

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 681**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

F03D 7/00 (2006.01)

G01W 1/00 (2006.01)

F03D 17/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.06.2012 PCT/DK2012/050222**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.01.2013 WO2013000475**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2012 E 12738021 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2726736**

54 Título: **Sistema de detección a distancia para turbinas eólicas**

30 Prioridad:

30.06.2011 DK 201170351 P

01.07.2011 US 201161503644 P

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

25.05.2017

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

ZAIB, ALI y

BOWYER, ROBERT

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 613 681 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

Sistema de detección a distancia para turbinas eólicas

5 Campo de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a la detección de una o más condiciones medioambientales alrededor de las turbinas eólicas de un parque eólico, y más específicamente al uso de equipos de detección a distancia para detectar características del viento.

10

Antecedentes

En los últimos años, se ha incrementado la atención sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la combustión de combustibles fósiles. Una solución para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el desarrollo de fuentes de energía renovable. Particularmente, la energía derivada del viento ha demostrado ser una fuente de energía medioambientalmente segura y fiable, que puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

15

La energía del viento puede capturarse mediante una turbina eólica, que es una máquina giratoria que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y posteriormente la energía mecánica en potencia eléctrica. Las turbinas eólicas de eje horizontal comunes incluyen una torre, una góndola colocada en la cima de la torre, y un rotor que está soportado en la góndola por medio de un árbol. El árbol acopla el rotor bien directamente o bien indirectamente con un conjunto de rotor de un generador alojado dentro de la góndola. Una pluralidad de generadores de turbina eólica pueden disponerse juntos en un parque eólico o planta de generación eólica para generar energía suficiente para dar soporte a una red.

20

25

En las turbinas eólicas modernas de alto rendimiento, se ha vuelto cada vez más importante controlar las fuerzas aerodinámicas junto con la respuesta aero-elástica a través de una manipulación activa. Dicho control puede llevarse a cabo no solamente por medios aerodinámicos, sino también mediante, por ejemplo, el control del paso de la pala o la velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica.

30

La mayor parte de las turbinas eólicas modernas están equipadas con un sensor de viento sobre la góndola que es capaz de detectar la velocidad y dirección del viento. Basándose en la velocidad y dirección del viento detectadas pueden tomarse una o más decisiones de control tales como el paso de las palas, orientación de la turbina contra el viento, etc., para asegurar la generación de una cantidad de potencia deseada, reducción de las cargas y tensiones sobre los componentes de la turbina eólica, y otros similares.

35

El documento EP 1 460 266 A2 divulga una turbina eólica con un aparato láser para la medición de la velocidad del viento. Un sistema de generación de energía eólica incluye un generador de energía eólica y un anemómetro y veleta a montar sobre el generador de energía eólica o disponer próxima al generador de energía eólica. Se observa la dirección y la velocidad del viento que sopla hacia el generador de energía eólica por adelantado usando el anemómetro y veleta láser, y se predice y controla un ángulo de orientación y/o un ángulo de paso del generador de energía eólica basándose en los resultados de la observación.

40

El documento WO 2011/036553 A1 divulga un sistema de supervisión de las características del viento en un volumen que incluye una pluralidad de anemómetros de láser no coherente operativos para medir las características del viento en una pluralidad de sus volúmenes correspondientes localizados dentro del volumen y un subsistema de procesamiento de datos operativo para recibir datos desde la pluralidad de anemómetros de láser no coherente y para proporcionar datos de salida que representan las características del viento en el volumen.

45

50

El documento WO 2011/022024 A1 divulga un sistema y método de gestión de la turbina eólica que incluye una o más turbinas eólicas en una granja eólica y una o más fuentes láser para medir las condiciones del viento a distancia con respecto a la granja eólica. Las fuentes láser pueden situarse junto con las turbinas eólicas, y son capaces de medir las condiciones del viento en varios alcances predeterminados desde las turbinas eólicas.

55

El documento US 2010/0133848 A1 divulga una turbina eólica que comprende un sistema de control que comunica con sensores meteorológicos y determina si mover las palas de la turbina eólica entre una primera y una segunda posición. El sistema de control puede supervisar la dirección del viento a través de los sensores meteorológicos y da instrucciones a un motor de orientación de la turbina eólica para ajustar el ángulo de orientación de la góndola de modo que el eje de giro de las palas de la turbina se dirija hacia el viento.

60

Sumario de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a la detección de una o más condiciones medioambientales alrededor de las turbinas eólicas de un parque eólico, y más específicamente al uso de equipos de detección a distancia para detectar características del viento.

65

Una realización de la invención proporciona un método implementado por ordenador para determinar los datos del viento para una granja eólica. El método comprende generalmente la recepción de datos del viento en bruto desde un dispositivo de detección a distancia, determinar una o más turbinas eólicas para las que los datos del viento en bruto son relevantes, determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas, y transferir los datos del viento personalizados respectivamente a cada una de las una o más turbinas eólicas.

Otra realización de la invención proporciona un controlador de parque eólico, que generalmente comprende un dispositivo de memoria que comprende un algoritmo de control y un procesador. El procesador, cuando ejecuta el algoritmo de control, en general está configurado para recibir datos del viento en bruto desde un dispositivo de detección a distancia, determinar una o más turbinas eólicas para las que los datos del viento en bruto son relevantes, determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas, y transferir los datos de viento personalizados respectivamente a cada una de las una o más turbinas eólicas.

Otra realización más de la invención proporciona una planta de generación eólica, que generalmente comprende una pluralidad de turbinas eólicas, un controlador de parque eólico, y al menos un dispositivo de detección a distancia. El controlador del parque eólico se configura en general para recibir datos del viento en bruto desde el dispositivo de detección a distancia, determinar una o más turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas para las que los datos del viento en bruto son relevantes, determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas, y transferir los datos de viento personalizados respectivamente a cada una de las una o más turbinas eólicas.

Breve descripción de los dibujos

Se explican realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. Cabe destacar que los dibujos adjuntos ilustran solo ejemplos de realizaciones de la presente invención y no han de considerarse por lo tanto limitativos de su alcance, para la invención se pueden admitir otras realizaciones igualmente efectivas.

La Figura 1 ilustra un ejemplo de turbina eólica de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 2 ilustra un ejemplo de góndola de turbina eólica de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 3 ilustra una planta de generación eólica de acuerdo con una realización de la invención.

La Figura 4 ilustra la operación de un dispositivo de detección y localización por luz (LIDAR) de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 5 ilustra un ejemplo de parque eólico de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 6 ilustra otro ejemplo de parque eólico de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 7 es un ejemplo de diagrama de flujo de operaciones realizadas por un controlador de parque eólico de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada

En lo que sigue, se hace referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, se debe entender que la invención no está limitada a las realizaciones específicas descritas. En su lugar, se contempla la implementación y puesta en práctica de la invención con cualquier combinación de las siguientes características y elementos, ya estén relacionados o no con diferentes realizaciones.

Adicionalmente, en diversas realizaciones de la invención se proporcionan numerosas ventajas sobre la técnica anterior. Sin embargo, aunque realizaciones de la invención pueden conseguir ventajas sobre otras posibles soluciones y/o sobre la técnica anterior, se consiga o no una ventaja particular con una realización dada no constituyen una limitación de la invención. Por ello, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son meramente ilustrativos y no se consideran elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas excepto cuando se indique explícitamente en una(s) reivindicación(es). De la misma manera, la referencia a "la invención" no deberá interpretarse como una generalización de cualquier materia objeto inventiva divulgada en el presente documento y no deberá considerarse que sea un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto cuando se indique explícitamente en una(s) reivindicación(es).

Lo que sigue es una descripción detallada de las realizaciones de la invención representadas en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos y están en un detalle tal que se comunique claramente la invención. Sin embargo, la cantidad de detalle ofrecido no pretende limitar las variaciones anticipadas de realizaciones; sino que por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que se engloben dentro del espíritu y alcance de la presente invención tal como está definida en las reivindicaciones adjuntas.

En general, es deseable para una turbina eólica conocer de antemano las propiedades del viento que en breve llegará a la turbina. Dicho conocimiento le da al controlador de la turbina tiempo suficiente para ajustar los parámetros de operación, tales como el ángulo de paso de las palas o velocidad del rotor, para adaptarse a las condiciones que se aproximan. Esto puede realizarse por una variedad de razones. A bajas velocidades del viento puede ser importante maximizar la energía que puede extraerse del viento ajustando parámetros tales como el ángulo de paso de la pala a una posición óptima. Por otro lado, a velocidades de viento más altas es importante ajustar los parámetros de la turbina para evitar su operación en condiciones en las que se podrían producir daños. Por ejemplo, las turbinas eólicas tienen típicamente una potencia nominal predefinida. Cuando se supera esta producción de potencia, el ángulo de paso de las palas y otros parámetros de operación pueden ajustarse para reducir la cantidad de energía que se extrae del viento. También se necesita diseñar las turbinas eólicas para soportar condiciones de operación extremas. Típicamente, estas condiciones extremas son eventos simples raros o un número pequeño de eventos acumulativos que producen grandes cargas, frecuentemente desequilibradas, en la turbina eólica y que dañarán la turbina o reducirán la vida útil global de los componentes de la turbina, tales como las palas o como la caja de engranajes en una cantidad significativa.

La Figura 1 ilustra un ejemplo de turbina eólica 100, de acuerdo con una realización de la invención. Como se ha ilustrado en la Figura 1, la turbina eólica 100 incluye una torre 110, una góndola 120 y un rotor 130. En una realización de la invención, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica terrestre. Sin embargo, las realizaciones de la invención no están limitadas únicamente a turbinas eólicas terrestres. En realizaciones alternativas, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica marina situada sobre una masa de agua tal como, por ejemplo, un lago, un océano o similares.

La torre 110 de la turbina eólica 100 puede configurarse para elevar la góndola 120 y el rotor 130 a una altura en donde el rotor 130 puede recibir un flujo de aire fuerte, menos turbulento y generalmente sin obstrucciones. La altura de la torre 110 puede ser cualquier altura razonable. La torre 110 puede estar fabricada de cualquier tipo de material, por ejemplo, acero, hormigón, o similares. En algunas realizaciones, la torre 110 puede fabricarse de un material monolítico. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la torre 110 puede incluir una pluralidad de secciones, por ejemplo, dos o más secciones de acero tubular 111 y 112, como se ha ilustrado en la Figura 1. En algunas realizaciones de la invención, la torre 110 puede ser una torre de celosía. En consecuencia, la torre 110 puede incluir perfiles de acero soldados.

El rotor 130 puede incluir un buje de rotor (de aquí en adelante denominado simplemente el "buje") 131 y al menos una pala 132 (se muestran tres de dichas palas 132 en la Figura 1). El buje del rotor 131 puede configurarse para acoplar la al menos una pala 132 a un árbol (no mostrado). En una realización, las palas 132 pueden tener un perfil aerodinámico de modo que, a velocidades del viento predefinidas, las palas 132 experimentan empuje, provocando de ese modo que las palas giren radialmente alrededor del buje. La góndola 120 puede incluir uno o más componentes configurados para convertir la energía mecánica de las palas en energía de rotación del árbol, y la energía rotacional del árbol en energía eléctrica.

La Figura 1 también representa un sensor de viento 123. El sensor de viento 123 puede configurarse para detectar una dirección del viento en o cerca de la turbina eólica 100. Mediante la detección de la dirección del viento, el sensor de viento 123 puede proporcionar datos útiles que pueden determinar operaciones para orientar la turbina eólica 100 hacia el viento. El sensor de viento 123 puede usar la velocidad y/o dirección del viento para controlar el ángulo de paso de las palas. Los datos de velocidad del viento pueden usarse para determinar un ángulo de paso apropiado que permita que las palas 132 capturen una cantidad deseada de energía del viento o para evitar cargas excesivas sobre componentes de la turbina. En algunas realizaciones, el sensor de viento 123 puede integrarse con un sensor de temperatura, sensor de presión, y similares, que pueden proporcionar datos adicionales en relación al entorno que rodea la turbina eólica. Dichos datos pueden usarse para determinar uno o más parámetros operativos de la turbina eólica para facilitar la captura de una cantidad deseada de energía por la turbina eólica 100 o para evitar daños en los componentes de la turbina eólica.

La Figura 2 ilustra una vista en diagrama de componentes críticos internos de la góndola 120 y torre 110 de un generador de turbina eólica 100. Cuando el viento 200 empuja las palas 132, el rotor 130 gira, girando de ese modo un árbol de baja velocidad 202. Los engranajes de una caja de engranajes 204 convierten mecánicamente la baja velocidad de rotación del árbol de baja velocidad 202 en una velocidad de rotación relativamente alta de un árbol de alta velocidad 208 adecuado para la generación de electricidad usando un generador 206. En una realización alternativa, la caja de engranajes puede omitirse, y puede acoplarse directamente un único árbol, por ejemplo el árbol 202 con el generador 206.

Un controlador 210 puede detectar la velocidad de giro de uno o de los dos árboles 202, 208. Si el controlador decide que los árboles están girando demasiado rápido, el controlador puede enviar una señal al sistema de frenado 212 para ralentizar el giro de los árboles, lo que a su vez ralentiza el giro del rotor 106. El sistema de frenado 212 puede impedir daños en los componentes del generador de turbina eólica 100. El controlador 210 puede recibir también entradas desde un anemómetro 214 (que proporciona la velocidad del viento) y/o una veleta 216 (que proporciona la dirección del viento). Basándose en la información recibida, el controlador 210 puede enviar una señal de control a una o más de las palas 108 en un esfuerzo por ajustar el paso 218 de las palas. Mediante el

ajuste del paso 218 de las palas con respecto a la dirección del viento, puede incrementarse o disminuirse la velocidad de giro del rotor (y por lo tanto, de los árboles 202, 208). Basándose en la dirección del viento, por ejemplo, el controlador 210 puede enviar una señal de control a un conjunto que comprende un motor de orientación 220 y un accionador de orientación 222 para girar la góndola 104 con respecto a la torre 102, de modo que el rotor 106 puede posicionarse para orientarse más (o, en ciertas circunstancias, menos) contra el viento.

El generador 206 puede configurarse para generar una corriente alterna trifásica basándose en uno o más requisitos de la red. En una realización, el generador 206 puede ser un generador síncrono. Los generadores síncronos pueden configurarse para operar a velocidad constante y pueden conectarse directamente a la red. En algunas realizaciones, el generador 206 puede ser un generador de imanes permanentes. En realizaciones alternativas, el generador 206 puede ser un generador asíncrono, también conocido a veces como un generador de inducción. Los generadores de inducción pueden o no conectarse directamente a la red. Por ejemplo, en algunas realizaciones, el generador 206 puede acoplarse a la red a través de uno o más dispositivos eléctricos configurados para, por ejemplo, ajustar la corriente, tensión, y otros parámetros eléctricos para conformarse a uno o más requisitos de la red. Entre los ejemplos de dispositivos eléctricos se incluyen, por ejemplo, inversores, convertidores, resistencias, interruptores, transformadores y similares.

Las realizaciones de la invención no están limitadas a ningún tipo particular del generador o disposición de generador y uno o más dispositivos eléctricos asociados con el generador con relación a la red eléctrica. Cualquier tipo de generador adecuado que incluya (pero sin limitarse a) generadores de inducción, generadores de imanes permanentes, generadores síncronos o similares, configurados para generar electricidad de acuerdo con los requisitos de la red, se engloba dentro del ámbito de la invención.

La Figura 3 ilustra un ejemplo de planta de generación eólica 300 de acuerdo con una realización de la invención. Tal como se ha ilustrado, la planta de generación eólica 300 puede incluir una granja eólica 310 acoplada a una red 340, un controlador del parque 330 y al menos un dispositivo de detección a distancia tal como un dispositivo de Detección y Localización por Luz (LIDAR) 320. En realizaciones alternativas, el dispositivo 320 puede ser un dispositivo de Detección y Localización por Sonido (SODAR), un Vibrómetro Doppler Láser (LDV) o similares. La granja eólica 310 puede incluir una o más turbinas eólicas, tal como la turbina eólica 100 representativa. Las turbinas eólicas actúan colectivamente como una planta de generación interconectada en última instancia mediante líneas de transmisión a una red eléctrica 340, que puede ser una red eléctrica trifásica. La pluralidad de turbinas de la granja eólica 310 pueden estar reunidas en una localización común para aprovechar las economías de escala que disminuyen el costo por unidad con incremento de la producción. Un experto en la materia entenderá que la granja eólica 310 puede incluir un número arbitrario de turbinas eólicas de capacidad dada de acuerdo con la producción de potencia objetivo.

La red eléctrica 340 consiste generalmente en una red de centrales eléctricas, circuitos de transmisión y subestaciones acopladas mediante una red de líneas de transmisión. Las centrales eléctricas generan energía eléctrica por medios nucleares, hidroeléctricos, gas natural, o combustión de carbón o con otro tipo de energía renovable como solar y geotérmica. Las granjas eólicas adicionales análogas a la granja eólica 310 representada pueden acoplarse también a la red eléctrica 340. Las redes eléctricas y las granjas eólicas típicamente generan y transmiten energía usando corriente alterna (CA).

El controlador 330 puede implementarse usando uno o más procesadores 331 seleccionados de entre microprocesadores, micro-controladores, procesadores de señal digital, microordenadores, unidades de procesamiento central, matrices de puertas programables en campo, dispositivos lógicos programables, máquinas de estado, circuitos lógicos, circuitos analógicos, circuitos digitales y/o cualesquiera otros dispositivos que manipulen señales (análogas y/o digitales) basándose en instrucciones operativas que se almacenan en una memoria 334.

La memoria 334 puede ser un único dispositivo de memoria o una pluralidad de dispositivos de memoria incluyendo, pero sin limitarse a, memoria solo de lectura (ROM), memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria volátil, memoria no volátil, memoria de acceso aleatorio estática (SRAM), memoria de acceso aleatorio dinámica (DRAM), memoria flash, memoria caché y/o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital.

El dispositivo de almacenamiento en masa 333 puede ser un único dispositivo de almacenamiento en masa o una pluralidad de dispositivos de almacenamiento en masa incluyendo, pero sin limitarse a, discos duros, unidades ópticas, unidades de cinta, dispositivos de estado sólido no volátil y/o cualquier otro dispositivo capaz de almacenar información digital. Una interfaz de entrada/salida (E/S) 331 puede emplear un protocolo de comunicación adecuado para comunicarse con las turbinas eólicas de una granja eólica 310.

El procesador 332 opera bajo el control de un sistema operativo, y ejecuta o depende de otra forma de un código de programa informático incluido en varias aplicaciones, componentes, programas, objetos, módulos, estructuras de datos, etc. de software de ordenador, para leer datos desde y escribir instrucciones para una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica 310 a través de la interfaz de E/S 331, ya esté implementada como parte del sistema operativo o como una aplicación específica.

Se acopla operativamente una interfaz humano-máquina (IHM) 350 al procesador 332 del controlador 330 de una forma conocida. El IHM 350 puede incluir dispositivos de salida, tales como pantallas alfanuméricas, una pantalla táctil, y otros indicadores visuales, y, dispositivos y controles de entrada, tales como un teclado alfanumérico, un dispositivo puntero, alfombrillas, pulsadores, botones de control, etc., capaces de aceptar comandos o entradas desde el operador y transmitir las entradas introducidas al procesador 332.

En una realización de la invención, el controlador 330 puede configurarse para generar señales de parámetros del viento 311 para las turbinas eólicas en la granja eólica 310.

Las señales de parámetros del viento pueden incluir, por ejemplo, la velocidad del viento, dirección del viento y similares. En una realización, las señales de parámetros del viento pueden describir características del viento que se aproxima a las una o más turbinas del parque eólico basándose en mediciones realizadas por el dispositivo LIDAR 320, tal como se describirá con mayor detalle a continuación. Basándose en las señales de parámetros del viento 311 las turbinas eólicas de la granja eólica 310 pueden ajustar uno o más parámetros operativos, por ejemplo ángulos de paso de palas, para conseguir los niveles deseables de producción de potencia, evitar daños en los componentes de la turbina eólica y similares. Los valores de las señales de parámetros del viento pueden determinarse mediante el algoritmo de control 335, como se explica a continuación.

El dispositivo LIDAR 320 puede usarse para medir la velocidad y/o dirección del viento en una ubicación remota. El conocimiento sobre la velocidad y dirección del viento en una ubicación remota, por ejemplo, enfrente de un rotor de una turbina eólica, puede permitir a la turbina eólica optimizar uno o más parámetros operativos tales como el ángulo de paso de las palas para reducir las cargas sobre los componentes de la turbina eólica y/o incrementar la captura de energía. Para medir la velocidad del viento a distancia, puede emitirse un haz de luz (por ejemplo, un haz láser) al interior del viento incidente mediante, por ejemplo, un emisor del LIDAR 320. La luz emitida puede reflejarse por los aerosoles (por ejemplo, polen, polvo) en el viento y pueden dispersarse en múltiples direcciones.

Una parte de la luz dispersada puede viajar de vuelta hacia el dispositivo LIDAR 320, y puede detectarse mediante, por ejemplo, un detector del dispositivo LIDAR 320. Basándose en la luz retro-dispersada, un procesador (por ejemplo, un procesador incluido en el dispositivo LIDAR, o el procesador 332) puede determinar una o más propiedades de los aerosoles. Por ejemplo, el procesador puede usar el efecto Doppler para determinar propiedades de los aerosoles, tales como la velocidad y dirección de movimiento. Debido a que las propiedades de los aerosoles están estrechamente correlacionadas con la propiedad del viento que transporta los aerosoles, pueden determinarse las propiedades del viento, por ejemplo velocidad y dirección del viento, basándose en las propiedades de los aerosoles.

Como se ha ilustrado en la Figura 3, el dispositivo LIDAR 320 puede incluir un emisor 321, un detector 322 y un bloque de procesamiento 323. Aunque se muestra un único par emisor-detector 310-320 en la Figura 3, en realizaciones alternativas, el LIDAR 180 puede incluir cualquier número de emisores y receptores. El emisor 311 puede configurarse para generar un haz de luz. Por ejemplo, en una realización, el LIDAR 320 puede configurarse para emitir un haz de luz ultravioleta, visible, del infrarrojo cercano y/o infrarrojo. El detector 322 puede configurarse para detectar la retro-dispersión del haz de luz emitido por el emisor desde uno o más objetos. El bloque de procesamiento 323 puede configurarse para determinar una o más propiedades de la luz retro-dispersada detectada por el detector 320 y determinar una o más propiedades de los uno o más objetos desde los que se refleja el haz de luz.

La Figura 4 ilustra en forma de diagrama la operación de un sistema LIDAR de pulsos de acuerdo con una realización de la invención. Tal como se muestra, la radiación 410 puede ser emitida por el LIDAR 320 al interior del viento incidente. En una realización, la radiación 410 puede ser radiación de pulsos. La radiación 410 puede usarse para medir propiedades del viento a una distancia predefinida d , por ejemplo a 25 m, 50 m, 75 m, y/o 100 m desde el dispositivo LIDAR 320. En la Figura 4 se asume que la radiación tarda un tiempo t en recorrer la distancia d . Como se ilustra adicionalmente en la Figura 4, los aerosoles en el viento pueden reflejar al menos una parte de la radiación de pulsos de vuelta hacia el LIDAR 320. Por ejemplo, una partícula de aerosol 431 a la distancia d desde el LIDAR 320 puede reflejar una parte 421 de la retro-radiación de pulsos al LIDAR 320. En una realización de la invención, el detector 322 puede recibir las partes retro-dispersadas de la radiación 421 en un instante $2t$. El bloque de procesamiento 323 (véase la Figura 3) puede analizar la radiación retro-dispersada detectada para determinar una o más propiedades de la partícula de aerosol 431. Por ejemplo, el bloque de procesamiento 330 puede utilizar el efecto Doppler para determinar la velocidad y dirección de la partícula de aerosol 431.

En una realización, el bloque de procesamiento 323 puede configurarse para determinar una velocidad en una línea de visión de las partículas de aerosol. Por ejemplo, con referencia a la Figura 4, el bloque de procesamiento 323 puede configurarse para determinar la velocidad de la partícula de aerosol 431 en la dirección M . La velocidad en la línea de visión medida puede transferirse desde el dispositivo LIDAR 320 al controlador del parque 330, en una realización.

En una realización de la invención, el algoritmo de control 335 puede recibir las velocidades medidas en la línea de visión por el dispositivo LIDAR 323 y convertir las velocidades en la línea de visión en uno o más parámetros que

describen las características del viento, por ejemplo, velocidad del viento axial, velocidad del viento lateral, velocidad del viento absoluta, y/o la dirección del viento. La velocidad del viento axial puede referirse a la velocidad del viento en una dirección que es perpendicular al plano del rotor, y la velocidad del viento lateral puede referirse a la velocidad del viento en una dirección que es paralela al plano del rotor. De acuerdo con la invención, el algoritmo de control 335 puede determinar parámetros del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas de la granja eólica 310. Por ejemplo, el algoritmo de control puede determinar primero las una o más turbinas eólicas de la granja eólica que están afectadas por la medición desde el dispositivo LIDAR 320. Posteriormente, basándose en las velocidades recibidas en la línea de visión, el algoritmo de control 335 puede determinar (basándose en la posición de cada turbina) una velocidad del viento y/o dirección del viento para cada una de las turbinas.

La Figura 5 ilustra un ejemplo de granja eólica 500, de acuerdo con la invención. Como se ha ilustrado, la granja eólica 500 incluye una pluralidad de turbinas T1-T12 y un dispositivo LIDAR 510. De acuerdo con la invención, el dispositivo LIDAR puede medir la velocidad del viento y/o la dirección del viento (véase la Figura 5), por ejemplo, una velocidad del viento y/o dirección del viento en una línea de visión. La velocidad y la dirección del viento pueden transferirse a un controlador del parque 330 (no mostrado en la Figura 5). El controlador del parque 330 puede determinar (basándose en el conocimiento sobre la ubicación de las turbinas T1-T12) que las turbinas eólicas T1, T2, T3, T6, T9 y T12 pueden estar afectadas por la medición de la velocidad y la dirección del viento mediante el dispositivo LIDAR 510. En consecuencia, el controlador del parque 330 (específicamente, el algoritmo de control 335 del controlador del parque 330) puede determinar y transferir velocidad y dirección del viento personalizadas a cada una de las turbinas T1, T2, T3, T6, T9 y T12. En respuesta a la recepción de los datos de velocidad y dirección del viento respectivos, cada una de las turbinas T1, T2, T3, T6, T9 y T12 puede ajustar uno o más parámetros operativos, por ejemplo ángulo de paso, para capturar una cantidad deseable de energía del viento, para evitar daños en uno o más componentes de la turbina eólica y similares.

De acuerdo con la invención, el controlador del parque 330 puede configurarse para recuperar uno o más parámetros desde las turbinas eólicas de la granja eólica para determinar qué turbinas eólicas en particular pueden usar los datos de viento desde un dispositivo LIDAR. Entre los ejemplos de parámetros que pueden recuperarse desde las turbinas eólicas se incluyen, por ejemplo, posición de orientación, posición de las turbinas eólicas en el parque eólico, estado de activación/desactivación de la turbina y similares. En algunas realizaciones, los datos del parque eólico, por ejemplo posiciones de las turbinas eólicas, pueden almacenarse en la memoria 334 y pueden derivarse en consecuencia de la misma.

Si bien en la granja eólica 500 se muestra un único dispositivo LIDAR 510, en realizaciones alternativas, puede colocarse cualquier número de dispositivos LIDAR en localizaciones estratégicas alrededor de la granja eólica 500 para capturar datos del viento desde múltiples direcciones. Por ejemplo, la Figura 6 ilustra tres dispositivos LIDAR 610, 620 y 630 colocados alrededor de una granja eólica 600. Cuando se colocan múltiples dispositivos LIDAR alrededor de un parque eólico, es posible que los datos desde múltiples dispositivos LIDAR puedan ser relevantes para la misma turbina eólica. Por ejemplo, con referencia a la Figura 6, los datos tanto desde el dispositivo LIDAR 620 como el dispositivo LIDAR 630, pueden ser relevantes para la turbina eólica TX en ciertas circunstancias. En consecuencia el controlador del parque 330 puede configurarse para combinar los datos recibidos desde los dispositivos LIDAR 620 y 630, y proporcionar los datos combinados a la turbina TX. En una realización, los datos desde un dispositivo LIDAR pueden ponderarse con más peso que los de otro dispositivo LIDAR cuando se combinan los datos respectivos. Por ejemplo, los datos desde un dispositivo LIDAR que esté más próximo a una turbina pueden ponderarse con más peso que los datos desde un dispositivo LIDAR que esté más alejado.

La Figura 7 es un ejemplo de diagrama de flujo de operaciones realizadas por un controlador del parque 330, de acuerdo con una realización de la invención. Las operaciones pueden iniciarse en la etapa 710 mediante la recepción de datos del viento en bruto desde un dispositivo LIDAR. Los datos del viento en bruto pueden ser, por ejemplo, velocidad del viento y dirección del viento en la línea de visión que pueden medirse mediante el dispositivo LIDAR. En la etapa 720, el controlador del parque puede determinar una o más turbinas para las que los datos del viento en bruto son relevantes basándose en los datos del viento en bruto y la posición de las turbinas en la granja eólica. En la etapa 730, el controlador del parque puede determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas para las que los datos del viento son relevantes. Los datos del viento personalizados pueden incluir, por ejemplo, velocidad del viento absoluta, velocidad del viento axial, velocidad del viento lateral, dirección del viento y similares para cada turbina. En la etapa 740, los datos del viento personalizados pueden transferirse a las respectivas turbinas.

Aunque la invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversos componentes y aunque estas realizaciones se han descrito con detalle considerable, no es intención del presente solicitante restringir o limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas a dichos detalles. Serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia ventajas y modificaciones adicionales. La invención en sus aspectos más amplios no está por lo tanto limitada a los detalles específicos, métodos representativos y ejemplos ilustrativos mostrados y descritos.

REIVINDICACIONES

1. Un método implementado por ordenador para la determinación de datos del viento para una granja eólica (310, 500, 600), que comprende
- 5 recibir datos del viento en bruto desde un dispositivo de detección a distancia (320, 510, 610, 620, 630);
determinar una o más turbinas eólicas (100, T1-T12) para las que los datos del viento en bruto son relevantes;
determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas eólicas (100, T1-T12); y
10 transferir los datos del viento personalizados respectivamente a cada una de las una o más turbinas eólicas (100, T1-T12);
- de modo que el método comprende adicionalmente
- 15 recuperar uno o más parámetros desde las turbinas eólicas (100, T1-T2) de la granja eólica (310, 500, 600);
- en el que la etapa de determinación de una o más turbinas eólicas (100, T1-T12) para las que los datos del viento en bruto son relevantes comprende la determinación de una o más turbinas eólicas (100, T1-T12) en la granja eólica (310, 500, 600) que pueden estar afectadas por las mediciones del dispositivo de detección a distancia (320, 510, 610, 620, 630), y se basa en uno o más parámetros recuperados desde las turbinas eólicas (100, T1-T12), los datos
20 del viento en bruto y las posiciones de las turbinas (100, T1-T12) en la granja eólica (310, 500, 600);
y en el que la etapa de determinación de datos del viento personalizados comprende la determinación de una velocidad del viento y/o una dirección del viento para cada una de las turbinas eólicas (100, T1-T12) para las que los datos del viento en bruto son relevantes, basándose en la posición de cada turbina eólica (100, T1-T12).
- 25 2. El método según la reivindicación 1, en el que los datos del viento en bruto comprenden al menos uno de:
- una velocidad del viento en una línea de visión medida por un dispositivo de Detección y Localización por Luz (LIDAR); y
una dirección del viento determinada por el dispositivo LIDAR.
- 30 3. El método según la reivindicación 1, en el que la determinación de los datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) comprende la determinación de uno o más de entre velocidad del viento absoluta, velocidad del viento lateral, velocidad del viento axial y dirección del viento para cada turbina (100, T1-T12).
- 35 4. El método según la reivindicación 1, en el que la determinación de datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) comprende la combinación de los datos del viento en bruto desde dos o más dispositivos LIDAR (320, 510, 610, 620, 630).
- 40 5. Un controlador del parque eólico (210, 330), que comprende:
- un dispositivo de memoria (334) que comprende un algoritmo de control; y
un procesador (332),
- 45 caracterizado por que el procesador (332), cuando ejecuta el algoritmo de control, está configurado para realizar el método de acuerdo con la reivindicación 1.
6. El controlador del parque eólico (210, 330) según la reivindicación 5, en el que los datos del viento en bruto comprenden al menos uno de entre:
- 50 una velocidad del viento en una línea de visión medida por un dispositivo de Detección y Localización por Luz (LIDAR); y
una dirección del viento determinada por el dispositivo LIDAR.
- 55 7. El controlador del parque eólico (210, 330) según la reivindicación 5, en el que el procesador (332) está configurado para determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) mediante la determinación de uno o más de entre velocidad del viento absoluta, velocidad del viento lateral, velocidad del viento axial y dirección del viento para cada turbina (100, T1-T12).
- 60 8. El controlador del parque eólico (210, 330) según la reivindicación 5, en el que el procesador (332) está configurado para determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) mediante la combinación de los datos del viento en bruto desde dos o más dispositivos LIDAR (320, 510, 610, 620, 630).
- 65 9. Una planta de generación eólica (310, 500, 600), que comprende:

una pluralidad de turbinas eólicas (100, T1-T12);
un controlador del parque eólico (210, 330); y
al menos un dispositivo de detección a distancia (320, 510, 610, 620, 630), en el que el controlador del parque eólico (210, 330) está configurado para realizar el método de la reivindicación 1.

5 10. La planta de generación eólica (310, 500, 600) según la reivindicación 9, en la que los datos del viento en bruto comprenden al menos uno de entre:

10 una velocidad del viento en una línea de visión medida por un dispositivo de Detección y Localización por Luz (LIDAR); y
una dirección del viento determinada por el dispositivo LIDAR.

15 11. La planta de generación eólica (310, 500, 600) según la reivindicación 9, en la que el controlador del parque eólico (210, 330) está configurado para determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) mediante la determinación de uno o más de entre velocidad del viento absoluta, velocidad del viento lateral, velocidad del viento axial y dirección del viento para cada turbina (100, T1-T12).

20 12. La planta de generación eólica (310, 500, 600) según la reivindicación 9, en la que el controlador del parque eólico (210, 330) está configurado para determinar datos del viento personalizados para cada una de las una o más turbinas (100, T1-T12) mediante la combinación de datos del viento en bruto de dos o más dispositivos LIDAR (320, 510, 610, 620, 630).

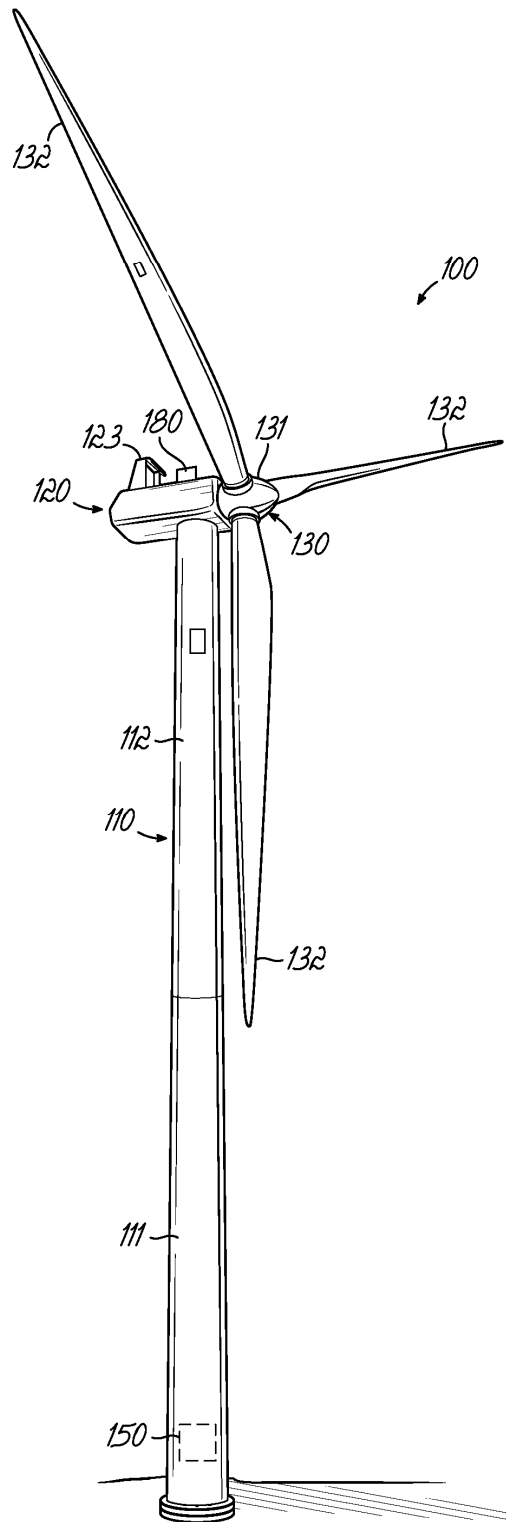


FIG. 1

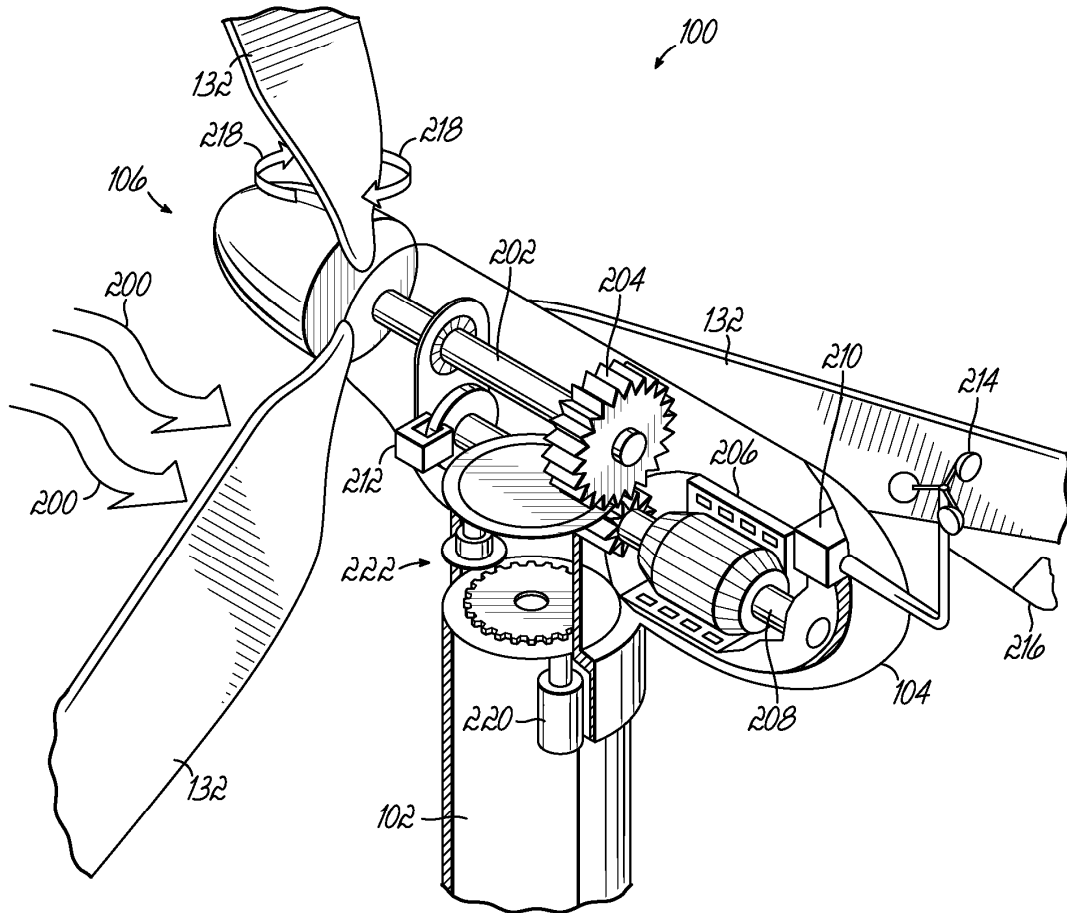


FIG. 2

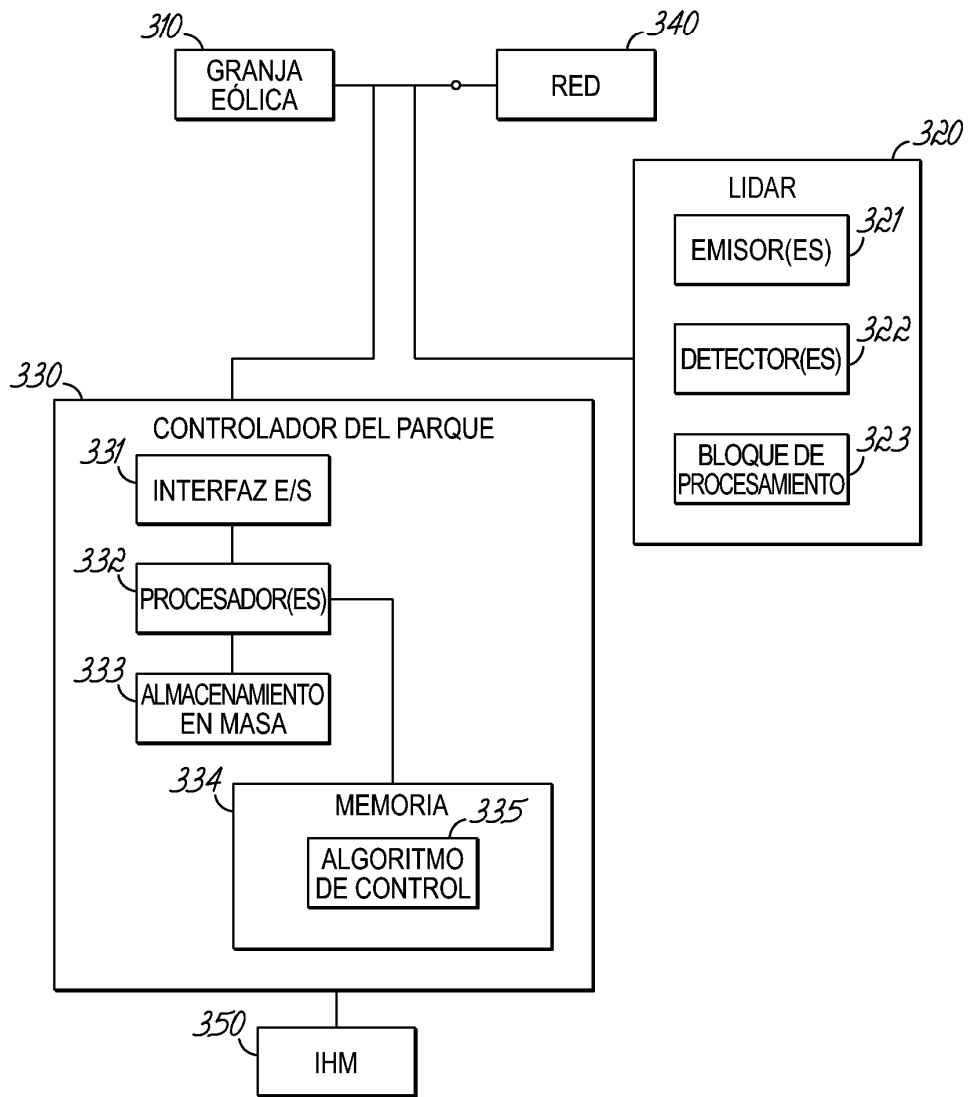


FIG. 3

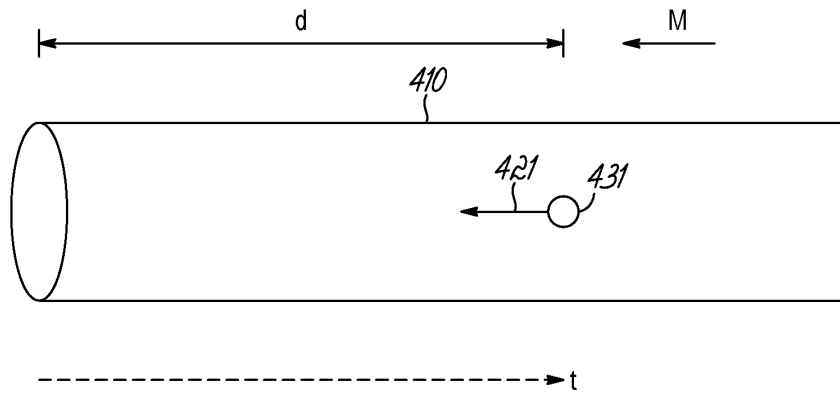


FIG. 4

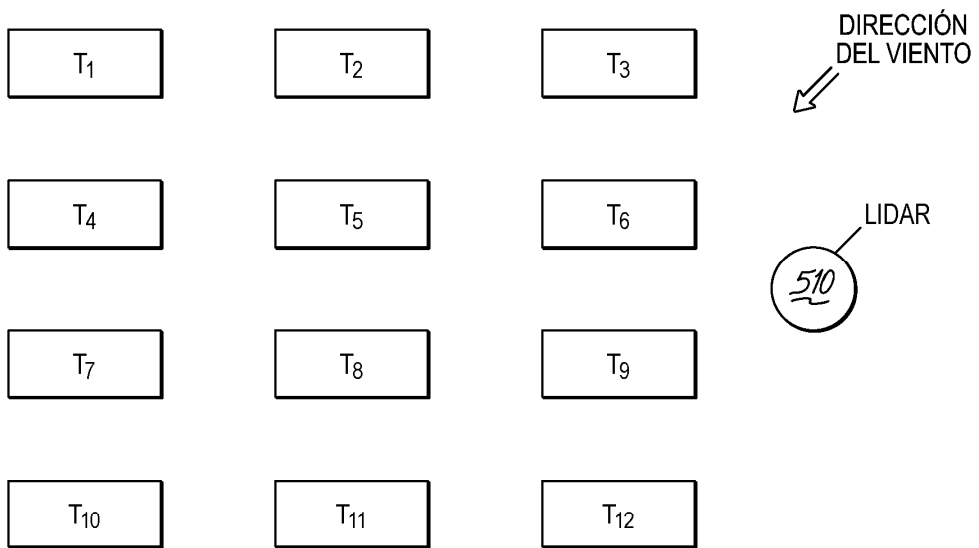


FIG. 5

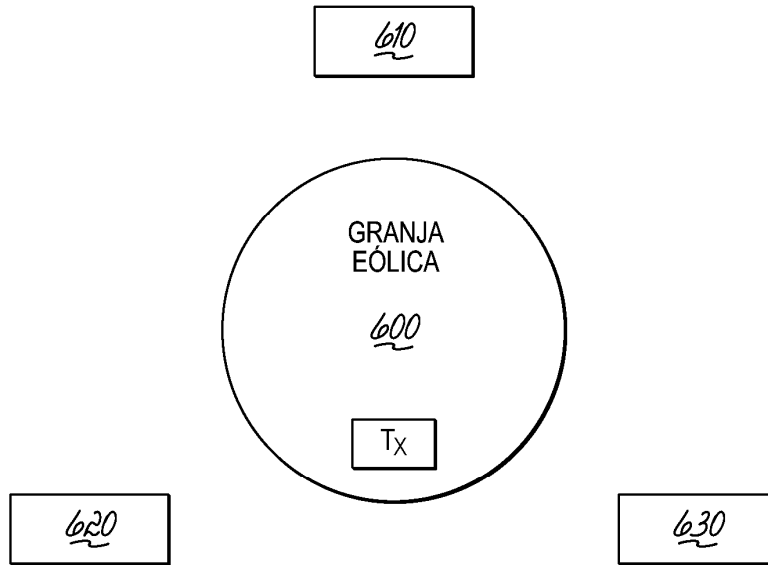


FIG. 6

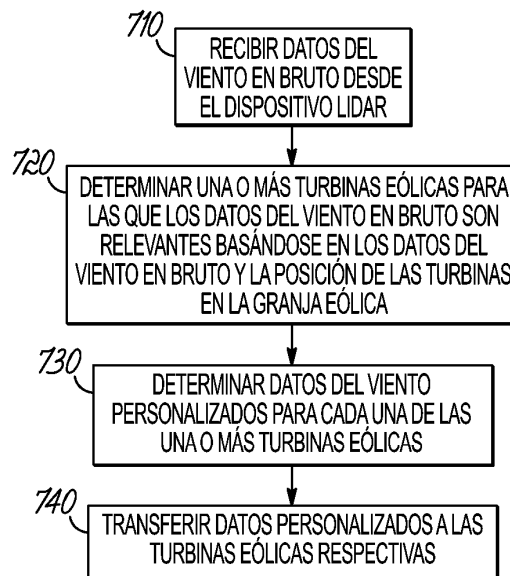


FIG. 7