

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 538**

51 Int. Cl.:

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.12.2013 PCT/EP2013/076285**

87 Fecha y número de publicación internacional: **19.06.2014 WO14090903**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2013 E 13802414 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2932094**

54 Título: **Un sistema y un método para la calibración del sensor de un aerogenerador**

30 Prioridad:

14.12.2012 GB 201222540

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

03.10.2018

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL
TECHNOLOGY II APS (100.0%)**

**Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**KLITGAARD, MICHAEL;
BÆK, PETER y
BYSKOV, CLAUS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 684 538 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

Un sistema y un método para la calibración del sensor de un aerogenerador

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema y a un método para la calibración y/o verificación de un sistema de sensor de aerogenerador.

Antecedentes de la invención

10 En el diseño de los aerogeneradores modernos, un impulso continuado para aumentar la eficacia y la fiabilidad ha llevado a un deseo de proporcionar soluciones más inteligentes para sistemas de control de aerogeneradores. Tales soluciones, a menudo, implican la incorporación de sistemas de sensores de aerogeneradores integrados en la fase de diseño de la turbina. Tales sistemas pueden producir salidas relativamente precisas, ya que pueden integrarse con la fabricación de los componentes del aerogenerador, por ejemplo, un sistema de supervisión de deflexión de pala incrustado dentro de la estructura de la propia pala del aerogenerador.

15 Uno de los desafíos para garantizar la operación precisa de tales sistemas es la dificultad para asegurar la calibración precisa de las salidas del sensor, en particular, con respecto al posicionamiento de los sistemas de sensores. Además, es deseable poder verificar con eficacia la salida de un sistema de sensor integrado, para garantizar que los componentes del sensor están operando correctamente.

20 Algunas soluciones propuestas incluyen el uso del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) con el fin de calcular con precisión la ubicación del sistema de sensor y/o los componentes del aerogenerador. Sin embargo, tales sistemas son relativamente caros y pueden requerir la interpolación complicada y la asignación de los resultados con el fin de calibrar sucesivamente y/o verificar el sistema de sensor de turbina. Otras soluciones se han propuesto en los documentos US 2011/02606511 A1 y WO 2009/143850 A2. Es un objeto de la invención proporcionar un sistema de calibración y/o de verificación del sensor de turbina que proporciona una solución relativamente más simple y menos costosa, que puede implementarse fácilmente en los aerogeneradores nuevos o existentes.

Sumario de la invención

25 Por consiguiente, se provee un método de acuerdo con la reivindicación 1 para calibrar un sistema de sensor para un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador al menos una pala de aerogenerador, comprendiendo el método las etapas de:

30 proporcionar un dispositivo de captura óptica hacia la góndola de la torre de aerogenerador;
proporcionar al menos una fuente de luz en una ubicación del aerogenerador distal desde dicho dispositivo de captura óptica; para al menos una porción de un ciclo operativo del aerogenerador, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz vista por dicho dispositivo de captura óptica, así como una indicación del movimiento de una porción del aerogenerador entre dicha góndola y la ubicación de la al menos una fuente de luz; y proporcionar dicha indicación registrada de movimiento como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

35 El uso de un sistema de calibración en un aerogenerador permite una calibración precisa inicial de un sistema de sensor de turbina y/o una recalibración dinámica o periódica del sistema de sensor, para garantizar que tal sistema de sensor proporciona salidas de sensor precisas. Tales sistemas de sensor calibrado apropiadamente pueden proporcionar una operación del aerogenerador mejorada. Mediante un ciclo operativo del aerogenerador, se entenderá que esto puede cubrir las pruebas iniciales del rendimiento operativo del aerogenerador, por ejemplo, las pruebas de Carga Total o Sin Carga de la turbina, y/o una porción de la rutina operativa normal del aerogenerador. El método puede comprender, además, la etapa de calibrar el sistema de sensor basándose al menos en parte en dicha indicación registrada de movimiento.

40 Preferentemente, se provee un método para calibrar un sistema de sensor para un aerogenerador, comprendiendo el aerogenerador al menos una pala de aerogenerador, comprendiendo el método las etapas de:

45 proporcionar al menos una fuente de luz de torre hacia la base de una torre de aerogenerador;
proporcionar un dispositivo de captura óptica hacia la góndola de la torre de aerogenerador, estando dispuesto dicho dispositivo de captura óptica para mirar a lo largo de dicha torre en la dirección de dicha al menos una fuente de luz;
operar el aerogenerador en un estado de carga;
50 registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de torre vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de torre para dicho estado de carga; y

proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de torre para el estado de carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

5 La flexión de la torre del aerogenerador durante la operación de la turbina puede dar como resultado errores de medición durante la operación de un sistema de sensor de aerogenerador, tal como un sistema de supervisión de deflexión de pala. Asimismo, la flexión de la torre puede influir en el cálculo de una distancia de separación precisa de la pala a la torre. Por consiguiente, la provisión de un sistema de calibración adecuado para calibrar la operación de un sistema de sensor de turbina tal como un sistema de supervisión de deflexión de la pala da como resultado un rendimiento más confiable y preciso del sistema de sensor y cualquier sistema de control de aerogenerador asociado. El uso de dispositivos ópticos externos proporciona un método de verificación relativamente fácil y
10 fácilmente verificable para calibrar la flexión de la torre durante la carga para una torre de aerogenerador.

El método también puede usarse como un método de verificación de la salida de un sistema de sensor de aerogenerador, proporcionando un método relativamente simple y preciso para verificar la posición real de una torre de aerogenerador y/o una pala de aerogenerador que experimenta deflexión y, que puede implementarse de manera relativamente fácil en un aerogenerador

15 usando componentes directos y fácilmente disponibles.

Se entenderá que el aparato usado para implementar el método puede unirse temporalmente al aerogenerador para dinas de calibración o verificación inicial. Alternativamente, el aparato puede unirse permanentemente al aerogenerador, En el caso de una instalación permanente del aparato, el aparato de calibración puede funcionar como un sistema de sensor secundario o de respaldo, que puede usarse en el caso de que el sistema de sensor de
20 aerogenerador principal experimente una falla.

Por "estado de carga", se entenderá que la turbina se opera bajo condiciones de carga predefinidas, es decir, carga nominal o carga total. Se entenderá, además, que la turbina puede operarse para una variedad de cargas diferentes hasta la carga máxima, con el fin de proporcionar una visión general extensa de la relación entre las condiciones de carga y la flexión de la torre. Tal visión general de la flexión de la torre para las diferentes condiciones de carga
25 puede proporcionar entradas de calibración precisas para diversos sistemas de sensor de turbina.

Preferentemente, el sistema de sensor de aerogenerador comprende un sistema de supervisión de deflexión de la pala, preferentemente el aerogenerador comprende, al menos, una pala de aerogenerador que tiene un sistema de supervisión de deflexión de la pala integrado.

Preferentemente, el método comprende, además, las etapas de:

30 proporcionar al menos una fuente de luz de pala hacia el extremo de punta de una pala de aerogenerador del aerogenerador;
cuando dicha pala de aerogenerador pasa por dicha torre, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de pala vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de pala para dicho estado de carga; y
35 proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de pala para el estado de carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

Al supervisar la deflexión de la pala durante una condición de carga medida, un sistema de sensor tal como un sistema de supervisión de deflexión puede calibrarse con precisión para futura operación de la turbina.

Preferentemente, el método comprende, además, las etapas de:

40 operar dicho aerogenerador en un estado sin carga o inactivo;
registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de torre vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de torre para dicho estado sin carga; y
proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de torre para el estado sin carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

45 Preferentemente, el método comprende, además, las etapas de:

proporcionar al menos una fuente de luz de pala hacia el extremo de punta de una pala de aerogenerador del aerogenerador;
cuando dicha pala de aerogenerador pasa por dicha torre, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de pala vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de pala para dicho estado sin carga; y
50 proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de pala para el estado sin carga como una entrada de

calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

Supervisar la deflexión de la torre y/o la deflexión de la pala para condiciones sin carga proporciona una medición útil de la línea de masa que puede usarse para la calibración precisa de un sistema de sensor, tal como un sistema de supervisión de deflexión.

- 5 Preferentemente, el método comprende la etapa de proporcionar, al menos, una pala de aerogenerador que tiene un sistema de supervisión de deflexión de la pala integrado, preferentemente un sistema inalámbrico de medición de distancia. En un aspecto preferido, el sistema inalámbrico de medición de distancia se basa en un enlace de comunicación radio entre una pluralidad de dispositivos de comunicación. Preferentemente, el enlace de comunicaciones radio es un enlace de comunicación de banda ultra ancha (UWB).
- 10 El uso de tales sistemas inalámbricos de supervisión de distancia proporciona un alto grado de precisión y fiabilidad durante la operación del sistema de supervisión de deflexión. Como el sistema de calibración está basado en una posición de detección óptica, esto proporciona una segunda capa de seguridad cuando se calibra inicialmente la deflexión del sistema de supervisión, como la operación de calibración puede usarse en dos mediciones separadas de posición - la salida del sistema de calibración y la salida del propio sistema de supervisión de deflexión. Se entenderá que la pala del aerogenerador puede comprender un sistema de supervisión de deflexión alternativo, por ejemplo, un sistema de supervisión de deflexión de fibra óptica y, un sistema basado en acelerómetro, etc.

Preferentemente, dicho dispositivo de captura óptica se proporciona sobre la góndola del aerogenerador, adyacente al eje de rotor del aerogenerador. Preferentemente, dicho dispositivo de captura óptica se proporciona en la parte inferior de la góndola.

- 20 Preferentemente, dicha al menos una fuente de luz de torre se proporciona en el suelo adyacente a la base de la torre del aerogenerador.

Preferentemente, dichas fuentes de luz de torre y/o pala se proveen como lámparas de infrarrojos (IR).

Preferentemente, dicha etapa de registro se realiza para un número predefinido de rotaciones de las palas del rotor del aerogenerador y/o una duración predeterminada.

- 25 En un aspecto, el registro se realiza una vez por vuelta en al menos una pala del rotor del aerogenerador, en el que el método de calibración se realiza de manera continua para un sistema de sensor de turbina. Preferentemente, el sistema de sensor comprende al menos un acelerómetro provisto en dicha al menos una pala de aerogenerador.

- 30 En un aspecto, el método comprende, además, la etapa de calibrar dinámicamente dicho sistema de sensor de turbina basándose al menos en parte en dicha indicación registrada del movimiento durante la operación del aerogenerador. Esto puede realizarse de manera continua durante la operación de la turbina o, puede ser una recalibración dinámica del sistema de sensor durante un periodo de operación de la turbina, por ejemplo, durante un periodo de alta carga.

- 35 En un aspecto alternativo, el registro se realiza para un número suficiente de revoluciones o para una duración de tiempo suficiente para asegurar que un conjunto de datos fiable se ha registrado con el objeto de calibración o verificación.

Preferentemente, el método comprende después de dicha etapa de registro, eliminar dichas fuentes de luz y dispositivos de captura óptica.

- 40 El uso de dispositivos y fuentes de luz que pueden retirarse del aerogenerador después de la calibración permite que los dispositivos se reutilicen para la calibración de diferentes aerogeneradores. Adicional o alternativamente, la calibración puede realizarse en serie o en paralelo para diferentes palas del aerogenerador.

Preferentemente, la etapa de proporcionar comprende unir dicho dispositivo de captura óptica a una superficie externa de dicha góndola.

Preferentemente, la etapa de proporcionar comprende fijar dicha al menos una fuente de luz de pala a una superficie externa de la pala del aerogenerador.

- 45 Preferentemente, dicha al menos una fuente de luz se fija de manera liberable a la superficie de la pala del aerogenerador.

Preferentemente, el método comprende las etapas de:

proporcionar un movimiento predicho de una porción del aerogenerador entre dicha góndola y la ubicación de dicha al menos una fuente de luz como salida desde un sistema de sensor del aerogenerador; comparar dicha indicación registrada de movimiento con dicho movimiento predicho; y si la diferencia entre dicha indicación registrada de movimiento y dicho movimiento predicho excede un umbral, desencadenar un estado de alarma para el aerogenerador.

El estado de alarma puede ser una alarma real del operador; la generación de una solicitud de un servicio, inspección o reparación del aerogenerador; una desactivación del aerogenerador; y/o una señal al controlador del aerogenerador para usar la salida del sistema de calibración en lugar de la salida del sistema de sensor, para el fin de controlar el aerogenerador. En este sentido, se entenderá que el aerogenerador puede proporcionarse con un enlace a una red de comunicaciones adecuada para las transmisiones de señales desde el aerogenerador a un operador del aerogenerador, que puede estar en una ubicación remota.

Se proporciona también un aparato para calibrar un sistema de sensor para un aerogenerador, comprendiendo el aparato:

un dispositivo de captura óptica para posicionar hacia la góndola de la torre del aerogenerador; al menos una fuente de luz para posicionar una ubicación del aerogenerador distal desde dicho dispositivo de captura óptica; y un controlador acoplado a dicha primera fuente de luz y dicho dispositivo de captura óptica, en el que el controlador es operable para implementar el método descrito anteriormente.

Preferentemente, el aparato comprende, al menos, una fuente de luz para posicionar hacia la base de una torre de aerogenerador.

Preferentemente, el aparato comprende al menos una fuente de luz para posicionar hacia el extremo de punta de al menos una pala de aerogenerador del aerogenerador.

Descripción de la invención

A continuación, se describirán las realizaciones de la invención, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 muestra un aerogenerador que tiene un sistema de calibración y verificación de acuerdo con la invención la invención;

la Fig. 2 ilustra las etapas de un método de calibración de acuerdo con un aspecto de la invención;

la Fig. 3 ilustra un método de verificación y ajuste de un sistema de sensor de acuerdo con un aspecto de la invención; y

la Fig. 4 ilustra un ejemplo de datos registrados usando una realización de la del sistema y método de la invención.

Se entenderá que los dibujos adjuntos son solo ilustrativos y no se proporcionan a escala.

Con referencia a la Fig. 1, un aerogenerador de eje horizontal contra el viento 10 se ilustra de acuerdo con el denominado "concepto danés". El aerogenerador 10 comprende una torre de aerogenerador 12, una góndola 14 provista en la parte superior de dicha torre 12 y un rotor de aerogenerador 16 provisto de manera giratoria sobre dicha góndola 14. El rotor 16 comprende un eje de rotor 18 y una pluralidad de palas de aerogenerador 20 que se extienden radialmente desde dicho eje de rotor 18. Las palas del aerogenerador 20 están montadas de manera que se puedan inclinar en el eje de rotor 18, de tal manera que las palas 20 pueden inclinarse con relación al eje de rotor 18, para optimizar la operación de la turbina basándose en las condiciones de operación. La góndola 14 se monta de manera giratoria sobre dicha torre 12, de tal manera que mediante la acción de guiñada de la góndola 14, el rotor del aerogenerador 16 puede enfrentarse al viento que se aproxima a la turbina 10.

Las palas del aerogenerador 20 comprenden un perfil aerodinámico, que tiene un borde delantero 21a y un borde posterior 21b. Las palas del aerogenerador 20 siguen una ruta giratoria generalmente circular alrededor del eje del rotor 18.

Las palas del aerogenerador se forman en general a partir de un material plástico reforzado con fibra, es decir, las fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas de los aerogeneradores modernos pueden, a menudo, tener más de 30-40 metros de longitud, teniendo diámetros de raíz de pala de varios metros.

El aerogenerador 10 comprende al menos un sistema de sensor de turbina (no mostrado), que se puede operar para supervisar al menos una característica operativa del aerogenerador 10. Tal sistema de sensor de turbina puede comprender un sistema de supervisión de la deflexión de la pala del aerogenerador, por ejemplo, un sistema de deflexión basado en un sistema de comunicación de banda ultra ancha (UWB). Un ejemplo de tal sistema de supervisión de la deflexión de la pala puede encontrarse en la Solicitud de Patente Europea pendiente de publicación N° 12180776.2. Otros ejemplos de sistemas de sensor adecuados incluyen sistemas de sensor basados en acelerómetro y/o sistemas de predicción de golpes de torre.

El sistema de sensor puede acoplarse a una estación de registro de datos, en la que las características operativas de la turbina pueden registrarse para el posterior análisis para determinar el estado y el rendimiento del aerogenerador 10. Adicional o alternativamente, la salida del sistema de sensor puede acoplarse a un controlador del aerogenerador (no mostrado), que se puede operar para ajustar la operación del aerogenerador 10 basándose en la salida del sistema de sensor. Por ejemplo, el controlador puede operarse para controlar la inclinación de las palas del aerogenerador 20, con el fin de ajustar el ángulo de inclinación de la pala para mejorar el rendimiento de la turbina y/o para evitar la posibilidad de un golpe de torre en las palas 20.

Con el fin de asegurar la operación precisa del sistema de sensor de la turbina, el aerogenerador 10 comprende, además, un sistema de calibración de sensor que se puede operar para calibrar y/o verificar la salida de un sistema de sensor de aerogenerador. El sistema de calibración del sensor comprende un dispositivo de captura óptica 22 que se proporciona en o cerca de la góndola 14 del aerogenerador 10. El dispositivo de captura óptica 22 puede comprender cualquier aparato de cámara adecuado. El dispositivo de captura óptica 22 se dispone de tal manera que el dispositivo 22 se enfrenta a una dirección descendente, desde el extremo superior de la torre de aerogenerador 12 hacia la base de la torre 12. El dispositivo de captura óptica 22 se dispone de tal manera que se ubica de tal manera que el dispositivo 22 puede capturar una imagen de la base de la torre 12, así como la porción inferior de la ruta giratoria de las palas del aerogenerador 20. En este sentido, el dispositivo de captura óptica 22 se monta preferentemente sobre la góndola 14, hacia el lado del rotor de la góndola 14, de tal manera que el dispositivo de captura óptica 22 se desviará con la góndola 14 para enfrentarse siempre en la misma dirección que el rotor 16. Preferentemente, el dispositivo de captura óptica 22 se monta sobre la góndola 14 entre la torre 12 y el eje del rotor 18. Alternativamente, el dispositivo de captura óptica 22 puede montarse sobre la torre 12 en el extremo superior de la torre 12, en la que el dispositivo de captura óptica 22 es operable para rotar alrededor de la torre 12 según se requiera.

Una primera fuente de luz 24 se ubica en o cerca de la base de la torre del aerogenerador 12. La primera fuente de luz 24 puede comprender un único elemento de fuente de luz provisto en una ubicación específica en la base de la torre 12 o, puede comprender una matriz de elementos de fuente de luz ubicados alrededor de la periferia de la base de la torre, de tal manera que una porción de la primera fuente de luz 24 puede verse por el dispositivo de captura óptica 22 para cualquier ángulo de guiñada de la góndola 14 y el rotor 16. Alternativamente, la primera fuente de luz 24 puede comprender un único elemento de fuente de luz provisto de manera giratoria en la base de la torre 12, el elemento de fuente de luz único dispuesto para rotar alrededor de la torre 12 con la guiñada de la góndola 14, de tal manera que el único elemento de fuente de luz puede verse por el dispositivo de captura óptica 22 para cualquier ángulo de guiñada de la góndola 14.

Una segunda fuente de luz 26 se ubica hacia el extremo de punta de al menos una de las palas del aerogenerador 20. La segunda fuente de luz 26 se provee preferentemente sobre una superficie a favor del viento de la pala del aerogenerador 20, preferentemente sobre un lado de la pala del aerogenerador 20 enfrentada a la torre 12, de tal manera que la segunda fuente de luz 26 puede verse por el dispositivo de captura óptica 22 conforme dicha pala de aerogenerador 20 pasa a través de esta porción de la ruta giratoria de las palas del aerogenerador 20 que se puede ver por el dispositivo de captura óptica 22.

Las fuentes de luz 24, 26 pueden ser cualquier fuente de luz adecuada para supervisar mediante el dispositivo de captura óptica 22. Preferentemente, las fuentes de luz 24, 26 comprenden lámparas infrarrojas (IR). Preferentemente, el dispositivo de captura óptica 22 comprende un sensor de seguimiento de múltiples objetos, que es operable para rastrear la posición de las fuentes de luz en una matriz 2D.

Se entenderá que el dispositivo de captura óptica 22 y la primera y la segunda fuentes de luz 24, 26 pueden unirse temporalmente al aerogenerador 10 para fines de una prueba de calibración/verificación inicial y/o, para una prueba de calibración/verificación inicial realizada en intervalos durante la vida útil operativa del aerogenerador 10.

Alternativamente, los dispositivos 22, 24, 26 pueden fijarse permanentemente al aerogenerador 10, para fines de realizar una calibración continua o dinámica de los sistemas de sensor en el aerogenerador 10.

Preferentemente, las fuentes de luz 22, 24 se proporcionan en alojamientos aerodinámicamente adecuados, de manera que la presencia de las fuentes de luz 22, 24 y, en particular, cualquier fuente de luz provista en las palas del aerogenerador, no resultan en la generación de niveles de ruido significativos y no afecta significativamente a las características aerodinámicas del aerogenerador.

En los casos donde las fuentes de luz se proporcionan para instalarse durante un periodo de tiempo sustancial, por ejemplo, como una parte permanente del aerogenerador, se entenderá que el aerogenerador puede diseñarse para acomodar eficazmente las fuentes de luz, por ejemplo, las palas del aerogenerador pueden conformarse para recibir una fuente de luz en una abertura o cavidad definida en la pala, de tal manera que la fuente de luz se proporciona en registro con la superficie de la pala. Adicional o alternativamente, la fuente de luz 26 provista hacia la punta de la pala 20 puede acoplarse a un controlador y/o a un suministro de energía provisto en el eje del aerogenerador 18 o góndola 14. Tal ubicación remota del controlador y/o el suministro de energía desde la punta de la pala permite un servicio relativamente fácil del controlador y del suministro de energía.

Adicional o alternativamente, la fuente de luz 26 podría proporcionarse a modo de una fibra óptica o guía de luz similar que se extiende a través de la pala 20 desde el extremo de raíz de la pala hasta la ubicación hacia la punta. Por consiguiente, se puede proporcionar una fuente de luz en una ubicación de servicio relativamente fácil, tal como el eje de rotor 18 o la góndola 14, con luz desde dicha fuente de luz guiada desde dicha ubicación hasta la ubicación hacia la punta se desea para supervisar el movimiento.

El dispositivo de captura óptica 22 es operable para rastrear la posición de las fuentes de luz 24, 26 sobre una matriz 2D. Un controlador adecuado, entonces, se opera para transformar las coordenadas rastreadas para determinar el movimiento entre el dispositivo de captura óptica 22 y las fuentes de luz 24, 26. Por consiguiente, supervisando la posición de la primera y la segunda fuentes de luz 24, 26 como se ve por el dispositivo de captura óptica 22, varias características operativas del aerogenerador 10 pueden determinarse con relativa facilidad:

- la extensión de la flexión de la torre del aerogenerador 12 durante la operación del aerogenerador 10, basándose en el movimiento relativo entre el dispositivo de captura óptica 22, provisto en la parte superior de la torre 12 y la primera fuente de luz 24, provista en la base de la torre 12; y
- la extensión de la deflexión de la pala del aerogenerador 20 a la cual se monta la segunda fuente de luz 26, basándose en el movimiento de la segunda fuente de luz 26 según se ve por el dispositivo de captura óptica 22.

Estos resultados registrados pueden, entonces, usarse para la calibración y/o verificación de las salidas de los sistemas de sensor provistos en el aerogenerador 10. Se entenderá que estas características pueden medirse para diferentes estados de carga del aerogenerador 10. Con referencia a la Fig. 2, se ilustra un esquema del método usado para las pruebas de calibración/verificación de acuerdo con la invención.

Inicialmente (etapa 100), el dispositivo de captura óptica 22 y la primera y segunda fuentes de luz 24, 26 se ilustran en un aerogenerador 10, como se indica en la Fig. 1. La turbina 10 entonces se opera para una Prueba Sin Carga (etapa 102), en la que la turbina 10 se opera sin carga eléctrica. El movimiento relativo de la posición de la punta de la pala y la posición de la torre se registra para esta prueba (etapas 104, 106), registrando el movimiento relativo de la primera y de la segunda fuentes de luz 24, 26 respectivamente con relación al dispositivo de captura óptica 22.

A continuación, se realiza una Prueba con Carga Total usando la turbina (etapa 108), en la que la turbina 10 se opera usando la carga eléctrica total. De nuevo, el movimiento relativo de la posición de la punta de la pala y la posición de la torre se registra para esta prueba (etapas 110, 112), registrando el movimiento relativo de la primera y de la segunda fuentes de luz 24, 26 respectivamente con relación al dispositivo de captura óptica 22.

Se entenderá que la turbina 10 puede operarse adicional o alternativamente para los diferentes niveles de carga operativa, con el fin de registrar la punta de la pala y las posiciones de la torre para diferentes niveles de operación de la turbina.

Una vez se haya doblado la torre y la deflexión de la pala se haya registrado en la de la manera, los datos pueden usarse como una entrada a un sistema de calibración de sensor (etapa 114). Por ejemplo, los datos pueden usarse para verificar si la salida del sistema de deflexión de la pala basada en la posición es correcta (comparando con la deflexión de la punta de la pala registrada) o, si la precisión del sistema de predicción de golpes de torre es suficiente (comparando la deflexión de la torre para determinar la probabilidad de golpe de torre).

En un aspecto preferido, el sistema de calibración que incorpora los dispositivos 22, 24, 26 pueden entonces retirarse (etapa 116) del aerogenerador 10 y usarse para calibrar las otras instalaciones de la turbina, pero se entenderá que el sistema de calibración puede instalarse de manera permanente en la turbina 10, para proporcionar una recalibración dinámica o periódica del sistema de sensor de componentes. Por ejemplo, en el caso de un sistema de sensor basado en acelerómetro, la deflexión de la pala puede registrarse para cada rotación del rotor del aerogenerador 16 o, al menos durante intervalos de rotación predefinidos. La salida del acelerómetro puede, en consecuencia, centrarse de nuevo basándose en la deflexión registrada, estando la precisión del sistema de sensor ajustada continuamente por el sistema de calibración.

Con referencia a la Fig. 3, se ilustra un ejemplo de un método de calibración.

En la Fig. 3, la salida del sistema de sensor de aerogenerador, por ejemplo, un sistema de supervisión de la deflexión de la pala, se toma (etapa 118) y se compara con la salida del sistema de calibración y verificación de los dispositivos 22, 24, 26 (etapa 120). Las salidas se comparan entonces (etapa 122) para juzgar su precisión y alineación.

- 5 Si la salida del sistema de calibración corresponde con la salida del sistema de sensor, se puede juzgar que el sistema de sensor del aerogenerador 10 está configurado con precisión (etapa 124) y, el sistema de calibración puede retirarse para su instalación y calibración de otro sistema de sensor de aerogenerador (como en la etapa 116) o, el sistema de calibración puede apagarse o establecerse en un modo inactivo hasta que se requiera la siguiente prueba de calibración y verificación.
- 10 Si la salida del sistema de calibración es diferente de la salida del sistema de sensor, entonces, el controlador del aerogenerador es operable para ajustar el sistema de sensor (etapa 126) para proporcionar una salida precisa. Se entenderá que cualquier ajuste o configuración adecuada para el sistema de sensor puede realizarse, por ejemplo, ajuste apropiado de las ganancias y/o tiempo constante en un controlador del sistema de sensor y/o puesta a cero de las salidas de sensor apropiadas. Preferentemente, el controlador es operable para ajustar el sistema de sensor en una mirada de retroalimentación hasta que la salida del sistema de sensor corresponda con la salida del sistema de calibración.
- 15

La Fig. 4 muestra un ejemplo de datos registrados de una realización de la del sistema y método de la invención, implementado en un aerogenerador.

- 20 El gráfico presentado en una matriz de píxeles vista por el dispositivo de captura óptica 22, que muestra un gráfico de coordenadas 2D que ilustran el movimiento de las fuentes de luz 24, 26 según se ve por el dispositivo de captura óptica 22. La escala del gráfico según se ve por el dispositivo de captura óptica 22 se ha ajustado, en el que 100 píxeles es aproximadamente igual a 4,3 metros.

- 25 La matriz de los puntos que pasan de izquierda a derecha del gráfico ilustran el movimiento de la fuente de luz de la pala 26 provista hacia el extremo de punta de la pala 20, conforme la pala 20 pasa a través del campo de visión del dispositivo de captura óptica 22. La matriz superior de puntos, indicados por A, ilustran el movimiento de la pala 20 mientras que la turbina está inactiva o bajo una prueba Sin Carga, es decir, mostrando una deflexión mínima de la pala del aerogenerador 20. La matriz inferior de puntos, indicada por B, ilustra el movimiento de la pala 20 durante una prueba de Carga Total, mostrando una deflexión de la pala 20 desde la matriz de punto Sin Carga.

- 30 El grupo de puntos mostrado en el área inferior del gráfico, indicado por C, muestran el movimiento relativo de la fuente de luz de la torre 24 vista por el dispositivo de captura óptica 22, indicativa de la flexión de la torre 12 durante la operación de la turbina.

Por consiguiente, el controlador es operable para triangular y transformar estos resultados registrados, para su uso en la calibración y/o verificación del sistema de sensor de aerogenerador.

- 35 Como se ha descrito anteriormente, el sistema es operable para instalarse temporalmente en un aerogenerador, para proporcionar una prueba y verificación inicial de una nueva instalación de aerogenerador o para una recalibración periódica de sistemas de sensores existentes. Alternativamente, el sistema de calibración puede instalarse permanentemente en un aerogenerador, operable para realizar recalibración dinámica de estas salidas del sistema de sensor.

- 40 En una forma de realización adicional de la invención donde el sistema de calibración y verificación se instala permanentemente en un aerogenerador, el sistema puede estar operable para generar una alarma cuando la diferencia entre la salida del sistema de calibración y la salida del sistema de sensor excede un umbral predefinido. Tal diferencia relativamente grande en las salidas del sistema puede ser indicativas de falla o daño en un aspecto del sistema de sensor de aerogenerador y podrían requerir la reparación del operario. En tal caso, el sistema de calibración puede operarse para realizar un sistema de sensor de respaldo o secundario para el aerogenerador, en lugar del sistema de sensor primario dañado o fallido.
- 45

- 50 La invención proporciona un sistema y un método para garantizar la calibración y verificación precisa de la salida del sistema de sensor de la pala del aerogenerador. El sistema de calibración puede ser relativamente fácil de instalar en un aerogenerador para calibración y verificación temporal o permanente. Además, el sistema de calibración puede operarse para supervisar el estado operativo de un sistema de sensor de pala de aerogenerador y/o para proporcionar un sistema de sensor de respaldo en el caso de daño o falla del sistema de sensor principal del aerogenerador.

La invención no está limitada a las realizaciones descritas en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin alejarse del alcance de la presente invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para calibrar un sistema de sensor para un aerogenerador a través de un sistema de calibración, comprendiendo el aerogenerador al menos una pala de aerogenerador, comprendiendo el método las etapas de:

5 proporcionar un dispositivo de captura óptica del sistema de calibración hacia la góndola de la torre del aerogenerador;
proporcionar al menos una fuente de luz del sistema de calibración en una ubicación del aerogenerador distal de dicho dispositivo de captura óptica;
para al menos una porción de un ciclo operativo del aerogenerador, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz vista por dicho dispositivo de captura óptica, así como una indicación del movimiento de una
10 porción del aerogenerador entre dicha góndola y la ubicación de la al menos una fuente de luz; y
proporcionar dicha indicación registrada de movimiento como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

2. El método de la reivindicación 1, en el que el método comprende las etapas de:

15 proporcionar al menos una fuente de luz de torre hacia la base de una torre de aerogenerador;
proporcionar un dispositivo de captura óptica hacia la góndola de la torre de aerogenerador, estando dispuesto dicho dispositivo de captura óptica para mirar a lo largo de dicha torre en la dirección de dicha al menos una fuente de luz;
operar el aerogenerador en un estado de carga;
registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de torre vista por dicho dispositivo de captura óptica
20 como una indicación de deflexión de torre para dicho estado de carga; y
proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de torre para el estado de carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

3. El método de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el método comprende, además, las etapas de:

25 proporcionar al menos una fuente de luz de pala hacia el extremo de punta de una pala de aerogenerador del aerogenerador;
cuando dicha pala de aerogenerador pasa por dicha torre, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de pala vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de pala para dicho estado de carga; y
proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de pala para el estado de carga como una entrada de
30 calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el método comprende, además, las etapas de:

35 operar dicho aerogenerador en un estado sin carga o inactivo;
registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de torre vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de torre para dicho estado sin carga; y
proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de torre para el estado sin carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el método comprende, además, las etapas de:

40 proporcionar al menos una fuente de luz de pala hacia el extremo de punta de una pala de aerogenerador del aerogenerador;
cuando dicha pala de aerogenerador pasa por dicha torre, registrar la posición de dicha al menos una fuente de luz de pala vista por dicho dispositivo de captura óptica como una indicación de deflexión de pala para dicho estado sin carga; y
proporcionar dicha indicación registrada de deflexión de pala para el estado sin carga como una entrada de calibración a un sistema de sensor del aerogenerador.

45 6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que dicho dispositivo de captura óptica se proporciona sobre la góndola del aerogenerador, adyacente al eje de rotor del aerogenerador.

7. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha al menos una fuente de luz se proporciona como al menos una fuente de luz de torre proporcionada en el suelo adyacente a la base de la torre del aerogenerador.

50 8. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha al menos una fuente de luz se proporciona como una lámpara de infrarrojos (IR).

9. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha etapa de registro se realiza para un número predefinido de rotaciones de las palas del rotor del aerogenerador y/o una duración predeterminada.
10. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el registro se realiza una vez por vuelta de al menos una pala de rotor del aerogenerador y, en el que el método comprende, además, la etapa de calibrar dinámicamente dicho sistema de sensor de turbina basándose al menos en parte en dicha indicación registrada del movimiento durante la operación del aerogenerador.
11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el registro se realiza para un número predefinido de vueltas y/o durante un tiempo predefinido.
12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el método comprende después de dicha etapa de registro, eliminar dichas fuentes de luz y dispositivos de captura óptica.
13. El método según cualquier reivindicación anterior, en el que el método comprende las etapas de:
- proporcionar un movimiento predicho de una porción del aerogenerador entre dicha góndola y la ubicación de dicha al menos una fuente de luz como salida desde un sistema de sensor del aerogenerador;
 - comparar dicha indicación registrada de movimiento con dicho movimiento predicho; y
 - si la diferencia entre dicha indicación registrada de movimiento y dicho movimiento predicho excede un umbral, desencadenar un estado de alarma para el aerogenerador.
14. El método de la reivindicación 13, en el que dicha etapa de desencadenar un estado de alarma para el aerogenerador comprende al menos uno de los siguientes: generar una alarma de operador para el aerogenerador; generar una solicitud para un servicio, inspección o reparación del aerogenerador; desactivar el aerogenerador; señalar a un controlador del aerogenerador para usar la salida del sistema de calibración en lugar de la salida del sistema de sensor con el fin de controlar el aerogenerador.
15. Un aparato para calibrar un sistema de sensor para un aerogenerador, comprendiendo el aparato:
- un dispositivo de captura óptica para posicionar hacia la góndola de la torre del aerogenerador;
 - al menos una fuente de luz para posicionar una ubicación del aerogenerador distal desde dicho dispositivo de captura óptica; y
 - un controlador acoplado a dicha primera fuente de luz y dicho dispositivo de captura óptica, en el que el controlador es operable para implementar el método según se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-14.

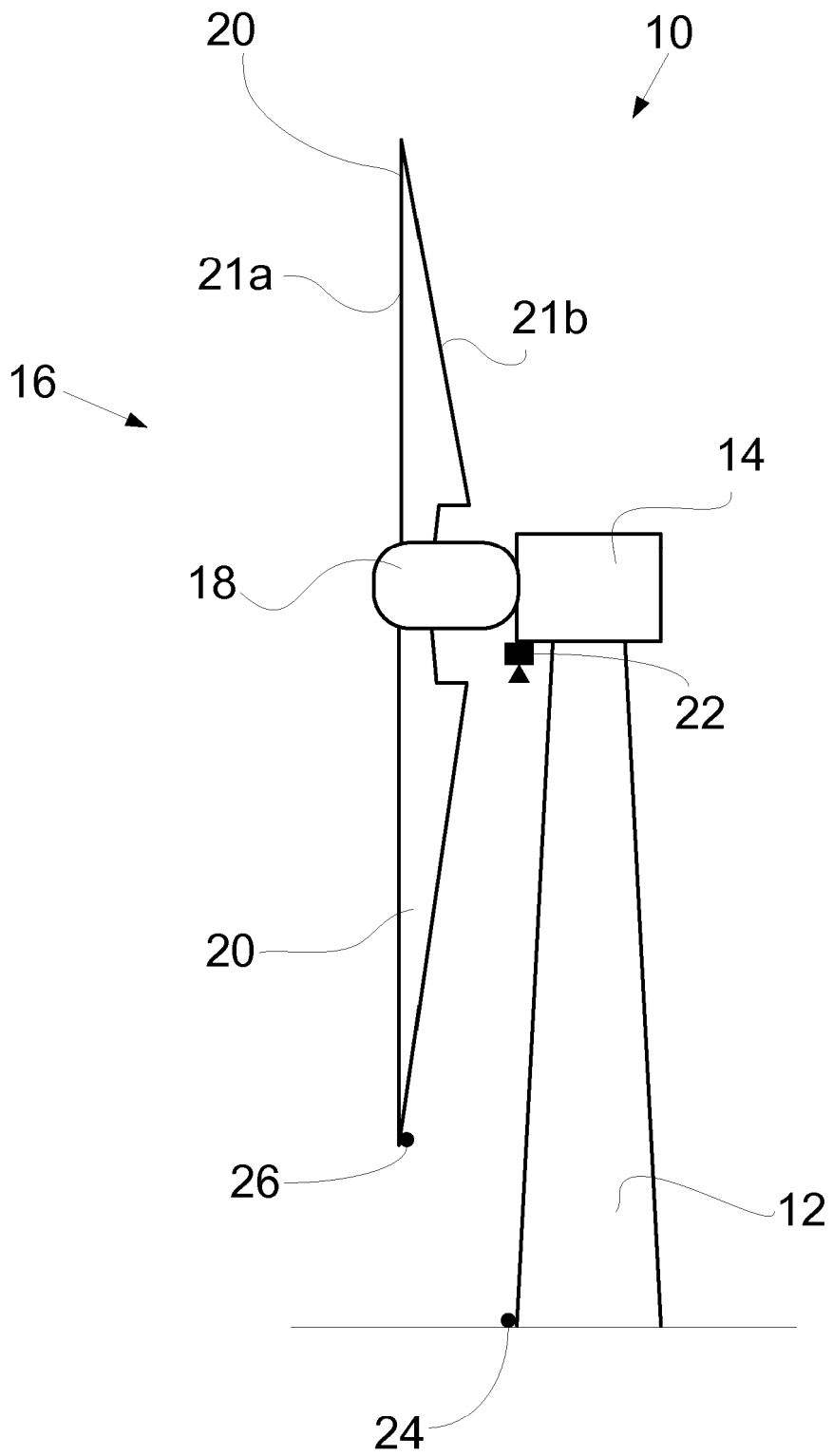


Fig. 1

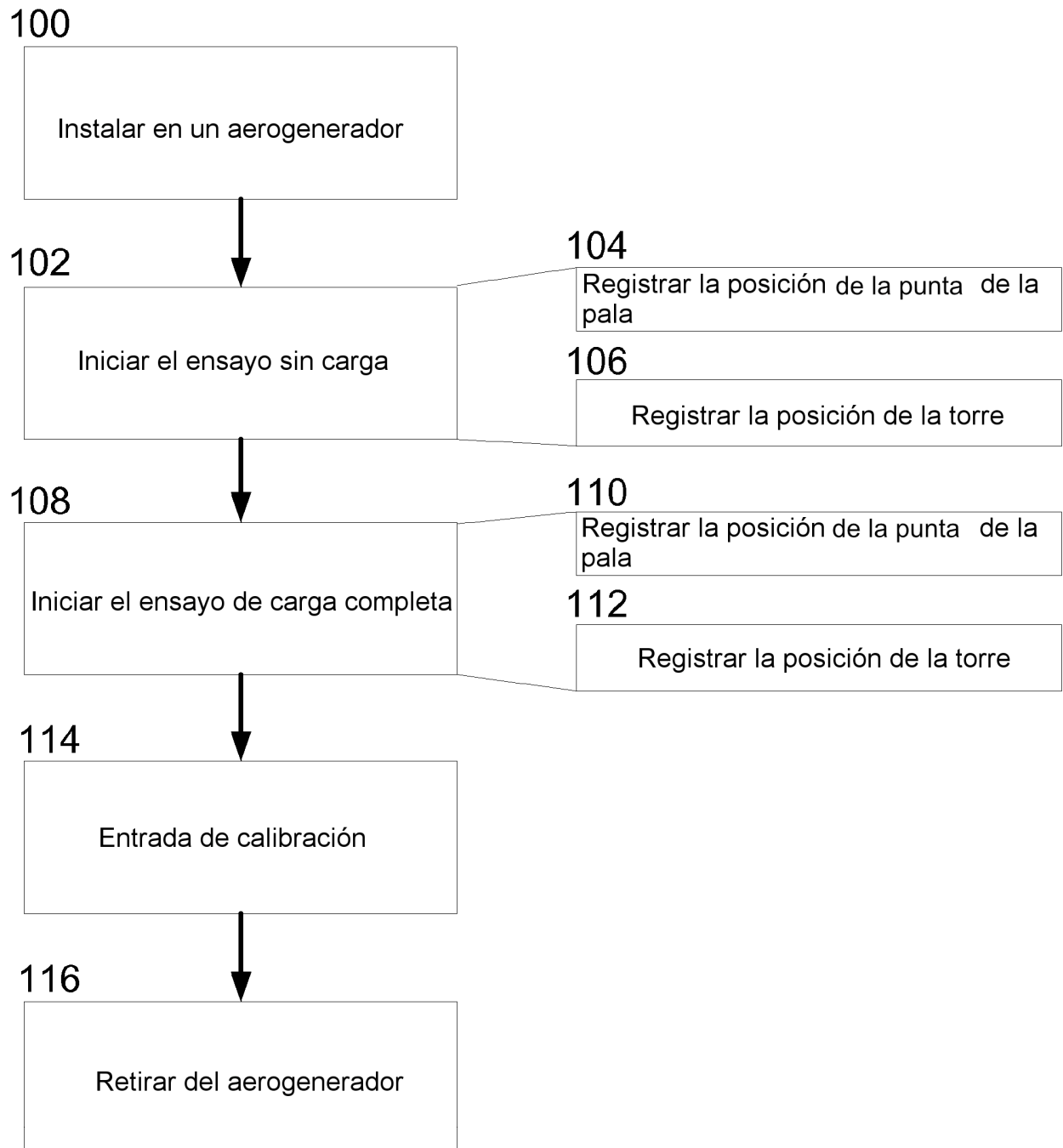


Fig. 2

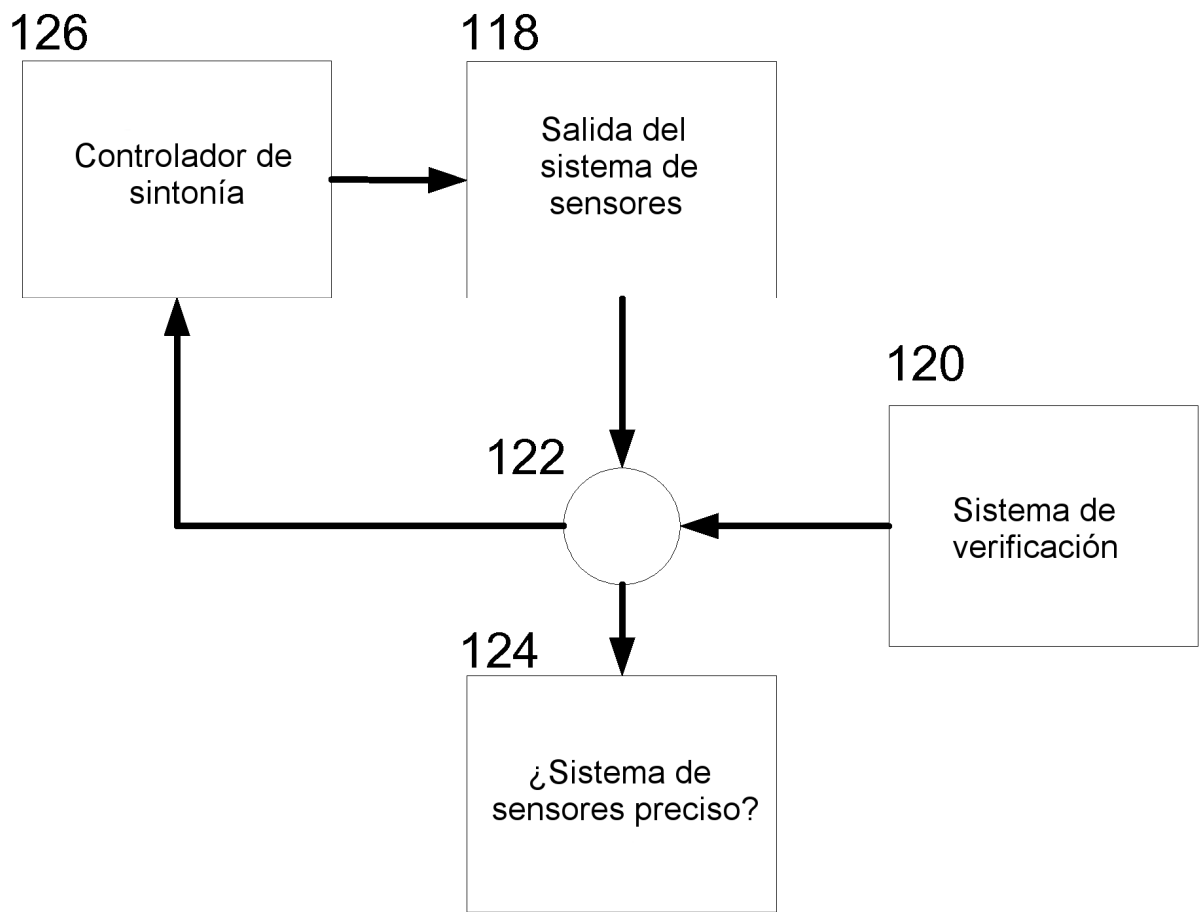


Fig. 3

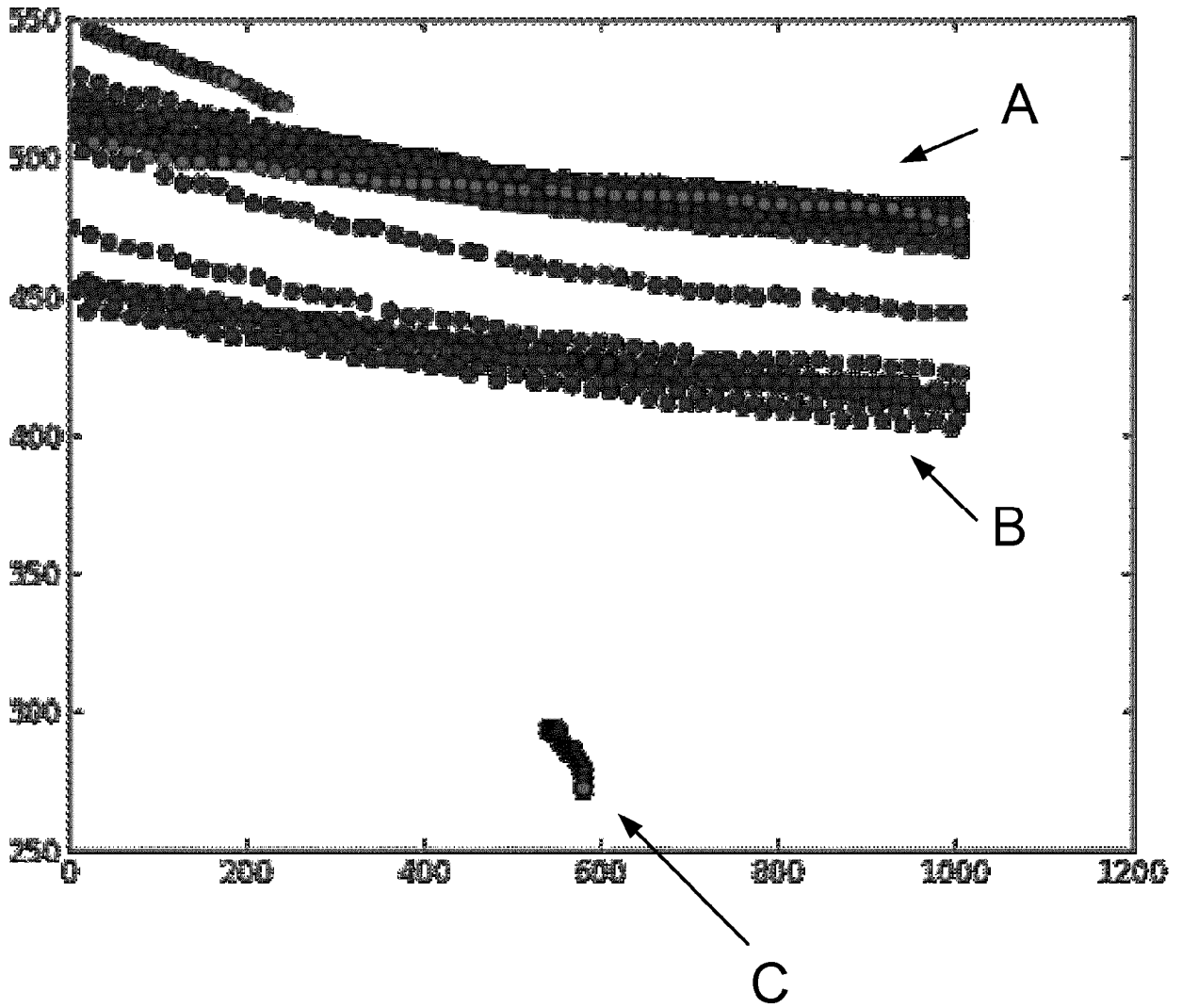


Fig. 4