

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 636 289**

51 Int. Cl.:

B66C 1/10 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2012** **E 12194991 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.05.2017** **EP 2738133**

54 Título: **Elevador para manipular una pala de rotor de una turbina eólica y procedimiento de funcionamiento del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.10.2017

73 Titular/es:

AREVA WIND GMBH (100.0%)
Am Lunedeich 156
27572 Bremerhaven, DE

72 Inventor/es:

MONUX BELLOSO, OSCAR

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 636 289 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

Elevador para manipular una pala de rotor de una turbina eólica y procedimiento de funcionamiento del mismo

5 Campo de la invención

La invención se refiere a un elevador para manipular una pala de rotor de una turbina eólica, a un sistema que comprende un elevador y una pala de rotor y, además, a un procedimiento de funcionamiento del elevador.

10 Antecedentes

Una pala de rotor de una turbina eólica (también denominada una instalación de energía eólica o un convertidor de energía eólica) es una estructura sustancialmente hueca que tiene varios elementos de refuerzo estructural que están dispuestos dentro de la pala de rotor. Una superficie exterior de la pala de rotor, que está principalmente representada por un lateral de presión y un lateral de succión, no está totalmente soportada por el refuerzo estructural del interior de la pala de rotor. Por consiguiente, una pala de rotor de un aerogenerador se debe manipular con cuidado para evitar el riesgo de dañar la pala de rotor debido incluso a su propio peso. En particular, durante la instalación de una pala de rotor en un buje de rotor de un aerogenerador, la pala de rotor se debe agarrar por zonas de agarre predeterminadas que están diseñadas para soportar el peso de la pala de rotor.

Un procedimiento de uso generalizado para manipular una pala de rotor es aplicar dos bandas de tejido que están acopladas a un gancho de grúa. No obstante, el uso de bandas de tejido se restringe a la manipulación de la pala de rotor en una posición sustancialmente horizontal. Dispositivos de manipulación más complejos permiten un posicionamiento y una manipulación más flexibles de la pala de rotor. Un dispositivo de manipulación, también denominado dispositivo de agarre o elevador de pala de rotor se conoce, por ejemplo, gracias al documento WO 2012/095112 A1. El elevador de pala de rotor que se describe comprende dos mordazas de agarre que cada una tiene un par de brazos antagonistas que portan una pluralidad de almohadillas para soportar la pala de rotor por zonas de agarre predeterminadas. No obstante, la aproximación y el posicionamiento del elevador de pala de rotor se debe hacer con cuidado y de manera precisa. De lo contrario, el elevador puede dañar la pala de rotor. La alineación del elevador respecto a la pala de rotor se puede llevar a cabo usando procedimientos geométricos que pueden estar soportados por sistemas de video.

No obstante, en particular, para instalación de palas de rotor en alta mar, los procedimientos ópticos pueden estar limitados por las condiciones de visibilidad, tales como oscuridad, niebla, lluvia, etc. Además, la posición de las marcas para agarrar la pala, al ser un proceso manual, es susceptible de errores. La manipulación de una pala de rotor, en alta mar, con frecuencia requiere una barcaza grúa que tiene altos costes fijos al día. Si la instalación de la pala de rotor se demora debido a condiciones meteorológicas poco favorables o a posicionamiento incorrecto, esto resultará en gastos elevados para el fabricante u operador del aerogenerador.

En el documento WO 2010/124744 A1 se describe un dispositivo de agarre que comprende un sensor, que está adaptado para captar una distancia relativa entre la horquilla de articulación del dispositivo de agarre y la pala. El sensor aplicado es, no obstante, un sensor infrarrojo o un láser. Usar un dispositivo óptico es desventajoso en condiciones adversas en alta mar, por ejemplo, con lluvia o niebla.

En el documento WO 2011/050999 A1 se describe otro dispositivo de agarre de pala, que aplica una correa para fijar la pala de rotor en un armazón 130. Se aplica un sensor inductivo para asegurarse de que un mecanismo móvil de cinchas sujeta firmemente un enganche, que porta un extremo de la correa, en un gancho correspondiente. El sensor inductivo capta la distancia entre las vigas y la correa, tras el funcionamiento del mecanismo de guía de correa, a fin de evitar una colisión. No obstante, el sensor inductivo sólo es capaz de detectar piezas metálicas. Con frecuencia, las palas de rotor están fabricadas de material reforzado de fibra para el que un sensor inductivo no es adecuado desde el punto de vista técnico.

En el documento US 2008/006806 A1 se describe un ensamblaje de elevación que tiene una estructura de armazón con un elemento de soporte trasladable. El elemento de soporte tiene una superficie de soporte de carga y una rosca. La rosca está conectada de manera roscada a un engranaje que está en comunicación mecánica con una fuente de alimentación, que puede ser un motor eléctrico. La superficie de soporte de carga está fijada a un árbol del elemento de soporte trasladable y al menos una parte de la superficie de soporte de carga está orientada angularmente respecto al árbol. Una guía, con al menos un extremo fijado a la estructura de armazón, está adaptada para ajustar la orientación de rotación de la superficie de soporte de carga. Las fuentes de alimentación que se usan para mover el elemento de soporte se pueden controlar con equipos electrónicos dispuestos en la estructura de armazón del ensamblaje de elevación y/o fijados a la misma. Los equipos electrónicos pueden comprender sensores adaptados para recibir datos relativos a posición o a otras características de los elementos de soporte o del objeto que se está agarrando. Los sensores se pueden seleccionar de entre el grupo constituido por sensores de par, sensores de presión, sensores de posición, sensores de deformación, sensores ópticos, sensores de sonido, sensores sísmicos, sensores acústicos, sensores inductivos, sensores capacitivos, sensores magnéticos, sensores

de temperatura, sensores de vibraciones, sensores de oscilaciones, sensores inteligentes y sensores de peso.

5 En el documento WO 2012/167788 A2 se describe un dispositivo de elevación para conectar dos segmentos de pala de rotor de una turbina eólica en la ubicación de la turbina eólica. El dispositivo de elevación está adaptado para moverse en la dirección longitudinal de la pala de rotor, el dispositivo de elevación comprende una estructura de
 10 armazón, medios para soportar y guiar la estructura de armazón respecto a la pala de rotor, medios para bajar y/o elevar la estructura de armazón respecto a la pala de rotor, medios para elevar y/o bajar un segmento de pala de rotor. El dispositivo de elevación puede comprender un sistema de control para controlar automáticamente dispositivos de accionamiento, medios de izada, etc. del dispositivo sobre la base de, por ejemplo, sensores
 15 giroscópicos, sensores de presión, sensores ópticos, sensores de medición de deformación y/u otros sensores. En el documento EP 2708487 A1 se describe un elevador y un procedimiento para elevar una pala de rotor que comprende un detector para inspección visual de una marca invisible sobre una superficie de la pala de rotor. El documento EP 2708487 A1 es un documento según el Artículo 54(3) del CPE, en el que, no obstante, no se determinan una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos a lo largo de varias secciones transversales de la pala de rotor a partir de un modelo de la pala de rotor.

Sumario de la invención

20 Un objetivo de la invención es proporcionar un elevador para manipular una pala de rotor que pueda funcionar de manera fiable en distintas condiciones meteorológicas. Además, un objetivo de la invención es proporcionar un sistema mejorado que comprende un elevador y una pala de rotor y un procedimiento más fiable de funcionamiento de un elevador para manipular una pala de rotor. Otro objetivo de la invención es proporcionar un procedimiento para calibrar un sistema de un elevador.

25 El objetivo de la invención se logra con la parte caracterizadora de las reivindicaciones independientes.

Por consiguiente, se proporciona un elevador para manipular una pala de rotor de una turbina eólica. El elevador comprende al menos un dispositivo, en particular, una mordaza de agarre, para contactar una superficie exterior de la pala de rotor. El elevador comprende además un sistema basado en ondas no ópticas para detectar una posición de la pala de rotor respecto al elevador. En el contexto de la presente memoria descriptiva, una posición de una pala de rotor se refiere a una distancia y a una alineación de la pala de rotor respecto al elevador.

30 El sistema basado en ondas no ópticas puede estar configurado para llevar a cabo una medición de distancia en función de una medición no óptica. En particular, el sistema basado en ondas no ópticas puede ser un sistema de radar o un sistema que funciona usando ondas sonoras, por ejemplo, un sistema de ultrasonido. Sin limitar el alcance de la invención, se explicarán otros detalles y características haciendo referencia a un elevador que comprende un sistema de radar que tiene al menos un transductor de radar. No obstante, el elevador puede asimismo estar provisto, por ejemplo, de transductores de ultrasonido.

40 De manera ventajosa, la determinación de una posición de la pala de rotor usando un sistema de radar es rigurosa y fiable, incluso en condiciones adversas en alta mar, como con polvo, niebla o lluvia. Un sistema de radar no será propenso a errores en tales condiciones como, por ejemplo, un sistema visual. Además, el sistema de radar ofrece un efecto ventajoso: cuanto menor sea la distancia entre el elevador y la pala, mejor será la resolución de la señal de radar. Por consiguiente, la posición determinada de la pala de rotor respecto al elevador es más precisa y más fiable
 45 con menor distancia entre las dos piezas. Esto es ventajoso porque el riesgo de dañar la pala de rotor, debido a una colisión entre la pala de rotor y el elevador, aumenta con menor distancia entre las dos piezas. De manera ventajosa, el sistema de radar proporciona una señal que es más precisa y más fiable cuando el elevador se aproxima a la pala de rotor. Esto permite un guiamiento preciso y minucioso del elevador, en particular, en fases críticas del agarre de la pala de rotor.

50 El elevador según aspectos de la invención puede estar provisto de sistemas adicionales para medir una posición de la pala de rotor respecto al elevador. Por ejemplo, el sistema de radar se puede combinar con un sistema de ultrasonido, un sistema de inspección por video y/o un sistema de posicionamiento por láser. De manera ventajosa, los distintos sistemas no interfieren entre sí y no hay interferencia entre los valores medidos. Asimismo, no hay
 55 interferencia entre un sistema de radar y, por ejemplo, una medición de GPS, un sistema de posicionamiento que usa RFID, una medición de posición ultrasónica o inclinómetros. Cada uno o una pluralidad de dichos sistemas alternativos para medición de posición se puede combinar, de manera ventajosa, en un elevador según otras formas de realización de la invención. Los distintos sistemas se pueden complementar y ayudar.

60 Un elevador que tiene un sistema de radar es ventajoso además porque no es necesario marcar las palas de rotor de la turbina eólica. Si la alineación de la pala de rotor se basa en inspección visual, por ejemplo, usando un sistema de video o la posición de la pala de rotor se determina usando un sistema de RFID, la pala de rotor debe estar provista de marcas adecuadas. Además, un sistema de radar ofrece un gran alcance de detección que puede ser de, aproximadamente, 30 m o superior.

65 Según una forma de realización de la invención, el elevador puede comprender al menos un inclinómetro para

- 5 determinar una orientación del elevador. En particular, dicho inclinómetro puede estar configurado para determinar un ángulo de inclinación horizontal del elevador, que se puede deber a una rotación del elevador alrededor de una dirección transversal vertical. En otra forma de realización de la invención, el elevador puede comprender más de un inclinómetro, en particular, un inclinómetro para cada dirección de espacio. Más en particular, el elevador puede comprender un inclinómetro para el cuerpo principal y dos inclinómetros más para cada mordaza de agarre. De manera ventajosa, este sistema de inclinómetros permite determinar la orientación del elevador. En función de información sobre la orientación en el espacio, el elevador se puede alinear respecto a la pala de rotor.
- 10 Según una forma de realización ventajosa de la invención, el al menos un dispositivo para contactar la superficie exterior de la pala de rotor puede proyectarse desde una estructura de soporte del elevador en una dirección de aproximación. El sistema de radar puede comprender un transductor de radar que tiene una dirección de emisión, que sustancialmente se dirige hacia la dirección de aproximación. Para agarrar la pala de rotor, el elevador se aproxima a la pala de rotor sustancialmente en la dirección de aproximación. Dos transductores de radar pueden estar colocados a lo largo de la estructura del elevador, que puede estar sustancialmente paralela a la pala de rotor, cuando el elevador se aproxima a la pala de rotor. Los dos transductores de radar pueden estar dispuestos en el elevador y pueden tener una dirección de emisión en una dirección tal que las mordazas de agarre no produzcan reflejos.
- 15 El al menos un transductor de radar puede estar configurado para emitir una señal de radar primaria y para detectar una señal de radar secundaria, que se refleja en la pala de rotor. Una señal de radar secundaria también se conoce como una señal de eco. La posición de la pala de rotor se puede determinar usando dicho al menos un transductor de radar.
- 20 De manera ventajosa, el elevador puede comprender una estructura de soporte, un primer dispositivo y un segundo dispositivo para contactar la superficie exterior de la pala de rotor. El primer dispositivo y el segundo dispositivo pueden estar montados en la estructura de soporte y pueden tener un espacio libre entre sí que define una primera dirección transversal. El sistema de radar puede comprender un primer transductor de radar y un segundo transductor de radar que pueden estar montados entre la estructura de soporte y que pueden tener un segundo espacio libre entre sí. El segundo espacio libre define una segunda dirección transversal. La primera y la segunda dirección transversal pueden ser sustancialmente paralelas entre sí. En particular, el segundo espacio libre puede ser mayor que el primer espacio libre. El elevador, según esta forma de realización de la invención, puede determinar un ángulo de inclinación entre una dirección transversal del elevador y una dirección longitudinal de la pala de rotor. La determinación del ángulo de inclinación se puede llevar a cabo en función de la triangulación. El segundo espacio libre entre el primer y el segundo transductor de radar define una longitud de base para la triangulación. Esta distancia se puede corregir una vez detectado un cambio del perfil aerodinámico de la pala de rotor. Se usará una distancia mínima como primer punto para determinar el perfil de la pala de rotor. Un segundo punto dará un estimado del ángulo de inclinación. La exactitud de la triangulación aumenta con una mayor longitud de base. Una longitud de base máxima y una exactitud máxima se pueden lograr cuando el primer transductor de radar y el segundo transductor de radar están dispuestos en extremos sustancialmente opuestos del elevador, cuando se considera en la dirección transversal.
- 25 Según otra forma de realización ventajosa de la invención, el primer dispositivo es una primera mordaza de agarre y el segundo dispositivo es una segunda mordaza de agarre. Cada mordaza de agarre puede comprender un par de brazos antagonistas que se pueden mover o girar uno respecto a otro. Una dirección de movimiento de al menos uno de los brazos de la mordaza de agarre define un plano de agarre. En particular, la dirección de aproximación puede ser paralela al plano de agarre. El primer y el segundo transductor de radar tienen una primera y una segunda dirección de emisión, respectivamente. Las direcciones de emisión de los transductores de radar pueden estar inclinadas respecto al plano de agarre. En particular, la dirección de emisión del primer transductor de radar puede estar inclinada hacia el segundo transductor de radar. Asimismo, la dirección de emisión del segundo transductor de radar puede estar inclinada hacia el primer transductor de radar. Según una forma de realización ventajosa de la invención, un ángulo de inclinación entre el plano de agarre y la dirección de emisión de los transductores de radar puede ser superior a cero e inferior a la dispersión del radar propiamente dicho, que normalmente es inferior a 45°. En particular, el ángulo de inclinación puede ser inferior a un ángulo que está definido por un ángulo de abertura del haz del transductor de radar. En particular, el ángulo puede ser inferior a 15° y superior a 0°. Según otra forma de realización de la invención, el ángulo de inclinación puede ser sustancialmente igual a 5°.
- 30 De manera ventajosa, la inclinación de los transductores de radar aumenta la fiabilidad de una medición del ángulo de inclinación entre la dirección transversal del elevador y la dirección longitudinal de la pala. Los intervalos y valores que se han mencionado para el ángulo de inclinación de los transductores de radar resultaron ventajosos en varios experimentos.
- 35 En otra forma de realización ventajosa de la invención, el sistema de radar comprende un tercer transductor de radar y un cuarto transductor de radar. El tercer transductor de radar puede estar montado en un primer brazo y el cuarto transductor de radar puede estar montado en un segundo brazo de la mordaza de agarre. En particular, una dirección de emisión del tercer transductor de radar y una dirección de emisión del cuarto transductor de radar se cruzan en un ángulo obtuso. Pueden estar dispuestos para estar sustancialmente opuestos entre sí. Esto se puede
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

- 5 considerar cuando la mordaza de agarre está en una posición cerrada. El tercer y el cuarto transductor de agarre se pueden activar durante el paso de la mordaza de agarre sobre la pala de rotor a fin de detectar y evitar posibles colisiones con la pala de rotor durante el funcionamiento del elevador. Los valores medidos del tercer y el cuarto transductor de radar se pueden aplicar para detectar o para verificar una posición de los brazos de la mordaza de agarre. Además, una vez que el elevador se ha aproximado satisfactoriamente a la pala de rotor, el tercer y el cuarto transductor de radar pueden proporcionar valores de medición que indiquen una distancia entre uno respectivo de los brazos y la pala de rotor. Esto puede ser útil para guiar los brazos abiertos de la mordaza de agarre por la pala de rotor.
- 10 Según otra forma de realización de la invención, el elevador puede estar configurado para activar el primer y el segundo transductor de radar tras la activación del elevador propiamente dicho. No obstante, si una distancia entre el elevador y la pala de rotor es superior a una pequeña distancia predefinida, los transductores de radar pueden funcionar de manera discontinua. La distancia predefinida depende del tamaño de la pala de rotor y del reflejo de la pala de rotor. En particular, dicha distancia predefinida puede ser de, aproximadamente, 4 m. Cuando la distancia entre el elevador y la pala de rotor es inferior a 1,5 m, los transductores de radar se pueden conmutar a funcionamiento continuo. Esta activación gradual de los transductores de radar puede ser ventajosa respecto al consumo de potencia del elevador, que puede ser un dispositivo alimentado por baterías. Una reducción del consumo de potencia prolongará la duración de las baterías. Esto aumenta el tiempo de funcionamiento del elevador.
- 15 Según otra forma de realización ventajosa de la invención, el elevador puede comprender además un quinto transductor de radar, que puede estar montado en el primer o en el segundo brazo de la mordaza de agarre. El quinto transductor de radar puede estar dispuesto en la mordaza de agarre para tener una dirección de emisión que esté inclinada respecto a una línea que conecta el tercer y el cuarto transductor de radar. De manera ventajosa, un perfil aerodinámico de la pala de rotor se puede inspeccionar desde distintos ángulos. Para determinación de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor, puede ser favorable disponer sustancialmente el tercer, el cuarto y el quinto transductor en un plano común. El plano común puede ser además sustancialmente paralelo al plano de agarre.
- 20 De manera ventajosa, el elevador puede comprender además una unidad de control que tiene un modelo de la pala de rotor. Según esta forma de realización de la invención, la unidad de control puede estar configurada para evaluar valores medidos de al menos uno del tercer al quinto transductor de radar. En función de dichos valores, la unidad de control puede determinar al menos una sección de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor. Además, la unidad de control puede estar configurada para calcular una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos a lo largo de varias secciones transversales de la pala de rotor a partir del modelo de la pala de rotor. La unidad de control del elevador puede estar configurada además para ajustar al menos la sección determinada del perfil aerodinámico a uno de la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos, que se han calculado para varias secciones transversales de la pala de rotor. Una posición longitudinal del elevador, respecto a la pala de rotor, se puede calcular en función del resultado del ajuste.
- 25 En particular, la etapa de ajustar el perfil aerodinámico puede comprender una determinación de la desviación entre el perfil aerodinámico teórico y el perfil aerodinámico determinado. La sección aerodinámica de una pala de rotor varía a lo largo de su longitud. Un perfil aerodinámico, que se considera a lo largo de una sección transversal específica de la pala de rotor, se puede identificar con dicha posición longitudinal específica. Es decir, un perfil aerodinámico específico se puede identificar claramente con la posición longitudinal de la sección transversal correspondiente. El perfil aerodinámico determinado se puede ajustar a un perfil aerodinámico teórico (de la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos) que tiene una desviación mínima. Se conoce una posición longitudinal del perfil aerodinámico teórico ajustado. En función de dicha información, se puede calcular una posición longitudinal del elevador. De manera ventajosa, la posición longitudinal del elevador respecto a la pala de rotor se puede determinar sin necesidad de marcas en la pala. Esto es especialmente ventajoso porque no hay garantía de que las marcas se hagan de forma exacta.
- 30 El sistema de radar puede funcionar en la banda K que tiene una frecuencia de entre 12,8 GHz y 18 GHz. Esto es aplicable de manera ventajosa a todas las formas de realización de la invención.
- 35 Según otro aspecto ventajoso de la invención, se proporciona un sistema que comprende un elevador, según aspectos de la invención, y una pala de rotor. La pala de rotor puede comprender un reflector de radar que se proyecta sustancialmente entre una raíz y una punta de la pala de rotor. En particular, el reflector de radar puede estar integrado en la pala de rotor. Además, el reflector de radar puede ser una malla de protección contra rayos que está integrada en la pala de rotor. Una estructura de fibra de carbono de la pala propiamente dicha también puede formar el reflector de radar. El reflector de radar aumentará la visibilidad de la pala de rotor para el sistema de radar.
- 40 Según otro aspecto ventajoso de la invención, se proporciona un procedimiento de funcionamiento de un elevador para manipular una pala de rotor de una turbina eólica. El elevador comprende al menos un dispositivo, en particular, una mordaza de agarre, para contactar una superficie exterior de la pala de rotor. El elevador comprende además un sistema basado en ondas no ópticas. En particular, este puede ser un sistema de radar. No obstante, también se
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

- 5 puede aplicar un sistema de ultrasonido. Sin limitar el alcance de la invención, se hará referencia a un sistema de radar. Dicho sistema de radar está configurado para emisión de una señal de radar primaria y para detección de una señal de radar secundaria. Se emite una señal de radar primaria en una dirección de la pala de rotor. Se detecta una señal de radar secundaria, que se ha reflejado en la pala de rotor. Se analiza la señal de radar secundaria para determinar una posición de la pala de rotor respecto al elevador. Las mismas ventajas o similares, que se han mencionado respecto al elevador según aspectos de la invención, son aplicables, del mismo modo o similar, al procedimiento según aspectos de la invención y no se repetirán.
- 10 Se determina al menos una sección de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor. A partir del modelo de la pala de rotor se determinan una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos a lo largo de varias secciones transversales de la pala de rotor. Al menos la sección determinada del perfil aerodinámico se ajusta a uno de la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos. En función de un resultado del ajuste se determina una posición longitudinal del elevador respecto a la pala de rotor.
- 15 En otra forma de realización ventajosa de la invención, el elevador comprende al menos una mordaza de agarre que tiene un par de brazos antagonistas que se pueden mover uno respecto a otro. Una dirección de movimiento de al menos uno de los brazos de la mordaza de agarre define un plano de agarre. Se puede determinar un ángulo de inclinación entre el plano de agarre del elevador y una dirección longitudinal de la pala de rotor. Además, a partir del modelo se pueden determinar una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos inclinados a lo largo de secciones transversales inclinadas de la pala de rotor. Los perfiles aerodinámicos inclinados pueden estar inclinados respecto a la dirección longitudinal de la pala de rotor de modelo en un ángulo que es sustancialmente igual al ángulo de inclinación determinado. De manera ventajosa, se puede determinar una dirección longitudinal del elevador, aunque el elevador esté inclinado respecto a la pala de rotor. La dirección longitudinal determinada se puede promediar con ambos perfiles, lo que resulta en una medición de distancia más fiable.
- 20 La dirección longitudinal determinada también se puede determinar comparando el perfil aerodinámico medido con un perfil aerodinámico teórico promedio. Los perfiles aerodinámicos teóricos inclinados se pueden asignar a secciones transversales inclinadas independientes en posiciones específicas de la pala de rotor. Promediando los perfiles aerodinámicos teóricos a partir del modelo, se pueden determinar posiciones longitudinales entre las posiciones independientes a lo largo de las que se calculan perfiles aerodinámicos teóricos. Se puede llevar a cabo una medición de distancia más precisa.
- 25 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento de calibración del sistema basado en ondas no ópticas, en particular, un sistema de radar, de un elevador según aspectos de la invención. El procedimiento de calibración puede ser una parte del procedimiento de funcionamiento del elevador según aspectos de la invención. Por ejemplo, la calibración puede ser al principio del funcionamiento del elevador.
- 30 Según el procedimiento de calibración del sistema basado en ondas no ópticas, se puede aplicar un dispositivo óptico, en particular, un sistema de láser, para medir las condiciones atmosféricas. Por ejemplo, se puede determinar una presión atmosférica, la humedad y/o una salinidad de la atmósfera. Esta información se puede aplicar para calibrar los transductores del sistema basado en ondas no ópticas, en particular, los transductores de radar. Las condiciones atmosféricas determinadas se pueden tener en cuenta para la medición de distancia de los transductores. Además, se puede proporcionar un procedimiento alternativo o adicional para calibrar el sistema basado en ondas no ópticas, en particular, el sistema de radar. Una pieza metálica o una pieza de la pala de rotor se puede colocar delante de un transductor a una distancia conocida. Se puede llevar a cabo una medición y se pueden leer los valores medidos. Los valores de medición del transductor se pueden comparar con la distancia conocida del objeto, es decir, la pieza metálica o la pieza de la pala de rotor. Una distancia medida se puede comparar con la distancia conocida del objeto y el transductor se puede calibrar a las condiciones atmosféricas. En particular, el transductor se puede calibrar a un grado de salinidad, de humedad y/o a una presión atmosférica.
- 35
- 40
- 45
- 50
- Breve descripción de los dibujos**
- 55 Otros aspectos y características de la invención se derivan de la siguiente descripción de formas de realización preferentes de la invención en relación con los dibujos adjuntos, en los que
- la figura 1 es una vista en perspectiva simplificada que muestra un elevador, según una forma de realización de la invención, que va a agarrar una pala de rotor de una turbina eólica,
- 60 la figura 2 es una vista de frente simplificada del elevador,
- la figura 3 es una vista desde arriba simplificada que muestra el elevador, que se aproxima a una pala de rotor,
- la figura 4 es una vista en perspectiva simplificada que muestra un elevador según otra forma de realización de la invención, en la que el elevador va a agarrar una pala de rotor,
- 65 las figuras 5 y 6 son vistas laterales simplificadas que muestran mordazas de agarre de un elevador según una

forma de realización de la invención,

la figura 7 es una vista desde arriba simplificada que muestra un perfil aerodinámico simplificado a lo largo de una sección transversal de una pala de rotor y transductores de radar que están dispuestos alrededor de la pala de rotor,

la figura 8 es una vista desde arriba en detalle, simplificada, de una pala de rotor, en la que se ilustran una pluralidad de secciones transversales a lo largo de las que se puede calcular un perfil aerodinámico a partir de un modelo de la pala de rotor y

la figura 9 es otra vista desde arriba simplificada de un elevador según otra forma de realización de la invención.

Descripción detallada de una forma de realización de ejemplo

La figura 1 es una vista en perspectiva simplificada que muestra un elevador 2 según una primera forma de realización de la invención. La figura 1 ilustra una situación en la que el elevador 2 va a agarrar una pala de rotor 4 de una turbina eólica. El elevador 2 comprende un primer dispositivo 6 y un segundo dispositivo 8 para contactar una superficie exterior de la pala de rotor 4. La superficie exterior de la pala de rotor 4 está representada principalmente por un lateral de presión y un lateral de succión. Cada uno del primer y el segundo dispositivo 6, 8 porta una pluralidad de almohadillas (no se muestran) para soportar la pala de rotor 4 en zonas de agarre predeterminadas. A pesar de que los dispositivos 6, 8 para contactar la superficie exterior de la pala de rotor 4 pueden estar configurados para tener varios diseños, se hará referencia a una forma de realización de un elevador 2 que tiene mordazas de agarre. El primer dispositivo 6 para contactar una superficie exterior de la pala de rotor 4 es una primera mordaza de agarre 6. El segundo dispositivo 8 para contactar una superficie exterior de la pala de rotor 4 es una segunda mordaza de agarre 8.

La primera mordaza de agarre 6 comprende un primer brazo 10 y un segundo brazo 12. Asimismo, la segunda mordaza de agarre 8 comprende un primer brazo 14 y un segundo brazo 16. El primer brazo 10 de la primera mordaza de agarre 6 y el primer brazo 14 de la segunda mordaza de agarre 8 están montados en una estructura de soporte 18. Los segundos brazos 12, 16 de las mordazas de agarre 6, 8 están acoplados, de manera que pueden pivotar, a los primeros brazos 10, 14, respectivamente. La figura 1 muestra las mordazas de agarre 6, 8 en posición abierta. En una posición cerrada de las mordazas de agarre 6, 8, almohadillas de contacto (no se muestran), que pueden estar dispuestas en los brazos 10, 12, 14, 16 de las mordazas de agarre 6, 8, soportan la superficie exterior de la pala de rotor 4 para elevar y manipular la misma, en particular, durante la instalación en un buje de rotor de una turbina eólica. El elevador 2 propiamente dicho se puede manipular usando una grúa. Un elemento de conexión 20 puede estar configurado para estar montado, por ejemplo, en un gancho de grúa durante el funcionamiento del elevador 2.

El elevador 2 puede estar provisto de un sistema de radar para detectar una posición de la pala de rotor 4 respecto al elevador 2. El sistema de radar puede comprender una pluralidad de transductores de radar que pueden estar dispuestos en varias posiciones del elevador 2. Según la forma de realización de la figura 1, el sistema de radar comprende un primer transductor de radar 22 y un segundo transductor de radar 24.

Según otra forma de realización de la invención, el elevador 2 puede estar provisto de un sistema basado en ondas no ópticas, que puede estar configurado para llevar a cabo una medición de distancia en función de una medición no óptica. En particular, el sistema basado en ondas no ópticas puede ser un sistema de radar. No obstante, el sistema puede ser un sistema que funciona usando ondas sonoras, por ejemplo, un sistema de ultrasonido. El elevador 2 puede, asimismo, estar provisto de transductores de ultrasonido, que pueden estar dispuestos en el elevador de un modo similar a los transductores de radar. En particular, el primer transductor de radar 22 y un segundo transductor de radar 24 se pueden sustituir, por ejemplo, por transductores de ultrasonido adecuados.

El primer transductor de radar 22 y el segundo transductor de radar 24 pueden estar montados en la estructura de soporte 18 del elevador 2. Una dirección de emisión de al menos uno de los transductores de radar 22, 24 puede estar alineada hacia una dirección de aproximación A del elevador 2. La dirección de aproximación A es una dirección a lo largo de la que el elevador 2 se aproxima a la pala de rotor 4 cuando va a agarrar la pala de rotor 4. El elevador 2 puede comprender además una unidad de control 3 para obtener y analizar los valores medidos de los transductores de radar 22, 24. La unidad de control 3 puede estar configurada para determinar una posición de la pala de rotor 4 respecto al elevador 2 en función de dichos valores medidos. La unidad de control 3 puede estar dispuesta fuera del elevador 2. Por ejemplo, un panel o una estación de control, que se puede aplicar para hacer funcionar el elevador 2, puede comprender la unidad de control 3.

La figura 2 es una vista de frente simplificada que muestra el elevador 2 según la forma de realización de la figura 1. La primera mordaza de agarre 6 y la segunda mordaza de agarre 8 están montadas en la estructura de soporte 18 del elevador 2 para tener un espacio libre B1 entre sí. El primer espacio libre B1 define una primera dirección transversal. El primer transductor de radar 22 y el segundo transductor de radar 24 están montados en la estructura de soporte 18 para tener un segundo espacio libre B2 entre sí. El segundo espacio libre B2 define una segunda dirección transversal. En particular, la primera dirección transversal puede ser sustancialmente paralela a la segunda

5 dirección transversal. La primera y la segunda dirección transversal pueden ser sustancialmente iguales a una dirección transversal del elevador 2. Además, el segundo espacio libre B2 puede ser mayor que el primer espacio libre B1. Los brazos antagonistas 10, 12 y 14, 16 de una respectiva de las mordazas de agarre 6, 8 se pueden mover unos respecto a otros. En particular, un primer y un segundo brazo 12, 16 de la primera y la segunda mordaza de agarre 6, 8 se pueden mover alrededor de un primer eje de pivote 30 y un segundo eje de pivote 32, respectivamente.

10 La figura 3 es una vista desde arriba simplificada que muestra el elevador 2 y la pala de rotor 4, en la que el elevador 2 se aproxima a la pala de rotor 4 en la dirección de aproximación A. El primer transductor de radar 22 y el segundo transductor de radar 24 (no se muestran en la figura 3) emiten un primer cono de radar 26 y un segundo cono de radar 28, respectivamente. El primer cono de radar 26 tiene una primera dirección de emisión A1. El segundo cono de radar 28 tiene una segunda dirección de emisión A2. Un movimiento del segundo brazo 12 entre una posición abierta y una posición cerrada de la primera mordaza de agarre 6 define un primer plano de agarre E1. Asimismo, el movimiento del segundo brazo 16 de la segunda mordaza de agarre 8 define un segundo plano de agarre E2. Los planos de agarre E1, E2 pueden ser sustancialmente paralelos entre sí. Pueden ser perpendiculares a una dirección transversal del elevador 2. Además, la dirección de aproximación A del elevador 2 puede ser sustancialmente paralela a los planos de agarre E1, E2.

20 Una dirección de emisión A1, A2 del primer transductor de radar 22 y del segundo transductor de radar 24 puede estar inclinada respecto a uno respectivo de los planos de agarre E1, E2. La primera dirección de emisión A1 del primer transductor de radar 22 puede estar inclinada hacia el segundo transductor de radar 24. Asimismo, la segunda dirección de emisión A2 del segundo transductor de radar 24 puede estar inclinada hacia el primer transductor de radar 22. Un primer ángulo de inclinación α_1 entre la primera dirección de emisión A1 y el primer plano de agarre E1 puede ser superior a cero e inferior a 15° . En particular, el primer ángulo de inclinación α_1 puede ser sustancialmente igual a 5° . Un segundo ángulo de inclinación α_2 entre la segunda dirección de emisión A2 y el segundo plano de agarre E2 también puede ser superior a cero e inferior a 15° . En particular, el segundo ángulo de inclinación α_2 puede ser sustancialmente igual a 5° .

30 El primer transductor de radar 22 y el segundo transductor de radar 24 pueden estar configurados para emitir señales de radar primarias en una dirección hacia la pala de rotor 4. Además, pueden estar configurados para detectar señales de radar secundarias, o ecos de radar, que se reflejan en la pala de rotor 4. Las señales de radar secundarias se pueden analizar en la unidad de control 3 (no se muestra en la figura 3), que puede ser una parte del sistema de radar. En particular, dicho análisis puede revelar una distancia entre el elevador 2 y la pala de rotor 4. Además, se puede determinar un ángulo de inclinación β entre el elevador 2 y la pala de rotor 4. El ángulo de inclinación β puede ser un ángulo entre la dirección de aproximación A del elevador 2 y la dirección longitudinal C de la pala de rotor 4. Cuando el elevador 2 se aproxima a la pala de rotor 4, se puede tener en cuenta tanto la distancia como el ángulo de inclinación β para controlar el funcionamiento del elevador 2. El control del elevador 2 puede estar además soportado por sistemas de posicionamiento adicionales. Estos pueden ser, por ejemplo: un sistema de inspección visual, un GPS, un sistema de ultrasonido o un sistema de posicionamiento por láser. El sistema de radar del elevador 2 es ventajoso, entre otras cosas, debido a su gran radio de acción. No obstante, el elevador 2 puede ser un dispositivo alimentado por baterías. Para ahorrar energía, el sistema de radar puede estar configurado para hacer funcionar los transductores de radar 22, 24 en modo discontinuo. En particular, si la distancia entre la pala de rotor 4 y el elevador 2 es superior a 4 m, los transductores de radar 22, 24 pueden estar activados por un período de 0,4 s, al que sigue una pausa de 0,05 s, en la que los transductores de radar 22, 24 están desactivados. Cuando el elevador 2 se aproxima más a la pala de rotor 4, los transductores de radar 22, 24 se pueden conmutar a un modo de funcionamiento continuo. En particular, el sistema de radar puede entrar en el modo continuo cuando la distancia entre el elevador 2 y la pala de rotor 4 es inferior a 1,5 m.

50 Usando el sistema de radar se puede determinar una distancia y una desalineación horizontal (representada por el ángulo de inclinación β) del elevador 2 respecto a la pala 4. Para determinación de una desalineación vertical, se puede aplicar, por ejemplo, un sistema de láser. En ambos sistemas, la desalineación horizontal y vertical del elevador 2 respecto a la pala 4 se puede determinar por medio de trigonometría. Además, un ángulo de inclinación, que puede ser perpendicular a una dirección transversal del elevador 2 (figura 2) y perpendicular a la dirección de aproximación A, se puede determinar usando un inclinómetro 17. La inclinación, que puede ser el ángulo entre el terreno y la dirección de aproximación A, puede ser útil para guiar los brazos abiertos 12, 16 de las mordazas de agarre 6, 8 por la pala de rotor 4. Además, el inclinómetro 17 puede comprender más de un sensor. En particular, puede ser un sensor por cada dirección de espacio.

60 Para aumentar la visibilidad de la pala de rotor 4 en la imagen de radar, la pala de rotor 4 puede comprender reflectores de radar 34. Los reflectores de radar 34 pueden proyectarse sustancialmente entre una raíz 36 y una punta 38 de la pala de rotor 4. En particular, los reflectores de radar 34 pueden ser una malla pararrayos que está integrada en la pala de rotor 4. No obstante, los reflectores de radar 34 se pueden proporcionar por medio de una estructura reflectante que puede ser de fibra de carbono. La estructura de fibra de carbono también puede estar integrada en la pala de rotor 4.

65 La figura 4 es otra vista en perspectiva simplificada que muestra un elevador 2 según otra forma de realización de la

invención. El elevador 2 va a agarrar la pala de rotor 4. El elevador 2 puede estar configurado sustancialmente de manera similar al elevador 2 según la forma de realización de las figuras 1 a 3. No obstante, el elevador 2 de la figura 4 está provisto de transductores de radar adicionales. La primera mordaza de agarre 6 comprende un tercer transductor de radar 40 y un cuarto transductor de radar 42. El tercer transductor de radar 40 puede estar montado en el primer brazo 10 de la primera mordaza de agarre 6. El cuarto transductor de radar 42 puede estar montado en el segundo brazo 12 de la primera mordaza de agarre 6. Además, la primera mordaza de agarre 6 puede comprender un quinto transductor de radar 44 que puede estar dispuesto en el primer brazo 10.

Para determinar una distancia entre uno respectivo de los brazos 10, 12 de la primera mordaza de agarre 6 y la pala de rotor 4 se pueden aplicar del tercer al quinto transductores de radar 40, 42, 44. Los valores medidos se pueden usar para guiar la mordaza de agarre 6 por la pala de rotor 4. Además, se puede determinar al menos una sección de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor 4, en función de los valores medidos del tercer al quinto transductor de radar 40, 42, 44. Se hará referencia más detallada a esto cuando se haga referencia a las figuras 7 y 8.

La figura 5 es una vista lateral en detalle, simplificada, que muestra la primera mordaza de agarre 6 del elevador 4 de la figura 4. El tercer transductor de radar 40, el cuarto transductor de radar 42 y el quinto transductor de radar 44 pueden estar dispuestos sustancialmente en un plano común, que es el plano correspondiente al papel del dibujo de la figura 5. Dicho plano común puede ser paralelo al primer plano de agarre E1 (figura 3) de la primera mordaza de agarre 6. No obstante, no es necesario disponer el tercer al quinto transductor de radar 40, 42, 44 en un plano común. El tercer transductor de radar 40 puede tener una tercera dirección de emisión A3. El cuarto transductor de radar 42 puede tener una cuarta dirección de emisión A4. La tercera dirección de emisión A3 y la cuarta dirección de emisión A4 se pueden cruzar en un ángulo obtuso. El tercer transductor de radar 40 y el cuarto transductor de radar 42 pueden estar dispuestos sustancialmente opuestos entre sí, cuando la primera mordaza de agarre 6 está en una posición cerrada. El quinto transductor de radar 44 puede tener una quinta dirección de emisión A5. El quinto transductor de radar 44 puede estar montado en el primer brazo 10 o en el segundo brazo 12 de la primera mordaza de agarre 6. Según la forma de realización de la figura 5, el quinto transductor de radar 44 está dispuesto en el primer brazo 10. La quinta dirección de emisión A5 puede estar inclinada respecto a una línea que conecta el tercer y el cuarto transductor de radar 40, 42. Esto se puede considerar cuando la primera mordaza de agarre 6 está en una posición cerrada.

En la figura 6, hay otra vista lateral simplificada del elevador 2 que muestra la segunda mordaza de agarre 8. La segunda mordaza de agarre 8 se muestra en posición cerrada. Un transductor de radar 46, que corresponde al tercer transductor de radar 40 en la primera mordaza de agarre 6, está dispuesto en el primer brazo 14. Un transductor de radar adicional 48 está dispuesto en el segundo brazo 16 de la segunda mordaza de agarre 8. Dicho transductor de radar 48 corresponde al cuarto transductor de radar 42 en la primera mordaza de agarre 6. Los transductores de radar correspondientes están dispuestos en una respectiva de las mordazas de agarre 6, 8 en posiciones similares y para un fin similar. Los transductores de radar 46, 48 se pueden aplicar para guiar la segunda mordaza de agarre 8 por la pala de rotor 4. De manera similar al tercer y al cuarto transductor de radar 40, 42, los transductores de radar 46, 48 también se pueden aplicar para determinar una sección de un perfil aerodinámico de la pala de rotor 4. No obstante, en la mayoría de los casos será suficiente determinar el perfil aerodinámico de la pala de rotor 4 solo en una de las dos mordazas de agarre 6, 8. Según la forma de realización de las figuras 4 a 6, solo a modo de ejemplo, esto se lleva a cabo usando la primera mordaza de agarre 6.

Los transductores de radar del elevador se pueden hacer funcionar de manera discontinua según un esquema especial. Según esta forma de realización de la invención, se minimiza el riesgo de interferencia de los transductores de radar. Según dicho esquema, el primer transductor de radar 22 y el quinto transductor de radar 44 pueden estar activados durante, aproximadamente, 0,4 s. Tras una breve pausa de 0,05 s, el tercer transductor de radar 42 y el transductor de radar 48 están activados durante, aproximadamente, 0,4 s. La interferencia entre los transductores de radar se puede suprimir. Los otros transductores de radar 24, 42 y 46 se pueden hacer funcionar en un modo continuo.

Los valores medidos del tercer al quinto transductor de radar 40, 42, 44, que están dispuestos en la primera mordaza de agarre 6, se pueden aplicar para determinar al menos una sección de un perfil aerodinámico de la pala de rotor 4 a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor 4. La figura 7 ilustra esta situación en una vista transversal simplificada. El tercer al quinto transductor de radar 40, 42, 44 pueden estar dispuestos sustancialmente alrededor de la pala de rotor 4. Los conos de radar respectivos D3, D4 y D5 detectan una sección de la superficie aerodinámica 50 a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor 4. Para evitar que los conos de emisión D3, D4, D5 se solapen considerablemente, una dirección de emisión A5 del quinto transductor de radar 44 puede estar inclinada respecto a una línea que conecta el tercer transductor de radar 40 y el cuarto transductor de radar 42. Esto se puede considerar cuando la mordaza de agarre 6 está en una posición cerrada.

Una unidad de control 3 del elevador 2 (figura 4) puede comprender un modelo de la pala de rotor 4. Por ejemplo, se puede usar un juego de herramientas de DWG para generar un modelo de pala en formato dwf. En función de dicho modelo teórico o numérico de la pala de rotor 4, se pueden determinar una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos de la pala de rotor 4 a lo largo de varias secciones transversales. Por ejemplo, los perfiles aerodinámicos se

5 pueden calcular en tramos o secciones transversales que tengan una distancia de, aproximadamente, 5 cm. La superficie aerodinámica de la pala de rotor 4 varía a lo largo de su eje longitudinal C. El perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal, en una posición longitudinal específica de la pala de rotor 4, se puede identificar con dicha posición longitudinal concreta. Es decir, se puede asignar a cada perfil aerodinámico una sección transversal específica y una distancia concreta a lo largo del eje longitudinal C. La distancia longitudinal se puede medir, por ejemplo, desde la raíz 36 de la pala de rotor 4. A la inversa, una posición o distancia longitudinal se puede determinar a partir del perfil aerodinámico de la pala de rotor 4.

10 La unidad de control 3 del elevador 2 puede estar configurada para llevar a cabo un ajuste entre la sección determinada del perfil aerodinámico y la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos. Por ejemplo, el perfil aerodinámico determinado se puede comparar con la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos y se puede calcular una desviación. Se puede seleccionar un perfil aerodinámico teórico de entre la pluralidad de perfiles aerodinámicos cuando la desviación respecto al perfil aerodinámico determinado es mínima. En función de dicho resultado del ajuste, se puede determinar una posición longitudinal del perfil aerodinámico teórico. En función de dicha información, se puede determinar una posición longitudinal del elevador 2 respecto a la pala de rotor 4.

20 La determinación de la posición longitudinal del elevador 2 respecto a la pala de rotor 4 se puede llevar a cabo incluso en una situación en la que el elevador 2 está inclinado respecto a la pala de rotor 4 (ángulo de inclinación β , figura 3). A partir del modelo de la pala de rotor 4 se pueden calcular perfiles aerodinámicos teóricos inclinados. Esto se ilustra en la figura 8. Se pueden definir una pluralidad de tramos 52 y se pueden calcular perfiles aerodinámicos teóricos inclinados. Los tramos 52 están inclinados respecto al eje longitudinal C de la pala de rotor 4, aproximadamente, en un ángulo β_1 que puede ser sustancialmente igual al ángulo de inclinación β entre la dirección de aproximación A y el eje longitudinal C de la pala de rotor 4. Nuevamente, se lleva a cabo un ajuste entre los perfiles aerodinámicos teóricos y el perfil aerodinámico medido. En función de, por ejemplo, un ajuste por mínimos cuadrados se puede seleccionar uno de los perfiles aerodinámicos teóricos. En función de la posición longitudinal conocida del tramo correspondiente 52, se puede determinar una posición longitudinal del elevador 2 respecto a la pala de rotor 4.

30 La figura 9 es otra vista desde arriba simplificada que muestra un elevador 2 según otra forma de realización de la invención. El elevador 2 puede estar configurado de manera similar a los elevadores 4 según las formas de realización de las figuras 1 a 6. No obstante, el sistema de radar puede comprender una disposición distinta de transductores de radar. El elevador 2 comprende un primer transductor de radar 22 y un segundo transductor de radar 24. Además, hay un tercer transductor de radar 40, que puede estar dispuesto en un primer brazo de una primera mordaza de agarre 6, y un cuarto transductor de radar 42, que puede estar dispuesto en un segundo brazo de la primera mordaza de agarre 6. Una segunda mordaza de agarre 8 comprende un transductor de radar 48, que puede estar dispuesto en un segundo brazo de la segunda mordaza de agarre 8. La disposición de los transductores de radar 22, 24, 40, 42 y 48 puede ser similar a la forma de realización de las figuras 4 a 6. No obstante, el elevador 2 de la figura 9 comprende un transductor de radar central 56, que puede estar dispuesto en un centro de la estructura de soporte 18, y otro transductor de radar 54, que puede estar dispuesto en la estructura de soporte 18 entre el transductor de radar central 56 y el primer transductor de radar 22. Opcionalmente, los transductores de radar 40 y 54 pueden estar incluidos en el sistema de radar.

45 El sistema basado en ondas no ópticas del elevador 2 puede estar configurado además para llevar a cabo una calibración de los transductores, que pueden ser transductores de radar y/o de ultrasonido. El elevador 2 puede comprender un dispositivo óptico, en particular, un sistema de láser (no se muestra), que se puede aplicar para medir las condiciones atmosféricas: Por ejemplo, el sistema de láser puede estar configurado para determinar una presión atmosférica, una humedad y/o una salinidad de la atmósfera. La información que proporciona dicho sistema se puede aplicar para calibrar los transductores de radar y/o de ultrasonido del sistema basado en ondas no ópticas. Las condiciones atmosféricas determinadas se pueden tener en cuenta para la medición de distancia de los transductores.

55 Además, el elevador 2 puede estar configurado para llevar a cabo un procedimiento adicional o alternativo para calibrar el sistema basado en ondas no ópticas. Por ejemplo, se puede calibrar el sistema de radar o el sistema de ultrasonido. Se puede colocar una pieza metálica o una pieza de la pala de rotor 4 delante de uno de los transductores 22, 24, 40, 42 y 48 a una distancia conocida. Se puede llevar a cabo una medición y se pueden leer los valores medidos de dicho transductor 22, 24, 40, 42 y 48. Los valores medidos del transductor 22, 24, 40, 42 y 48 se pueden comparar con la distancia conocida del objeto, es decir, la pieza metálica o la pieza de la pala de rotor 4. Una distancia medida se puede comparar con la distancia conocida del objeto y el transductor 22, 24, 40, 42 y 48 se puede calibrar a las condiciones atmosféricas. En particular, el transductor 22, 24, 40, 42 y 48 se puede calibrar a un grado de salinidad, de humedad y/o a una presión atmosférica.

60

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un procedimiento de funcionamiento de un elevador (2) para manipular una pala de rotor (4) de una turbina eólica, comprendiendo el elevador (2) al menos un dispositivo (6, 8) para contactar una superficie exterior de la pala de rotor, comprendiendo además el elevador (2) un sistema basado en ondas no ópticas para emisión de una señal primaria y para detección de una señal secundaria, por medio de las etapas de:
- 10 a) emitir una señal primaria en una dirección hacia la pala de rotor (4) y detectar una señal secundaria que se refleja en la pala de rotor (4),
- b) analizar la señal secundaria para determinar una posición de la pala de rotor (4) respecto al elevador (2), **caracterizado porque** etapas adicionales son:
- 15 c) determinar al menos una sección de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor (4),
- d) determinar una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos a lo largo de varias secciones transversales de la pala de rotor (4) a partir de un modelo de la pala de rotor,
- 20 e) comparar al menos la sección determinada del perfil aerodinámico con uno de la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos para determinar una posición longitudinal del elevador (2) respecto a la pala de rotor, en el que el elevador (2) comprende al menos una mordaza de agarre (6, 8) que tiene un par de brazos antagonistas (10, 12, 14, 16) que se pueden mover uno respecto a otro, en el que una dirección de movimiento de al menos uno de los brazos (10, 12, 14, 16) de las mordazas de agarre (6, 8) define un plano de agarre (E1, E2) y el procedimiento comprende además las etapas de:
- 25 f) determinar un ángulo de inclinación (α_1 , α_2) entre el plano de agarre (E1, E2) y una dirección longitudinal de la pala de rotor,
- 30 g) determinar al menos una sección de un perfil aerodinámico inclinado de la pala de rotor (4),
- h) determinar una pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos inclinados a partir del modelo, en el que los perfiles aerodinámicos teóricos inclinados están inclinados respecto a una dirección longitudinal de la pala de rotor (4) en un ángulo que es sustancialmente igual al ángulo de inclinación determinado y
- 35 i) comparar al menos el perfil aerodinámico inclinado determinado con uno de la pluralidad de perfiles aerodinámicos teóricos inclinados para determinar una posición longitudinal del elevador (2) respecto a la pala de rotor (4).
- 40 2. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal es una señal de radar y/o una señal sonora, en particular, una señal de ultrasonido.
- 45 3. Un elevador (2) para manipular una pala de rotor (4) de una turbina eólica, comprendiendo el elevador (2) al menos un dispositivo (6, 8) para contactar una superficie exterior de la pala de rotor (4), en el que el elevador comprende además un sistema basado en ondas no ópticas (22, 24, 3) para emisión de una señal primaria, que se dirige hacia la pala de rotor (4), y para detección de una señal secundaria, que se refleja en la pala de rotor (4), para detectar una posición de la pala de rotor (4) respecto al elevador (2), en el que el primer dispositivo es una mordaza de agarre (6, 8) que tiene un par de brazos antagonistas (10, 12, 14, 16) que se pueden mover uno respecto a otro, en el que una dirección de movimiento de al menos uno de los brazos (10, 12, 14, 16) de las mordazas de agarre (6, 8) define un plano de agarre (E1, E2), y una unidad de control (3) que tiene un modelo de la pala de rotor (4), **caracterizado porque** la unidad de control (3) está configurada para llevar a cabo las etapas c) a i) del procedimiento según la reivindicación 1.
- 50 4. El elevador según la reivindicación 3, en el que al menos un dispositivo se proyecta desde una estructura de soporte (18) del elevador (2) en una dirección de aproximación (A) y en el que el sistema comprende al menos un transductor (22, 24) que tiene una dirección de emisión que se dirige sustancialmente hacia la dirección de aproximación (A).
- 55 5. El elevador según la reivindicación 3 ó 4 que comprende una estructura de soporte (18), el primer dispositivo (6) y un segundo dispositivo (8) para contactar la superficie exterior de la pala de rotor, en el que el primer dispositivo (6) y el segundo dispositivo (8) están montados en la estructura de soporte (18) teniendo un espacio libre (B1) entre sí que define una primera dirección transversal, en el que el sistema comprende un primer transductor (22) y un segundo transductor (24) que están montados en la estructura de soporte (18) teniendo un segundo espacio libre (B2) entre sí que define una segunda dirección transversal, en el que la primera dirección transversal es sustancialmente paralela a la segunda dirección transversal.
- 60 6. El elevador según la reivindicación 5, en el que el primer dispositivo es la primera mordaza de agarre (6) y el
- 65

- segundo dispositivo es una segunda mordaza de agarre (8) y en el que cada mordaza de agarre (6, 8) tiene un par de brazos antagonistas (10, 12, 14, 16) que se pueden mover uno respecto a otro y en el que una dirección de movimiento de al menos uno de los brazos (10, 12, 14, 16) de las mordazas de agarre (6, 8) define el plano de agarre (E1, E2), en el que las direcciones de emisión (A1, A2) de los transductores están inclinadas respecto al plano de agarre (E1, E2).
- 5
7. El elevador según la reivindicación 6, en el que la dirección de emisión (A1) del primer transductor (22) está inclinada hacia el segundo transductor (24) y viceversa.
- 10
8. El elevador según la reivindicación 6 ó 7, en el que un ángulo de inclinación (α_1 , α_2) entre el plano de agarre (E1, E2) y la dirección de emisión (A1, A2) de al menos uno de los transductores (22, 24) es superior a cero e inferior a un ángulo de abertura del transductor, en particular, el ángulo de inclinación es superior a 5° e inferior a 15° , en particular, el ángulo de inclinación es, aproximadamente, igual a 5° .
- 15
9. El elevador según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, que comprende además un dispositivo de láser o un inclinómetro para determinación de una orientación del elevador (2).
- 20
10. El elevador según una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, en el que el sistema comprende un tercer transductor (40, 46) y un cuarto transductor (42, 48), en el que el tercer transductor (40, 46) está montado en un primer brazo (10, 14) y el cuarto transductor (42, 48) está montado en un segundo brazo (12, 16) de al menos una de las mordazas de agarre (6, 8).
- 25
11. El elevador según la reivindicación 10, en el que una dirección de emisión (A3) del tercer transductor (40, 46) y una dirección de emisión (A4) del cuarto transductor (42, 48) se cruzan en un ángulo obtuso y el tercer transductor (40, 46) y el cuarto transductor (42, 48) están dispuestos sustancialmente opuestos entre sí, cuando la mordaza de agarre (6, 8) está en una posición cerrada.
- 30
12. El elevador según la reivindicación 10 u 11, que comprende además un quinto transductor (44) que está montado en el primer o en el segundo brazo (10, 12, 14, 16) de la al menos una mordaza de agarre, en el que el quinto transductor (44) está dispuesto en la al menos una mordaza de agarre (6, 8) para tener una dirección de emisión (A5) que está inclinada respecto a una línea que conecta el tercer y el cuarto transductor (40, 42, 46, 48), cuando la mordaza de agarre (6, 8) está en una posición cerrada.
- 35
13. El elevador (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que la unidad de control (3) está configurada además para:
- 40
- a) evaluar los valores medidos de al menos uno del tercer al quinto transductor (40, 42, 46, 48, 44) para determinar la sección de un perfil aerodinámico a lo largo de una sección transversal de la pala de rotor (4).
- 45
14. El elevador según una cualquiera de las reivindicaciones 3 a 13, en el que el sistema basado en ondas no ópticas (22, 24, 3) es un sistema de radar y el al menos un transductor (22, 24) es un transductor de radar.
- 50
15. Un sistema que comprende un elevador (2), según la reivindicación 14, y una pala de rotor (4), en el que la pala de rotor (4) comprende un reflector de radar (34) que se proyecta sustancialmente entre una raíz (36) y una punta (38) de la pala de rotor (4), en el que el reflector de radar (34) es una malla pararrayos y/o una malla de fibra de carbono que está integrada en la pala de rotor (4).
- 55
16. El procedimiento de funcionamiento de un elevador según las reivindicaciones 1 ó 2, que comprende las etapas de calibrar el sistema basado en ondas no ópticas (22, 24, 3) midiendo condiciones atmosféricas, tales como una presión atmosférica, una humedad y/o una salinidad de la atmósfera, para calibrar transductores (22, 24) según las condiciones atmosféricas, en el que se aplica un dispositivo óptico, tal como un láser, para medir las condiciones atmosféricas.
- 60
17. El procedimiento de funcionamiento de un elevador según las reivindicaciones 1 ó 2, que comprende las etapas de calibrar el sistema basado en ondas no ópticas, colocar una pieza metálica o una pieza de la pala de rotor (4) delante de un transductor (22, 24) a una distancia conocida, leer los valores de medición del transductor (22, 24) para calibrar los valores medidos del transductor (22, 24) a la distancia conocida a fin de calibrar el transductor (22, 24) a las condiciones atmosféricas, tales como, un grado de salinidad, de humedad y/o a una presión atmosférica.

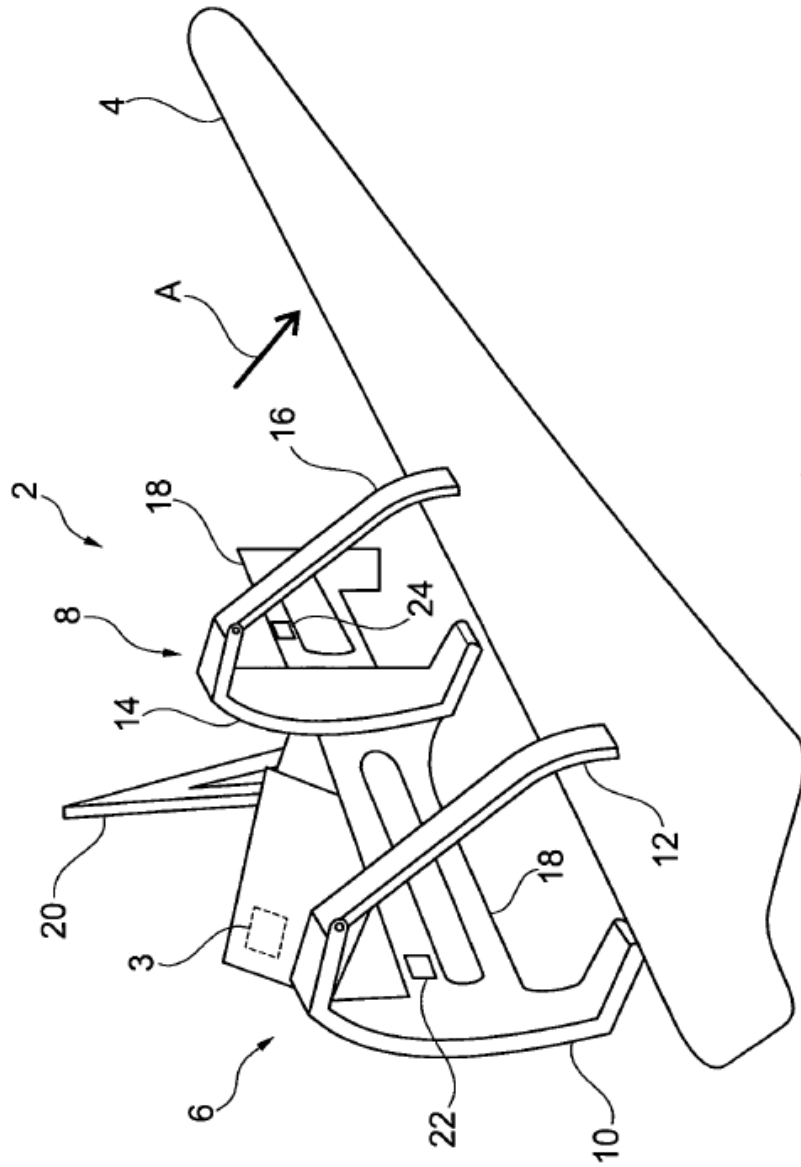


Fig. 1

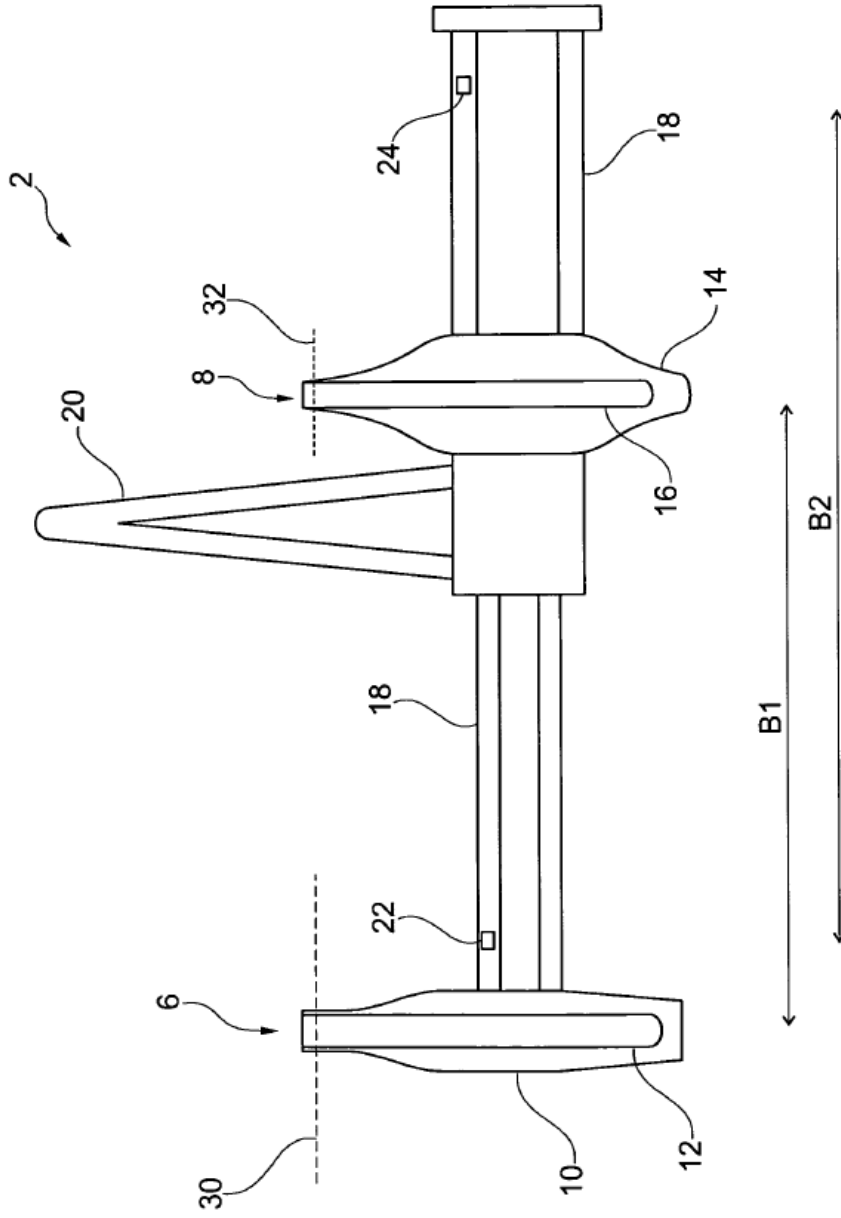


Fig. 2

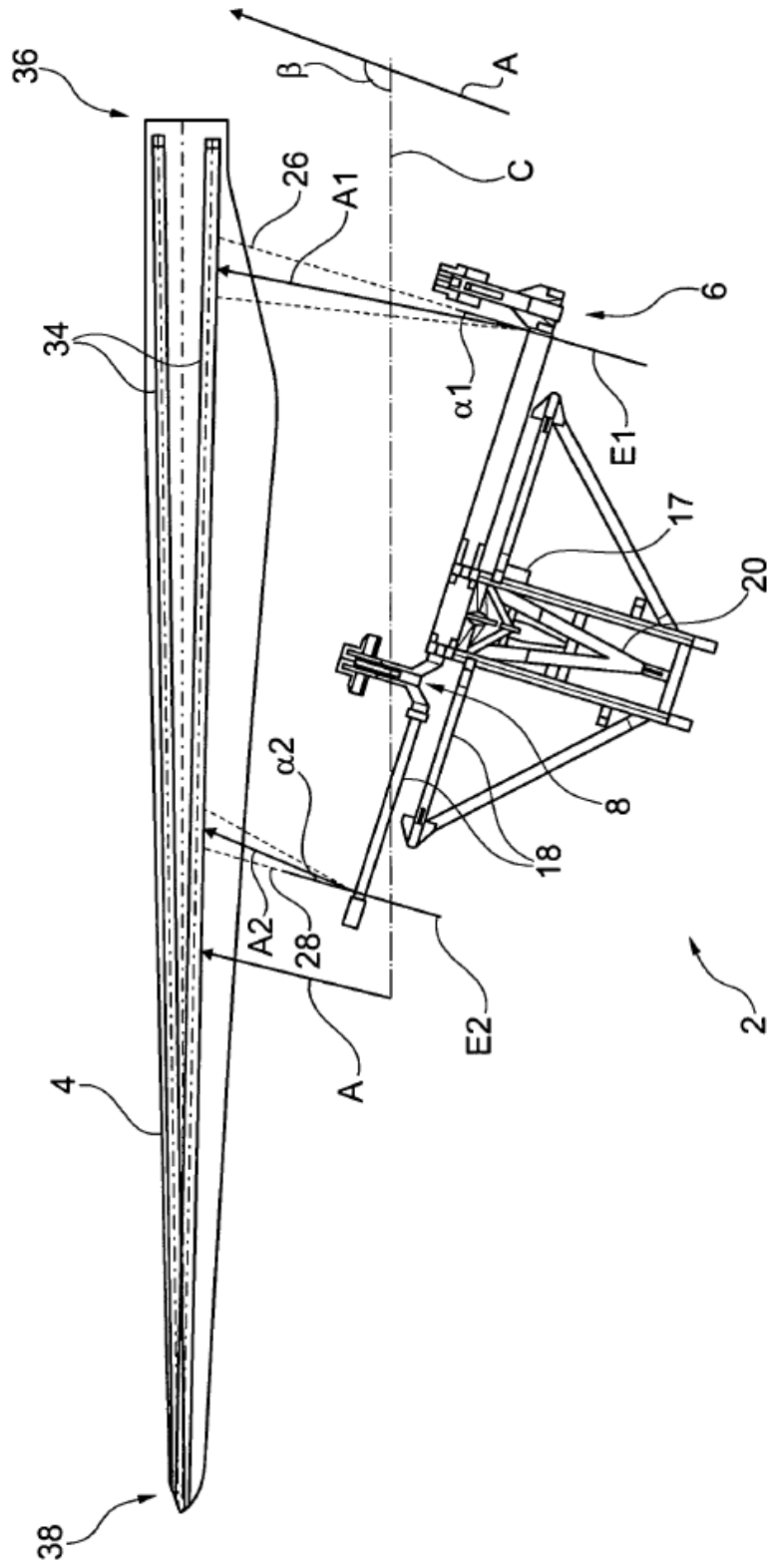


Fig. 3

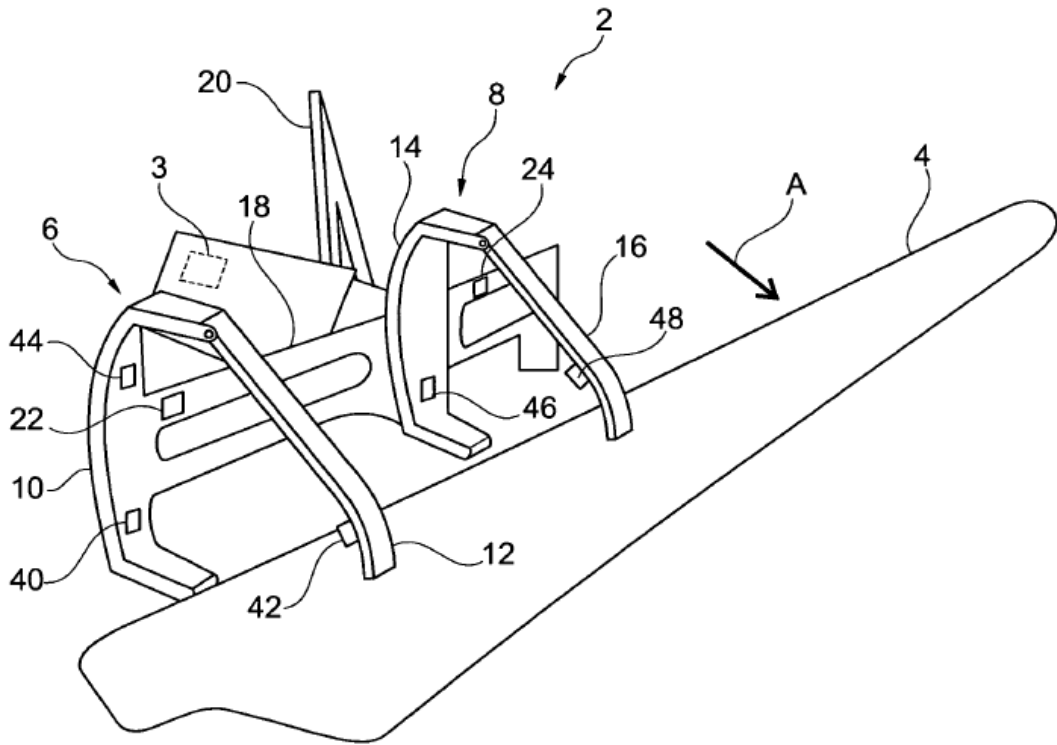


Fig. 4

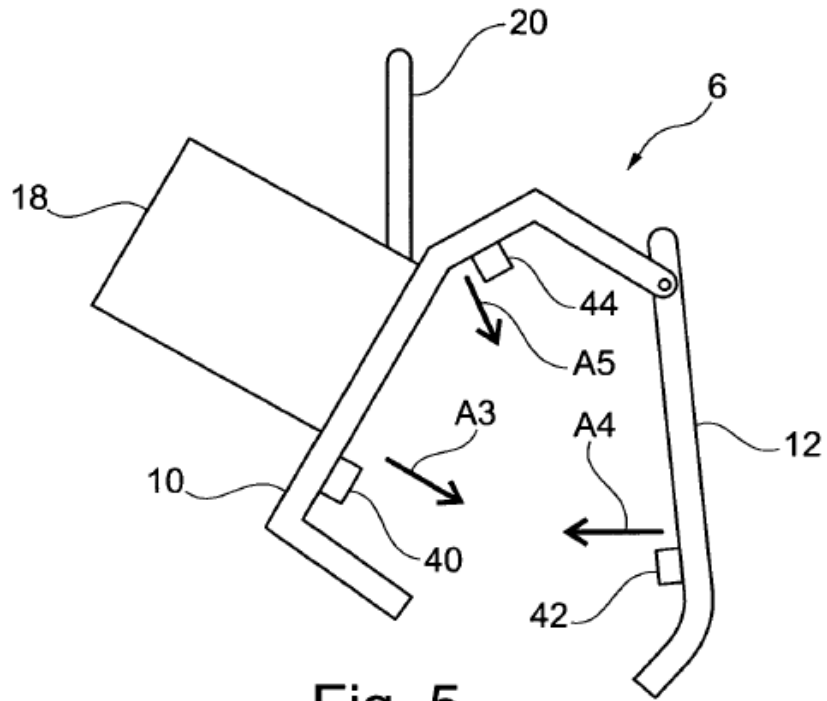


Fig. 5

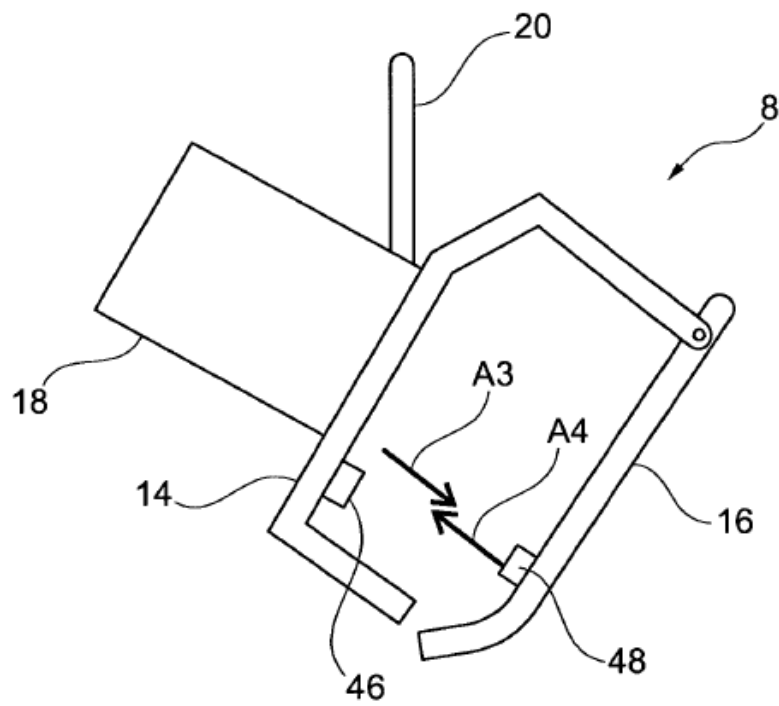


Fig. 6

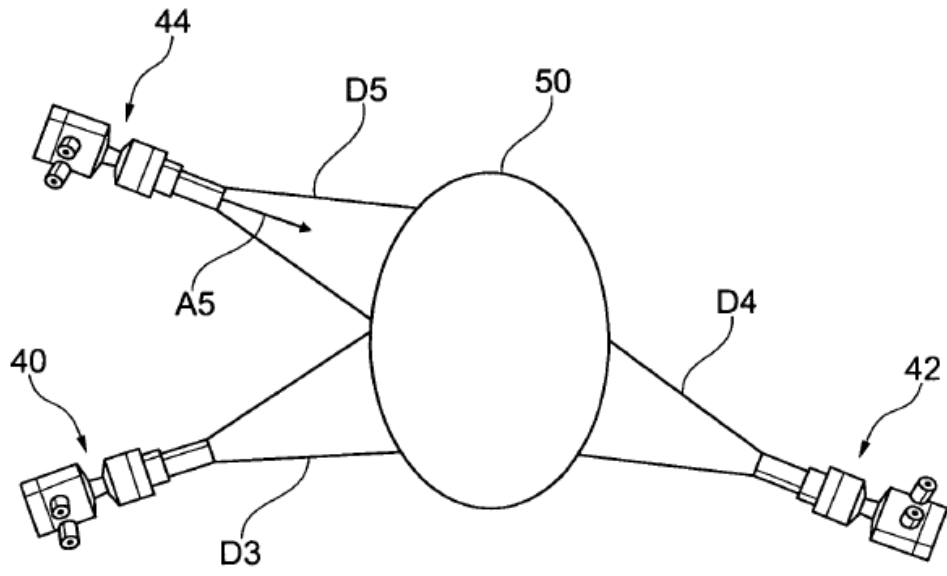


Fig. 7

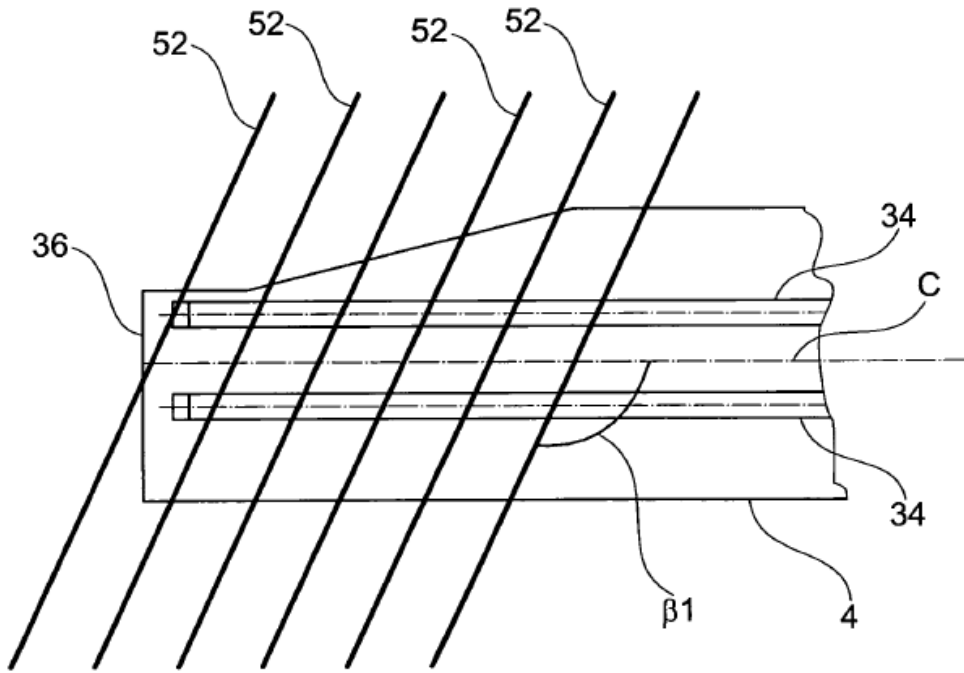


Fig. 8

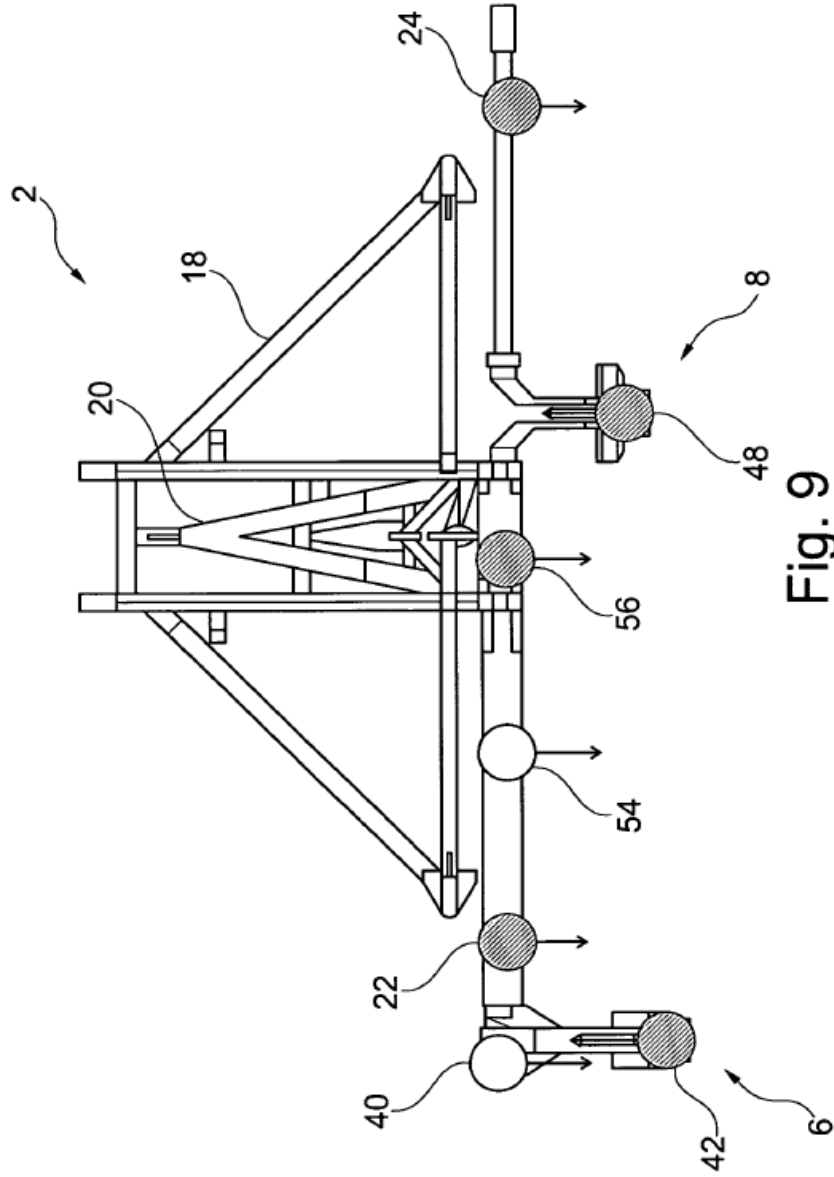


Fig. 9