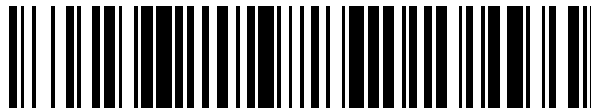


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 686 069**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/04** (2006.01)

**F03D 17/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.01.2005 PCT/DK2005/000001**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.07.2005 WO05068834**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.01.2005 E 05700553 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.06.2018 EP 1706638**

54 Título: **Supervisión de la operación de una planta de generación eólica**

30 Prioridad:

**16.01.2004 DK 200400053**

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

**16.10.2018**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL  
TECHNOLOGY II APS (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**KILDEGAARD, CASPER**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 686 069 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**

Supervisión de la operación de una planta de generación eólica

5 La invención se refiere a un método de supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de datos de operación relativos a la pala. La invención se refiere adicionalmente a un sistema para supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de datos de operación relativos a la pala. La invención se refiere también a una pala para una planta de generación eólica, en el que la pala está adaptada para supervisar la operación de la planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de datos de operación relativos a la pala.

10 Para optimizar la operación de una planta de generación eólica, tanto con respecto a maximizar la energía suministrada, anticipación de defectos, si hay alguno, como prolongación de la longevidad de la planta de generación eólica, se supervisa la planta de generación eólica mediante la recogida de datos de operación. Los datos de operación pueden comprender oscilaciones en las palas, tensiones de esfuerzo en las palas, velocidad del viento, dirección del viento, el ángulo de paso de la pala, velocidad de rotación de las palas, etc. La planta de generación eólica comprende unidades de medición para medir las propiedades de la planta de generación eólica durante la operación, y basándose en esas propiedades pueden deducirse posteriormente dichos datos de operación.

15 Siguiendo ahora unidades de medición de ejemplo para la medición de propiedades en la pala que pueden usarse para determinar esfuerzos en la pala mediante la determinación de tensiones de esfuerzo en la pala.

20 Se montan galgas extensiométricas sobre la pala para permitir de ese modo supervisar la magnitud de las tensiones de esfuerzo que tienen lugar en una localización relevante. Dichas galgas extensiométricas se conectan, por medio de cables, a equipos de medición eléctrica que son capaces de procesar los datos medidos. Sin embargo, las galgas extensiométricas se asocian con el inconveniente de que se agotan y descomponen en el caso de tensiones de esfuerzo de una magnitud dada y/o en caso de un número dado de movimientos.

25 Una clase conocida adicional de unidades de medición para determinar las tensiones de esfuerzo se enseñan en el documento WO 99/57435, en el que se mide una expresión de tensiones de esfuerzo, respecto a vibraciones en una pala para una planta de generación eólica, por medio de uno o más acelerómetros que se disponen en el interior de la pala. Dichos acelerómetros estiman las vibraciones en la pala, y en caso de vibraciones en exceso de una magnitud predefinida, puede detenerse la planta de generación eólica, o puede realizarse una regulación del ajuste de la pala.

30 Esta clase de medición de deformación o flexión no es siempre suficiente, siendo imposible distinguir con precisión suficiente entre las vibraciones medidas dado que una parte de ellas se originan en oscilaciones en la pala como tales y en la torre de la planta de generación eólica. Dado que se desea supervisar la pala durante la operación, es necesario tener la capacidad de medir los esfuerzos actuales en la pala en la forma de mediciones precisas de tensiones de esfuerzo y deformación.

35 El documento WO 03/029750 enseña un método de medir la flexión en, por ejemplo, una pala para una planta de generación eólica. El método es mecánicamente muy simple y consiste en un elemento con forma de barra fijado al interior de la pala en un extremo. En caso de flexión de la pala, el extremo libre de dicho elemento con forma de barra se mueve. Ese movimiento se mide y traduce en un valor dado para la flexión de la pala. Ese método de medición de la flexión de la pala, sin embargo, es sensible a diferencias en la temperatura o diferencias en los coeficientes de expansión térmica entre el elemento con forma de barra y la pala.

Es por ello un objeto de la invención proporcionar un método de recogida de datos de operación, mediante el que pueda mejorarse adicionalmente la operación de la planta de generación eólica. Simultáneamente es un objeto proporcionar un método para determinar las tensiones en una pala, mediante el que se resuelvan los problemas anteriormente referenciados.

45 El novedoso aspecto de un método de acuerdo con la invención consiste en que, en al menos un punto predefinido sobre la pala, se dispone un indicador de posición que puede usarse en un sistema de posicionamiento para identificar la posición del indicador de posición; y que la posición del indicador de posición y por ello la posición del punto predefinido se determinan y recogen como parte de dichos datos de operación relativos a la pala. Mediante la identificación de la posición de puntos bien conocidos específicos sobre una pala durante la operación y la recogida de estas posiciones, están disponibles parámetros adicionales que pueden usarse para supervisar y optimizar la operación de la planta de generación eólica.

50 De acuerdo con una realización la posición del al menos un punto inicialmente definido se usa en un algoritmo de control y regulación para el control de la planta de generación eólica. Mediante el uso de las posiciones en un

algoritmo de control y regulación se adquiere un conocimiento más profundo de la operación y por ello es posible usar, por ejemplo, dichos algoritmos que tienen en cuenta un cierto número de factores de operación y por ello el control de la planta de generación eólica en una forma que mejore la potencia suministrada por la planta de generación eólica.

5 De acuerdo con una realización específica la posición del al menos un punto predefinido se usa para determinar esfuerzos materiales en la pala mediante la determinación de la flexión de la pala, en el que dicho método comprende las siguientes etapas:

- comparar la posición recogida del punto predefinido con una posición de referencia predefinida de ese punto;
  - basándose en la comparación de la posición recogida con la posición de referencia, determinar la flexión y por
- 10 ello el esfuerzo material sobre la base de desviaciones entre la posición recogida y la posición de referencia.

Las posiciones de referencia pueden ser un conjunto de datos que describen las posiciones individuales esperadas de los puntos. Alternativamente pueden ser datos que describen la posición mutua relativa esperada de los puntos.

Las posiciones recogidas pueden usarse para determinar la flexión, incluyendo las deformaciones de la pala. En caso de que se usen las posiciones en esta forma, se consigue un sistema duradero sin partes móviles que es capaz

15 de determinar bastante precisamente la flexión y deformación de la pala, en el que las mediciones se realizan de modo inalámbrico con relación a uno o más puntos de referencia.

Más aún se permite de ese modo regular los ajustes de la pala individual con relación a las condiciones de operación predominantes. Las palas de hoy en día con longitudes por encima de 50 metros, y las palas del mañana con longitudes tan largas como hasta 75 metros o incluso más allá de 100 metros, dan lugar a una necesidad creciente

20 para tener la capacidad de realizar regulaciones individuales de los ajustes de la pala, dado que puede haber grandes diferencias en los esfuerzos impuestos sobre una pala durante una revolución del rotor. Por ejemplo, habrá típicamente una velocidad del viento más alta en la parte más superior del plano del rotor de la que es el caso en la parte más inferior. Más aún el plano del rotor puede estar afectado de modo heterogéneo por ráfagas de viento. La regulación individual de, por ejemplo, el ángulo de paso de las palas permite el mantenimiento de los esfuerzos del

25 rotor sobre, por ejemplo, el árbol principal en un nivel regular y con una carga dada.

De acuerdo con una realización se determina la al menos una posición de referencia predefinida y se recogen las posiciones del punto predefinido, cuando la planta de generación eólica opera en una situación que se ve como una situación de referencia. Por ejemplo, una situación de referencia para la operación de la planta de generación eólica

30 podría ser una situación en la que predominan condiciones de viento específicas, correspondientes a lo que puede considerarse como un viento promedio, y es posible recoger posiciones de referencia en estas condiciones. Una alternativa es hacer girar las palas en la planta de generación eólica cuando hay viento en calma y la carga sobre las palas es mínima.

De acuerdo con la invención el sistema de posicionamiento comprende uno o más puntos de referencia, en el que las posiciones de los puntos de referencia son conocidas, y en el que la posición de al menos un punto sobre la pala

35 definido por adelantado se determina mediante el uso de la distancia desde los puntos de referencia al indicador de posición dispuesto en el (los) punto(s) predefinido(s). El uso de distancias hace fácil calcular las posiciones de los puntos. La medición de distancias se usa cada vez más y se basa, de acuerdo con la invención, en, por ejemplo, luz IR o en señales de radio, en donde se usan los tiempos de propagación de la luz IR o de las señales de radio para determinar una distancia entre los puntos de referencia y los indicadores de posición. Por ejemplo, los puntos de

40 referencia puede ser un satélite GPS.

En una realización la determinación de la posición del al menos un punto sobre la pala definido por adelantado comprende además usar la posición de la planta de generación eólica. Dependiendo de la precisión deseada en la

45 determinación de posición, es posible minimizar el número de satélites GPS usados y combinar en su lugar las distancias al satélite medidas con conocimiento de la posición de la planta de generación eólica y por ello la trayectoria de movimiento que es físicamente posible para el punto. De ahí que se minimice la cantidad de mediciones de distancia a ser realizadas entre los puntos de referencia y los indicadores de posición, y por ello puede determinarse la posición más rápidamente, mientras simultáneamente se reduce el consumo de potencia del punto de referencia y del indicador de posición.

Más aún el sistema se refiere a un sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica

50 de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el sistema comprende medios para la recogida de datos de operación relativos a la pala. El aspecto novedoso del sistema es que, en al menos un punto predefinido sobre la pala, se dispone un indicador de posición, en el que el indicador de posición puede usarse en un sistema de posicionamiento para identificar la posición del indicador de posición, y los medios de recogida de datos de operación relativos a la pala comprenden medios para recoger la posición del indicador de posición y por ello la posición del punto

55 predefinido.

De acuerdo con una realización el sistema comprende uno o más puntos de referencia, en el que las posiciones de los puntos de referencia son conocidas, y en el que se determina la posición de al menos un punto sobre la pala definido por adelantado mediante el uso de la distancia desde los puntos de referencia al indicador de posición dispuesto en el punto definido por adelantado.

5 De acuerdo con una realización particular se usa el sistema de posicionamiento GPS, en el que los indicadores de posición son un receptor GPS. Mediante el uso de este sistema de posicionamiento ya conocido, el sistema puede configurarse de modo comparativamente fácil mediante la disposición de los receptores GPS en los puntos predefinidos sobre la pala, en el que los receptores GPS se modifican para determinar sus posiciones y transmitirlos a un ordenador localizado en, por ejemplo, la planta de generación eólica.

10 Más aun, la invención se refiere a una pala de una planta de generación eólica, en el que la pala permite la supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de datos de operación relativos a la pala. El aspecto novedoso de la pala es que, en al menos un punto predefinido sobre la pala, se dispone un indicador de posición que puede usarse en un sistema de posicionamiento para identificar la posición del indicador de posición; y que la posición del indicador de posición y por ello la posición del punto predefinido se determinan y recogen como parte de dichos datos de operación relativos a la pala.

15 De acuerdo con una realización el sistema de posicionamiento es GPS y los indicadores de posición son receptores GPS.

La invención se describirá con detalle adicional a continuación con referencia a figuras que ejemplifican realizaciones de la invención:

20 la figura 1A muestra una pala para una planta de generación eólica, en la que —en puntos predefinidos— se disponen medios para identificar la posición de los puntos;

la figura 1B muestra una realización alternativa de una pala para una planta de generación eólica;

la figura 2 muestra un ordenador dispuesto en el alojamiento de una planta de generación eólica;

25 la figura 3 muestra un sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de la posición de puntos predefinidos sobre la pala;

la figura 4 muestra una realización alternativa del sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de la posición de puntos predefinidos sobre la pala;

30 la figura 5 es un diagrama de flujo en el que las posiciones recogidas se usan para determinar la carga sobre una pala basándose en la flexión de la pala.

La figura 1A muestra una pala 101 para una planta de generación eólica adaptada para la supervisión de la operación de acuerdo con la invención. Sobre la pala 101 y en posiciones predeterminadas, se disponen indicadores de posición 103, 105, 107, 109 y 111 que pueden usarse en un sistema de detección de la posición para identificar sus posiciones y por ello las posiciones de los puntos predefinidos. Los indicadores de posición pueden ser por ejemplo un receptor GPS o similar, como se describirá con detalle adicional en el contexto de las figuras 3 y 4.

40 La identificación de la posición de puntos específicos bien conocidos sobre una pala en operación y la recogida de dicha posición proporciona un parámetro adicional que puede usarse para optimizar la operación de la planta de generación eólica. Con el conocimiento de las posiciones de los puntos en operación y basándose en cambios en sus posiciones mutuas relativas, es posible determinar la flexión de la pala. Más aún, es posible determinar muy precisamente la velocidad de una pala en uno de los puntos bien conocidos.

El número de puntos en donde se ha identificado la posición dependerá de la propiedad de la operación que se desea supervisar y opcionalmente optimizar. Más aún la dirección de las localizaciones mutuas de los puntos también se apoya en qué propiedad de la operación se desea supervisar y optimizar.

45 La figura 1B muestra una realización alternativa de una pala para una planta de generación eólica; aquí los puntos 121, 123, 125, 127, 129, 131, 133, 135, 137 se disponen a lo largo de los bordes sobre la pala. Este posicionamiento se optimiza en particular para determinar retorcimientos torsionales de la pala.

La figura 2 muestra un ordenador 201 dispuesto en el alojamiento de una planta de generación eólica 203. El ordenador 201 se usa para recoger datos de operación a través de conexiones a transductores misceláneos

dispuestos sobre la planta de generación eólica. Más aún el ordenador puede estar equipado con software para optimizar la operación de la planta de generación eólica mediante el uso de los datos recogidos para el control de la planta de generación eólica, incluyendo el cambio de paso de las palas, girando la cabeza de la planta de generación eólica, etc. En la presente invención el ordenador es capaz de recibir y recoger información sobre las posiciones de los indicadores de posición individuales. Por ejemplo, esta información puede recibirse a través de una conexión de comunicación inalámbrica a los indicadores de posición individuales o desde otras partes del sistema de posicionamiento.

La figura 3 muestra un sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de la posición de puntos predefinidos sobre la pala. La posición de los indicadores de posición identificados en un sistema de posicionamiento se basa en GPS en el que los indicadores de posición son receptores GPS que usan puntos de referencia en la forma de satélites GPS 301, 303, 305 para determinar su posición. En la figura, la determinación de la posición se ilustra por un punto 300 sobre la pala, en la que se dispone un receptor GPS en dicho punto. Se determinan las distancias 307, 309, 311 entre el receptor en el punto 300 y los satélites 301, 303, 305, y basándose en estas distancias 307, 309, 311 puede calcularse la posición del punto mediante el uso de triangulación. De acuerdo con una realización las unidades pueden ser receptores GPS estándar y pueden o bien realizar el cálculo de posición por sí mismas o, como alternativa, los receptores GPS pueden simplificarse adicionalmente transmitiendo las distancias medidas al ordenador 201 de la planta de generación eólica que realiza a continuación el cálculo. Esto puede ser ventajoso para minimizar el consumo de potencia del receptor GPS.

El cálculo de posición, que es conocido en GPS, se basa en principios de la delimitación de los puntos que tienen la distancia medida a los satélites GPS individuales. Por ello, si solo está afectado un satélite GPS, los puntos con la distancia medida están limitados a puntos en una esfera alrededor del satélite GPS. Si se combinan dos satélites GPS 301 y 303, da como resultado dos esferas y los puntos que tienen simultáneamente las distancias medidas a ambos de los dos satélites GPS están restringidos a la intersección de las dos esferas en la forma de los puntos sobre un círculo. Si se usa un satélite GPS adicional 305, los puntos están restringidos a estar en la intersección de las tres esferas que son dos puntos. Para estar totalmente seguro de cuál de los dos puntos es el correcto, puede usarse un cuarto satélite; como alternativa, conociendo la localización geográfica de la planta de generación eólica, se podría excluir uno de los puntos, a continuación de lo que se haya la posición del receptor GPS. Dependiendo de la precisión deseada en la determinación de posición, es posible minimizar el número de satélites GPS usados y combinar en su lugar las distancias de satélite medidas con conocimiento de la posición de la planta de generación eólica y por ello la trayectoria de movimiento físicamente posible del punto. De ese modo se minimiza el número de mediciones de distancia a ser realizadas entre los satélites GPS y receptor GPS, y por ello puede establecerse la posición más rápidamente mientras simultáneamente se reduce el consumo de potencia del receptor GPS.

Las distancias entre los satélites GPS individuales y los receptores GPS se determina mediante las señales de radio que transmiten los satélites GPS en una longitud de onda dada y en un tiempo de envío. Estas señales transmitidas se reciben por el receptor GPS y, conociendo el instante de envío y la velocidad de la señal de radio, es posible determinar la distancia.

La precisión de la determinación de la distancia puede mejorarse adicionalmente mediante el posicionamiento de un receptor GPS de referencia en una posición conocida, y la medición de la posición de la estación base GPS de referencia en combinación con la medición descrita anteriormente puede usarse para tener en cuenta incertidumbres y por ello conducir a una medición muy precisa. El receptor GPS de referencia puede disponerse opcionalmente en la base de la torre de la planta de generación eólica para asegurar un punto de referencia que es constante con relación a las palas.

Un receptor GPS que podría usarse como medio de identificación podría basarse en un procesador Paradigm de receptor GPS de TOPCON que se usa en los receptores GPS+ de Topocon. Estos procesadores tienen un bajo consumo de potencia y son también rápidos en lo que se refiere a la determinación de la posición.

La figura 4 muestra una realización adicional del sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica 407, en el que la supervisión comprende la recogida de la posición de puntos sobre las palas que están definidos por adelantado.

En este caso se emplea un sistema de posicionamiento que trabaja de acuerdo con el mismo principio que el GPS; basándose, sin embargo, en mediciones locales. En lugar de usar satélites GPS como puntos de referencia y medir las distancias a los mismos, se disponen algunos puntos de referencia en la forma de transmisores en posiciones fijas 401, 403, 405 en y/o alrededor de la planta de generación eólica 407. En la figura 4 se disponen tres transmisores, en el que un transmisor se dispone en una posición 401 en la planta de generación eólica 407, y en el que los otros dos transmisores se disponen en posiciones 403 y 405 en otras plantas de generación eólica 409, 411 situadas alrededor de ella.

La distancia al punto 413 en el que se dispone un receptor puede determinarse mediante la transmisión de señales de radio desde los transmisores al receptor. Las señales transmitidas se reciben por el receptor, y conociendo el instante de envío (por ejemplo, comprendido en la señal de radio), la velocidad de la señal de radio, y la posición del transmisor, puede determinarse la distancia.

- 5 Basándose en las distancias determinadas puede determinarse la posición del punto 413 mediante el uso de cálculos de posición correspondientes a los cálculos que se realizan en el GPS como se ha descrito en el contexto de la figura 3. Dado que es posible en esa versión del sistema de posicionamiento usar transmisores con posiciones fijas, es posible llevar a cabo una detección precisa de la posición.

- 10 En la descripción de la figura 3 y la figura 4 se describen indicadores de posición en la forma de receptores de radio señales que se dispone en puntos definidos por adelantado sobre la pala. Para minimizar el riesgo de caídas de rayos en la pala, se desea evitar alimentar al receptor a través de un cable de alimentación desde la carcasa de la turbina eólica. Una opción para alimentar los receptores podría ser usar fibras ópticas en la pala, en las que se transmite la luz a través de la fibra óptica, y se recoge la energía y se usa en el receptor para alimentar el receptor.  
15 Una opción adicional podría ser usar una batería auto-recargable que utiliza el movimiento de la pala para recoger energía.

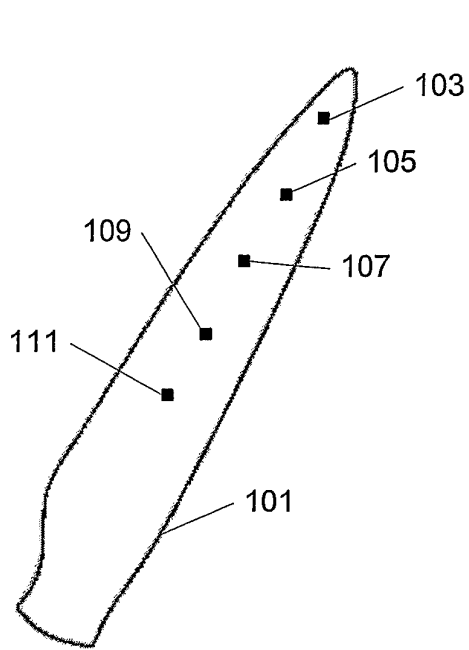
En lo anterior, se dieron ejemplos de cómo puede determinarse la posición de puntos predefinidos sobre una pala y recogerse mediante la disposición de indicadores de posición que se usan en un sistema de posicionamiento para determinar la posición de los indicadores de posición que es recogida posteriormente mediante, por ejemplo, un ordenador en la planta de generación eólica. Se sigue ahora un ejemplo del uso de las posiciones recogidas.

- 20 La figura 5 muestra un ejemplo del uso de las posiciones recogidas, en donde se usan las posiciones recogidas para determinar la carga sobre una pala basándose en la flexión de la pala. Si, por ejemplo, es el ordenador en la planta de generación eólica el que se usa para recoger información, podría ser también el que proporcione el software que implementa un algoritmo para hallar sucesos de flexión basándose en las posiciones recogidas. Un ejemplo de dicho algoritmo se ilustra en la figura 5, en donde 501 indica los datos que se recogieron desde el sistema de  
25 posicionamiento. Estos datos pueden ser o bien posiciones que se enviaron desde el sistema de posicionamiento o bien desde los receptores dispuestos sobre la pala o desde el transmisor de radio señales. O, como alternativa, los datos podrían ser también las distancias medidas entre transmisores y receptores basándose en las que se calculan las posiciones de acuerdo con el principio de cálculo de triangulación descrito anteriormente. En el caso de que el número de transmisores no permita la localización de una posición de los puntos predefinidos, sino por el contrario  
30 de un grupo de posiciones, se selecciona en 503 una posición. Esto tiene lugar porque, en 507, se realiza una comparación en 507 de las posibles posiciones 501, conociendo la posición 505 de la planta de generación eólica que podría estar almacenada en un ordenador en la planta de generación eólica. Entonces se determinan las posiciones de los puntos definidas por adelantado, y en 509 se realiza una comparación 509 de las posiciones determinadas de los puntos a sus posiciones de referencia, y basándose en la diferencia se realiza una diagnosis,  
35 en 513, que se refiere a la flexión de la pala basándose en el conocimiento de la configuración de la pala y el material de la pala. Finalmente, Las diagnosis medidas se almacenan en 517 con vistas a una supervisión, y en 519 se usa la diagnosis como entrada para un algoritmo de regulación que, dependiendo de la flexión, es capaz de, por ejemplo, iniciar el cambio de paso de la pala para minimizar la flexión y por ello evitar daños y/o para optimizar el efecto suministrado por la planta de generación eólica.

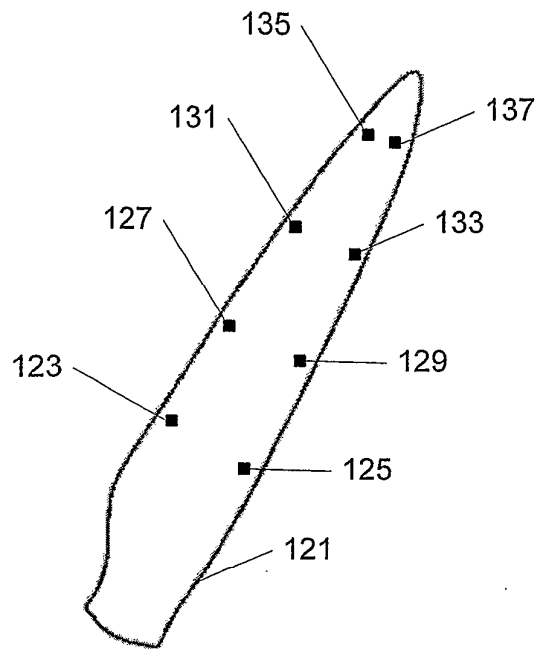
- 40 Se entenderá que la invención tal como se divulga en la presente descripción y figuras puede modificarse o cambiarse, mientras que continúa estando comprendida por el alcance de protección conferido por las siguientes reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

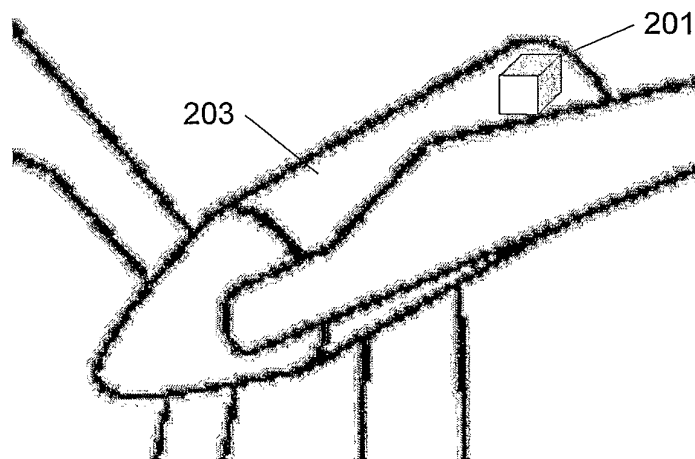
- 5 1. Un método de supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que la supervisión comprende la recogida de datos de operación relativos a la pala, en el que, en al menos un punto predefinido sobre la pala, se dispone un indicador de posición que puede usarse en un sistema de posicionamiento para identificar la posición del indicador de posición; y que la posición del indicador de posición y por ello la posición del punto predefinido se determinan y recogen como una parte de dichos datos de operación relativos a la pala, **caracterizado por que** la posición del punto predefinido se determina mediante el uso de una medición de distancia desde un punto de referencia al indicador de posición, en el que la medición de distancia se basa en luz IR o señales de radio.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la posición del al menos un punto predefinido se usa en un algoritmo de control y regulación para el control de la planta de generación eólica.
3. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1-2, en el que la posición del al menos un punto predefinido se usa para determinar esfuerzos materiales en la pala mediante la determinación de la flexión de la pala, en el que el método comprende las siguientes etapas:
- 15 - comparar la posición recogida del punto predefinido con una posición de referencia predefinida de ese punto;  
- basándose en la comparación de la posición recogida con la posición de referencia, determinar la flexión y por ello el esfuerzo material sobre la base de desviaciones entre la posición recogida y la posición de referencia.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la al menos una posición de referencia predefinida es/son posiciones determinadas y recogidas del punto predefinido cuando la planta de generación eólica está en operación en una situación en la que se la ve como estando en una situación de referencia.
- 20 5. Un método de acuerdo con las reivindicaciones 1-4, en el que el sistema de posicionamiento comprende uno o más puntos de referencia en el que las posiciones de los puntos de referencia son conocidas, y en el que la(s) posición(es) de al menos un punto definido por adelantado sobre la pala se determina(n) mediante el uso de la distancia desde los puntos de referencia al indicador de posición dispuesto en el punto predefinido.
- 25 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la determinación de la posición del al menos un punto definido por adelantado sobre la pala comprende adicionalmente usar la posición de la planta de generación eólica.
- 30 7. Un sistema para la supervisión de la operación de una planta de generación eólica, en el que el sistema comprende medios para la recogida de datos de operación relativos a la pala, en el que, en al menos un punto predefinido sobre la pala, se dispone un indicador de posición, en el que el indicador de posición puede usarse en un sistema de posicionamiento para identificar la posición del indicador de posición, y los medios de recogida de datos de operación relativos a la pala comprenden medios para recoger la posición del indicador de posición y por ello la posición del punto predefinido, **caracterizado por que** la posición del punto predefinido se determina mediante el uso de una medición de distancia desde un punto de referencia al indicador de posición, en el que la medición de distancia se basa en luz IR o señales de radio.
- 35 8. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 7, en el que el sistema comprende uno o más puntos de referencia, en el que las posiciones de los puntos de referencia son conocidas, y en el que la(s) posición(es) del al menos un punto definido por adelantado sobre la pala se determina(n) mediante el uso de la distancia desde los puntos de referencia al indicador de posición dispuesto en el punto predefinido.
- 40 9. Un sistema de acuerdo con las reivindicaciones 7-8, en el que el sistema de posicionamiento es GPS, y en el que los indicadores de posición son unos receptores GPS.



**Figura 1A**

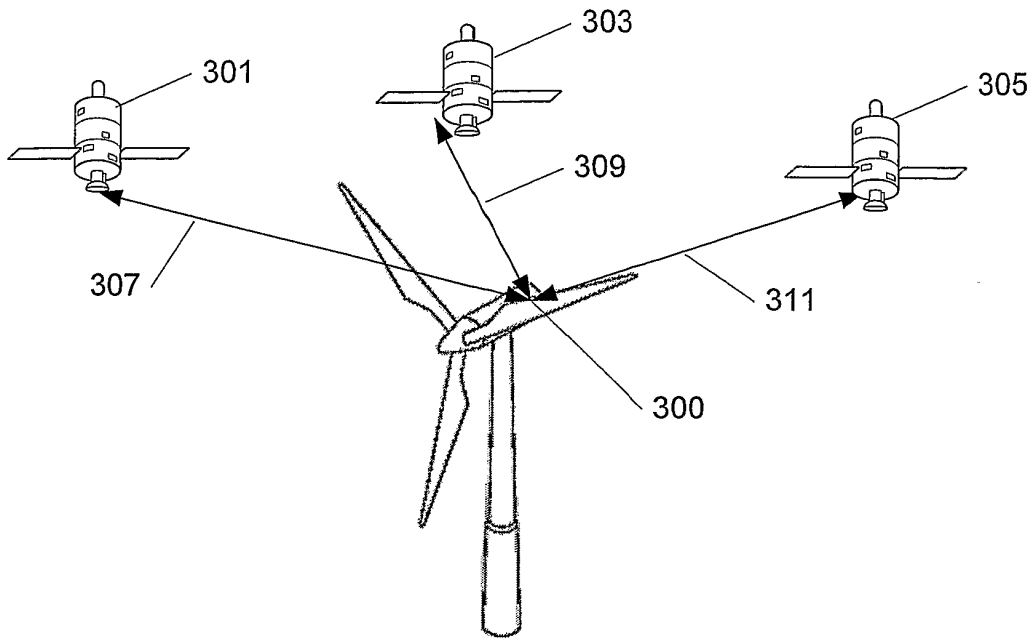


**Figura 1B**

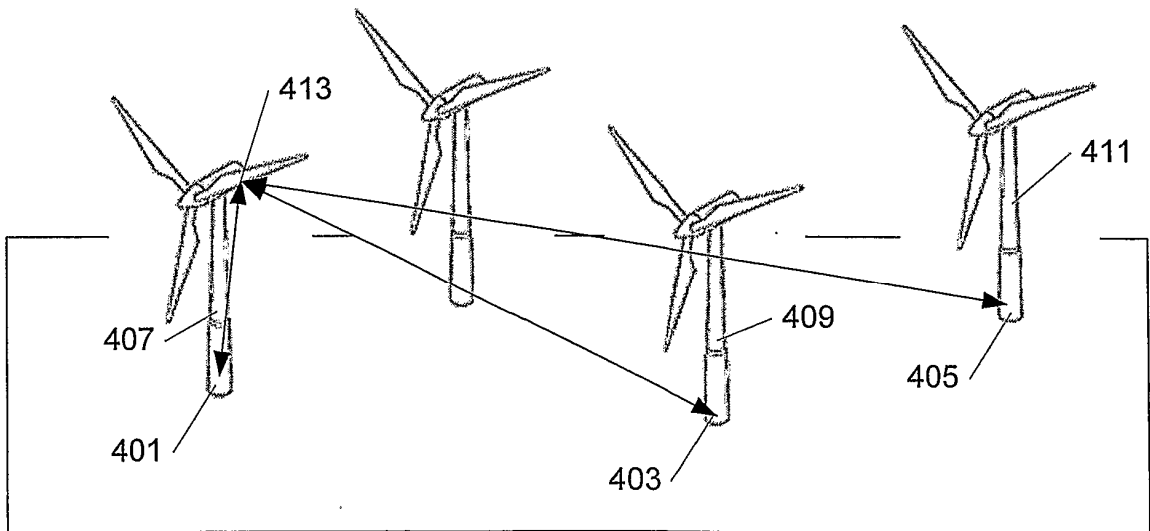


**Figura 2**

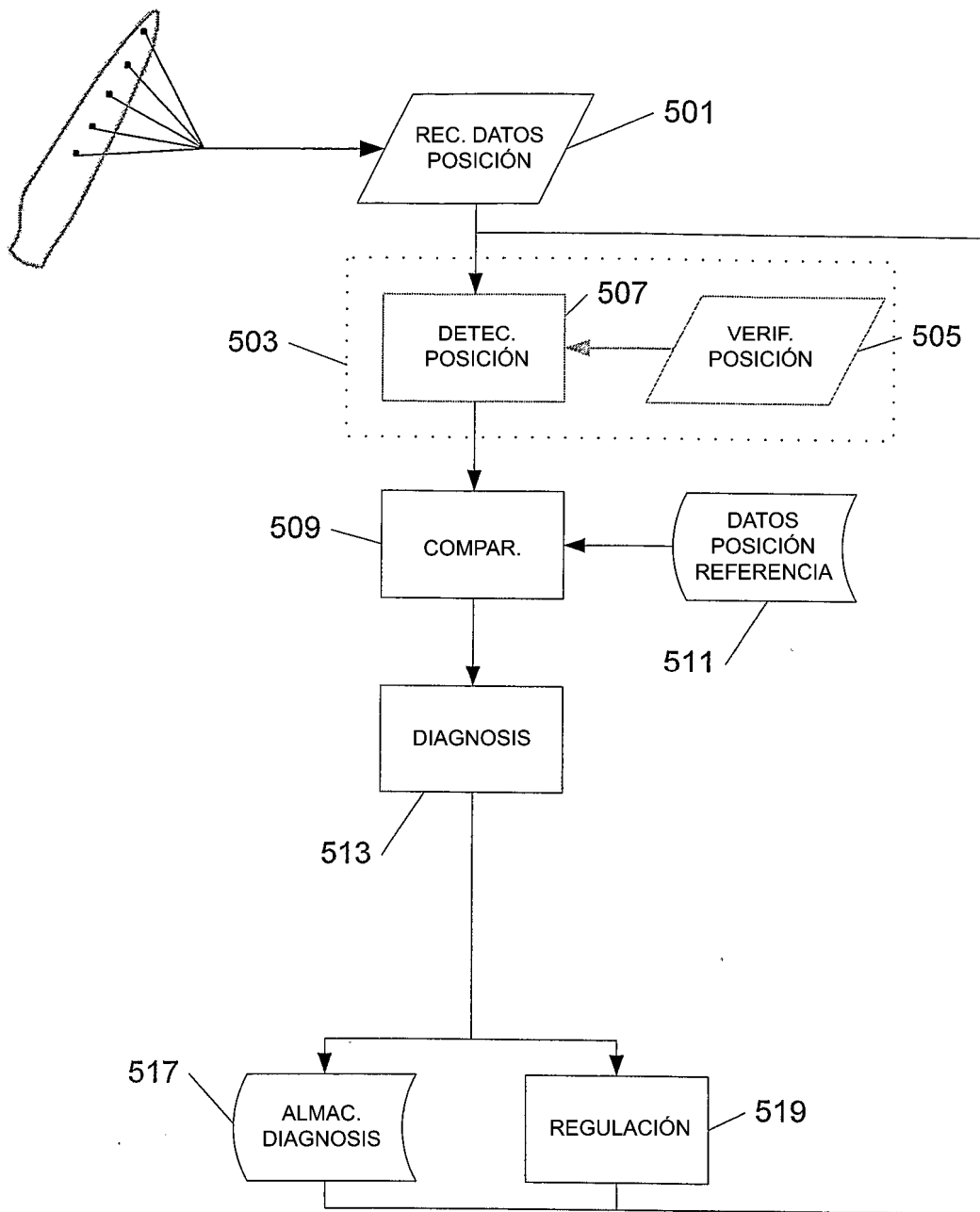




**Figura 3**



**Figura 4**



**Figura 5**