un método de instalación de palas de turbina eólica en un buje de una turbina de accionamiento directo. Además, puede existir la necesidad de un aparato que esté adaptado para instalar palas de turbina eólica en un buje de una turbina eólica, en particular en un buje de una turbina eólica de accionamiento directo que no tiene caja de cambios.

50

55

Sumario de la invención

Según un aspecto se proporciona un método de instalación de palas de turbina eólica en un buje giratorio alrededor de un eje de giro a lo largo de una dirección horizontal, comprendiendo el método elevar una primera pala; girar la primera pala alrededor de un eje transversal de la primera pala; montar la primera pala en el buje; elevar una segunda pala; girar la segunda pala alrededor de un eje transversal de la segunda pala; montar la segunda pala en el buje; girar el buje alrededor de un eje vertical aproximadamente 180°; elevar una tercera pala; y montar la tercera pala en el buje. De este modo, la tercera pala puede estar o no girada aproximadamente 90° alrededor de un eje longitudinal antes de montarla o después de montarla en el buje.

60

65

- De este modo, las etapas del método anterior no pueden realizarse una tras otra en el orden anterior sino que pueden realizarse en un orden diferente y/o pueden realizarse de manera al menos parcialmente simultánea. Por ejemplo, la elevación de la primera pala y el giro de la primera pala alrededor de un eje transversal de la primera pala pueden realizarse de manera al menos parcialmente simultánea. Asimismo, la elevación de la segunda pala y el giro de la segunda pala alrededor de un eje transversal de la segunda pala puede realizarse de manera al menos parcialmente simultánea. Además, por ejemplo, la elevación de la tercera pala y el montaje de la tercera pala en el buje puede realizarse antes de girar el buje alrededor de un eje vertical aproximadamente 180° tras lo cual la primera pala y la segunda pala se elevan, giran y montan en el buje.
- El método puede realizarse en la tierra (o al menos influenciado por la fuerza gravitatoria terrestre) actuando la fuerza gravitatoria en la primera, la segunda y la tercera pala. La elevación de la primera pala, la segunda pala y la tercera pala puede realizarse al menos aproximadamente en la dirección vertical opuesta a la dirección de la fuerza gravitatoria terrestre. La dirección horizontal que es el eje de giro del buje puede ser al menos aproximadamente ortogonal a la dirección vertical.
- Antes de empezar el método la primera pala, la segunda pala y la tercera pala pueden haberse distribuido cerca de una torre de la turbina eólica en cuya parte superior está montado el buje. La elevación de la primera pala, la segunda pala y la tercera pala puede comprender levantar las palas contra la fuerza gravitatoria y moverlas respecto a la torre de tal manera que cambian su posición de una posición cerca de una parte inferior de la torre a una posición cerca de una parte superior de la torre en la que está montado el buje.
- Para la elevación o el levantamiento de las palas puede usarse una grúa que puede instalarse cerca de la torre de la turbina eólica. Además, el método de instalación de la pala de turbina eólica puede utilizar un aparato de conexión retirable para conectar de manera retirable la primera pala, la segunda pala y la tercera pala a la grúa. En particular, el método de instalación de las palas de turbina eólica puede usar un dispositivo de sujeción que está adaptado para conectarse de manera retirable a cada una de las palas y que a su vez puede conectarse a un gancho de la grúa. En particular, el dispositivo de sujeción puede estar adaptado, para girar una pala sujeta alrededor de un eje transversal de la pala y/o para girar una pala sujeta alrededor de un eje longitudinal de la pala sujeta.
- Un eje longitudinal de una pala de turbina eólica puede ser un eje a lo largo de una dirección de una extensión máxima o una dimensión máxima de la pala de turbina eólica. Cuando se instala en el buje de la turbina eólica, el eje longitudinal de la pala de turbina eólica puede estar orientado al menos aproximadamente ortogonal al eje de giro del buje en el que está montada la turbina eólica.
- Un eje transversal de una pala de turbina eólica puede ser un eje al menos aproximadamente ortogonal al eje longitudinal de la pala de turbina eólica. Cuando se instala en la turbina eólica el eje transversal de la pala de turbina eólica puede ser al menos aproximadamente paralelo al eje horizontal de giro del buje en el que está montada la pala de turbina eólica.
- Una pala de turbina eólica puede comprender una superficie frontal que en funcionamiento está dirigida hacia el viento. La superficie frontal puede también denominarse el lado de barlovento de la pala. Además, la pala de turbina eólica puede comprender una superficie posterior que es opuesta a la superficie frontal y que tiene una superficie normal al menos aproximadamente orientada en paralelo a una dirección del viento durante el funcionamiento. La superficie posterior también puede denominarse el lado de sotavento de la pala. La superficie frontal puede tener una superficie normal sustancialmente o al menos aproximadamente orientada de manera opuesta a la superficie normal de la superficie posterior de la pala de turbina eólica.
- La superficie frontal y la superficie posterior de la pala de turbina eólica pueden unirse en un borde anterior y en un borde posterior de la pala de turbina eólica. El borde anterior puede ser más grueso en sección transversal que el borde posterior de la pala de turbina eólica. El borde anterior de la pala de turbina eólica puede formar al menos parcialmente la superficie frontal de la pala de turbina eólica dependiendo del ángulo de paso de la pala que puede ajustarse girando la pala alrededor de su eje longitudinal. Durante el funcionamiento el aire puede incidir en la superficie frontal y parcialmente en el borde anterior de la pala de turbina eólica y puede entonces discurrir a lo largo de la superficie frontal desde el borde anterior hasta el borde posterior de la pala de turbina eólica transfiriendo de este modo energía eólica a la pala que puede hacer que la pala gire alrededor del eje de giro del buje en el que está montada.
- Dos palas de turbina eólica pueden montarse elevándolas y girándolas alrededor de su respectivo eje transversal sin la necesidad de girar el buje alrededor del eje vertical que puede corresponder al menos aproximadamente a un eje de la torre en cuya parte superior está montado el buje. Además, el método de instalación puede no requerir girar el buje alrededor de su eje de giro de tal manera que el método de instalación puede aplicarse en particular a turbinas eólicas de accionamiento directo que no comprenden una caja de cambios y por tanto que no permiten girar el buje a menos que lo gire el viento al incidir en las palas de turbina eólica instaladas. En particular, el buje puede fijarse en una posición angular predeterminada de tal manera que los conectores para las palas estén orientados, por ejemplo, en posiciones angulares a la 1 en punto, 5 en punto y 9 en punto o, por ejemplo, a las 3 en punto, 7 en punto y 11 en punto. Los conectores pueden en otras realizaciones orientarse en otras posiciones angulares.

Además, el método de instalación puede aplicarse en particular a turbinas eólicas que tienen tres palas de turbina eólica, pero puede aplicarse, en otras realizaciones, a turbinas eólicas que tienen menos o más de tres palas de turbina eólica, tal como 2, 4, 5, 6 ó más.

5 Según una realización, el método se realiza en el orden descrito anteriormente. Además, el método de instalación puede realizarse en la tierra o en mar abierto. Además, el método de instalación puede realizarse en un lado próximo a la torre de turbina en particular en un lado que no proporcione suficiente espacio vacío para ensamblar el rotor completo en el terreno. En el presente documento, el diámetro de las palas ensambladas puede ser de hasta 100 m o superior lo que puede requerir el montaje de cada pala individualmente. Además, tras haber montado al menos una pala puede no ser posible girar el buje debido al peso exocéntrico de una o dos palas montadas en el buje lo que puede provocar una cantidad considerable de par de fuerzas para girar el buje.

15 El aspecto descrito anteriormente permite por tanto ventajosamente instalar las palas en una turbina eólica de manera simplificada incluso en condiciones complicadas.

20 Según una realización, el método comprende además girar la primera pala alrededor de un eje longitudinal de la primera pala; girar la segunda pala alrededor de un eje longitudinal de la segunda pala; y/o girar la tercera pala alrededor de un eje longitudinal de la tercera pala. En el presente documento, el giro de la primera, la segunda y/o la tercera pala alrededor de sus respectivos ejes longitudinales puede realizarse al menos parcialmente de manera simultánea con otras etapas del método de instalación.

25 En particular, la primera, la segunda y/o la tercera pala pueden girarse alrededor de sus respectivos ejes longitudinales de tal manera que estén orientadas en una "posición de parada" cuando se montan en el buje. La posición de parada puede estar caracterizada por un ángulo de paso particular (posición angular alrededor del respectivo eje longitudinal de la pala), en el que el borde anterior de la pala de rotor puede estar dirigido hacia la dirección del viento para minimizar la transferencia de energía eólica a la pala de rotor durante la instalación. Cuando se orientan en sus respectivas posiciones de parada las palas no pueden accionarse por el viento, es decir el aire que incide en las palas, de tal manera que el buje no gira. De este modo, el procedimiento de instalación puede mejorarse. El giro del buje provocado por el aire incidente puede disminuirse de tal manera que no interfiera con la instalación de las palas.

35 En particular, la primera pala y la segunda pala pueden montarse en el buje sin girarlas alrededor de sus respectivos ejes longitudinales, de tal manera que no están en la posición de parada, sino en una posición de funcionamiento normal, cuando se montan en el buje. Después de montarse en el buje, pueden girarse alrededor de sus respectivos ejes longitudinales mediante el sistema de ajuste de paso del buje para orientarlas en la posición de parada.

40 Según una realización, el eje transversal de la primera pala y el eje transversal de la segunda pala son paralelos a la dirección horizontal. El eje de giro del buje discurre a lo largo de la dirección horizontal y el eje transversal de la primera pala y el eje transversal de la segunda pala pueden ser al menos aproximadamente paralelos al eje de giro del buje. De este modo, puede no requerirse girar o rotar la primera pala y la segunda pala alrededor de otro eje perpendicular al eje longitudinal de la respectiva pala distinto del eje transversal. Por tanto, la instalación puede simplificarse.

45 En particular, la primera pala y la segunda pala pueden proporcionarse en el terreno antes de la elevación de tal manera que sus respectivos ejes transversales estén orientados al menos aproximadamente en paralelo al eje de giro del buje. En particular, la primera, la segunda y la tercera pala de rotor pueden proporcionarse en un lado próximo a la parte inferior de la torre de turbina eólica sustancialmente o al menos aproximadamente en la misma orientación. Por tanto, el método de instalación puede simplificarse aún más.

50 Según una realización, un sentido de giro del giro de la primera pala alrededor del eje transversal de la primera pala es opuesto a un sentido de giro del giro de la segunda pala alrededor del eje transversal de la segunda pala. De este modo, la primera pala y la segunda pala pueden orientarse apropiadamente para montarse en un primer conector del buje y un segundo conector del buje, respectivamente que están orientados a diferentes posiciones angulares que no pueden cambiarse durante el método de instalación. De este modo, puede no requerirse el giro del buje durante el método de instalación. De otro modo puede ser difícil girar el buje y para tipos particulares de turbinas puede que no sea posible en absoluto.

60 Según una realización, un valor absoluto de un ángulo de giro del giro de la primera pala alrededor del eje transversal de la primera pala es igual a un valor absoluto de un ángulo de giro del giro de la segunda pala alrededor del eje transversal de la segunda pala, en particular 60°. De este modo, la primera pala y la segunda pala puede orientarse apropiadamente para montar la primera pala y la segunda pala en un primer conector y un segundo conector del buje, cuya orientación puede diferir en 120°. De este modo, puede ensamblarse, en particular, una turbina eólica de tres palas.

65

Según un aspecto, se proporciona un dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica, en el que el dispositivo de sujeción comprende una primera superficie de contacto adaptada para entrar en contacto con una parte de una superficie de la pala; una segunda superficie de contacto adaptada para entrar en contacto con otra parte de la superficie de la pala, pudiendo desplazarse la segunda superficie de contacto respecto a la primera superficie de contacto; y una barra conectada en una orientación ajustable respecto a la primera superficie de contacto. El dispositivo de sujeción comprende además un primer elemento de soporte conectado a la primera superficie de contacto; un segundo elemento de soporte conectado a la segunda superficie de contacto; una articulación que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte de manera giratoria uno respecto a otro; y un elemento de pivotado conectado de manera giratoria al primer elemento de soporte y conectado de manera giratoria a la barra.

En particular, la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto puede estar adaptada para entrar en contacto con una parte de una superficie frontal o una parte de una superficie posterior de la pala. Además, la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto pueden tener una extensión mayor a lo largo de una dirección longitudinal que a lo largo de una dirección transversal. En particular, la extensión a lo largo de la dirección longitudinal puede ser al menos cinco veces más grande que una extensión a lo largo de la dirección transversal.

La primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto pueden comprender material elástico, tal como caucho, que puede estar adaptado para entrar en contacto con una parte de una superficie de la pala sin daño (o al menos reducido) a la parte de la superficie de la pala. Además, un material que forma la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto puede proporcionar alta fricción cuando la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto entra en contacto con una parte de una superficie de la pala y se presiona sobre la misma.

La primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto pueden ser desplazables una respecto a otra de tal manera que una posición relativa y/o una orientación relativa pueda cambiarse. En particular, el desplazamiento de la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto puede comprender girar la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto alrededor de un eje al menos aproximadamente paralelo a la dirección longitudinal de la primera superficie de contacto y/o a la dirección longitudinal de la segunda superficie de contacto. Desplazando la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto una parte de una superficie de la pala puede entrar en contacto con la primera superficie de contacto y simultáneamente otra parte de la superficie de la pala puede entrar en contacto con la segunda superficie de contacto, en particular aplicando una fuerza a las partes de la superficie de la pala a través de las dos superficies de contacto del dispositivo de sujeción. De este modo, la pala puede sujetarse entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto y puede presionarse mediante la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto aplicando una fuerza mediante la primera superficie de contacto a una parte de la superficie de la pala y aplicando una fuerza al menos aproximadamente opuesta mediante la segunda superficie de contacto a otra parte de la superficie de la pala opuesta a la parte de la superficie de la pala. Debido a las fuerzas aplicadas y la fricción entre la primera superficie de contacto y la parte de la superficie de la pala por un lado y entre la segunda superficie de contacto y la otra parte de la superficie de la pala por otro lado la pala puede mantenerse entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto contra una fuerza gravitatoria entre la pala y la tierra. La fuerza gravitatoria que actúa en una dirección vertical puede orientarse en particular ortogonal a la dirección longitudinal de la primera superficie de contacto y/o a la dirección longitudinal de la segunda superficie de contacto.

La barra puede tener una extensión o dimensión (en su dirección longitudinal) que es igual o superior a la extensión de la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto a lo largo de sus respectivas direcciones longitudinales. En particular, la barra puede tener una extensión longitudinal de 6 a 11 m, mientras que la extensión de la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto a lo largo de sus respectivas direcciones longitudinales puede ser entre 5 y 9 m.

La barra (en particular su dirección longitudinal) puede ajustarse para extenderse de manera al menos aproximadamente ortogonal al eje longitudinal de la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto. La barra puede tener un primer extremo conectado a la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto y puede tener un segundo extremo (extremo longitudinal) que puede adaptarse para conectarse a un gancho de una grúa. De este modo, el dispositivo de sujeción puede usarse para sujetar de manera liberable y sostener una pala y para elevar la pala moviendo un gancho de grúa conectado al segundo extremo longitudinal de la barra. Durante la operación de elevación de una pala la dirección longitudinal de la barra puede al menos aproximadamente permanecer en la dirección vertical.

Dado que la barra está conectada en una orientación ajustable respecto a la primera superficie de contacto que entra en contacto con una parte de la superficie de la pala de tal manera que la pala está en una orientación y posición fija respecto a la primera superficie de contacto, la barra puede estar en una orientación ajustable respecto a la pala que está sujeta entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto. De este modo, la instalación de una pala en un buje de una turbina eólica puede permitirse, simplificarse y mejorarse. En particular,

la instalación de una pala en una turbina de accionamiento directo puede permitirse ventajosamente usando el dispositivo de sujeción, dado que la pala puede aproximarse a un conector del buje en una orientación ajustable de tal manera que un extremo de conector de la pala esté alineado apropiadamente con un conector en el buje.

5 En cuanto se alcanza una orientación deseada de la barra (en particular su dirección longitudinal) respecto a la primera superficie de contacto (y/o respecto a la segunda superficie de contacto) la orientación ajustada puede bloquearse o fijarse mediante un bloqueo apropiado del aparato de fijación. De este modo, puede garantizarse que la orientación ajustada se mantiene durante etapas particulares de un método de instalación. Además, puede requerirse durante la instalación de la pala cambiar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto de una primera orientación a una segunda orientación diferente de la primera orientación permitida por el dispositivo de sujeción.

15 Según una realización, el dispositivo de sujeción comprende además un primer elemento de soporte conectado a la primera superficie de contacto; un segundo elemento de soporte conectado a la segunda superficie de contacto; y una articulación que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte de manera giratoria uno respecto a otro. El primer elemento de soporte y/o el segundo elemento de soporte pueden soportar la primera superficie de contacto y/o la segunda superficie de contacto. Por tanto, mientras que la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto pueden entrar en contacto directamente con respectivas partes de una superficie de la pala, el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte pueden no entrar en contacto directamente con la superficie de la pala.

25 El primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte pueden sostener la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto, respectivamente y pueden proporcionar un mecanismo para desplazar la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto. En particular, el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte pueden comprender un panel o una placa cada una con una parte de superficie que proporciona la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto, respectivamente. Además, el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte pueden comprender una estructura de armazón o una o más varillas rectas o curvas a las que la primera superficie de contacto, la segunda superficie de contacto y/o los paneles o placas están conectados de manera fija.

30 La articulación que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte de manera giratoria uno respecto a otro puede permitir el desplazamiento de la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto. De este modo, puede proporcionarse un mecanismo sencillo para desplazar la primera superficie de contacto respecto a la segunda superficie de contacto.

35 Según una realización, el dispositivo de sujeción comprende además un actuador adaptado para desplazar el primer elemento de soporte respecto al segundo elemento de soporte. El desplazamiento del primer elemento de soporte respecto al segundo elemento de soporte puede lograrse actuando un giro alrededor de la articulación que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte. Como actuador puede emplearse un electromotor o un cilindro hidráulico, facilitando de este modo el método de instalación.

40 Según una realización, el actuador comprende un cilindro hidráulico. El cilindro hidráulico puede comprender un cuerpo del cilindro en el que el pistón conectado a un vástago de pistón puede moverse hacia atrás y hacia delante. En particular, el cuerpo del cilindro puede conectarse al primer elemento de soporte o al segundo elemento de soporte y el pistón o el vástago de pistón puede conectarse al otro elemento de soporte respectivo, es decir al segundo elemento de soporte o al primer elemento de soporte.

45 El cilindro hidráulico puede conectarse a un sistema de tuberías de aceite en el que puede impulsarse aceite a alta presión mediante una bomba de aceite. Además, la bomba de aceite puede controlarse mediante un controlador para controlar el movimiento de un pistón incluido en el cilindro hidráulico.

50 Controlando la bomba de aceite el pistón o el vástago de pistón pueden moverse respecto al cuerpo del cilindro de tal manera que el primer elemento de soporte puede moverse respecto al segundo elemento de soporte. De este modo, también la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto pueden desplazarse una respecto a otra para permitir o bien sujetar una pala entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto o permitir la liberación de la pala retirando las superficies de contacto de las partes de la superficie de la pala. De este modo, la conexión liberable de la pala al dispositivo de sujeción puede conseguirse de manera sencilla y fiable. En particular, el cilindro hidráulico puede ejercer fuerzas a la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto opuestas entre sí y presionar contra partes de la superficie de la pala de tal manera que la fuerza de fricción generada entre las superficies de contacto es lo bastante alta como para exceder una fuerza gravitatoria resultado de la masa de la pala.

55 Según una realización, el primer elemento de soporte y/o el segundo elemento de soporte comprenden una parte curvada. En particular, la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto pueden estar adaptadas para entrar en contacto con una parte de una superficie frontal de la pala y una parte de una superficie posterior de la pala, respectivamente. En particular, las partes de la superficie frontal y la superficie posterior de la pala más

próximas a un borde anterior de la pala que a un borde posterior de la pala pueden entrar en contacto con la primera área de contacto y la segunda área de contacto. De este modo, la articulación que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte puede disponerse más próxima al borde posterior que al borde anterior de la pala cuando la pala se sujeta mediante el dispositivo de sujeción durante el funcionamiento. De este modo, puede ser ventajoso cuando el primer elemento de soporte y/o el segundo elemento de soporte comprende una parte curvada próxima al borde posterior de la pala para no dañar el borde posterior de la pala, cuando el dispositivo de sujeción está unido de manera liberable a la pala presionando las superficies de contacto contra las partes de la superficie de la pala. Además, el primer y/o el segundo elemento de soporte pueden comprender una abrazadera o una horquilla curvadas al menos parcialmente alrededor del borde posterior de la pala cuando el dispositivo de sujeción se aplica a la pala.

Según una realización, el dispositivo de sujeción comprende además un elemento de pivotado conectado de manera giratoria al primer elemento de soporte y conectado de manera giratoria a la barra. El elemento de pivotado puede permitir ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto. En particular, el elemento de pivotado puede conectarse al primer elemento de soporte mediante una articulación o unión y puede conectarse también a la barra mediante una articulación o unión. Para ajustar una orientación deseada de la barra respecto a la primera área de contacto puede requerirse el giro del elemento de pivotado respecto al primer elemento de soporte y también el giro de la barra respecto al elemento de pivotado. De este modo, la orientación de la barra respecto a la primera área de contacto puede ajustarse de manera sencilla.

En particular, el dispositivo de sujeción puede tener (al menos aproximadamente) un plano de simetría especular orientado de manera al menos aproximadamente ortogonal al eje longitudinal de la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto. De este modo, la barra puede disponerse al menos aproximadamente en el plano de simetría especular y por tanto en una parte central del dispositivo de sujeción. Por tanto, la pala puede equilibrarse más fácilmente cuando se eleva usando el dispositivo de sujeción a través de la barra conectada a un gancho de grúa.

Según una realización, el dispositivo de sujeción comprende además un sistema de ajuste que está adaptado para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en una primera dirección y adaptado para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en una segunda dirección diferente de la primera dirección. En particular, el sistema de ajuste puede comprender una articulación o unión que conecta el elemento de pivotado al primer elemento de soporte, en el que la articulación tiene un eje de giro orientado al menos aproximadamente en paralelo a la dirección longitudinal de la primera área de contacto y puede permitir el ajuste de la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la primera dirección.

Además, el sistema de ajuste puede comprender una articulación o unión que conecta el elemento de pivotado a la barra, en el que la articulación puede tener un eje de giro que puede permitir que el ajuste se oriente al menos aproximadamente en paralelo al eje transversal de la pala pero cuya dirección puede cambiar al girar el elemento de pivotado alrededor de la articulación respecto al primer elemento de soporte. Cuando una pala está sujeta entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto del dispositivo de sujeción, el eje de giro de la articulación puede discurrir a través de un centro de gravedad de la pala sujeta, para reducir el par de fuerzas requerido para girar la pala y para evitar o disminuir que la orientación (que puede ser vertical) de la barra cambie cuando se gira la barra respecto al elemento de pivotado.

La articulación que conecta el elemento de pivotado y la barra puede adaptarse para cambiar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la segunda dirección. En particular, la segunda dirección puede ser ortogonal a la primera dirección, en particular para cualquier orientación del elemento de pivotado con respecto al primer elemento de soporte. De este modo, el ajuste de la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto puede lograrse de manera sencilla mediante el ajuste de la orientación en dos direcciones diferentes e independientes entre sí.

Según una realización, el sistema de ajuste comprende un primer cilindro hidráulico del que un extremo está conectado al elemento de pivotado y otro extremo está conectado a la barra para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la primera dirección. De este modo, el cilindro hidráulico puede comprender un cuerpo del cilindro en un extremo y un pistón o vástago de pistón en el otro extremo. Además, el cilindro hidráulico puede comprender una conexión a un sistema de tuberías de aceite que puede contener aceite que puede impulsarse mediante una bomba de aceite. De este modo, la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la primera dirección puede ajustarse fácilmente. De este modo una pala sujeta por el dispositivo de sujeción puede girarse alrededor de su eje transversal lo que puede usarse en un método de instalación de la pala en un buje de una turbina eólica.

Según una realización, el sistema de ajuste comprende además un segundo cilindro hidráulico del que un extremo está conectado al elemento de pivotado y otro extremo está conectado al primer elemento de soporte para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la segunda dirección. De este modo una pala sujeta por el dispositivo de sujeción puede girarse alrededor de su eje longitudinal lo que puede usarse en un método de instalación de la pala en un buje de una turbina eólica.

De este modo, en particular, la sujeción de la pala entre la primera superficie de contacto y la segunda superficie de contacto así como el ajuste de la orientación de la barra respecto a la primera área de contacto puede lograrse mediante cilindros hidráulicos, requiriendo por tanto sólo un tipo de actuador para simplificar la construcción del dispositivo de sujeción y reducir los costes del dispositivo de sujeción en particular durante el funcionamiento. En particular, pueden usarse sistemas oleohidráulicos convencionales para actuar los cilindros hidráulicos incluidos en el dispositivo de sujeción.

Según una realización, el dispositivo de sujeción comprende además un aparato de tracción y fijación y un cable, en el que el mecanismo de tracción y fijación está configurado para tirar del cable y fijar el cable. En particular, el aparato de tracción y fijación puede adaptarse para guiar un cable al menos aproximadamente a lo largo de o en paralelo a una dirección longitudinal de la primera superficie de contacto de manera que puede tirarse del cable o puede liberarse el mismo de manera controlada por un sistema de control. Además, el aparato de tracción y fijación puede comprender al menos un rodillo para enrollar y/o desenrollar el cable, en el que el rodillo puede accionarse por un actuador, tal como un electromotor. El cable puede conducirse por uno o más rodillos incluidos en el aparato de tracción y fijación, y puede también conducirse por un rodillo conectado a la grúa que eleva la pala sujeta. Controlando el enrollamiento y/o desenrollamiento del cable la pala puede girarse o dirigirse según los requisitos durante la instalación de la pala en el buje de la turbina eólica. De este modo, el método de instalación que usa el dispositivo de sujeción puede mejorarse aún más.

Debe observarse que las realizaciones de la invención se han descrito con referencia a diferentes objetos. En particular, algunas realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo método mientras que otras realizaciones se han descrito con referencia a reivindicaciones de tipo aparato. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá de lo anterior y la siguiente descripción que, a menos que se indique otra cosa, además de cualquier combinación de características pertenecientes a un tipo de objeto también cualquier combinación entre características con respecto a objetos diferentes, en particular entre características de las reivindicaciones de tipo método y características de las reivindicaciones de tipo aparato se considera como dada a conocer con este documento.

Los aspectos definidos anteriormente y otros aspectos de la presente invención son evidentes a partir de los ejemplos de realización que van a describirse a continuación en el presente documento y se explican con referencia a los ejemplos de realización. La invención se describirá en más detalle a continuación en el presente documento con referencia a ejemplos de realización pero a los que no se limita la invención.

Se describen ahora realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

La figura 1 muestra una vista esquemática en perspectiva de un dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica según una realización;

La figura 2 ilustra esquemáticamente una vista lateral del dispositivo de sujeción ilustrado en la figura 1.

La figura 3 ilustra esquemáticamente una vista desde abajo del dispositivo de sujeción ilustrado en la figura 1.

Las figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G y 4H ilustran esquemáticamente un método de instalación de palas de turbina eólica en un buje según una realización.

La figura 5 ilustra esquemáticamente una parte de un método de instalación de palas en un buje según una realización usando un dispositivo de sujeción según una realización.

Descripción detallada

La figura 1 muestra una vista en perspectiva de una pala 1 según una realización. El dispositivo 1 de sujeción se ilustra en la figura 1 durante la sujeción de una pala 2 para una turbina eólica. Una vista lateral del dispositivo 1 de sujeción en una dirección 3 indicada en la figura 1 se ilustra en la figura 2. Una vista desde abajo a lo largo de la dirección 5 ilustrada en la figura 1 se ilustra en la figura 3.

El dispositivo 1 de sujeción comprende una primera superficie 7 de contacto y una segunda superficie 9 de contacto. La primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto están adaptadas para entrar en contacto con diferentes partes de una superficie de la pala 2. En la realización ilustrada la primera superficie 7 de contacto entra en contacto con una parte de una superficie 11 posterior de la pala 2, mientras que la superficie 9 de contacto del dispositivo 1 de sujeción entra en contacto con una parte de una cara 13 frontal de la pala 2. Mientras que las figuras 1 y 2 ilustran un estado del dispositivo 1 de sujeción, en el que la primera superficie 7 de contacto entra en contacto con la parte de la superficie 11 posterior y la segunda superficie 9 de contacto del dispositivo de sujeción entra en contacto con una parte de la superficie 13 frontal de la pala 2, la figura 3 ilustra un estado del dispositivo 1

de sujeción al liberar o aplicar el dispositivo 1 de sujeción respecto a la pala 2, en el que la segunda superficie 9 de contacto no entra en contacto con la parte de la cara 13 frontal de la pala 2.

5 De este modo, es evidente que la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto del dispositivo 1 de sujeción pueden desplazarse una respecto a otra para permitir el alojamiento de manera retirable de una pala 2 entre la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto. La primera superficie 7 de contacto así como la segunda superficie 9 de contacto tienen una forma alargada y pueden tener en particular una forma rectangular que tiene una dirección 4 y 6 longitudinal (ilustrada en la figura 3) que discurre aproximadamente a lo largo de la dirección 3 indicada en la figura 1. En particular, la dirección 3 puede ser una dirección longitudinal o
10 eje de la pala 2.

Una extensión L de la primera superficie 7 de contacto en su dirección 3 longitudinal puede ser de entre 5 m y 10 m. Una extensión a lo largo de una dirección vertical de la primera superficie 7 de contacto que discurre al menos aproximadamente a lo largo de la dirección 5 indicada en la figura 1 puede ser de entre un quinto hasta un décimo
15 de la extensión L de la primera superficie de contacto a lo largo de la dirección 3 longitudinal.

La primera superficie 7 de contacto se forma en una primera pieza 15 de nivelación y la segunda superficie 9 de contacto se forma en una segunda pieza 17 de nivelación. Desde la vista desde abajo del dispositivo 1 de sujeción ilustrado en la figura 3 es evidente que las piezas 15 y 17 de nivelación tienen una forma en cuña. La primera pieza
20 15 de nivelación se fija en un primer elemento 19 de soporte y la segunda pieza 17 de nivelación se fija en un segundo elemento 21 de soporte. De este modo, el primer elemento 19 de soporte y el segundo elemento 21 de soporte proporcionan superficies que se extienden al menos aproximadamente en paralelo a la dirección 3 longitudinal de la pala 2. La dirección 4 longitudinal de la primera superficie 7 de contacto puede no ser paralela a la dirección longitudinal de la pala 2 sino que puede incluir un ángulo con la dirección 3 que puede ser de 5° a 20°. La
25 segunda superficie de contacto también tiene una dirección 6 longitudinal que no es paralela a la dirección 3 longitudinal de la pala.

Es necesario proporcionar la primera superficie de contacto así como la segunda superficie de contacto con ejes longitudinales no paralelos entre sí para sujetar apropiadamente y entrar en contacto con una parte de la superficie
30 11 posterior y una parte de la superficie 13 frontal de la pala, dado que el tamaño en sección transversal de la pala 2 disminuye desde un extremo 23 radialmente interior de la pala hasta un extremo 25 radialmente exterior de la pala 2. En el extremo 23 radialmente interior (no ilustrado en las figuras 1, 2 y 3) la pala 2 puede conectarse a un buje de una turbina eólica. Para compensar por el tamaño de sección transversal decreciente de la pala desde el extremo 23 radialmente interior hasta el extremo 25 radialmente exterior las piezas 15 y 17 de nivelación están dotadas de un
35 grosor creciente de manera que la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto se adaptan y se ajustan de manera estrecha y suave a las respectivas partes de la superficie 11 posterior y la superficie 13 frontal de la pala 2.

La primera superficie 7 de contacto así como la segunda superficie 9 de contacto pueden comprender un material elástico, tal como caucho, que puede adaptarse a una forma de superficie local de la superficie 11 posterior y la
40 superficie 13 frontal de la pala 2. Además, puede proporcionarse un material apropiado en la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto que al presionar las superficies 7, 9 de contacto hacia la superficie 11 posterior y la superficie 13 frontal, respectivamente, establece una fricción en un grado tal que la pala 2 puede elevarse usando el dispositivo 1 de sujeción.
45

El primer elemento 19 de soporte que sostiene la primera superficie 7 de contacto comprende además dos varillas 23 que están separadas a lo largo de la dirección 4 longitudinal de la primera área 7 de contacto y se extienden transversalmente a la dirección 6 longitudinal de la primera superficie 7 de contacto. Además, el segundo elemento
50 21 de soporte comprende dos varillas 25 que también están separadas en una dirección 6 longitudinal de la segunda superficie de contacto y también se extienden transversalmente a la dirección 8 longitudinal de la segunda superficie 9 de contacto. Las dos varillas 23 así como las dos varillas 25 pueden proporcionarse cada una como una pieza individual, tal como una abrazadera o varilla de metal, o pueden estar compuestas de varias piezas conectadas entre si usando por ejemplo tornillos o similares. En la realización ilustrada en la figura 1 las varillas 23 están ensambladas a partir de dos piezas de metal (tal como abrazaderas o soportes) que están conectadas por tornillos.
55

De este modo, las varillas 23 adoptan una forma curvada que rodea de este modo parcialmente un borde 27 posterior de la pala 2. El borde 27 posterior de la pala 2 puede ser un borde en el que la superficie 11 posterior y la superficie 13 frontal de la pala se unen entre sí. De manera opuesta al borde 27 posterior la pala puede tener un
60 borde 29 anterior. Como resulta evidente a partir de la figura 1 y de la figura 2 la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto entran en contacto con una parte de la superficie 11 posterior y la superficie 13 frontal, respectivamente, que está más próxima al borde 29 anterior de la pala 2 que al borde 27 posterior de la pala 2.
65

Tal como se mencionó anteriormente, las dos varillas 23 rodean parcialmente el borde 27 posterior de la pala 2 y sobresalen más allá del borde 27 posterior. Las dos varillas 25 incluidas en el segundo elemento de soporte que está conectado a la segunda superficie 9 de contacto están conectadas a las dos varillas 23 del primer elemento de

soporte mediante una articulación o unión 31 que permite desplazar las varillas 25 y las varillas 23 unas respecto a otras y por tanto desplazar la primera superficie 7 de contacto respecto a la segunda superficie 9 de contacto.

Para desplazar las superficies 7, 9 de contacto unas respecto a otras girando las varillas 23 respecto a las varillas 25 alrededor del eje de articulación de la articulación 31 se proporcionan dos cilindros 33 hidráulicos, en los que un extremo de vástago de pistón del cilindro 33 está conectado a una articulación o unión 35 en las varillas 25 y un extremo del cuerpo de cilindro del cilindro 33 está conectado a una articulación o unión 37 en el extremo del varilla 23. El cilindro 33 hidráulico puede conectarse a un sistema de tuberías de aceite no ilustrado para controlar el movimiento del pistón del cilindro 33 para girar la primera superficie 7 de contacto respecto a la segunda superficie 9 de contacto alrededor del eje de la articulación 31. De este modo, se permite presionar las superficies 7, 9 de contacto contra las superficies 11, 13 de pala para sujetar la pala 2 para elevar la pala 2 durante la instalación de la pala 2 a un buje de una turbina eólica. Además el dispositivo de sujeción puede liberarse de la pala retrayendo el pistón al interior del cilindro 33.

Con el fin de evitar o disminuir el daño del borde 27 posterior frágil de la pala 2 el dispositivo 1 de sujeción comprende un reborde 39 de caucho que se extiende aproximadamente en paralelo a la primera y la segunda superficies 7, 9 de contacto y que se extiende en paralelo al borde 27 posterior de la pala 2. El reborde 39 de caucho rodea parcialmente el borde 27 posterior y puede amortiguar movimientos pequeños de la pala y puede además asegurar la pala frente al desplazamiento en la dirección 4 transversal y/o la dirección 5 vertical.

La pala 1 comprende además un elemento 41 de pivotado que está conectado a través de articulaciones o uniones 43 al primer elemento 19 de soporte. Las articulaciones 43 permiten el giro del elemento 41 de pivotado con respecto al primer elemento 19 de soporte a lo largo de un eje que discurre aproximadamente en paralelo al eje 3 longitudinal de la pala o al menos aproximadamente en paralelo al eje 8 longitudinal de la primera superficie 7 de contacto.

Como se ilustra en la figura 2 la barra 45 comprende un ojo u orificio 46 al cual puede conectarse un gancho de una grúa. De este modo, en funcionamiento, el centro 10 de gravedad de la pala 2 está dispuesto aproximadamente en una línea vertical paralela a la dirección 5 que discurre a través del orificio 46. Una distancia d entre la línea vertical que discurre a través del centro 10 de gravedad de la pala 2 y el orificio 46 de la barra 45 y una línea vertical a través del eje de giro definido por las articulaciones 43 cambiará tras el giro del elemento 41 de pivotado respecto a la primera superficie 7 de contacto de manera que la barra 45 se desviará ligeramente de su orientación vertical.

Sin embargo, la distancia d para la situación ilustrada en la figura 2 será la misma que para una situación en la que la superficie 7 de contacto, en comparación con la situación ilustrada en la figura 2, se gira 90° respecto al elemento 41 de pivotado alrededor del eje definido por las articulaciones 43 de manera que para al menos estas situaciones la barra 45 se dispondrá en una orientación vertical.

Cuando se usa el dispositivo 1 de sujeción una barra 45 conectada al elemento 41 de pivotado y por tanto también conectada a la primera superficie 7 de contacto y a la segunda superficie 9 de contacto puede extenderse en una dirección 5 sustancialmente vertical. Por tanto, al girar el primer elemento 19 de soporte respecto al elemento 41 de pivotado alrededor del eje de las articulaciones 43 la pala 2 puede girarse aproximadamente alrededor de su eje 3 longitudinal. Para actuar este giro longitudinal de la pala 3 el dispositivo 1 de sujeción comprende además dos cilindros 47 hidráulicos de los que un extremo (cuerpo del cilindro) está conectado al primer elemento 19 de soporte, en particular a las dos varillas 23 en puntos 49 de conexión y de los que un extremo de vástago de pistón de los cilindros 47 está conectado al elemento 41 de pivotado. También estos cilindros 47 pueden actuarse suministrando aceite impulsado mediante una bomba de aceite para así girar el elemento 41 de pivotado alrededor del eje de las articulaciones 43 respecto al primer elemento 19 de soporte. Durante la operación de instalación de la pala 2 la pala puede girarse de este modo alrededor de su eje 3 longitudinal, mientras que la barra 45 permanece en una orientación vertical.

La barra 45 está conectada al elemento 41 de pivotado a través de una articulación o unión 51 que permite girar la barra 45 respecto al elemento 41 de pivotado alrededor de un eje 53 que puede ser al menos aproximadamente ortogonal al eje proporcionado por las articulaciones 43. En particular, el eje 53 puede ser al menos aproximadamente ortogonal al eje 3 longitudinal de la pala 2 y puede (en una orientación particular del elemento 41 de pivotado y el primer elemento 19 de soporte) ser paralelo a o estar inclinado respecto a un eje 4 transversal de la pala. El eje 4 transversal de la pala 2 puede ser ortogonal al eje 3 longitudinal de la pala 2. Además, el eje 4 transversal puede ser al menos aproximadamente ortogonal al plano a través del borde 29 anterior y el borde 27 posterior de la pala 2.

Para actuar un giro de la barra 45 respecto al elemento 41 de pivotado alrededor del eje 53 el dispositivo 1 de sujeción comprende además un cilindro 55 hidráulico del que un extremo (el cuerpo del cilindro) está conectado en una articulación o unión 57 al elemento 41 de pivotado y del que el otro extremo (el vástago de pistón) está conectado en un punto de conexión o unión 59 a la barra 45. Cambiando la longitud entre los puntos 57 y 59 (actuando el cilindro 55 hidráulico) la barra 45 puede girarse alrededor del eje 53 respecto al elemento 41 de pivotado. De este modo, puede lograrse un giro de la pala alrededor de su eje 4 transversal.

El giro controlado de la pala 2 alrededor de su eje 3 longitudinal y alrededor de su eje 4 transversal puede requerirse para instalar la pala 2 en un buje de una turbina eólica, en particular en un buje de una turbina eólica de accionamiento directo.

5 El dispositivo 1 de sujeción comprende además un mecanismo 61 de dirección para girar o rotar el dispositivo 1 de sujeción y por tanto la pala 2 alrededor del eje 5 vertical, un eje al menos aproximadamente perpendicular al eje 3 longitudinal de la pala y también perpendicular al eje 4 transversal de la pala 2. Para lograr esto el aparato 61 de dirección comprende un rodillo 63 doble y un rodillo 65 individual. Además, el mecanismo 61 de dirección
10 comprende dos cables 67 y 69 que se conducen a través de orificios 71 a lo largo del eje 3 longitudinal y alrededor de los rodillos 73. Tal como se ilustra en la figura 5 los cables 67 y 69 pueden conducirse a través de los rodillos 75 conectados a un brazo 77 de grúa. Al girar el rodillo 63 usando el electromotor 64 se desenrollará un extremo del cable 67, mientras que el otro extremo del cable 67 se enrolla lo que da como resultado el giro del dispositivo 1 de sujeción alrededor de la dirección 5 vertical que es perpendicular al plano de dibujo de la figura 5.

15 Al girar el rodillo 65 mediante el electromotor 66 ambos extremos del cable 69 se enrollarán o ambos extremos del cable se arrollarán dando como resultado un desplazamiento en paralelo del dispositivo 1 de sujeción hacia el brazo 77 de grúa o alejándose del brazo 77 de grúa.

20 Las figuras 4A, 4B, 4C, 4D, 4E, 4F, 4G y 4H ilustran un método de instalación de palas de turbina eólica en un buje según una realización.

Al principio, tal como se ilustra en la figura 4A, se proporciona una pala 2a en un lado cerca de una torre 79 de una turbina eólica. En la realización ilustrada en la figura 4A la primera pala 2a de rotor se encuentra en un terreno 84 o
25 se sostiene en un aparato de soporte de tal manera que el borde 29a anterior está orientado hacia abajo y el borde 27a posterior está orientado hacia arriba respecto a la dirección 5 vertical. En la realización ilustrada la cara 11a posterior está orientada hacia el observador en la figura 4A. Para instalar la primera pala 2a en el buje 81 de la turbina 83 eólica (véase la figura 4G) la pala 2a se sujeta mediante el dispositivo 1 de sujeción ilustrado en la figuras 1, 2 y 3. De este modo, la primera superficie 7 de contacto y la segunda superficie 9 de contacto se presionan contra la superficie 11a posterior y la superficie 13a frontal de la pala 2a. Tal como se ilustra en la figura 4A, un gancho 85 de grúa está conectado a la barra del dispositivo 1 de sujeción, donde el gancho 85 de grúa está conectado a una grúa no ilustrada a través de una cuerda o cable.

35 Usando el gancho 85 de grúa y el dispositivo 1 de sujeción sujeto en la pala 2a la pala 2a se eleva verticalmente hacia arriba en la dirección 5 contra la fuerza gravitatoria, tal como se ilustra en la figuras 4A y 4B. La pala 2a se eleva del terreno 84 y el cilindro 55 hidráulico (también ilustrado en la figura 1) se actúa para girar la barra 45 respecto al elemento 41 de pivotado alrededor del eje 53 en la articulación 51. En particular, el giro es en sentido antihorario en un ángulo de 60°. Dado que la pala 2a está acoplada de manera ajustada a las superficies 7 y 9 de contacto del dispositivo de sujeción la pala gira en un sentido horario alrededor de un ángulo de 60°, mientras que la barra 45 permanece en la orientación vertical.

40 El giro de la pala 2a puede realizarse durante la elevación de la pala en cuanto la pala se eleva del terreno 84 lo suficiente (altura h) para permitir el giro de la pala 2a sin tocar el terreno 84. Alternativamente, la pala puede elevarse primero hasta una altura final y luego puede girarse tal como se explicó anteriormente.

45 Tal como se ilustra además en la figura 4C la pala 2 se monta en un buje 81 dispuesto en una parte superior de una torre 79 de la turbina 83 eólica. De este modo, la figura 4C ilustra una vista posterior de la turbina 83 eólica de tal manera que puede verse una góndola 82. Cuando está completamente ensamblada el viento incidiría en el lado 13a frontal de la pala 2a que está opuesto al lado 11a posterior orientado hacia el observador de la figura 4C.

50 Además, una segunda pala 2b se sujeta mediante el dispositivo 1 de sujeción de manera análoga a la pala 2a ilustrada en la figura 4A y la pala 2b se eleva del terreno 84 como la pala 2a. Sin embargo, tal como se ilustra en la figura 4D la pala 2b se gira alrededor del eje 53 en la articulación 51 en un sentido opuesto al sentido de giro de la pala 2a ilustrada en la figura 4B. En particular, la pala 2b se gira en sentido antihorario en un ángulo de 60°, tal como se ilustra en la figura 4D. De este modo, el giro de la pala 2b alrededor del eje 53 en la articulación 51 puede realizarse mientras se eleva la pala 2b tras elevar parcialmente la pala 2b o tras elevar completamente la pala 2b del terreno 84. Tal como se ilustra en la figura 4E la segunda pala se monta en el buje 81 de la turbina 83 eólica sin requerir el giro del buje 81 alrededor de su eje 6 de giro, que discurre horizontalmente. Tal como es evidente a partir de las figuras 4A-4G la barra 45 siempre se extiende en una dirección 5 vertical durante diferentes etapas del método.

55 Tal como se ilustra en la figura 4F la parte superior de la turbina 83 que incluye la góndola 82 y el buje 81 se gira entonces alrededor del eje 5 vertical en 180° de tal manera que tras el giro el buje 81 y las caras 13a, 13b frontales de la primera pala 2a y la segunda pala 2b ya montadas están orientadas hacia el observador. El giro de la góndola 82 y el buje 81 se indica en la figura 4E mediante una flecha 84.

65

5 Tal como se ilustra en la figura 4G la tercera pala 2c originalmente también orientada con su borde 29c aguas arriba orientado hacia abajo se gira alrededor de su eje 3c longitudinal alrededor de 90° de tal manera que el borde 29c anterior está orientado hacia el observador. Para este giro el elemento 41 de pivotado se giró respecto al primer elemento 19 de soporte alrededor del eje definido por las articulaciones 43 (véase la figura 1). Tal como se ilustra en la figura 4H la tercera pala 3c se eleva del terreno 84 contra la fuerza gravitatoria y se monta con su eje 3c longitudinal orientado sin cambios en una dirección horizontal en el buje 81 de la turbina 83 eólica.

10 De este modo, no se requirió girar la tercera pala 3c alrededor de su dirección 4c transversal. Además, no se requirió ni fue necesario girar el buje 81 para montar la tercera pala 3c en el buje 81. De hecho, puede no requerirse girar el buje 81 alrededor de su eje 6 de giro (orientado horizontalmente) para montar las tres palas 2a, 2b y 2c en el buje 81. De este modo, el método de instalación de palas de turbina eólica descrito puede emplearse ventajosamente cuando se ensamblan turbinas eólicas de accionamiento directo que no permiten girar el buje mediante un actuador adicional.

15 Debe observarse que el término “que comprende” no excluye otros elementos o etapas y “un” o “una” no excluyen una pluralidad. Asimismo los elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones pueden combinarse. Debe observarse que no deben interpretarse los símbolos de referencia en las reivindicaciones como limitativos del alcance de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método de instalación de palas de turbina eólica en un buje giratorio alrededor de un eje de giro a lo largo de una dirección (6) horizontal, comprendiendo el método:
- elevar una primera pala (2a);
 - girar la primera pala alrededor de un eje (4a) transversal de la primera pala;
 - montar la primera pala en el buje (81);
 - elevar una segunda pala (2b);
 - girar la segunda pala alrededor de un eje transversal (2b) de la segunda pala;
 - montar la segunda pala en el buje;
 - girar el buje alrededor de un eje (5) vertical aproximadamente 180°;
 - elevar una tercera pala (2c); y
 - montar la tercera pala en el buje.
2. Método según la reivindicación 1, que comprende además:
- girar la primera pala alrededor de un eje (3a) longitudinal de la primera pala;
 - girar la segunda pala alrededor de un eje (3b) longitudinal de la segunda pala; y/o
 - girar la tercera pala alrededor de un eje (3c) longitudinal de la tercera pala.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que el eje transversal de la primera pala y el eje transversal de la segunda pala son paralelos a la dirección (6) horizontal.
4. Método según la reivindicación 3, en el que un sentido de giro del giro de la primera pala alrededor del eje transversal de la primera pala es opuesto a un sentido de giro del giro de la segunda pala alrededor del eje transversal de la segunda pala.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que un valor absoluto de un ángulo de giro del giro de la primera pala alrededor del eje transversal de la primera pala es igual a un valor absoluto de un ángulo de giro del giro de la segunda pala alrededor del eje transversal de la segunda pala, en particular 60°.
6. Dispositivo de sujeción para sujetar una pala para una turbina eólica, comprendiendo la dispositivo de sujeción:
- una primera superficie (7) de contacto adaptada para entrar en contacto con una parte de una superficie de la pala;
 - una segunda superficie (9) de contacto adaptada para entrar en contacto con otra parte de la superficie de la pala, pudiendo desplazarse la segunda superficie de contacto respecto a la primera superficie de contacto;
 - una barra (45) conectada en una orientación ajustable respecto a la primera superficie de contacto;
 - un sistema (55,47) de ajuste adaptado para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en una primera dirección y adaptado para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en una segunda dirección diferente de la primera dirección, comprendiendo el dispositivo de sujeción además:
 - un primer elemento (19) de soporte conectado a la primera superficie de contacto;
 - un segundo elemento (21) de soporte conectado a la segunda superficie de contacto;
 - una articulación (31) que conecta el primer elemento de soporte y el segundo elemento de soporte de manera giratoria uno respecto a otro;

caracterizado porque comprende un elemento (41) de pivotado conectado de manera giratoria al primer elemento de soporte y conectado de manera giratoria a la barra.

- 5 7. Dispositivo de sujeción según la reivindicación 6, que comprende además:
- un actuador (33) adaptado para desplazar el primer elemento de soporte respecto al segundo elemento de soporte.
- 10 8. Dispositivo de sujeción según la reivindicación 7, en el que el actuador comprende un cilindro (33) hidráulico.
9. Dispositivo de sujeción según una de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el primer elemento de soporte y/o el segundo elemento de soporte comprende una parte (23) curvada.
- 15 10. Dispositivo de sujeción según una de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el sistema de ajuste comprende un primer cilindro (55) hidráulico del que un extremo está conectado al elemento de pivotado y otro extremo está conectado a la barra para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la primera dirección.
- 20 11. Dispositivo de sujeción según una de las reivindicaciones 6 a 10, en el que el sistema de ajuste comprende un segundo cilindro (47) hidráulico del que un extremo está conectado al elemento de pivotado y otro extremo está conectado al primer elemento de soporte para ajustar la orientación de la barra respecto a la primera superficie de contacto en la segunda dirección.
- 25 12. Dispositivo de sujeción según una de las reivindicaciones 6 a 11, que comprende además un aparato (61) de tracción y fijación y un cable (67,69), en el que el aparato de tracción y fijación está configurado para tirar del cable y fijar el cable.

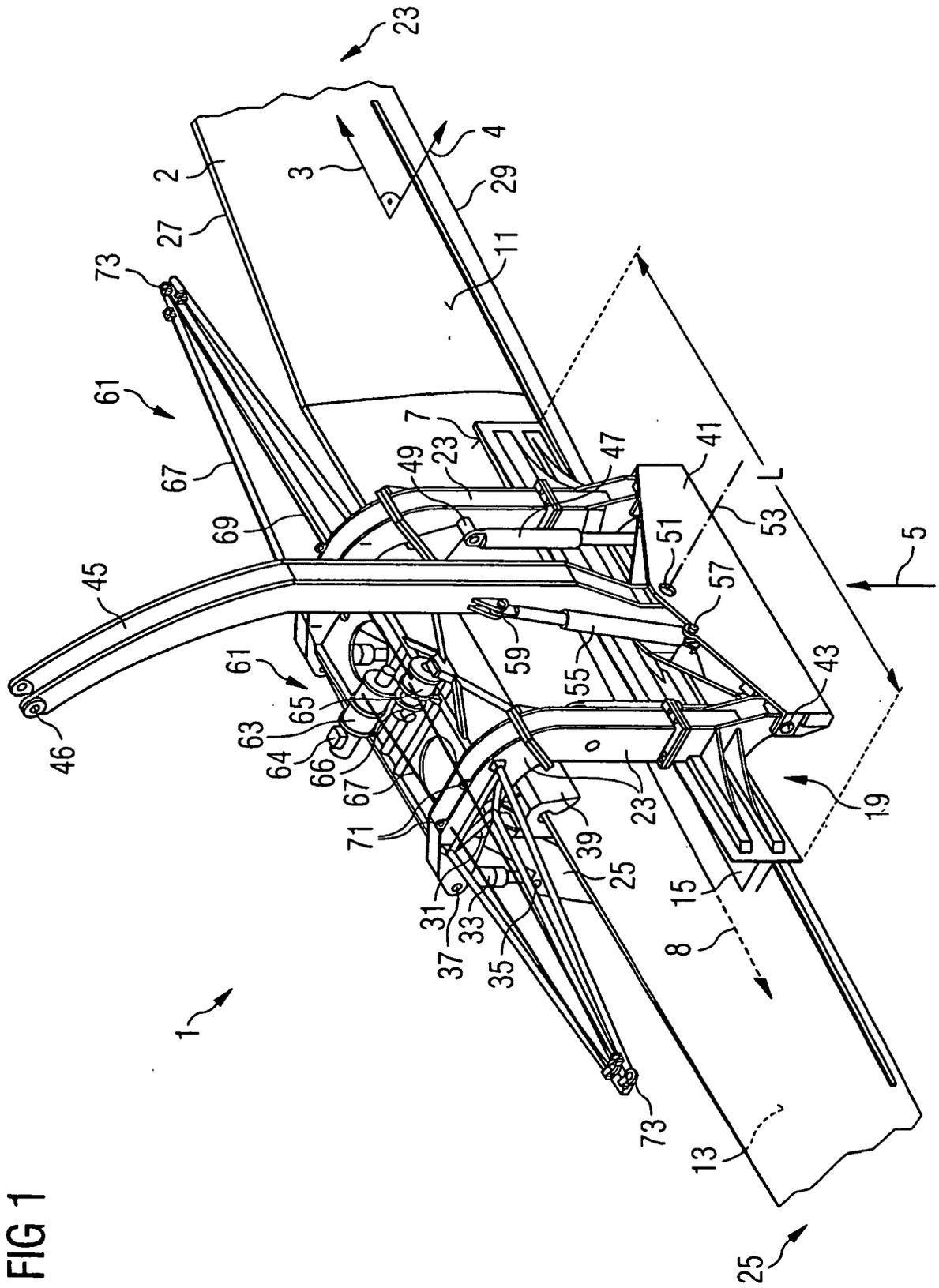
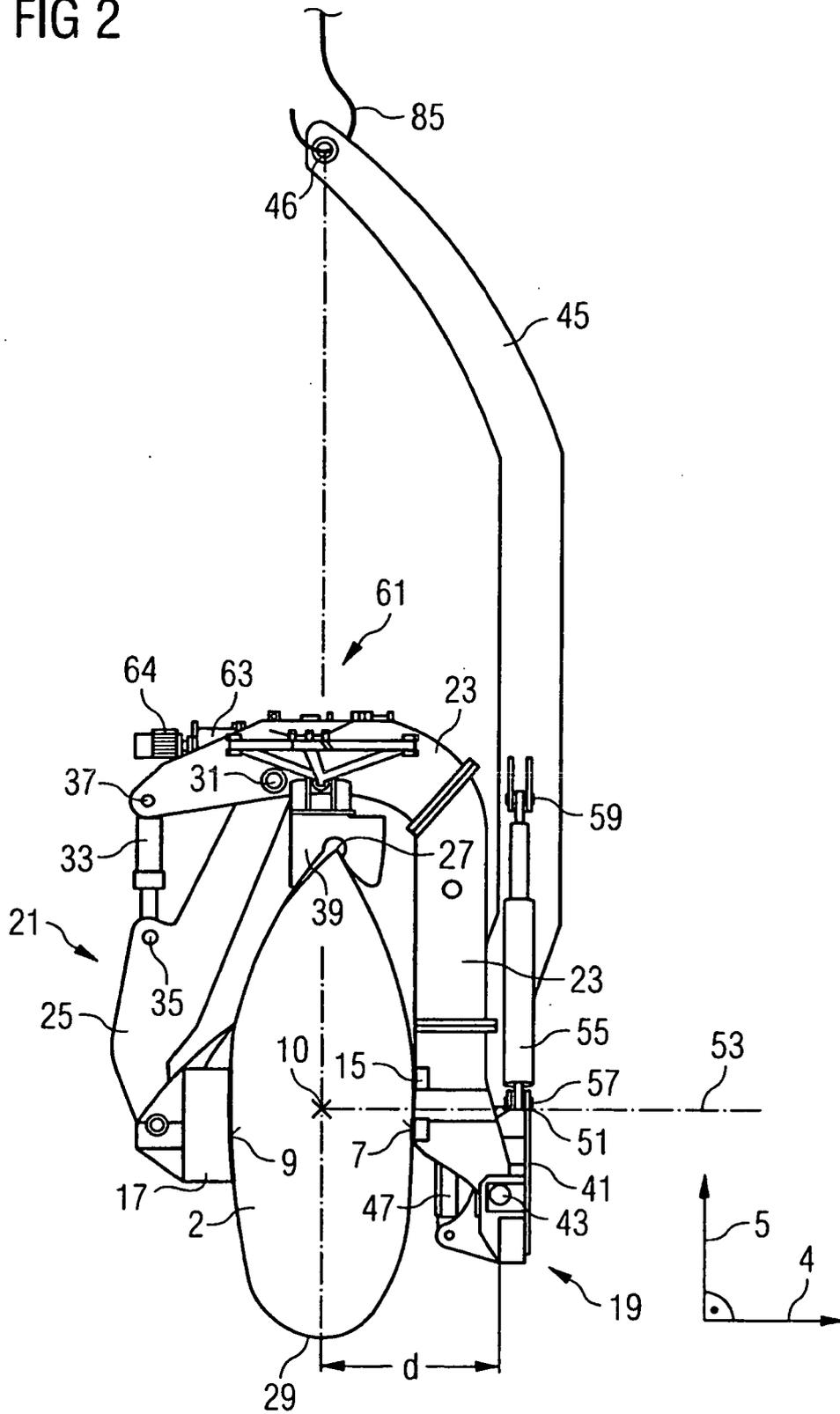


FIG 1

FIG 2



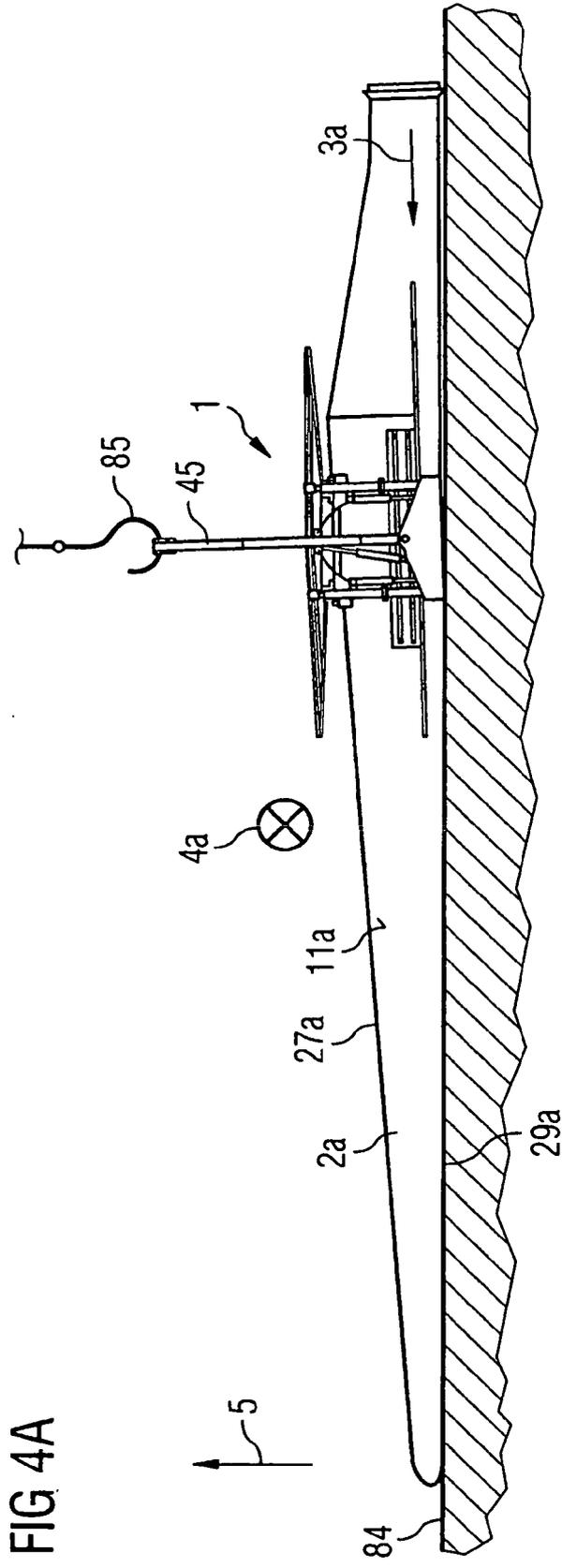


FIG 4B

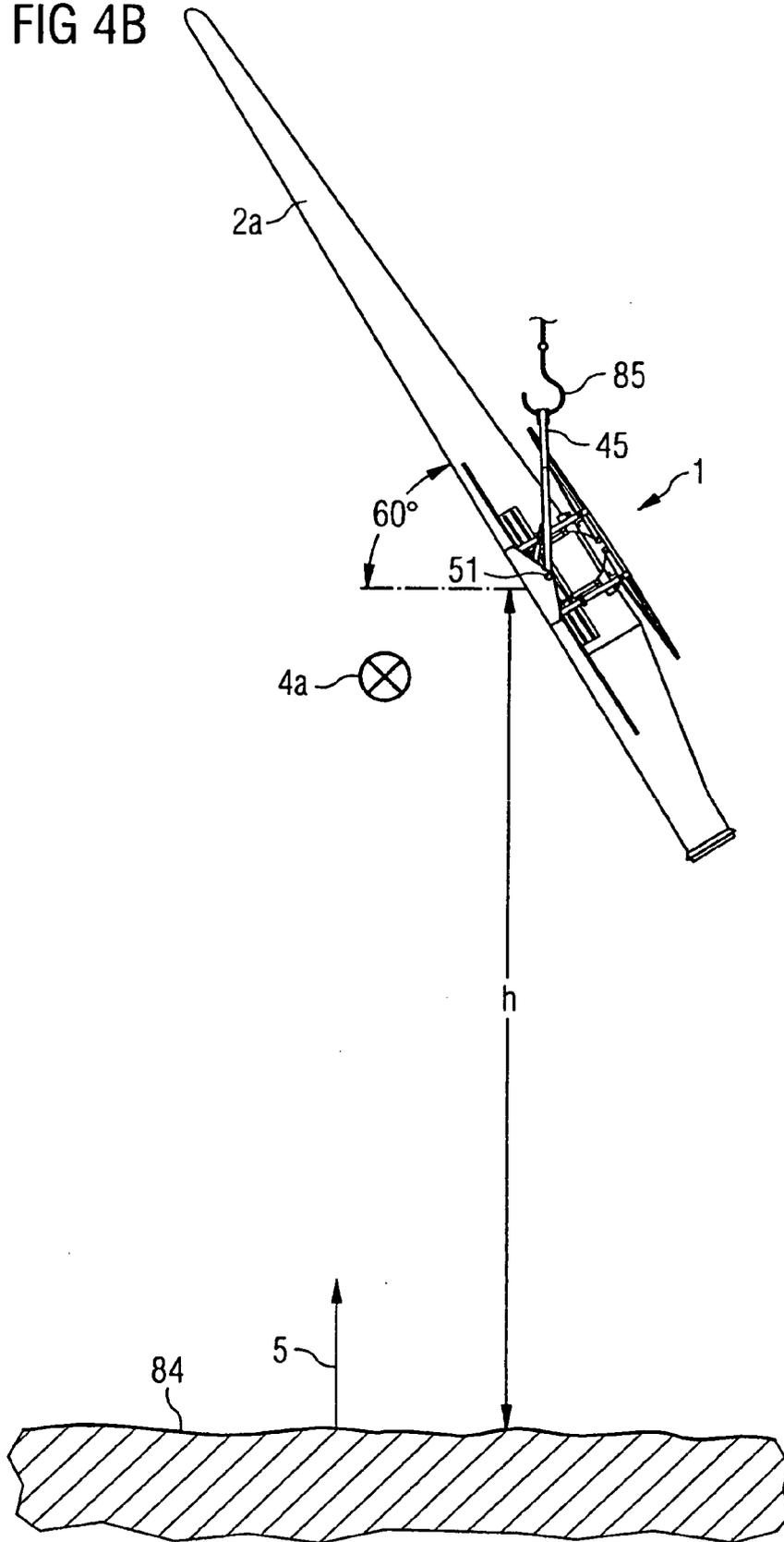


FIG 4C

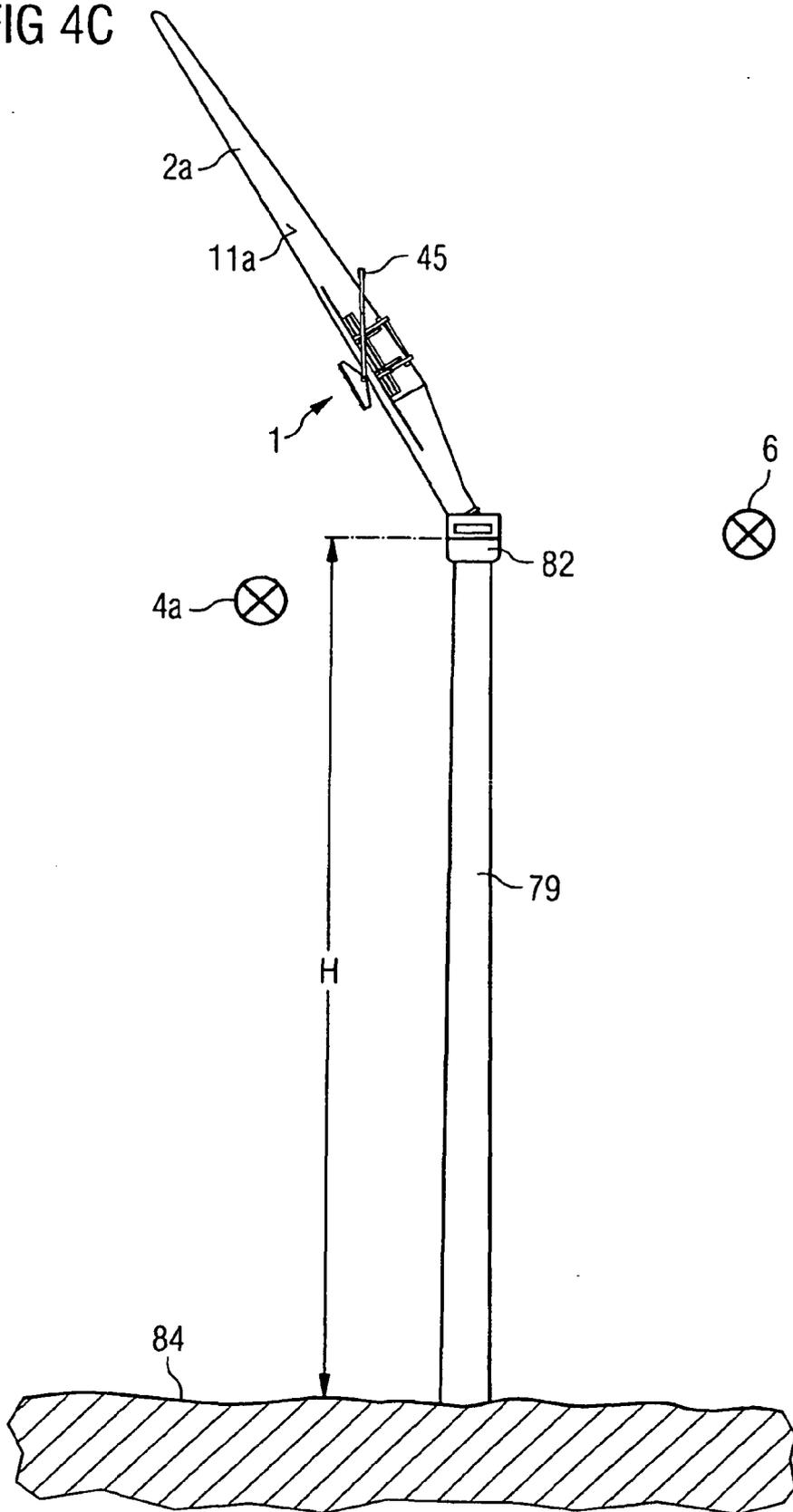


FIG 4D

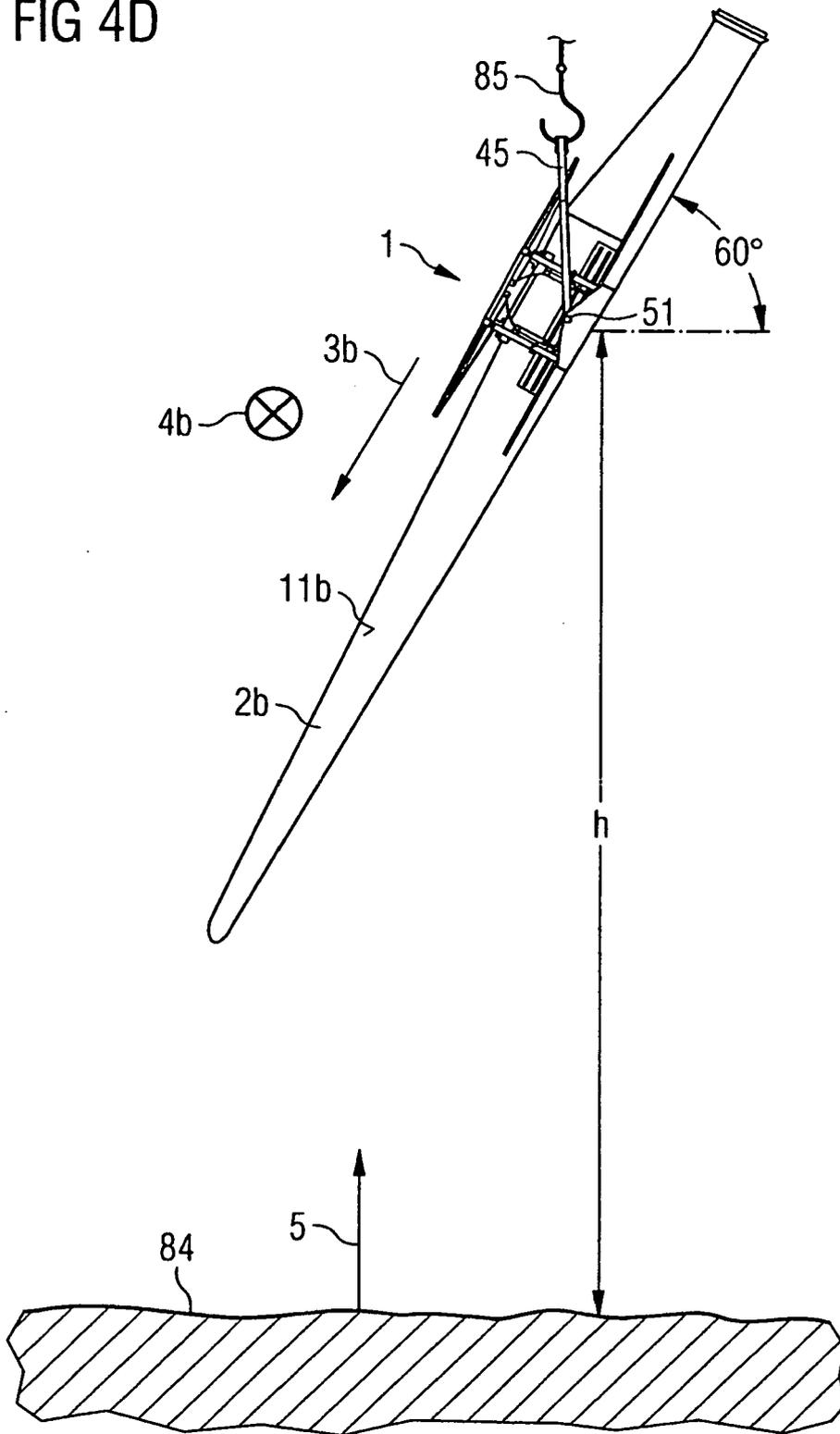


FIG 4E

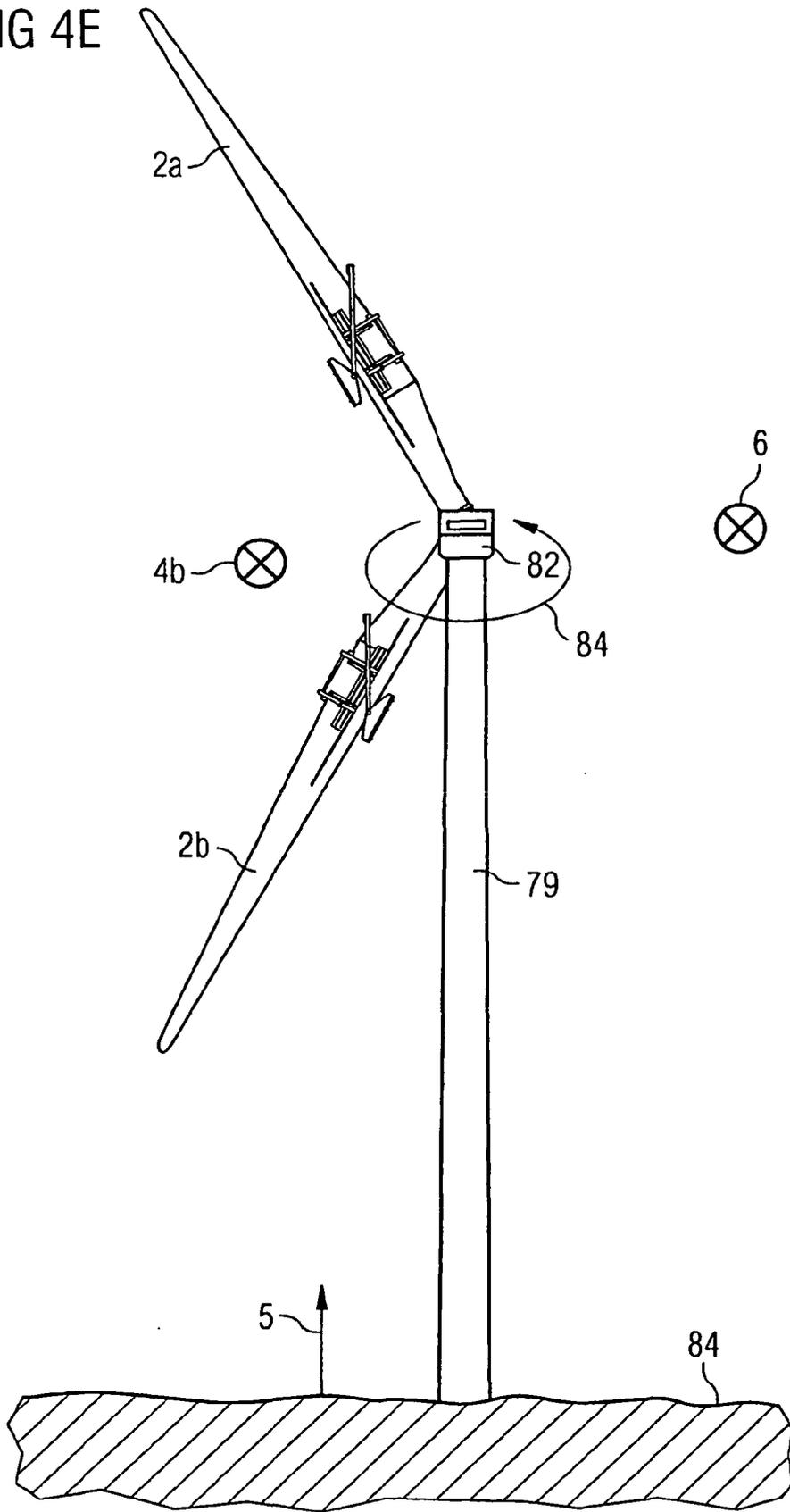


FIG 4F

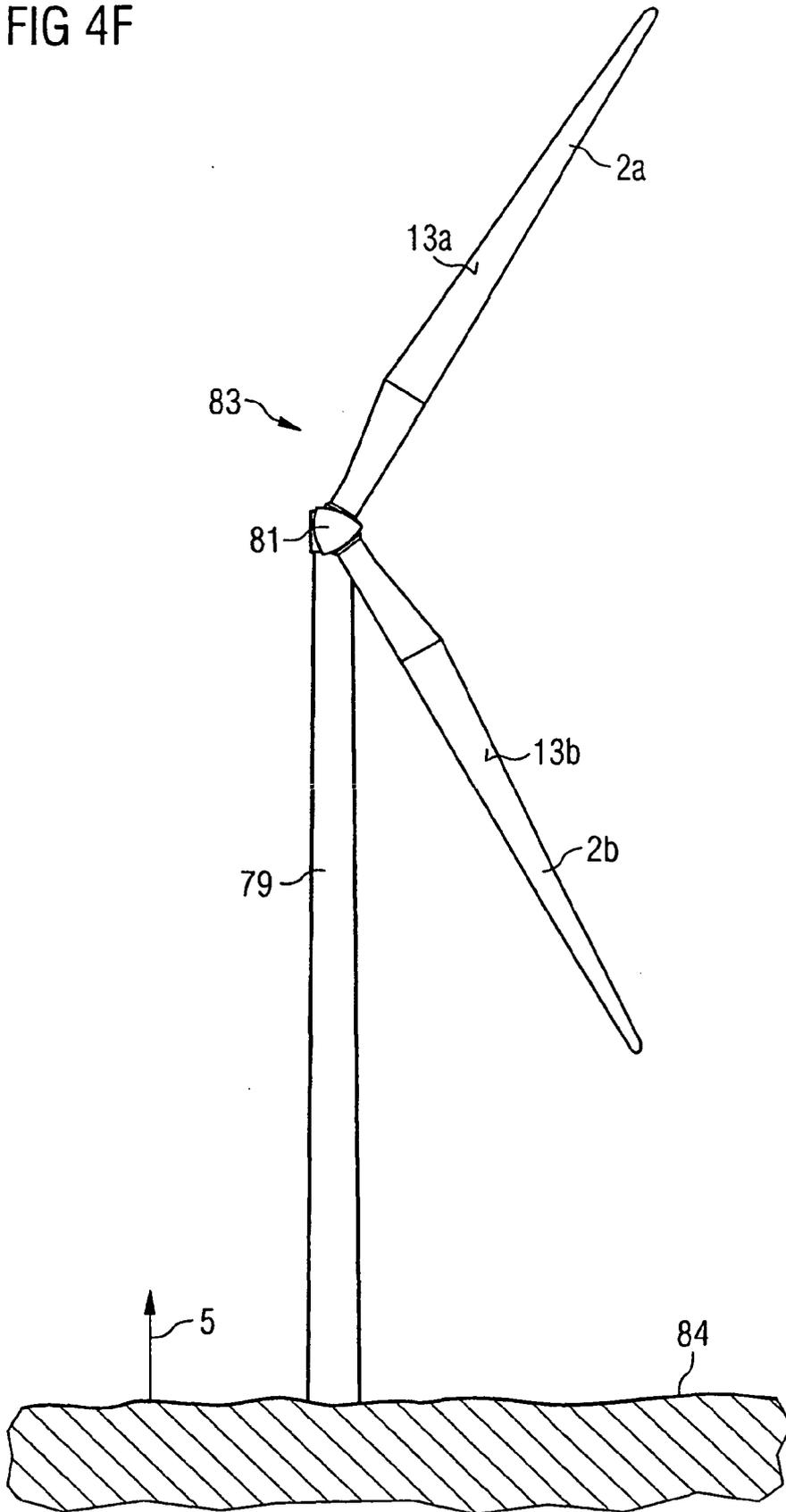


FIG 4H

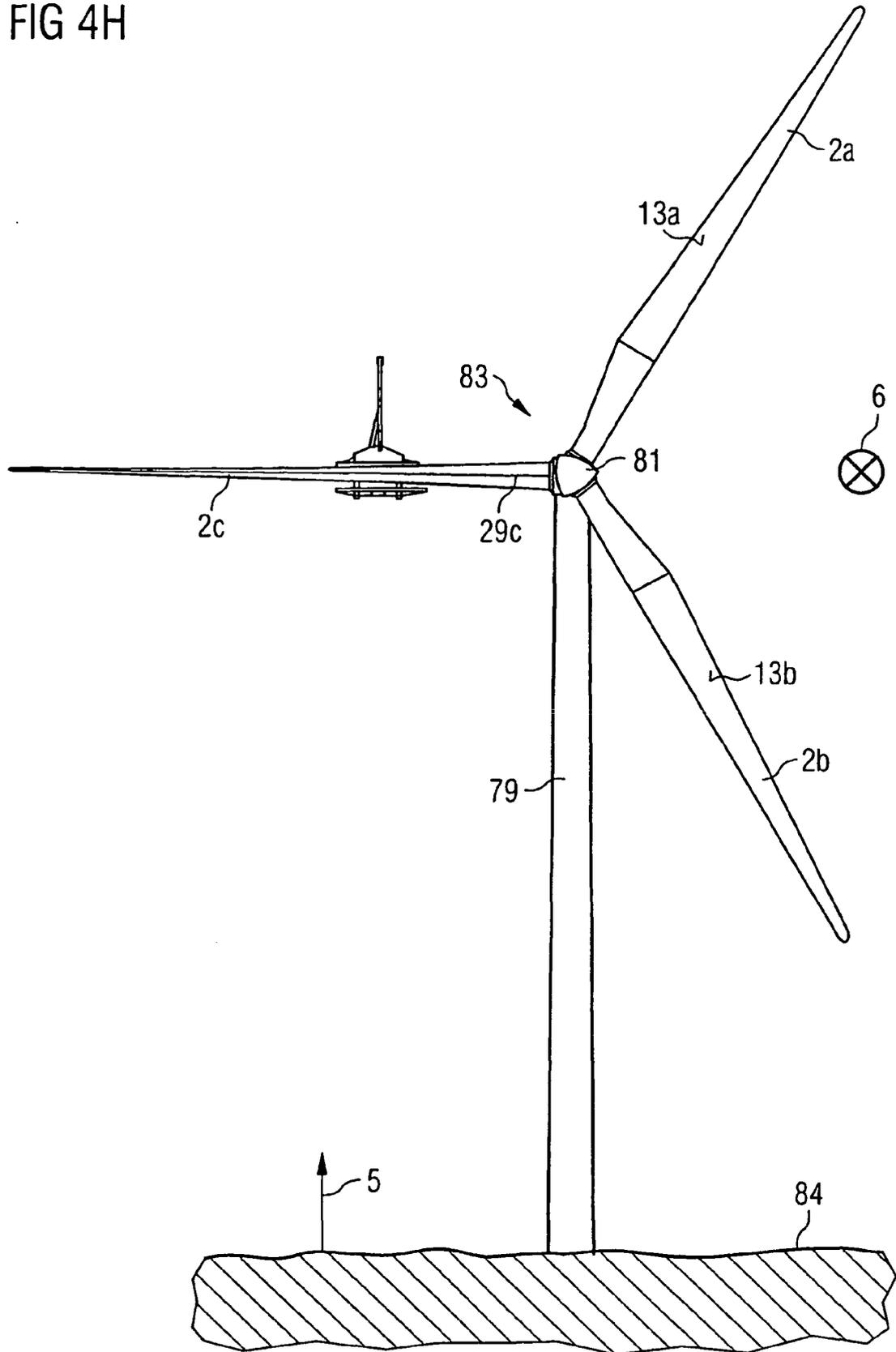


FIG 5

