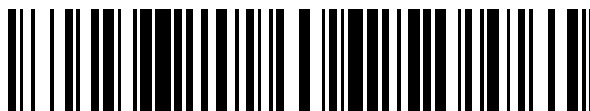


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 564**

51 Int. Cl.:

F03D 13/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2014 PCT/EP2014/076114**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15082405**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2014 E 14815266 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.02.2018 EP 3077669**

54 Título: **Procedimiento para la exploración óptica de una central de energía eólica con fines de inspección mediante el uso de una aeronave**

30 Prioridad:

02.12.2013 DE 102013113326

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

26.04.2018

73 Titular/es:

ROLAWIND GMBH (100.0%)

Am Wambach 12

45481 Mühlheim an der Rhur, DE

72 Inventor/es:

ZELL, HORST

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 665 564 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

Procedimiento para la exploración óptica de una central de energía eólica con fines de inspección mediante el uso de una aeronave

La presente invención se refiere a un procedimiento para la exploración óptica de una central de energía eólica con fines de inspección mediante el uso de una aeronave, en particular de una aeronave registrada o sujeta a matriculación, preferentemente una aeronave de alas giratorias o giroplano tripulado, en particular un helicóptero, o una aeronave no tripulada (por ejemplo, un vehículo aéreo no piloteado, o UAV por las siglas en inglés de "unpiloted aerial vehicle"), en particular un giroplano no tripulado. A este respecto, la central de energía eólica debe permanecer en su estado completamente montado.

En el documento WO 2011/113402 A1 se describe un procedimiento para comprobar el estado estructural de centrales de energía eólica, en el que un helicóptero en vuelo detecta ópticamente y de manera consecutiva las palas del rotor de una central de energía eólica. Las imágenes captadas, en particular imágenes térmicas, se examinan entonces para detectar posibles daños en la pala del rotor.

Sin embargo, se ha demostrado que en la puesta en práctica de este procedimiento de inspección existen condiciones previas que dificultan la realización del procedimiento, sobre todo en el caso de centrales de energía eólica bastante grandes. Porque el desarrollo actual tiende a la construcción de centrales de energía eólica que presentan un diámetro de rotor de aproximadamente 170 m, y a este respecto todavía no se divisa un final de esta tendencia al crecimiento de los tamaños. Al mismo tiempo, un diámetro de rotor de 170 m significa una longitud de pala de rotor de aproximadamente 85 m. En la figura 1 del documento WO 2011/113402 A1 se puede ver que el helicóptero se encuentra ubicado de manera sustancialmente frontal delante de la central eólica entera. Parece como si la central de energía eólica pudiera ser captada completamente en una sola toma. No obstante, con un diámetro de rotor de aproximadamente 170 m sería necesaria una distancia bastante grande como para poder captar ópticamente la pala de rotor entera con una sola toma. En ese caso, sin embargo, la resolución de las cámaras actuales no sería suficiente para poder detectar daños pequeños o incluso mínimos con un tamaño de 1 o 2 mm como máximo.

Por lo tanto, es indispensable que el helicóptero no sobrepase una determinada distancia máxima hacia la pala del rotor, lo que a su vez requiere que las distintas imágenes individuales vuelvan a unirse en una imagen de conjunto a través de un así llamado procedimiento de "stitching" (costura). Pero aquí es donde comienzan las dificultades, porque es necesario tomar un gran número de imágenes individuales, en lo que el helicóptero tiene que ocupar una posición determinada con respecto a la pala del rotor, para que las tomas resulten evaluables. Al mismo tiempo se presenta también un problema de costes, ya que las horas de servicio de un helicóptero son bastante costosas, por lo que se requiere optimizar el uso del helicóptero. El documento D1 desvela un procedimiento similar para observar una pala de rotor mediante un giroplano no tripulado. La presente invención propone entonces realizar un procedimiento para la exploración óptica de una central de energía eólica con fines de inspección mediante el uso de la aeronave mencionada al comienzo, en la que se encuentre instalada una cámara, en particular una cámara de imágenes de radiación térmica, preferentemente una cámara de imágenes térmicas de onda corta especialmente refrigerada. La central de energía eólica comprende varias palas de rotor, cuya superficie se explora en el marco del procedimiento. La exploración se efectúa ópticamente, en particular mediante la cámara de imágenes de radiación térmica. El procedimiento comprende las siguientes etapas de procedimiento: Alinear una primera pala de rotor en una posición vertical, luego explorar en vuelo un primer lado de la pala de rotor en dirección vertical y posteriormente explorar en vuelo un segundo lado de la pala del rotor en posición vertical. Bajo el primer y el segundo lado se ha de entender respectivamente el lado de presión y el lado de tracción de la pala del rotor, sin importar cuál de los dos lados se explore primero. Posteriormente se efectúa la alineación de una segunda pala de rotor en posición vertical. Luego se efectúa la exploración en vuelo de un primer lado de la segunda pala de rotor en dirección vertical y después la exploración en vuelo de un segundo lado de la segunda pala de rotor en dirección vertical. A este respecto, la alineación en dirección vertical significa que un eje de la pala de rotor está orientado verticalmente, en particular que apunta en dirección vertical hacia arriba desde el núcleo. No se debe confundir el eje de la pala de rotor con el eje del rotor. El eje del rotor es el eje orientado de manera sustancialmente horizontal, que se define por la posición de la góndola de la central de energía eólica y se extiende de manera central a través del núcleo. Los ejes de pala de rotor se orientan entonces de manera transversal al eje del rotor y giran alrededor del eje del rotor. El cambio de posición de la pala se puede efectuar mediante el giro de la pala de rotor alrededor del eje de la pala de rotor.

La energía de los rayos de luz, en particular de la radiación térmica, que inciden desde el exterior sobre las palas de rotor, se dividen sustancialmente en tres componentes:

Reflexión: Los componentes incidentes se reflejan. Los rayos de luz reflejados no tienen ningún valor informativo sobre daños en el interior de la pala del rotor, sino que más bien adulteran el valor informativo de una imagen de radiación térmica.

Absorción: Los componentes incidentes son absorbidos por la superficie y destruidos.

Transmisión: Los componentes incidentes pasan a través de la superficie y pueden alcanzar zonas interiores de la pala de rotor, o bien atraviesan completamente la pala de rotor.

En particular la parte de la transmisión tiene una importancia especial para la evaluación de las palas de rotor, ya que en las partes interiores de la pala de rotor se puede medir el calentamiento local, lo que permite detectar daños internos. Esto en particular es importante en aquellas aplicaciones en que el flujo térmico se aplica de manera dirigida desde afuera o desde adentro sobre la pala de rotor, para producir calentamientos locales específicos. La proporción de la transmisión es mayor cuando esta radiación térmica incide de la manera más perpendicular posible sobre la superficie de la pala de rotor.

A este respecto, se ha demostrado que las tomas hechas desde posiciones inapropiadas no tienen un buen valor informativo o ningún valor informativo. Un ángulo demasiado plano entre la superficie que se quiere explorar y el dispositivo de toma de imágenes puede causar reflexiones adulterantes. Así, en la publicación de Peter Meinschmidt y Jochen Aderhold, "Thermographic inspection of rotor blades", del año 2006, se toman imágenes de radiación térmica de una central de energía eólica montada desde el nivel del suelo; debido al ángulo de toma inclinado, las imágenes obtenidas de esta manera no tienen utilidad, debido a que la reflexión demasiado grande y en todo caso una porción muy pequeña de las ondas de luz recibidas realmente provienen del interior de la pala de rotor.

Por lo tanto, el aspecto central de la presente invención consiste en particular en que la pala de rotor primero se orienta verticalmente, para luego hacer una exploración óptica en vuelo de ambos lados de la pala de rotor en dirección vertical. Esta forma de proceder proporciona ventajas en particular si como aeronave se usa un giroplano, bien sea tripulado o no tripulado. De esta manera, la exploración en vuelo de las palas de rotor se controla solamente a través de un reajuste de pala colectivo de todas las palas de rotor del giroplano, lo que normalmente permite un ascenso o descenso bastante uniforme del giroplano. De manera contraria a esto, una pala de rotor orientada de manera angular también requeriría un componente de movimiento horizontal, difícilmente controlable, del giroplano. En particular un vuelo de exploración oblicuo es bastante difícil de realizar para el piloto, sobre todo en vista del requerimiento de un vuelo tan uniforme y tranquilo como sea posible. La exploración de una pala de rotor orientada horizontalmente requeriría además que la pala de rotor también se pudiese explorar en vuelo desde el lado posterior, es decir, desde el lado de la torre. Sin embargo, esto es indeseable, ya que la torre obstaculiza una aproximación del giroplano. Alternativamente, la pala de rotor con una orientación horizontal también podría ajustarse de tal manera que la aproximación en vuelo se pueda hacer desde abajo o desde arriba, respectivamente. En este caso, sin embargo, sería necesario fotografiar a través del rotor del helicóptero (en caso de que el vuelo de aproximación se haga desde abajo); además, en otra etapa del procedimiento la cámara debería estar orientada hacia abajo para poder captar el otro lado, lo que o bien supondría el uso de dos cámaras diferentes o, si se usa una sola cámara, requeriría el viraje de la misma. Por lo tanto, las alternativas para una orientación vertical están asociadas todas ellas con desventajas sustanciales, que se vuelven obsoletas por la orientación vertical.

Con la orientación propuesta de acuerdo con la presente invención, es posible, por lo tanto, captar ambos lados de la pala de rotor mediante la exploración en vuelo primero de un lado de la pala de rotor y luego directamente de la otra pala de rotor, sin que se tenga que invertir tiempo en el reajuste de posición de la pala de rotor o de la cámara. Después de esto, la siguiente pala de rotor se lleva a una posición vertical dirigida hacia arriba y se explora ópticamente en vuelo. Así, esto en general permite realizar una exploración óptica más económica (debido a la reducción del tiempo de vuelo) y al mismo tiempo de alta calidad en la inspección de las centrales de energía eólica.

De manera preferente, la pala de rotor se explora en vuelo por ambos lados con un ángulo de toma de aproximadamente 80° a 100°, máximo de 75° a 105°. Es preferente usar un ángulo de esta magnitud, ya que entonces la porción de transmisión de los rayos de medición eventualmente emitidos, por ejemplo, rayos infrarrojos, se optimiza en zonas de la superficie. También son aceptables ángulos de toma de 55° a 125°. Los ángulos de toma bastante cercanos a 90°, a los que se hace referencia más abajo, pueden excluirse en estos alcances angulares.

Cuando entre la dirección de toma y la superficie de la pala de rotor que se va a explorar se forma un ángulo en particular mayor de 35° (ángulo de toma menor de 65° o mayor de 125°), una gran parte de esta radiación de medición rebotará en la superficie (reflexión) y no penetrará en el material. Con ángulos muy planos, la superficie ya sólo se presenta como un gran espejo ya que en ella se refleja la luz ambiental. De esto surge la necesidad de explorar las superficies desde una posición tan perpendicular como sea posible.

Con un ángulo de toma bastante cercano a 90° pueden producirse efectos de espejo, en particular cuando se usa una cámara de imágenes de radiación térmica. A este respecto, puede ser preferente un ángulo de toma de máximo 88° o de por lo menos 92°, preferentemente de 85° como máximo o de por lo menos 95°, y más preferentemente aún de 80° como máximo o de por lo menos 100°. Los alcances angulares mencionados más arriba pueden combinarse con estos alcances angulares.

Preferentemente, para esto el lado de presión y el lado de tracción de la pala de rotor, es decir, sustancialmente las dos grandes superficies de la pala de rotor, se orientan sustancialmente en un plano que es definido por la torre y el eje del rotor de la central de energía eólica. Básicamente, este es el plano en el que también se encuentra entonces el eje de la pala de rotor. Con su borde posterior, la pala de rotor se orienta entonces en particular en dirección hacia la torre, mientras que su borde delantero se orienta en la dirección que se aleja de la torre.

En cambio, si se seleccionara otra orientación de la pala de rotor, en la que, por ejemplo, el lado de tracción o el lado de presión de la pala de rotor estuviesen orientados en dirección hacia la torre, la aeronave volvería a aproximarse demasiado a la torre, ya que entonces se requeriría una trayectoria de vuelo en un plano vertical que estuviese dispuesta detrás de la torre (desde el punto de vista de la pala de rotor). En cambio, de acuerdo con la presente invención, está previsto que el helicóptero pueda volar sustancialmente a la izquierda y a la derecha de manera paralela a la torre, sin que la torre represente un obstáculo en la trayectoria de vuelo.

Preferentemente, está previsto que las zonas que se van a explorar sobre la superficie de la pala de rotor se exploren por lo menos dos veces. En cada una de las dos exploraciones, la aeronave se dispone en posiciones diferentes con respecto a la pala de rotor. Alternativamente, la aeronave también podría presentar dos cámaras distanciadas entre sí, de tal manera que las tomas requeridas, en particular una especie de imagen en estéreo, se produzcan en una sola posición de la aeronave. A este respecto se varía en particular el ángulo de toma con respecto a la otra toma previa. El ángulo de toma se define por el ángulo de la dirección de toma con respecto al plano definido por la superficie en la zona que se va a explorar de la pala de rotor. Este ángulo en principio debe ser tan perpendicular como sea posible, con aproximadamente 90° con respecto a la superficie de la pala de rotor, para generar la menor cantidad posible de adulteraciones por reflexión. Para la variación, se pueden usar desviaciones angulares de 15° como máximo, preferentemente de aproximadamente 10°. En este sentido, está dada una detección óptima con un ángulo de toma de aproximadamente entre 80° y 100°. Esto se logra en particular debido a que la aeronave durante el segundo vuelo de exploración del mismo lado sigue una trayectoria de vuelo vertical, que se encuentra desplazada en la dirección longitudinal con respecto a la trayectoria de vuelo anterior. La dirección longitudinal se define sustancialmente por el eje del rotor. Por lo tanto, se efectúan preferentemente dos vuelos de exploración en cada lado, uno verticalmente hacia arriba y otro verticalmente hacia abajo. En ambas ocasiones, los ángulos de toma son diferentes entre sí. Por lo tanto, pueden filtrarse los efectos de espejo. Porque un artefacto en la imagen térmica que indique la existencia de un daño tiene que poder verse en ambas tomas por igual. Los artefactos de imagen térmica, que si bien se pueden ver en ambas tomas, pero que existen en posiciones respectivamente diferentes, son un indicio de turbulencias de aire que también pueden reflejarse en las imágenes de radiación térmica. Tales turbulencias de aire normalmente son causadas por el viento o por la aeronave, en particular por el helicóptero mismo. El chorro del gas de escape también puede producir un artefacto de imagen térmica. Estos artefactos "falso" no podrán verse entonces en la segunda toma.

Durante el procedimiento se produce un gran número de tomas parciales de la pala de rotor. Estas tomas parciales pueden unirse entonces mediante *stitching* para formar una imagen completa. El término "*stitching*" (costura) se refiere en particular a la formación de una imagen grande a partir de varias imágenes pequeñas, lo que puede hacerse o bien de forma manual o preferentemente de manera automática con un programa de ordenador.

Para acelerar la exploración óptica de la central de energía eólica, está previsto de manera preferente que después de explorar en vuelo el segundo lado de la primera pala de rotor, se genera una instrucción de mando, en particular de manera automática, por la que se inicia la orientación de la segunda pala de rotor a la posición vertical. Una instrucción de mando de este tipo se puede generar en particular a través de una conexión de datos entre el helicóptero y la unidad de mando de la central de energía eólica. Una forma simple puede ser la generación y el envío de un mensaje breve por SMS o por correo electrónico, que se envía a la unidad de mando de la central de energía eólica. También se puede usar una conexión de Internet a través de radiotelefonía móvil u otra conexión inalámbrica por radio marítima o conexión vía satélite. Por ejemplo, se puede tomar en cuenta automáticamente la indicación de altitud de la aeronave. Debido a la doble exploración en vuelo a lo largo de las trayectorias de vuelo verticales, una vez hacia arriba y una vez hacia abajo, se puede determinar entonces que la pala de rotor se ha explorado completamente. Luego, a través de una instrucción de mando de este tipo, se hace que la segunda pala de rotor se coloque en la posición vertical.

Preferentemente, la distancia entre la central de energía eólica y la aeronave, en particular la distancia horizontal, se vigila de manera automatizada. Para la evaluación óptima de las imágenes, es necesario mantener una distancia óptima. Por una parte, la central de energía eólica debe explorarse de la manera más detallada posible, lo que requiere una distancia bastante corta, y por otra parte es necesario velar por la seguridad de la aeronave, lo que requiere una determinada distancia mínima. El control de la distancia contribuye a asegurar ambas cosas, es decir, tanto la calidad de las imágenes como también la seguridad de vuelo. La vigilancia se puede efectuar por medio de un dispositivo de medición de distancia por láser. Si la distancia real difiere de una distancia nominal especificada, se puede emitir una señal de advertencia que le indica al piloto esta desviación. También en general, la medición de la distancia puede constituir una señal de entrada para un autopiloto, que de manera automática sigue una trayectoria de vuelo predeterminada en el marco del procedimiento de acuerdo con la presente invención.

La presente invención es aplicable en particular en el caso de centrales de energía eólica que comprenden un número impar de palas de rotor, en particular que comprenden por lo menos tres palas de rotor. En este tipo de palas de rotor, por lo menos una de las palas de rotor se encuentra en una posición que es difícil de ser explorada en vuelo por una aeronave, en particular un helicóptero. Por medio del procedimiento reivindicado, este tipo de centrales de energía eólica se pueden inspeccionar de la manera más eficiente posible.

La presente invención se describe más detalladamente a continuación con referencia a las figuras, en las que:

La figura 1 muestra una central de energía eólica que es explorada en vuelo y registrada termográficamente por un helicóptero.
 La figura 2 muestra esquemáticamente la trayectoria de vuelo del helicóptero durante la exploración en vuelo.
 La figura 3 muestra esquemáticamente la imagen de radiación térmica de una pala de rotor ópticamente captada, a) con un artefacto condicionado por el helicóptero, b) sin artefacto condicionado por el helicóptero.

La figura 4 muestra esquemáticamente la orientación del helicóptero durante la exploración en vuelo de la pala de rotor desde arriba.

La figura uno muestra una central de energía eólica conocida 1 con una torre 4 y una góndola 3. En un núcleo de rotor 13 se encuentran sujetadas varias palas de rotor 2, de las que sólo se pueden ver dos. Normalmente existen tres palas de rotor. El rotor, que comprende las palas de rotor 2 y el núcleo 13, gira alrededor del eje de rotor A, que está orientado de manera sustancialmente horizontal y que dependiendo de la posición de la góndola puede girar alrededor de un eje vertical definido por la torre 4. Con relación al núcleo 13, las palas de rotor 2 también pueden girar alrededor de un eje de pala de rotor B. Para la inspección, una primera pala de rotor 2₁ se orienta de manera vertical, de tal manera que el eje de pala de rotor B de la misma apunta verticalmente hacia arriba. Entonces, un helicóptero 9, en el que se encuentra instalada una cámara de imágenes de radiación térmica, vuela consecutivamente tanto a lo largo del lado de presión 5 como también del lado de tracción 6 de la pala de rotor 2. A este respecto, está previsto respectivamente un vuelo en dirección vertical hacia abajo y un vuelo en dirección vertical hacia arriba.

La figura 2 se refiere más detalladamente a la trayectoria de vuelo. Se puede ver la pala de rotor 2 con su lado de tracción 5. Primero el helicóptero 9 se dispone en una posición aproximadamente a la altura de la punta de la pala y después vuela verticalmente hacia abajo en dirección hacia el núcleo, de manera aproximadamente paralela al eje de pala de rotor B. Luego desplaza su posición en la dirección x, de tal manera que desde el helicóptero la pala de rotor se puede observar desde una posición angular algo diferente. Después, el helicóptero vuelve a volar verticalmente hacia arriba. Durante el vuelo, la cámara toma una pluralidad de imágenes de radiación térmica. Posteriormente, el helicóptero 9 se cambia al otro lado de la pala de rotor y vuela desde el lado de tracción al lado de presión 5. Allí también vuela primero a lo largo de la pala de rotor verticalmente desde arriba hacia abajo, después cambia la posición longitudinal x y vuela nuevamente hacia arriba. Una vez que haya regresado arriba, puede ocupar entonces una especie de posición de parqueo, mientras más alta mejor. Entonces se envía, por ejemplo, por radio o por SMS, una señal a la unidad de mando de la central de energía eólica, con la instrucción de mover la siguiente pala de rotor a la posición dirigida verticalmente hacia arriba. Luego se efectúa la exploración en vuelo de la siguiente pala de rotor de la manera previamente descrita, hasta que todas las palas de rotor hayan sido exploradas en vuelo y captadas ópticamente.

En la figura 3 se muestra la imagen de radiación térmica de una pala de rotor 2, que se compone de una pluralidad de tomas individuales 11 unidas en una imagen conjunta bien sea de forma manual o automática mediante *stitching* (costura). Las imágenes en la figura 3a, sin embargo, fueron tomadas en otra posición lateral que las de la figura 3b. Así, en la figura 3a se puede ver un primer artefacto de imagen térmica 10₁, que también puede verse en la imagen de la figura 3b. En ambas imágenes, los primeros artefactos de imagen térmica 10₁ se disponen respectivamente en las mismas posiciones, a pesar de la diferente posición de toma. A este respecto, cabe suponer que estos artefactos de imagen térmica 10₁ indican la existencia de grietas en la pala de rotor 2 mostrada. Adicionalmente, también se pueden ver estructuras portantes 12, tanto en la representación de acuerdo con la figura 3a, como también en la representación de acuerdo con la figura 3b. En la figura 3a se puede ver además un segundo artefacto de imagen térmica 10₂. Sin embargo, esto no puede verse en la representación de acuerdo con la figura 3b. Por lo tanto, ya que no se puede ver en la segunda representación, ello no indica la existencia de un daño. Se ha demostrado que se trata de la imagen de radiación térmica de una corriente de gas de escape del helicóptero.

La figura 4 muestra la orientación del helicóptero 9 durante la exploración en vuelo de la pala de rotor en diferentes posiciones longitudinales. Primero, el helicóptero 9₁ vuela de tal manera a lo largo de la pala de rotor 2 (representada de manera simplificada en una sección transversal horizontal sin fidelidad de escala) que se forma un ángulo de toma α_1 de aproximadamente 100°. La segunda vez, el helicóptero 9₂ vuela de tal manera a lo largo de la pala de rotor 2 que se forma un ángulo de toma α_2 de aproximadamente 80°.

Mediante el uso de un dispositivo de medición de distancia por láser se determina continuamente la distancia x del helicóptero 9 de este la pala de rotor 2. Si el helicóptero se aproxima demasiado a la pala de rotor, se emite una advertencia de seguridad (por ejemplo, mediante una señal acústica u óptica) que advierte al piloto sobre una posible colisión. Si la distancia x se hace demasiado grande, ello podría reducir el valor informativo de las imágenes tomadas. Esto también se le indica al piloto mediante una señal de advertencia.

Lista de caracteres de referencia

- 1 Central de energía eólica
- 2 Pala de rotor
- 3 Góndola
- 4 Torre

	5	Lado de tracción
	6	Lado de presión
	7	Borde delantero
	8	Borde trasero
5	9	Helicóptero
	10	Artefacto
	11	Toma individual
	12	Estructura portante
	13	Núcleo de rotor
10	A	Eje de rotor
	B	Eje de pala de rotor
	α	Ángulo de toma
	x	Distancia horizontal

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la exploración óptica de una central de energía eólica (1) con fines de inspección mediante el uso de una aeronave, en particular una aeronave de alas giratorias (9) tripulada o no tripulada, en la que se encuentra instalada por lo menos una cámara, en donde la central de energía eólica comprende varias palas de rotor (2), cuya superficie se explora en el marco del procedimiento, en donde la exploración se efectúa ópticamente y comprende las siguientes etapas de procedimiento:
 - alinear una primera pala de rotor (2₁) en una posición vertical,
 - explorar a continuación en vuelo un primer lado (5) de la primera pala de rotor (2₁) en dirección vertical,
 - explorar a continuación en vuelo un segundo lado (6) de la primera pala de rotor (2₁) en dirección vertical,
 - alinear a continuación una segunda pala de rotor (2₂) en una posición vertical y explorar a continuación en vuelo un primer lado (5) de la segunda pala de rotor (2₂) en dirección vertical,
 - explorar a continuación en vuelo un segundo lado (6) de la segunda pala de rotor (2₂) en dirección vertical.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, **caracterizado porque** un eje de pala de rotor (B) de la pala de rotor (2) que se va a explorar está dirigido verticalmente hacia arriba durante la exploración.
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la pala de rotor (2) que se va a explorar se orienta de tal manera que un lado de presión (5) y un lado de tracción (6) de la pala de rotor se disponen de manera substancialmente paralela con respecto a un plano definido por la torre (4) y un eje de rotor (A) de la central de energía eólica.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** las zonas que se van a explorar (5, 6) sobre la superficie del rotor se exploran por lo menos dos veces, en donde la cámara o las cámaras y/o la aeronave (9) en cada una de las exploraciones se disponen en posiciones diferentes con respecto a la pala de rotor.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** durante la exploración el vuelo a lo largo de los lados de las palas de rotor primero se hace en una dirección vertical y después en la dirección vertical opuesta.
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se producen múltiples tomas parciales de la pala de rotor (2), que luego se unen, en particular mediante *stitching* (costura), para formar una imagen completa.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** después de la exploración en vuelo del segundo lado de la primera pala de rotor se genera una instrucción de mando, en particular de manera automática, por la que se inicia la orientación de la segunda pala de rotor en la posición vertical.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** una distancia (x), en particular una distancia horizontal, entre la central de energía eólica o la pala de rotor y la aeronave se vigila de manera automatizada.

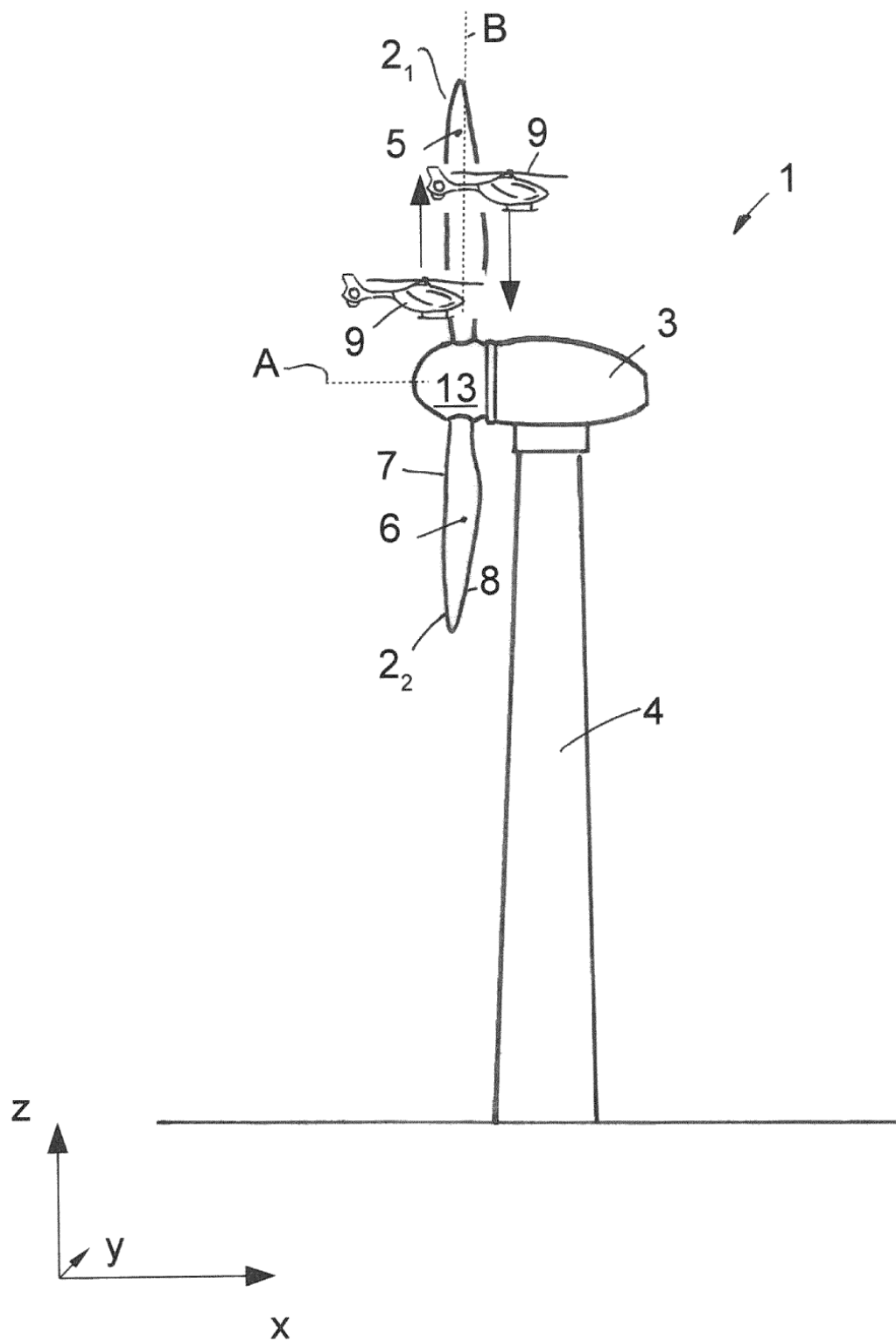


Figura 1

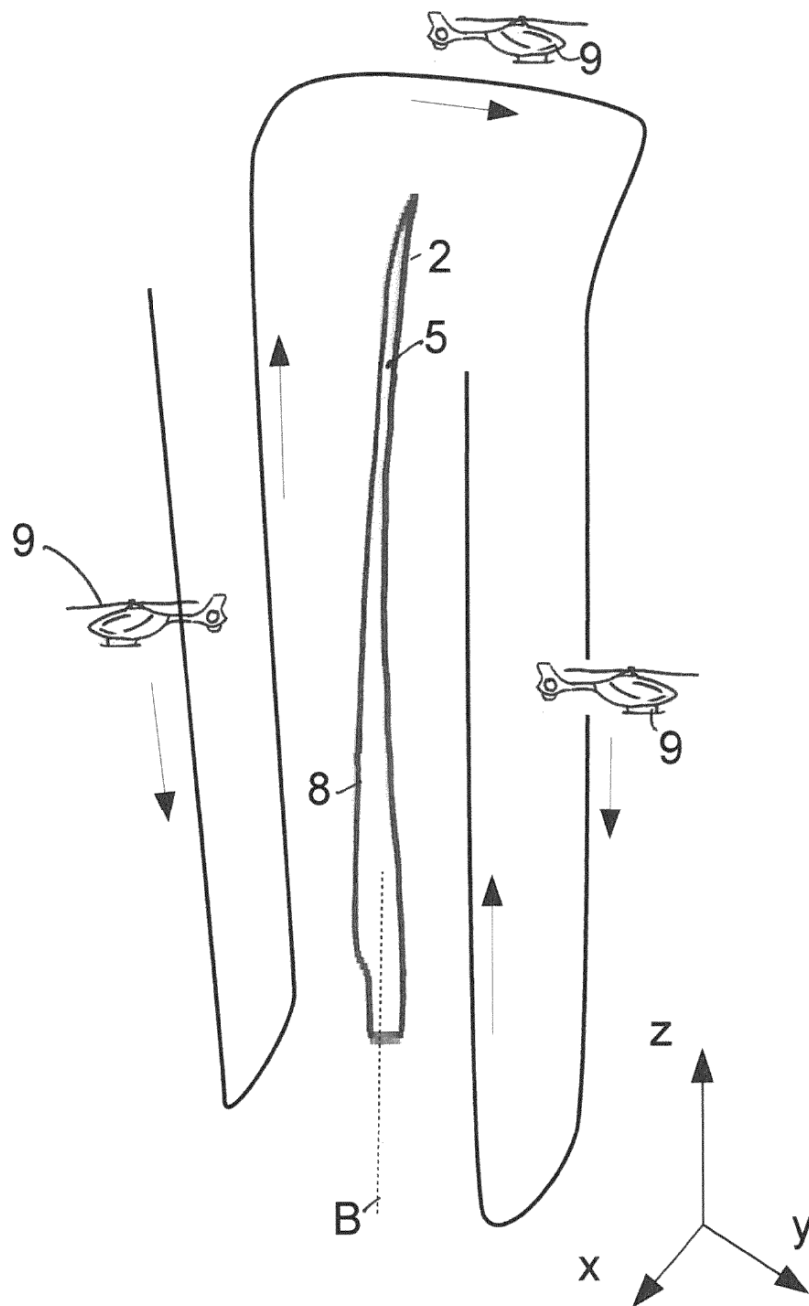


Figura 2

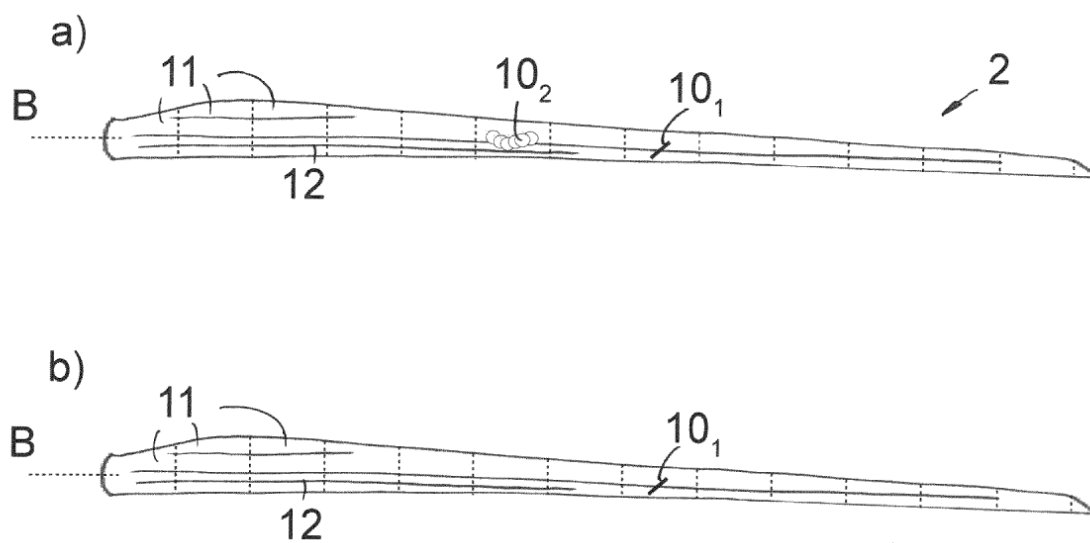


Figura 3

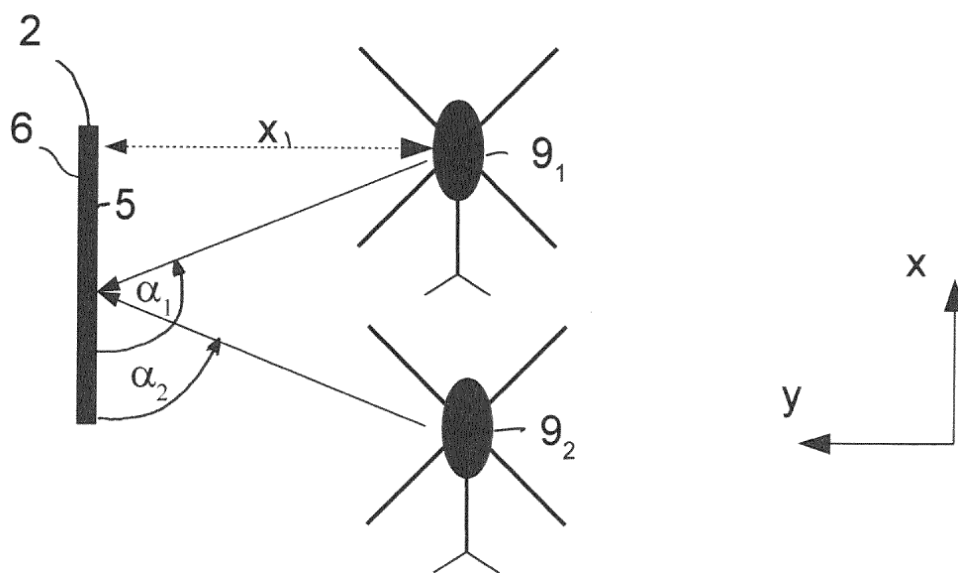


Figura 4