



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 024**

51 Int. Cl.:
B66C 1/42 (2006.01)
B66C 23/36 (2006.01)
F03D 1/00 (2006.01)
F03D 11/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07856251 .9**
96 Fecha de presentación : **23.11.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **2084098**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **05.08.2009**

54

Título: **Procedimiento y dispositivo para el montaje de palas de turbina eólica.**

30

Prioridad: **23.11.2006 PCT/EP2006/024336**
23.11.2006 PCT/EP2006/024337
12.07.2007 PCT/EP2007/013725
12.07.2007 PCT/EP2007/013724

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.04.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.04.2011

73

Titular/es: **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72

Inventor/es: **Lynderup, Henrik, Fomsgaard y**
Moeller, Jesper

74

Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 356 024 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).

DESCRIPCION

Procedimiento y dispositivo para el montaje de palas de turbina eólica.

5 En general, la invención se refiere a procedimientos de manipulación de palas de turbina eólica y de montaje de dichas palas en una turbina eólica y a un sistema y una unidad de agarre para la manipulación de una pala de turbina eólica. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento de montaje de palas de turbina eólica en un buje de rotor, en el que la orientación de las palas se mantiene sustancialmente horizontal cuando la pala se eleva y se separa del suelo. Además, la presente invención se refiere a un sistema de elevación de palas de turbina eólica que es particularmente adecuado para realizar el procedimiento inventivo.

10 Las turbinas eólicas modernas normalmente comprenden un rotor con un diámetro y una anchura considerables. El montaje de una turbina eólica podría incluir las etapas de transportar los diferentes elementos hasta el emplazamiento de la turbina eólica, ensamblar las secciones de torre y la torre, elevar la góndola de la turbina eólica con una grúa y montar la góndola en la parte superior de la torre, ensamblar el rotor de la turbina eólica en el suelo, elevar el rotor de la turbina eólica con una grúa y montar el rotor en un árbol de baja velocidad que se extiende desde la góndola.

15 La manera habitual de montaje de una turbina eólica comprende varios inconvenientes que se han vuelto cada vez más graves con el tamaño y la anchura crecientes del rotor de la turbina eólica. El ensamblaje del rotor de la turbina eólica en el suelo es especialmente difícil ya que requiere una gran zona libre de obstáculos que sea sustancialmente horizontal y estable con el fin de que sea accesible para los trabajadores que participan en el ensamblaje y la grúa. Además, la elevación del rotor hasta la góndola es bastante complicada ya que el rotor debe girarse 90° en el aire.

20 A partir del documento US 2005/019166 A1, se sabe cómo montar un buje de rotor en el que ya están montadas dos palas en la góndola y luego se monta la pala de rotor restante en el buje de rotor con la pala en una posición vertical.

25 En otros sistemas de elevación se sabe cómo montar previamente el buje de turbina eólica en la góndola y luego elevar cada pala de turbina eólica individualmente hasta una posición próxima al buje y realizar el montaje de las palas. En un sistema de este tipo, que se da a conocer en el documento US 2006/0120809 A1, la elevación se realiza con las palas de turbina eólica sostenidas en vertical con un dispositivo de elevación. Sin embargo, en este sistema de elevación la pala tiene que estar en vertical durante la elevación y el montaje. Esto significa que, como parte del proceso de elevación, la pala ha de girarse y durante la colocación de la pala hay un escaso control de la orientación angular de la pala.

30 En otro sistema de elevación que se da a conocer en el documento US 2006/0147308 A1, la pala se sostiene sustancialmente horizontal, descansando en eslingas que se sostienen mediante cables fijados a la pala de turbina. Este sistema tiene la ventaja de que el eje de la pala puede mantenerse en la misma posición durante la elevación y el montaje que cuando descansa sobre el suelo. Sin embargo, cualquier ráfaga de viento que se produzca en el momento de la elevación tenderá a desviar la pala. Por consiguiente, tal elevación requiere varias personas emplazadas a cierta distancia de la turbina durante la elevación y que sostienen largas cuerdas para ayudar a dirigir la pala. Para palas grandes y torres altas, el control de tal dirección se convierte en un importante reto.

Por tanto, es un objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento ventajoso para elevar una pala de turbina eólica hasta un buje de turbina eólica. Otro objetivo es proporcionar un sistema ventajoso de elevación de palas de turbina eólica.

40 Estos objetivos se resuelven mediante un procedimiento para montar una pala de turbina eólica en un buje de turbina eólica según se reivindica en la reivindicación 1 y mediante un sistema de elevación de palas de turbina eólica según se reivindica en la reivindicación 10.

45 En el procedimiento inventivo para montar una turbina eólica en un buje de turbina eólica mediante el uso de un brazo de grúa, la orientación de la pala se mantiene sustancialmente horizontal cuando la pala se eleva y se separa del suelo y se monta en el buje de rotor. Se usan cables que pueden controlarse, que se denominan cables de control en lo sucesivo, y una disposición de cabrestantes para controlar la orientación de la pala además de al menos un cable de soporte para soportar el peso de la pala.

50 Conectando la pala a una disposición de cabrestantes mediante el cable de control, puede controlarse la orientación de la pala usando los cabrestantes que pueden controlarse de manera remota a la ubicación a una distancia segura de la pala colgante. A diferencia de esto, en el estado de la técnica en el que personas sostienen cuerdas en el suelo para controlar la orientación de la pala, estas personas están más o menos debajo de la pala y, por tanto, en una posible zona de peligro. Además, puesto que no es necesario tener personal en el suelo para la manipulación de las cuerdas de control, puede reducirse el número de personas necesarias para montar la pala en el buje de rotor.

55 En una primera implementación de la invención, se usan cables de control que conectan la pala mediante el brazo de grúa a una disposición de cabrestantes para mantener la orientación de la pala sustancialmente horizontal y/o

para controlar la orientación de la pala en un plano horizontal además del al menos un cable de soporte para soportar el peso de la pala.

5 Conectando la pala a una disposición de cabrestantes mediante el brazo de grúa, puede controlarse la orientación de la pala con respecto al brazo de grúa. A diferencia de esto, en el estado de la técnica, personas sostienen cuerdas en el suelo y se controla la orientación de la pala con respecto a cierto punto en el suelo. Por tanto, cuando se mueve el brazo de grúa la orientación de la pala no sigue al brazo automáticamente en el estado de la técnica. En el procedimiento inventivo, sin embargo, la orientación horizontal de la pala seguirá la orientación horizontal del brazo de grúa automáticamente y puede simplificarse el control de la orientación horizontal de la pala. Además, puesto que no es necesario tener personal en el suelo para la manipulación de las cuerdas de control, puede reducirse el número de personas necesarias para montar la pala en el buje de rotor. Puede lograrse un alto grado de capacidad de control si se usan al menos dos cables de control que pueden controlarse independientemente entre sí.

10 El procedimiento inventivo puede comprender, en particular, las siguientes etapas: a) elevar al menos una pala de turbina eólica con un sistema de elevación para la manipulación de palas de turbina eólica en el que dicha al menos una pala de turbina eólica se orienta en una posición sustancialmente horizontal; usando el sistema de elevación un dispositivo de elevación que está diseñado para poder unirse a la pala de turbina eólica y al que se conectan los cables de control y el al menos un cable de soporte; b) controlar la orientación de dicha al menos una pala de turbina eólica en la posición sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo usando los cables de control y c) fijar dicha al menos una pala de turbina eólica en una posición sustancialmente horizontal con respecto al buje de turbina eólica. Esta implementación del procedimiento puede comprender además, como etapa anterior, la etapa de elevar un buje de turbina eólica hasta una góndola de una turbina eólica con el sistema de elevación y montar el buje en la góndola o elevar el buje de turbina eólica y la góndola junto con el sistema de elevación y montar la góndola que incluye el buje en una torre de turbina eólica.

15 Además, los cables de control usados en el procedimiento inventivo pueden mantenerse pretensados cuando se eleva la pala. Pretensando los cables de control, la orientación horizontal de la pala puede mantenerse particularmente estable durante el proceso de elevación. En particular, tan pronto como se eleva la pala por encima del punto en el que los cables de control alcanzan el brazo de grúa, la orientación de la pala puede fijarse de manera segura puesto que el cable de soporte y los cables de control tiran de la pala en sentidos más o menos opuestos. Si, en esta situación, las fuerzas que actúan sobre la pala mediante el cable de soporte por una parte y los cables de control por otra parte son lo suficientemente altas, la pala se mantiene estable mediante estas fuerzas que actúan sobre tres puntos de contacto diferentes del dispositivo de elevación que se une a la pala (un punto de contacto para el cable de soporte y al menos dos puntos de contacto para los cables de control).

20 En una segunda implementación del procedimiento inventivo, se usan una disposición de cabrestantes que está ubicada en un dispositivo de elevación que está diseñado para poder unirse a la pala de turbina eólica, y al menos un cable de control que puede controlarse mediante la disposición de cabrestantes para controlar la distancia de la pala desde el brazo de grúa y/o la orientación de la pala en el plano horizontal.

25 Como en la primera implementación, la orientación horizontal de la pala tras elevarla y separarla del suelo se fija con respecto a la orientación del brazo de grúa. Sin embargo, la ubicación de la disposición de cabrestantes en el dispositivo de elevación al que se une la pala que va a elevarse en lugar de en el brazo de grúa ofrece una posibilidad de construcción sencilla para controlar todo el sistema de manera que no está actuando ninguna carga sustancial de manera perpendicular sobre el brazo de grúa cuando se controla la orientación de la pala. Esto puede lograrse, en particular, si el al menos un cable de control no está conectado directamente a una ubicación en el brazo de grúa sino mediante una o más cuerdas que se extienden desde una ubicación en el extremo superior del brazo de grúa hasta una ubicación en el extremo inferior del brazo de grúa. Entonces, las fuerzas ejercidas debidas al control de la orientación de la pala en una dirección más o menos perpendicular a la extensión del brazo de grúa pueden transformarse mediante la conexión del al menos un cable de control a la al menos una cuerda de guiado en fuerzas que actúan más o menos en paralelo al brazo de grúa en los puntos en los que la cuerda se fija al brazo. Al mismo tiempo, pueden usarse una o más de tales cuerdas para guiar el dispositivo de elevación cuando se eleva la pala.

30 En particular, puede usarse una disposición de cabrestantes con al menos un primer cabrestante y un segundo cabrestante para controlar el al menos un cable de control. Entonces, la distancia de la pala desde el brazo de grúa se controla mediante el primer cabrestante y la orientación de la pala en el plano horizontal se controla mediante el segundo cabrestante. La separación de la función de control para controlar la distancia de la pala desde el brazo de grúa de la función de control para controlar la orientación de la pala en el plano horizontal proporciona una capacidad de control aumentada. Por ejemplo, una vez que se logra una orientación adecuada de la pala en la horizontal, sólo es necesario a partir de entonces controlar la distancia de la pala desde el brazo de grúa, lo que puede lograrse mediante el funcionamiento de sólo un cabrestante en la disposición de cabrestantes.

35 El control de la distancia de la pala desde el brazo de grúa así como la orientación de la pala en el plano horizontal pueden realizarse sólo con un cable de control si se usa un cable de control que tiene una longitud libre con al menos una primera rama que comprende una primera fracción del cable de control y una segunda rama que comprende una segunda fracción del cable de control, en el que ambas ramas del cable de control se conectan directa o

indirectamente (por ejemplo mediante una o más cuerdas que se extienden desde una ubicación en el extremo superior del brazo de grúa hasta una ubicación en el extremo inferior del brazo de grúa) al brazo de grúa. La longitud libre del cable de control se controla mediante el primer cabrestante, y la distribución de la longitud libre del cable de control a la primera fracción y la segunda fracción se controla mediante el segundo cabrestante.

5 Un sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo que es adecuado para realizar el procedimiento inventivo comprende un dispositivo de elevación con un bastidor que está diseñado para poder conectarse a una pala de turbina eólica que va a elevarse, un brazo de grúa, una disposición de cabrestantes y al menos un cable de control que discurre hasta la disposición de cabrestantes para controlar que la orientación de la pala sea sustancialmente horizontal y/o para controlar la orientación de la pala en un plano horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo.

10 La disposición de cabestrante del sistema de elevación se ubica en el sistema de elevación.

Usando una disposición de cabrestantes para la manipulación de los cables de control puede reducirse el número de personas necesarias para elevar una pala de turbina eólica con respecto al estado de la técnica para elevar horizontalmente palas de turbina eólica como ya se ha mencionado anteriormente.

15 La orientación horizontal de la pala tras elevarla y separarla del suelo se controla en relación a la orientación del brazo de grúa. La ubicación de la disposición de cabrestantes en el dispositivo de elevación al que se une la pala que va a elevarse ofrece una posibilidad de construcción sencilla para controlar todo el sistema de manera que no está actuando ninguna carga sustancial en el brazo de grúa en una dirección perpendicular cuando se controla la orientación de la pala. Esto puede lograrse si el sistema de elevación comprende al menos una cuerda que se extiende desde el extremo superior del brazo hasta su extremo inferior y en el que el cable de control se conecta a al menos una cuerda. 20 Entonces, las fuerzas que actúan a lo largo del cable de control se transferirán a la cuerda para que actúen a lo largo de la cuerda. En particular, el al menos un cable de control puede conectarse a al menos una cuerda por medio de poleas. Esta clase de conexión permite que se reubique de manera continua el punto de conexión entre el cable de control y la cuerda cuando se eleva la pala. Así, la cuerda también puede usarse como medio de guiado, es decir, una cuerda de guiado, para el dispositivo de elevación.

25 En una implementación particular, el sistema de elevación comprende al menos un cable de control que tiene una longitud libre con al menos una primera rama que comprende una primera fracción del cable de control y una segunda rama que comprende una segunda fracción del cable de control, conectándose ambas ramas del cable de control directa o indirectamente al brazo de grúa. Además, la disposición de cabrestantes comprende al menos un primer cabrestante y un segundo cabrestante, en la que el primer cabrestante está diseñado para actuar sobre el cable de control para controlar su longitud libre y el segundo cabrestante está diseñado para actuar sobre el cable de control para controlar la distribución de la longitud libre del cable de control a la primera fracción y la segunda fracción. Esta implementación particular separa la función de control para controlar la distancia de la pala desde el brazo de grúa de la función de control para controlar la orientación de la pala en el plano horizontal. 30

35 El cable de control en la implementación particular puede comprender extremos que se conectan al primer cabrestante y una sección intermedia que se enrolla alrededor del segundo cabrestante. Debido a que los extremos del cable de control se fijan al primer cabrestante, el primer cabrestante permite controlar la longitud del cable de control enrollando y desenrollando sus partes de extremo del cabrestante. Por otra parte, puesto que la sección intermedia del cable de control sólo se enrolla alrededor del segundo cabrestante, un giro del cabrestante no conduce al enrollado y desenrollado de esta sección del cable de control del cabrestante sino al desplazamiento de partes de una rama con respecto a la otra rama respectiva y viceversa, alargando de ese modo una de las ramas y, al mismo tiempo, acortando la otra rama respectiva. 40

45 En la implementación particular descrita, una primera cuerda y una segunda cuerda pueden extenderse desde el extremo superior del brazo hasta su extremo inferior. Entonces, la primera rama y la segunda rama del cable de control se conectan a la primera cuerda y la segunda cuerda, respectivamente. Estas cuerdas transforman las fuerzas ejercidas por el cable de control en una dirección sustancialmente perpendicular al brazo en fuerzas que actúan sustancialmente en paralelo al brazo. Además, si la primera rama y la segunda rama del cable de control se conectan a la primera cuerda y la segunda cuerda, respectivamente, por medio de poleas ambas cuerdas pueden actuar como cuerdas de guiado. Sin embargo, el uso de dos cuerdas no es obligatorio. Ambas ramas pueden conectarse también a la misma cuerda, de modo que sólo es necesario que esté presente una cuerda.

50 En el sistema de elevación, el al menos un cable de control puede discurrir en un plano sustancialmente horizontal de modo que todas las fuerzas que actúan sobre la pala para controlar su orientación en el plano horizontal puede actuar sobre o en paralelo al plano horizontal en el que la pala va a orientarse. Puesto que las fuerzas no tienen entonces componentes en una dirección perpendicular a ese plano (esas componentes no contribuirían a la acción de control en la horizontal) las fuerzas que han de aplicarse mediante la disposición de cabrestantes pueden mantenerse lo más bajas posible y, como consecuencia, los cabrestantes de la disposición de cabrestantes pueden dimensionarse relativamente pequeños. 55

Otras características, propiedades y ventajas de la presente invención quedarán claras a partir de la siguiente descripción de una realización de la invención junto con los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra un sistema de elevación de palas de turbina eólica para realizar el procedimiento inventivo.

La figura 2 muestra una sección del sistema de elevación de turbina eólica en una dirección de visualización que es perpendicular a la dirección de visualización de la figura 1.

5 La figura 3 muestra el montaje de una pala de turbina eólica en un buje de rotor mediante el uso del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo mostrado en la figura 1.

La figura 4 muestra una realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo y el montaje de una pala de turbina eólica en un buje de rotor mediante el uso de esta realización.

La figura 5 muestra esquemáticamente cómo discurre el cable de control en el sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo.

10 A continuación se describirá un primer sistema de elevación de palas de turbina eólica con respecto a las figuras 1 y 2. Este sistema, que no forma parte de la invención en sí, es adecuado para realizar el procedimiento inventivo. Mientras que la figura 1 muestra el sistema de elevación en una vista sobre la punta de la pala de turbina elevada, la figura 2 muestra la parte superior del sistema de elevación de palas de turbina eólica en una vista en planta sobre el cuerpo de la pala. También se muestra en ambas figuras el buje 1 de rotor en el que va a montarse la pala 3.
15 Está ubicado en una góndola 33 en la parte superior de una torre 35.

El sistema de elevación de palas de turbina eólica comprende un brazo 5 de grúa que está montado en un camión 7, un dispositivo 9 de elevación que puede conectarse a la pala 3 de turbina eólica, una disposición de cabrestantes que comprende dos cabrestantes 11 que pueden controlarse individualmente, cables 13 de control (sólo es visible un cable de control en la figura 1) y un cable 15 de soporte.

20 El dispositivo 9 de sostén comprende un bastidor 17 y asientos 19 en ambos extremos 21, 23 del bastidor 17 contra los que se presiona la pala 3 de turbina eólica mediante correas o cintas 25. Además, el cable 15 de soporte se fija a una zona central del bastidor 17 y los cables 13 de control se fijan al bastidor 17 en sus extremos 21, 23.

25 Los cables de control discurren mediante poleas 27 que están ubicadas en el brazo 5 hasta los cabrestantes 11 de la disposición de cabrestantes. Ambos cabrestantes 11 de la disposición de cabrestantes están ubicados en el extremo inferior 6 del brazo 5 y pueden controlarse individualmente para tensar o aflojar ambos cables 13 de control individualmente. Las poleas 27 se montan sobre un carro 29 deslizante que puede moverse a lo largo del brazo 5.

El cable 15 de soporte se conecta a un cabrestante 31 adicional que se hace funcionar para elevar el dispositivo 9 de elevación con la pala 3 fijada al mismo. A diferencia de esto, los cables 13 de control no tienen una función de soporte sustancial.

30 Se describirá a continuación la elevación de una pala 3 de turbina eólica y su montaje en el buje de rotor de una turbina eólica con respecto a las figuras 1, 2 y 3. El procedimiento comprende las etapas de: i) elevar un buje 1 de turbina eólica hasta la góndola 33 de una turbina eólica con un sistema de elevación y montar el buje 1 en la góndola 33, o elevar el buje 1 de turbina eólica y la góndola 33 junto con el sistema de elevación y montar la góndola 33 que incluye el buje 1 en una torre 35 de turbina eólica; ii) elevar al menos una pala 3 de turbina eólica con un sistema de elevación para la manipulación de las palas 3 de turbina eólica, elevar dicha al menos una pala 3 de turbina eólica en una posición sustancialmente horizontal; iii) controlar la orientación de dicha al menos una pala 3 de turbina eólica en la posición sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo, usando cables 13 de control que conectan el sistema de elevación al brazo 5 de grúa, y iv) fijar dicha al menos una pala 3 de turbina eólica en una posición sustancialmente horizontal con respecto al buje 1 de turbina eólica. Mediante el presente documento, es posible manipular y montar una pala 3 de turbina eólica de manera ventajosa.
35
40

En una implementación del sistema de elevación, un cable 13 de control se une en cada extremo 21, 23 del bastidor 9 de elevación, tal como se ha descrito con respecto a las figuras 1 y 2. Los dos cables 13 de control discurren hasta el brazo 5 de grúa y desde allí sobre una polea 27 hasta dos cabrestantes 11 hidráulicos ajustados al brazo 5 de grúa en su extremo inferior. Los dos cabrestantes 11 hidráulicos pueden controlarse independientemente.

45 En otra implementación del sistema de elevación, los cables 13 de control del brazo se mantienen automáticamente pretensados durante el proceso de elevación de modo que se mantiene el control aunque se cambie la distancia desde las poleas 27 en el brazo 5 de grúa hasta el dispositivo 9 de elevación durante el levantamiento del dispositivo 9 de elevación. Esto se logra teniendo un cabrestante hidráulico que mantiene automáticamente la tensión del cable y otro cabrestante hidráulico que regula la orientación horizontal y se controla manualmente.

50 A continuación se describirán con más detalles las diferentes etapas del procedimiento.

En una primera etapa, el buje 1 de rotor de turbina eólica se monta en la góndola 33 de una turbina eólica de manera convencional usando el brazo 5 de grúa. Alternativamente, el buje 1 de rotor podría montarse en la góndola 33 en el suelo y la góndola junto con el buje 1 de rotor montado en la misma se montaría entonces en la parte superior de

la torre 35 usando el brazo 5 de grúa. Como el montaje de la góndola 33 sobre la parte superior de la torre y el montaje del buje 1 de rotor en la góndola 33 son etapas convencionales, no se representan en las figuras.

5 En la siguiente etapa, el dispositivo 9 de elevación se monta sobre una pala 3 de turbina eólica que descansa en el suelo con su borde 37 aguas abajo apuntando hacia arriba. Para montar el dispositivo 9 de elevación, el bastidor 17 se hace descender sobre la pala 3 de rotor de modo que los asientos 19 se fijan en la sección 37 aguas abajo de la pala 3. Entonces, las correas 25 se enrollan alrededor del borde 39 aguas arriba de la pala 3, se fijan al bastidor 17 y se tensan para que presionen la pala 3 contra el asiento 19.

10 Tras haberse montado el dispositivo 9 de elevación sobre la pala 3 y haberse sujetado la pala 3 al dispositivo 9 de elevación, se elevan ambos en conjunto mediante el devanado del cable 15 de soporte con el segundo cabrestante 31. Al mismo tiempo, los cables 13 de control se tensan para tirar del dispositivo 9 de elevación con la pala 3 montada en el mismo hacia el brazo 5 de grúa. Durante la elevación, el carro deslizante con las poleas 27 sigue a la pala 3 en su camino ascendente en el que está ubicada ligeramente por debajo del dispositivo 9 de elevación. Mediante esta medida, la longitud de los cables de control entre las poleas 27 y el bastidor 17 del dispositivo 9 de elevación puede mantenerse baja y casi constante durante todo el proceso de elevación.

15 Ubicando las poleas 27 por debajo del bastidor 17, la fuerza de tensado de los cables de control actúa en una dirección que incluye un ángulo α con respecto a la fuerza de elevación ejercida por el cable 15 de soporte. En la presente realización, tal como se muestra en la figura 1, el ángulo α es de aproximadamente 120° . Por tanto, las fuerzas de tensado ejercidas por los cables 13 de control tienen componentes sustanciales en el sentido opuesto a la fuerza de elevación ejercida por el cable 15 de soporte. Mediante esta configuración, puede estabilizarse de manera segura la posición de la pala. Al mismo tiempo, las componentes que actúan en perpendicular a la fuerza de elevación serán todavía lo suficientemente grandes como para controlar de forma adecuada la orientación horizontal de la pala 3. La razón de las componentes de la fuerza de tensado que actúan en el sentido opuesto a la fuerza de elevación con respecto a las componentes que actúan en perpendicular a la fuerza de elevación puede fijarse mediante la posición del carro 29 deslizante en relación al dispositivo 9 de elevación. Cuanto más bajo está el carro 29 deslizante con respecto al dispositivo 9 de elevación, mayor es la componente de la fuerza de tensado que actúa en el sentido opuesto a la fuerza de elevación en comparación con la componente que actúa en una dirección perpendicular a la fuerza de elevación.

20 Mediante el pretensado de diferente manera de los cables de control, puede variarse la orientación horizontal de la pala 3 de turbina. La variación del pretensado de los cables de control puede realizarse o bien directamente en los cabrestantes, por ejemplo por personal ubicado en los cabrestantes 11, o bien de forma remota por el operario de la grúa, lo que ofrecería la ventaja de que todas las acciones de control para colocar la pala en relación al buje 1 de rotor pueden realizarse por la misma persona. La colocación de la pala 3 de turbina eólica en relación al buje 1 de rotor para montar la pala 3 en el buje 1 se muestra esquemáticamente en la figura 3.

30 Aunque el pretensado de los cables 13 de control y el control de la orientación horizontal de la pala 3 de turbina eólica se realizan controlando ambos cabrestantes 11 de la disposición de cabrestantes individualmente, también sería posible proporcionar un cabrestante que está actuando sobre ambos cables de control para ejercer siempre la misma fuerza de tensión sobre ambos cables 13 de control mientras que se usa un segundo cabrestante para regular la orientación horizontal de la pala 3 de rotor de turbina eólica. Esto ofrecería la ventaja de que sólo es necesario controlar un cabrestante para controlar la posición horizontal de la pala 3. Sin embargo, esta simplificación del control de la posición horizontal de la pala 3 supone una construcción más compleja de la disposición de cabrestantes.

40 Tras haberse orientado con precisión la pala 3 de turbina eólica para montarla en el buje 1 de rotor, personal en el buje de rotor fija la pala 3 al buje y entonces el dispositivo 9 de elevación se desmonta de la pala 3 de rotor.

45 Aunque en el sistema de elevación descrito, las poleas se montan en un carro 29 deslizante que puede moverse a lo largo del brazo 5, las poleas también pueden ubicarse en el brazo 5 en una posición fijada. En este caso, la razón de las componentes de la fuerza de tensado que actúan en el sentido opuesto a la fuerza de elevación con respecto a las componentes que actúan en perpendicular a la fuerza de elevación varía durante el proceso de elevación. Sin embargo, esto puede tenerse en cuenta mediante el pretensado de forma adecuada de los cables 13 de control durante el proceso de elevación.

50 A continuación se describirá una realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo con respecto a las figuras 4 y 5. La figura 4 muestra la realización en una vista en perspectiva similar a la vista mostrada en la figura 3. Los elementos que no difieren de los del sistema de elevación descrito con respecto a las figuras 1 a 3 y que no son necesarios para comprender la realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo se han omitido de la figura por motivos de claridad. Los elementos que se han omitido, aunque están presentes también en la realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo son, por ejemplo, los asientos 19 y las correas 25 de un dispositivo 9 de elevación.

55 La realización del dispositivo de elevación de palas de turbina eólica inventivo difiere del sistema de elevación descrito con respecto a las figuras 1 a 3 en que el cable 113 de control no se conecta directamente al brazo 105 de grúa sino que se conecta al brazo 105 de grúa indirectamente mediante cuerdas 121A, 121B de guiado. Por tanto, el brazo 105 de grúa de la segunda realización comprende un larguero 119 transversal montado en una sección superior del

brazo 105 de grúa desde el que se extienden las cuerdas 121A, 121B de guiado tensadas hasta una disposición de cabrestantes (no mostrada) en el extremo inferior del brazo 105 de grúa. Las cuerdas 121A, 121B de guiado se tensan mediante esta disposición de cabrestantes.

5 Se usa un único cable 113 de control para controlar la orientación del dispositivo 109 de elevación, y de este modo la orientación de una pala montada en el dispositivo de elevación, en un plano horizontal. El cable de control es subdividido en una primera rama 113A y una segunda rama 113B en el que cada rama comprende una sección de la longitud libre del cable 113 de control. Ambos extremos del cable 113 de control se conectan a un carrete de un cabrestante 123, y ambos extremos del cable de control puede enrollarse o desenrollarse del carrete del cabrestante para acortar o alargar la longitud libre del cable 113 de control, respectivamente, mediante el giro del carrete. Aunque
10 ambos extremos se conectan a un único cabrestante 123, también podrían estar presentes dos cabrestantes individuales, uno para cada extremo del cable 113 de control. Sin embargo, usar un único cabrestante tiene la ventaja de que la longitud del cable de control puede controlarse controlando sólo un único cabrestante.

15 Una sección intermedia del cable 113 de control se enrolla alrededor del carrete de un segundo cabrestante 125. La sección intermedia se asemeja a una sección de transición entre la primera rama 113A y la segunda rama 113B. Mediante el giro del carrete del segundo cabrestante, puede transferirse una longitud del cable de control de una rama a la otra.

20 La configuración de la disposición de cabrestantes que comprende los cabrestantes 123 y 125, así como la disposición del cable 113 de control se representa esquemáticamente en la figura 5. La figura muestra una vista desde arriba sobre el bastidor 117, el brazo 105 de grúa y el larguero 119 transversal. El cable 113 de control, que se fija con ambos de sus extremos al carrete del primer cabrestante 123, discurre por dos poleas 127 de desviación hasta una disposición de poleas que comprende una primera polea 129A y una segunda polea 131A (puede verse la totalidad de la disposición de poleas en la figura 4) y desde allí de vuelta hasta una polea 127 de desviación y hasta el carrete del segundo cabrestante 125. El cable 113 de control no se fija al carrete del segundo cabrestante 125 sino que se enrolla una o más veces alrededor del mismo. La sección del cable 113 de control que discurre desde el primer cabrestante 123 por la disposición 129A, 131A de poleas hasta el segundo cabrestante 125 forma la primera rama 113A de la longitud libre del cable de control. Desde el segundo cabrestante 125 de la disposición de cabrestantes el cable de control discurre por una polea de desviación adicional hasta una polea 129B de una disposición de poleas ubicada entre el cable 113 de control y la segunda cuerda 121B de guiado y desde allí por poleas 127 de desviación adicionales de vuelta al carrete del primer cabrestante 123 al que también se fija el segundo extremo del cable 113 de control.

30 Tal como puede observarse en la figura 5, el enrollado de los extremos del cable de control en el carrete del primer cabrestante 123 tirará del bastidor 117, al que se fija la disposición de cabrestantes, hacia el brazo 105 de grúa. Por otra parte, el desenrollado de los extremos del cable 113 de control del cabrestante 123 permitirá que se mueva el bastidor 117 alejándose del brazo 105 de grúa. Además, el giro del carrete del segundo cabrestante 125 transferirá longitud libre de una de las ramas 113A, 113B a la otra rama respectiva. Esto conduce a un acortamiento de una rama y, al mismo tiempo, a un alargamiento de la otra rama respectiva. Mediante estos medios, puede cambiarse el ángulo del bastidor 117 en un plano horizontal, por ejemplo en relación al travesaño 119, controlando el segundo cabrestante 125. En la figura 5, el lado largo del bastidor 117 discurre más o menos en paralelo al travesaño 119. Si se girase ahora el carrete del segundo cabrestante 125 de manera que se transfiriera longitud libre del cable 113 de control de la primera rama 113A a la segunda rama 113B, el extremo de la primera rama del bastidor 117 se movería hacia la polea 129A, mientras que el extremo de la segunda rama del bastidor 117 se movería alejándose de la polea 129B. Como consecuencia, el extremo de la primera rama se giraría hacia la cuerda 121A de guiado mientras que el otro extremo se movería alejándose de la cuerda 121B de guiado. Por otra parte, el giro del carrete del primer cabrestante 123 movería el bastidor 117 hacia o alejándose de las cuerdas 121A, 121B de guiado sin cambiar la orientación del bastidor 117 en el plano horizontal.

45 Como ya se mencionó, ambas ramas 113A, 113B del cable 113 de control se conectan a una cuerda 121A, 121B de guiado respectiva mediante disposiciones 129A, 131A, 129B, 131B de poleas. Estas disposiciones de poleas permiten elevar el punto de conexión entre las ramas 113A, 113B y las cuerdas 121A, 121B de guiado respectivas cuando el dispositivo 109 de elevación (con una pala de rotor de turbina eólica fijada al mismo) se eleva por medio del cable 115 de soporte. Obsérvese que a diferencia del sistema de elevación descrito con respecto a las figuras 1 a 3, el cable de soporte comprende cuatro ramas cada una de las cuales se conecta a una esquina del bastidor 117. Sin embargo el cable de soporte del sistema de elevación descrito con respecto a las figuras 1 a 3 también podría usarse en la realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo y viceversa.

55 En la realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica, la distancia de la pala desde el brazo 105 de grúa así como la orientación de la pala en el plano horizontal pueden controlarse independientemente entre sí controlando independientemente los cabrestantes 123, 125 de la disposición de cabrestantes en el bastidor 117. Las fuerzas que se ejercen por la disposición de cabrestantes y se transfieren a las disposiciones 129, 131 de poleas por el cable 113 de control se transferirán por las disposiciones de poleas a las cuerdas 121 de guiado. Mediante las cuerdas 121A, 121B de guiado, estas fuerzas se transmitirán al brazo de grúa en las ubicaciones en las que las cuerdas 121A, 121B de guiado se fijan al mismo. Puesto que las cuerdas 121A, 121B de guiado se tensan y discurren sustancialmente en paralelo al brazo de grúa, las fuerzas que se transfieren al brazo de grúa en la ubicación del travesaño 119 y los
60

cabrestantes en el extremo inferior del brazo de grúa actúan sustancialmente en paralelo al brazo 105 de grúa, lo que evita cargas que actúan en perpendicular sobre el brazo 105 de grúa.

5 La elevación de una pala de rotor de turbina eólica con la realización del sistema de elevación de palas de turbina eólica inventivo no difiere de la elevación de una pala de turbina con el sistema de elevación descrito con respecto a las figuras 1 a 3 excepto por la forma de control de la orientación del bastidor 117 y de ese modo la orientación de la pala en el plano horizontal y su distancia desde el brazo de grúa.

10 La invención proporciona una posibilidad de controlar la orientación de una pala de rotor de turbina eólica en la posición sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo, usando cables de control que conectan el sistema de elevación a un brazo de grúa. La característica de elevación de la pala de turbina eólica en la misma orientación sustancialmente horizontal que cuando se ha ajustado en el dispositivo de elevación cuando se encuentra en el suelo es ventajosa ya que esto elimina cualquier necesidad de darle la vuelta a la pala. La característica de controlar la orientación de la pala en la posición sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo, usando cables de control que conectan el sistema de elevación al brazo de grúa es ventajosa ya que elimina la necesidad de un grupo de personas emplazadas a nivel del suelo y que tratan de controlar la orientación usando largas cuerdas. Cuando se instala la pala según la invención, el operario de la grúa puede controlar tanto la elevación de altura como la orientación de la pala desde una posición de control.

15

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para montar una pala (3) de turbina eólica en un buje (1) de turbina eólica mediante el uso de un brazo (5, 105) de grúa, en el que la orientación de la pala (3) se mantiene sustancialmente horizontal cuando la pala (3) se eleva y se separa del suelo y se monta en el buje (1) de rotor, caracterizado porque se usan al menos un cable (13, 113) de control y una disposición (11, 123, 125) de cabrestantes para controlar la orientación de la pala (3) además de al menos un cable (15, 115) de soporte para soportar el peso de la pala.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se usan cables (13) de control que conectan la pala (3) mediante el brazo (5) de grúa a una disposición (11) de cabrestantes para mantener la orientación de la pala (3) sustancialmente horizontal y/o para controlar la orientación de la pala (3) en un plano sustancialmente horizontal además del al menos un cable (15) de soporte para soportar el peso de la pala.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque el procedimiento comprende las etapas de:
 - a) elevar al menos una pala (3) de turbina eólica con un sistema de elevación para la manipulación de palas (3) de turbina eólica, en el que dicha al menos una pala (3) de turbina eólica se orienta en una posición sustancialmente horizontal, usando el sistema de elevación un dispositivo (9) de elevación que está diseñado para poder unirse a la pala (3) de turbina eólica y al que se conectan los cables (13) de control y el al menos un cable (15) de soporte,
 - b) controlar la orientación de dicha al menos una pala (3) de turbina eólica en la posición sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo, usando los cables (13) de control, y
 - c) fijar dicha al menos una pala (3) de turbina eólica en una posición sustancialmente horizontal con respecto al buje (1) de turbina eólica.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende además, como etapa anterior, la etapa de elevar un buje (1) de turbina eólica hasta una góndola (33) de una turbina eólica con el sistema de elevación y montar el buje (1) en la góndola (33) o elevar el buje (1) de turbina eólica y la góndola (33) junto con el sistema de elevación y montar la góndola (33) que incluye el buje (1) en una torre (35) de turbina eólica.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se usan al menos dos cables (13) de control que pueden controlarse independientemente entre sí.
6. Procedimiento según cualquiera de las anteriores, caracterizado porque los cables (13) de control se mantienen pretensados cuando la pala (3) se eleva.
7. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque se usan una disposición (123, 125) de cabrestantes que está ubicada en un dispositivo (109) de elevación que está diseñado para poder unirse a la pala (3) de turbina eólica, y al menos un cable (113) de control que puede controlarse mediante la disposición (123, 125) de cabrestantes para controlar la distancia de la pala (3) desde el brazo (105) de grúa y/o la orientación de la pala (3) en un plano horizontal.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque se usa una disposición (123, 125) de cabrestantes con al menos un primer cabrestante (123) y un segundo cabrestante (125) para controlar el al menos un cable (113) de control, en el que la distancia de la pala (3) desde el brazo (105) de grúa se controla mediante el primer cabrestante (123) y la orientación de la pala (3) en el plano horizontal se controla mediante el segundo cabrestante (125).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado porque
 - se usa un cable (113) de control que tiene una longitud libre con al menos una primera rama (113A) que comprende una primera fracción del cable (113) de control y una segunda rama (113B) que comprende una segunda fracción del cable (113) de control, conectándose ambas ramas del cable de control directa o indirectamente al brazo (105) de grúa,
 - se controla la longitud libre del cable (113) de control mediante el primer cabrestante (123), y
 - se controla la distribución de la longitud libre del cable (113) de control a la primera fracción y la segunda fracción mediante el segundo cabrestante (125).
10. Sistema de elevación de palas de turbina eólica que comprende un dispositivo (9, 109) de elevación con un bastidor (17, 117) que está diseñado para poder conectarse a una pala (3) de turbina eólica, un brazo (5, 105) de grúa, una disposición (11, 123, 125) de cabrestantes, y al menos un cable (13, 113) de control que discurre hasta la disposición (11, 123, 125) de cabrestantes para controlar que la orientación de la pala sea sustancialmente horizontal y/o para controlar la orientación de la pala (3) en un plano sustancialmente horizontal cuando se ha elevado y separado del suelo,

caracterizado porque la disposición (123, 125) de cabrestantes está ubicada en el dispositivo (109) de elevación.

- 5
11. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según la reivindicación 10, en el que al menos una cuerda (121a, 121B) se extiende desde el extremo superior del brazo (105) hasta su extremo inferior y en el que el cable (113) de control se conecta a la al menos una cuerda (121A, 121B).
12. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según la reivindicación 11, en el que el al menos un cable (113) de control se conecta a la al menos una cuerda (121A, 121B) por medio de poleas (129A, 131A, 129B, 131B).
- 10
13. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12,
- que comprende al menos un cable (113) de control que tiene una longitud libre con al menos una primera rama (113A) que comprende una primera fracción del cable (113) de control y una segunda rama (113B) que comprende una segunda fracción del cable (113) de control, estando conectadas ambas ramas del cable (113) de control directa o indirectamente al brazo (105) de grúa, y
- 15
- en el que la disposición (123, 125) de cabrestantes comprende al menos un primer cabrestante (123) y un segundo cabrestante (125), en el que el primer cabrestante (123) está diseñado para actuar sobre el cable (113) de control para controlar su longitud libre y el segundo cabrestante (125) está diseñado para actuar sobre el cable (113) de control para controlar la distribución de la longitud libre del cable (113) de control a la primera fracción y la segunda fracción.
- 20
14. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según la reivindicación 13, en el que el cable (113) de control comprende extremos que se conectan al primer cabrestante (123) y una sección intermedia que se enrolla alrededor del segundo cabrestante (125).
- 25
15. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según la reivindicación 13 o la reivindicación 14, en el que una primera cuerda (121A) y una segunda cuerda (121B) se extienden desde el extremo superior del brazo (105) hasta su extremo inferior y en el que la primera rama (113A) y la segunda rama (113B) del cable (113) de control se conectan a la primera cuerda (121A) y la segunda cuerda (121B), respectivamente.
- 30
16. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según la reivindicación 15, en el que la primera rama (113A) y la segunda rama (113B) del cable (113) de control se conectan a la primera cuerda (121A) y la segunda cuerda (121B), respectivamente, por medio de poleas (129A, 131A, 129B, 131B).
17. Sistema de elevación de palas de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, en el que el al menos un cable (113) de control discurre sustancialmente en un plano horizontal.

FIG 1

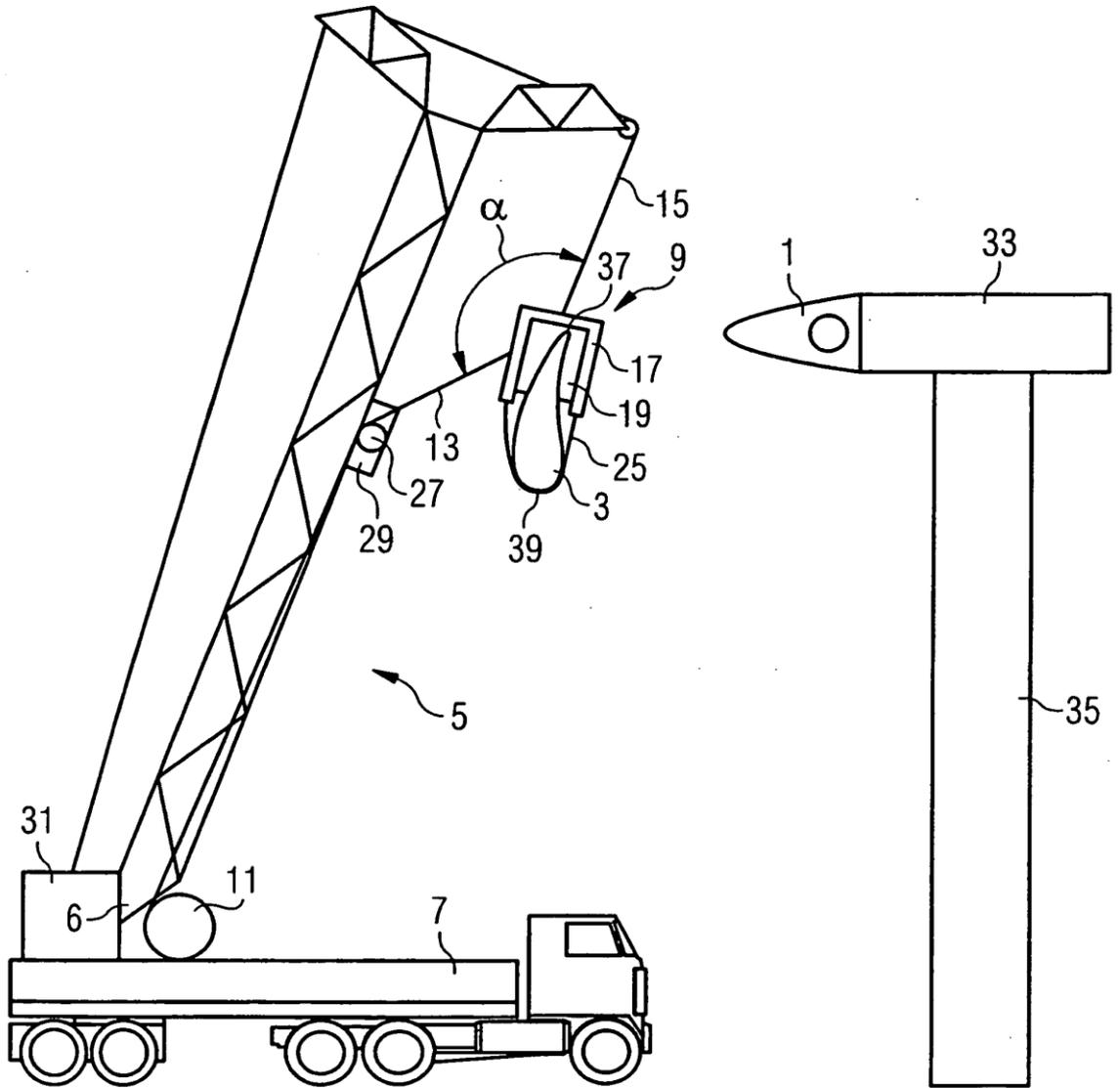


FIG 2

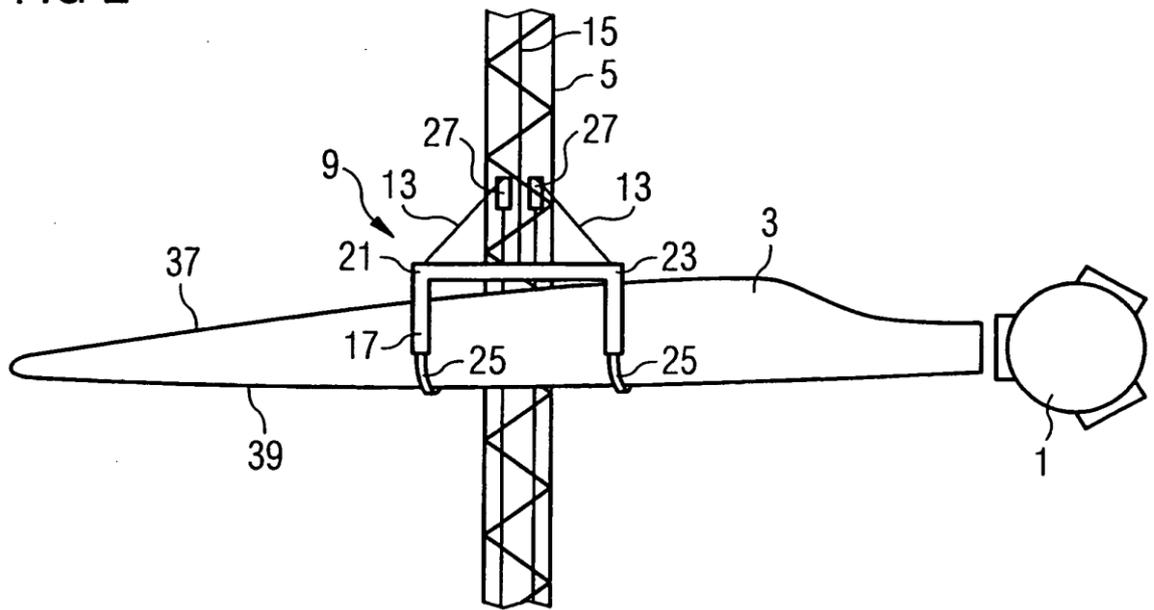
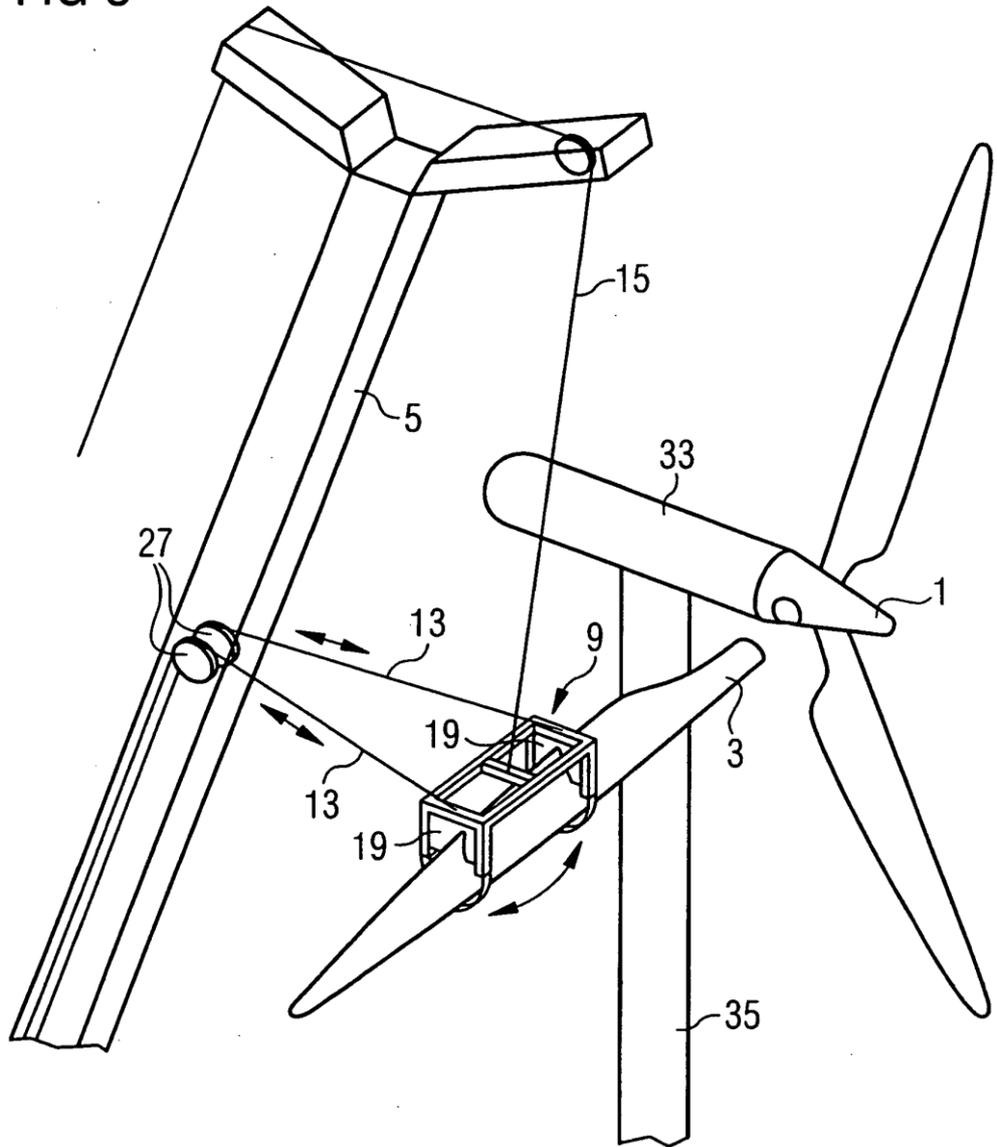


FIG 3



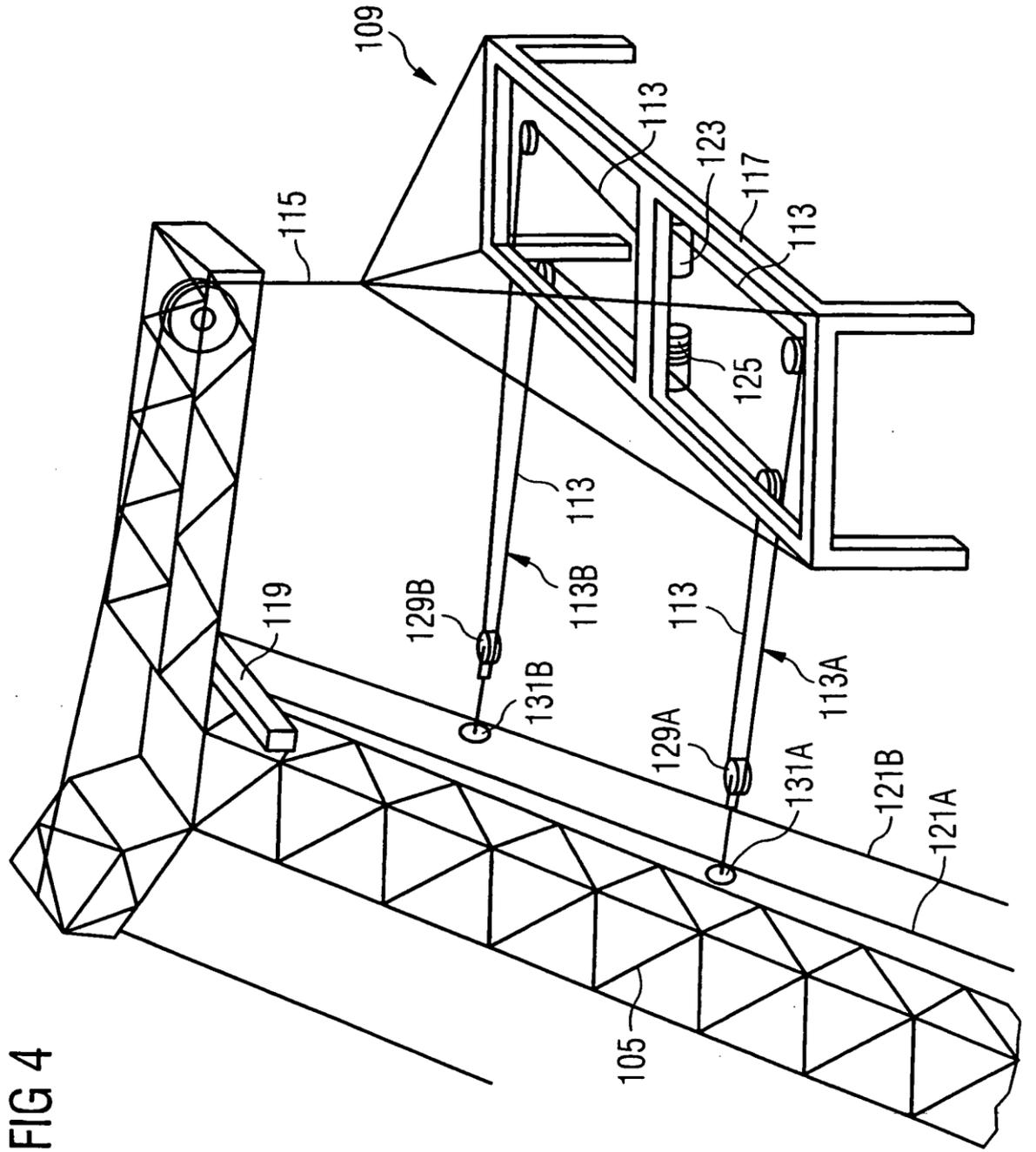


FIG 4

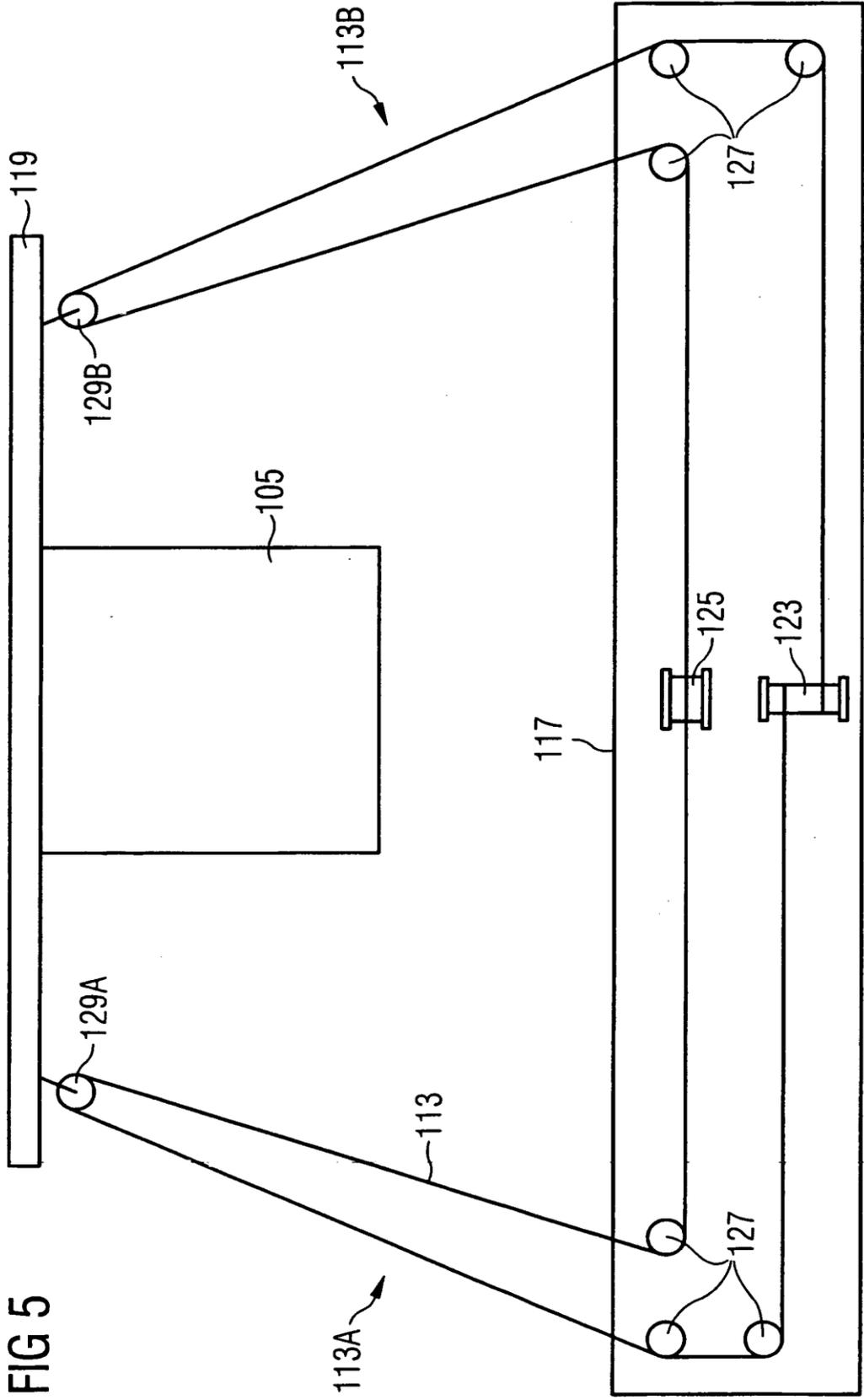


FIG 5