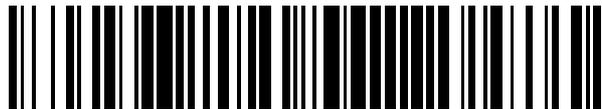


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 659 827**

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: **11.08.2011 PCT/CN2011/078250**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.02.2013 WO13020289**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.08.2011 E 11870657 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.01.2018 EP 2742235**

54 Título: **Planta de generación eólica y método para el control de un generador de turbina eólica en una planta de generación eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
19.03.2018

73 Titular/es:
**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:
LI, WEN ZENG

74 Agente/Representante:
ARIAS SANZ, Juan

ES 2 659 827 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

Planta de generación eólica y método para el control de un generador de turbina eólica en una planta de generación eólica

5

Campo de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a una planta de generación eólica que incluye al menos un primer y uno o más de otros generadores de turbina eólica y a un método para el control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica.

10

Antecedentes

En los últimos años, ha habido una atención creciente sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la combustión de combustibles fósiles. Una solución para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es el desarrollo de fuentes de energía renovable. Particularmente, la energía procedente 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 en el viento puede capturarse por una turbina eólica, que es una máquina giratoria que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y la energía mecánica posteriormente en energía eléctrica. Las turbinas eólicas comunes de eje horizontal incluyen una torre, una góndola situada 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 o bien directamente o bien indirectamente con un conjunto de rotor de un generador alojado dentro de la góndola. Pueden disponerse juntos una pluralidad de generadores de turbina eólica en un parque eólico o planta de generación eólica para generar energía suficiente para dar soporte a una red.

20

25

El documento DE 10 2009 030886 A1 divulga una planta de generación eólica para la conversión de la energía del viento de un campo eólico en energía eléctrica. La planta de generación eólica incluye al menos un dispositivo de generación eólica que tiene un dispositivo de medición del viento. Por otro lado, la planta de generación eólica comprende un dispositivo de almacenamiento central en el que se almacenan patrones de perfiles de viento en una tabla de patrones de perfiles de viento. El dispositivo de medición del viento detecta predictivamente valores de medición de viento actuales. La planta de generación eólica tiene un dispositivo de reconocimiento del patrón central que correlaciona los valores de medición del viento actuales del dispositivo de medición del viento con los patrones de perfiles de viento almacenados en la tabla de patrones de perfiles de viento. Un dispositivo de control central controla individualmente cada dispositivo de generación eólica individual de la planta de generación eólica en función de un patrón de perfil de viento determinado mediante correlación.

30

35

Sumario de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a una planta de generación eólica que incluye al menos un primer y uno o más de otros generadores de turbina eólica y a un método para el control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica.

40

Una realización de la invención proporciona una planta de generación eólica que comprende al menos un primer y uno o más de otros generadores de turbina eólica, en la que el primero y uno o más de otros generadores de turbina eólica se acoplan de modo comunicado para intercambiar información y en la que se establece una relación de transferencia predeterminada entre el primero y los uno o más otros generadores de turbina eólica, dicha relación de transferencia predeterminada comprende una curva de transferencia que indica para todas las direcciones del viento posibles el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar la información recibida desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica para el control de la primera turbina eólica. El intercambio de información comprende al menos la recepción de información en el primer generador de turbina eólica desde los uno o más otros generadores de turbina eólica. Los generadores de turbina eólica en la planta de generación eólica pueden disponerse para comunicar, es decir trabajar conjuntamente, por ejemplo, apoyarse entre sí en caso de condiciones peligrosas. Por tanto, la realización puede incrementar la fiabilidad, disponibilidad, y/o productividad de la planta de generación eólica.

45

50

55

Otra realización de la invención proporciona un método para el control de una primera turbina eólica en una planta de generación eólica, que comprende los uno o más otros generadores de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de intercambiar información entre el primero y uno o más de otros generadores de turbina eólica a través de un acoplamiento comunicativo, y el control de la primera turbina eólica usando información desde los uno o más otros generadores de turbina eólica de acuerdo con una relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica, dicha relación de transferencia predeterminada comprende una curva de transferencia que indica para todas las direcciones del viento posibles el grado en que el primer generador de turbina eólica puede usar la información recibida desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica.

60

65

Otra realización más de la invención se refiere a un producto de programa informático que contiene código informático, que cuando se ejecuta en un ordenador realiza el método de la invención.

Se exponen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes, la siguiente descripción y los dibujos.

5 **Breve descripción de los dibujos**

Se explican realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. Se ha de observar que los dibujos adjuntos ilustran solamente ejemplos de realizaciones de la presente invención y por lo tanto no han de considerarse limitativos de su alcance, dado que la invención puede admitir otras realizaciones igualmente efectivas.

La Figura 1 ilustra una turbina eólica 100 de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención;

15 la Figura 2 ilustra una visión más detallada de una góndola 120 de acuerdo con una realización de la invención.

las Figuras 3 a 5 ilustran ejemplos de curvas de transferencia de acuerdo con realizaciones de la invención entre generadores de turbina eólica; y

20 la Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

25 A continuación, se hace referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, debería entenderse que la invención no está limitada a las realizaciones específicas descritas. En su lugar, se contempla cualquier combinación de las siguientes características y elementos, tanto si se relacionan con diferentes realizaciones como si no, para implementar y poner en práctica la invención.

30 Por otro lado, en diversas realizaciones la invención proporciona numerosas ventajas con respecto a la técnica anterior. Sin embargo, si bien las realizaciones de la invención pueden lograr ventajas frente a otras posibles soluciones y/o frente a la técnica anterior, si se alcanza o no una ventaja particular mediante una realización dada, esto no constituye una limitación de la invención. Por tanto, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son meramente ilustrativos y no deben considerarse elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas salvo cuando así se indique explícitamente en una reivindicación o reivindicaciones. Asimismo, la referencia a "la invención" no deberá interpretarse como una generalización de ninguna materia objeto inventiva divulgada en el presente documento y no deberá considerarse como un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas, salvo cuando así se enumere explícitamente en una reivindicación o reivindicaciones.

40 Como se ha mencionado, una realización de la invención proporciona una planta de generación eólica que comprende al menos un primer y uno o más de otros generadores de turbina eólica, en la que el primero y uno o más de otros generadores de turbina eólica se acoplan de modo comunicado para intercambiar información y en la que se establece una relación de transferencia predeterminada entre el primero y los uno o más otros generadores de turbina eólica, indicando dicha relación de transferencia predeterminada el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica para el control de la primera turbina eólica. La ventaja del mismo es que un generador de turbina eólica puede usar información obtenida desde otra turbina eólica. En caso de, por ejemplo, fallo de un sensor, cuya salida es necesaria para la operación de una turbina eólica, la turbina eólica puede mantenerse en operación con la información correspondiente desde otra turbina eólica. En otro ejemplo no limitativo un generador de turbina eólica puede recibir información desde otros generadores de turbina eólica sobre condiciones peligrosas. Por tanto, los generadores de turbina eólica pueden ser más seguros, operar más consistentemente y/o proporcionar una potencia extra.

55 La información a ser intercambiada entre el primero y los uno o más otros generadores de turbina eólica es una señal que comprende información aerodinámica y/o información de la situación. La información de la situación comprende información sobre uno o más de los siguientes estados: desconexión de la planta de generación eólica de la red eléctrica; descargas de rayos; disparo del generador de turbina eólica; una ráfaga de viento extrema; un sensor defectuoso. La información de la situación puede considerarse como información digital porque en la mayor parte de los casos pueden considerarse como señales todo/nada, tales como "red desconectada", "tormenta", "el generador de turbina eólica ha disparado".

60 La información aerodinámica comprende información sobre uno o más de lo siguiente: dirección del viento; velocidad del viento; cizalladura del viento; turbulencia del viento; intensidad de la ráfaga de viento; temperatura; características de la red eléctrica. La información aerodinámica puede considerarse como información analógica que tiene una magnitud en un cierto intervalo. Los ejemplos de dicha información aerodinámica o analógica pueden ser "dirección del viento", "velocidad del viento", "intensidad de la ráfaga de viento", "temperatura", "tensión de la red", "corriente de la red", etc.

La relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica indica un valor de transferencia para direcciones de viento potenciales, indicando el valor de transferencia el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde cada una de las una o más otras turbinas eólicas para una dirección de viento dada. Si el espacio que rodea al generador de turbina eólica se divide en un intervalo de direcciones angulares correspondientes a direcciones de viento potenciales, cada dirección angular se asigna a un valor de transferencia. Por tanto, cuando la dirección del viento actual o presente está dentro de o en una dirección angular especificada, el valor de transferencia correspondiente a esa dirección del viento puede usarse para determinar en qué grado el primer generador de turbina eólica puede usar la información desde los otros generadores de turbina eólica. El conjunto de valores de transferencia puede indicarse como curva de transferencia. En caso de que la información pueda usarse en el mismo grado en todas las direcciones del viento, la curva de transferencia es un círculo de transferencia. Alternativamente, la curva de transferencia puede tener otras formas y en casos especiales algunas partes de la curva de transferencia pueden estar cortadas indicando que la información desde los otros generadores de turbina eólica no puede usarse para el control del primer generador de turbina eólica en las direcciones del viento correspondientes a las partes cortadas de la curva de transferencia.

El valor de transferencia para direcciones de viento potenciales en la relación predeterminada correspondiente a la dirección del viento actual se multiplica por una señal desde los uno o más otros generadores de turbina eólica para constituir una señal para su uso en la unidad de control del primer generador de turbina eólica.

El valor de transferencia para un sector dado en la relación predeterminada correspondiente a la dirección del viento actual se multiplica por una señal desde los uno o más otros generadores de turbina eólica para constituir una señal para su uso en la unidad de control del primer generador de turbina eólica. Esto proporciona una forma fácil de usar la información desde el (los) otro(s) generador(es) de turbina eólica para el control del primer generador de turbina eólica.

El valor de transferencia puede comprender información de valores de transferencia específicos para tipos específicos de información. Por lo tanto, el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde los uno o más otros generadores de turbina eólica indicado en la relación de transferencia predeterminada puede comprender diferentes niveles para los que puede usarse la información. Por tanto, por ejemplo, puede darse el caso de que alguna información no pueda usarse o que no pueda usarse información, que algunos tipos de información puedan usarse mientras no puedan usarse otros tipos de información; o que puedan usarse todos los tipos de información.

La relación de transferencia predeterminada depende de las características del viento en el primer generador de turbina eólica y/o en los uno o más otros generadores de turbina eólica. Dichas características del viento pueden ser la dirección del viento, cizalladura del viento, y turbulencia del viento. Por otra parte, la relación de transferencia predeterminada depende del terreno en el que se localiza(n) el primero y/o los uno o más otros generadores de turbina eólica. Por tanto, si la planta de generación eólica se localiza en un terreno de colinas, el valor de transferencia puede variar sustancialmente en direcciones del viento variables.

La relación de transferencia predeterminada puede almacenarse en una unidad de control del primer generador de turbina eólica o en un servidor de SCADA accesible por parte del primer generador de turbina eólica.

La relación de transferencia predeterminada se determina antes de la operación de la planta de generación eólica y/o en donde la relación de transferencia predeterminada se actualiza periódicamente.

El primer generador de turbina eólica se acopla adicionalmente de modo comunicativo con un mástil de medición meteorológica que comprende uno o más sensores meteorológicos para intercambiar información y en el que se ha establecido una relación de transferencia del mástil meteorológico, indicando dicha relación de transferencia del mástil meteorológico el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde el mástil meteorológico.

Como se ha mencionado anteriormente, la invención se refiere también a un método para el control de una primera turbina eólica en una planta de generación eólica así como a un producto de programa informático que contiene código informático, que cuando se ejecuta en un ordenador realiza el método de la invención. Las ventajas de esto se han descrito anteriormente con relación a la planta de generación eólica.

Lo que sigue es una descripción detallada de las realizaciones de la invención representadas en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos y contienen detalles suficientes como para comunicar claramente la invención. Sin embargo, la cantidad de detalle ofrecido no se pretende que limite las variaciones anticipadas de las realizaciones; sino que por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que caen dentro del alcance de la presente invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 ilustra una turbina eólica 100 de ejemplo de acuerdo con una realización de la invención. Tal como se ilustra 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 a solamente turbinas eólicas terrestres. En realizaciones alternativas, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica marina localizada sobre una masa de agua tal como, por ejemplo, un lago, un mar o similares.

5 La torre 110 de la turbina eólica 100 puede configurarse para elevar una góndola 120 y el rotor 130 a una altura en la que puede recibirse por el rotor 130 un flujo de aire fuerte, menos turbulento, y generalmente sin obstrucción. La altura de la torre 110 puede ser cualquier altura razonable. La torre 110 puede fabricarse con cualquier tipo de material, por ejemplo, acero, hormigón o similares. En algunas realizaciones, la torre 110 puede estar hecha de cualquier material monolítico. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la torre 110 puede incluir una pluralidad de secciones, por ejemplo, dos o más secciones de acero tubulares 111 y 112, tal como se ilustra en la Figura 1. En algunas realizaciones de la invención, la torre 110 puede ser una torre en celosía. Por consiguiente, la torre 110 puede incluir perfiles de acero soldados.

15 El rotor 130 puede incluir un buje de rotor (de aquí en adelante denominado simplemente como 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 de viento predefinidas, las palas 132 experimenten un empuje, haciendo así que las palas roten radialmente en torno al buje. La góndola 120 puede incluir uno o más componentes configurados para convertir la energía aero-mecánica de las palas en energía de rotación del árbol, y la energía de rotación del árbol en energía eléctrica.

20 La turbina eólica 100 puede incluir una pluralidad de sensores para la supervisión de una pluralidad de parámetros asociados con, por ejemplo, condiciones medioambientales, cargas de la turbina eólica, métrica de rendimiento, y similares. Por ejemplo, se muestra un medidor de tensiones 133 sobre la pala 132. En una realización, el medidor de tensiones 133 puede configurarse para detectar la flexión y/o torsión de las palas 132. La información con relación a la flexión y torsión de las palas puede ser necesaria para realizar una o más operaciones que reduzcan las cargas sobre las palas 132 que pueden tener lugar, por ejemplo, durante ráfagas de viento intensas. En dichas situaciones, puede cambiarse el paso de las palas para reducir las cargas, impidiendo de ese modo daños a las palas.

30 La Figura 1 también ilustra un acelerómetro 113 que puede colocarse sobre la torre 110. El acelerómetro 113 puede configurarse para detectar movimientos horizontales y de flexión de la torre 110 que pueden provocarse debido a las cargas sobre la turbina eólica 100. Los datos capturados por el acelerómetro 113 pueden usarse para realizar una o más operaciones para la reducción de las cargas sobre la turbina eólica 100. En algunas realizaciones de la invención, el acelerómetro 113 puede colocarse sobre la góndola 120.

35 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 detectar también una velocidad del viento. Los datos de velocidad del viento pueden usarse para determinar un ángulo de paso apropiado que permita a las palas 132 capturar una cantidad deseada de energía del viento. 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 con relación al ambiente que rodea a la turbina eólica. Dichos datos pueden usarse para determinar uno o más parámetros operacionales de la turbina eólica para facilitar la captura de una cantidad deseada de energía por parte de la turbina eólica 100.

40 Aunque se describen en el presente documento un medidor de tensiones 133, acelerómetro 113, y sensor de viento 123, las realizaciones de la invención no están limitadas a los tipos anteriormente mencionados de sensores. En general, puede colocarse cualquier tipo y número de sensores en diversas localizaciones de la turbina eólica 100 para facilitar la captura de datos con relación a la salud estructural, rendimiento, prevención de daños, acústica, y similares. Por ejemplo, puede colocarse un sensor de ángulo de paso en o cerca de una pala de turbina eólica para determinar un ángulo de paso actual de la pala.

55 La Figura 2 ilustra una visión más detallada de una góndola 120 de acuerdo con una realización de la invención. Tal como se ilustra en la Figura 2, la góndola 120 puede incluir al menos un árbol de baja velocidad 210, un árbol de alta velocidad 211, una caja de engranajes 220, y un generador 230. En una realización, el árbol de baja velocidad 210 puede acoplar la caja de engranajes 230 al rotor 130, tal como se ilustra en la Figura 2. La caja de engranajes 230 puede depender de las relaciones de engranajes en un tren de accionamiento para proporcionar conversiones de velocidad y par desde la rotación del árbol de baja velocidad 210 hasta el conjunto de rotor del generador 230 a través del árbol de alta velocidad 211.

60 En una realización alternativa, el árbol de baja velocidad 210 puede conectar directamente el buje 130 con un conjunto de rotor del generador 230 de modo que la rotación del rotor 130 accione directamente el conjunto de rotor para que dé vueltas con relación a un conjunto de estator del generador 230. En realizaciones en las que el árbol de baja velocidad 210 se acopla directamente al buje 130, puede no incluirse la caja de engranajes 220, permitiendo de ese modo que la góndola 120 sea más pequeña y/o más ligera.

El generador 230 puede configurarse para generar una corriente alterna trifásica basándose en uno o más requisitos de la red. En una realización, el generador 230 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 230 puede ser un generador de imanes permanentes. En realizaciones alternativas, el generador 230 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 230 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 adaptarse a uno o más requisitos de la red. Los dispositivos eléctricos de ejemplo incluyen, por ejemplo, inversores, convertidores, resistencias, interruptores, transformadores, y similares.

Las realizaciones de la invención no están limitadas a ningún tipo particular de generador o disposición de generador ni a uno o más dispositivos eléctricos asociados con el generador con relación a la red eléctrica. Cualquier tipo adecuado de generador incluyendo (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 caen dentro del ámbito de la invención.

En algunas realizaciones, puede incluirse una pluralidad de sensores en la góndola 120 para supervisar la salud estructural y rendimiento de los componentes en ella, la calidad de la potencia generada, y otros similares. Por ejemplo, puede colocarse un sensor 221 en la caja de engranajes 220 para detectar tensiones mecánicas y uso/desgaste de la caja de engranajes 220. Puede colocarse un sensor 231 en el generador 230 para detectar la velocidad del generador, generación de potencia, o similares.

La Figura 3 muestra dos generadores de turbina eólica 10, 20. Los dos generadores de turbina eólica pueden estar en una planta de generación eólica (no mostrada) que incluye dos o más generadores de turbina eólica. Las plantas de generación eólica pueden incluir hasta un centenar o incluso más generadores de turbina eólica. La flecha horizontal entre los dos generadores de turbina eólica 10, 20 indica que los generadores de turbina eólica 10, 20 están en una conexión comunicativa, es decir que se disponen para transmitir y/o recibir información entre ellos. Dicha conexión comunicativa puede ser cualquier medio cableado o inalámbrico apropiado, y puede ser directa entre los generadores de turbina eólica 10, 20 en la que el enrutado de la señal tiene lugar desde uno de los generadores de turbina eólica 10, 20 al otro sin que esté implicado ningún control intermedio o generador de turbina eólica. Como alternativa, la conexión comunicativa puede ser una comunicación indirecta, por ejemplo usando un sistema SCADA como un centro de transferencia.

Para el generador de turbina eólica 10 una relación de transferencia del generador de turbina eólica 10 en sí y el otro generador de turbina eólica 20 comprende una curva de transferencia CT 1010. La curva de transferencia 1010 se muestra en un sistema de coordenadas polares en las que el generador de turbina eólica 10 se sitúa en el origen.

La curva de transferencia 1010 puede estar en relación con tipos específicos de información o puede estar en relación con todos los tipos de información. Por tanto, pueden identificarse otras curvas de transferencia (no mostradas en la Figura 3) en el grado en el que el generador de turbina eólica 10 puede usar otros tipos de información desde el generador de turbina eólica 30. Si el generador de turbina eólica 10 puede usar toda la información desde el generador de turbina eólica 30 en un grado similar, solo se requiere una curva de transferencia 1010. Si no es este el caso, debería existir una curva de transferencia para todos los tipos específicos diferentes de información que pueden compartirse entre los generadores de turbina eólica 10, 20. Por ejemplo, pueden existir curvas de transferencia específicas de información para cada uno de los siguientes tipos de información: dirección del viento, velocidad del viento, presión, temperatura, tensión de la red, corriente de la red, frecuencia de la red, cizalladura del viento, ráfagas de viento.

La curva de transferencia 1010 muestra para todas las direcciones de viento posibles (correspondientes a los ángulos de 0° a 360° desde el eje x) el grado en el que el generador de turbina eólica 10 puede usar la información recibida desde el generador de turbina eólica 20. Este grado corresponde al valor absoluto de la curva de transferencia correspondiente a la dirección del viento actual en la turbina eólica 10. Por tanto, la dirección del viento actualmente presente en el generador de turbina eólica 10 determina qué punto de la curva de transferencia 1010 debería usarse para determinar en qué grado el generador de turbina eólica 10 reutiliza la información desde el generador de turbina eólica 20. Por tanto, si la dirección del viento es norte, se ha de usar el punto de la curva de transferencia correspondiente a 90° desde el eje x; si el viento es noreste se ha de usar el punto de la curva de transferencia correspondiente a 45° desde el eje x, cuando el viento es sur se ha de usar el punto de la curva de transferencia correspondiente a 270° desde el eje x; etc.

El valor de la curva de transferencia 1010 correspondiente a la dirección del viento actual en el generador de turbina eólica 10 puede multiplicar a una señal desde el generador de turbina eólica 20 para representar una señal para su uso en la unidad de control del generador de turbina eólica 10. En el ejemplo de la figura 3 la curva de transferencia es al menos sustancialmente un círculo de transferencia con un radio de 1. Esto indica que la información desde la turbina eólica 20 puede usarse tal como está, correspondiendo a la multiplicación por 1, en el control de la turbina eólica 10. Dicha información puede relacionarse con cualquier tipo apropiado de información. Unos pocos ejemplos

pueden ser: temperatura, presión, dirección del viento, velocidad del viento, ráfagas de viento, cizalladura del viento, condiciones de la red, desconexión de la planta de generación eólica de la red eléctrica, tormenta, etc.

5 La relación de transferencia entre el generador de turbina eólica 10 y el generador de turbina eólica 20 puede incluir también una indicación sobre qué tipos de información pueden usarse (no mostrado en la figura 3), porque puede ser el caso que puedan usarse algunos tipos de información, mientras que no puedan usarse otros tipos de información, o alternativamente que puedan usarse todos los tipos de información desde el generador de turbina eólica 20 en el generador de turbina eólica 10.

10 La Figura 3 también muestra una curva de transferencia CT 1020 que indica en qué grado puede usarse la información desde el generador de turbina eólica 10 en el control del generador de turbina eólica 20. En este caso, la curva de transferencia 1020 es similar a la curva de transferencia 1010, indicando que la información puede compartirse simétricamente entre los dos generadores de turbina eólica 10, 20. Por otra parte, el hecho de que las curvas de transferencia 1010, 1020 sean círculos de transferencia que tienen un radio de 1 indica que los generadores de turbina eólica 10, 20 pueden usar información entre ellos. Sin embargo, la información a ser usada puede limitarse a algunos tipos de información tal como se ha indicado anteriormente.

15 La figura 4 muestra dos generadores de turbina eólica 10, 20 de una planta de generación eólica. Como en la figura 3, la flecha horizontal entre los dos generadores de turbina eólica 10, 20 quiere indicar que los generadores de turbina eólica 10, 20 están en una conexión comunicativa. Para el generador de turbina eólica 10 una relación de transferencia entre el generador de turbina eólica 10 en sí y el otro generador de turbina eólica 20 comprende una curva de transferencia CT 1011, mientras que una relación de transferencia entre el generador de turbina eólica 20 y el generador de turbina eólica 10 comprende una curva de transferencia CT 1013. De nuevo, las curvas de transferencia se muestran en sistemas de coordenadas polares en las que el generador de turbina eólica en cuestión se sitúa en el origen.

20 Como se ha descrito con relación a la figura 3, las curvas de transferencia 1011 muestran para todas las direcciones del viento posibles (correspondientes a los ángulos de 0° a 360° desde el eje x) el grado en el que el generador de turbina eólica 10 puede usar la información recibida desde el generador de turbina eólica 30. Este grado corresponde al valor absoluto de la curva de transferencia correspondiente a la dirección del viento actual en la turbina eólica 10. Por tanto, la dirección del viento actualmente presente en el generador de turbina eólica 10 determina qué punto de la curva de transferencia 1010 debería usarse para determinar en qué grado el generador de turbina eólica 10 puede reutilizar la información desde el generador de turbina eólica 30 tal como se ha descrito con relación a la figura 3. El valor de la curva de transferencia 1010 correspondiente a la dirección del viento actual en el generador de turbina eólica 10 puede multiplicar a una señal desde el generador de turbina eólica 30 para constituir una señal para su uso en la unidad de control del generador de turbina eólica 10.

30 La relación de transferencia entre el generador de turbina eólica 10 y el generador de turbina eólica 30 puede incluir también una indicación sobre qué tipos de información pueden usarse (no mostrado en la figura 4), porque puede ser el caso que puedan usarse algunos tipos de información, mientras que no puedan usarse otros tipos de información, o alternativamente que puedan usarse todos los tipos de información desde el generador de turbina eólica 30 en el generador de turbina eólica 10.

35 Un ejemplo de una planta de generación eólica que tenga turbinas eólicas con círculos de transferencia 1010, 1012 (con valor unitario) puede ser una planta de generación eólica marina o una planta de generación eólica en terreno llano, en la que los generadores de turbina eólica se localizan a distancia suficiente entre sí de modo que ninguna de las turbinas eólicas 10, 20 experimente efectos de estela desde los otros generadores de turbina eólica en ninguna dirección del viento.

40 La Figura 4 también muestra una curva de transferencia CT 1013 que indica en qué grado puede usarse la información desde el generador de turbina eólica 10 en el control del generador de turbina eólica 30. En la figura 4 la curva de transferencia 1013 es diferente de la curva de transferencia 1011, indicando que la información no puede compartirse simétricamente entre los dos generadores de turbina eólica 10, 30.

45 En el ejemplo de la figura 4 las curvas de transferencia 1011, 1013 no son círculos de transferencia con un radio de 1. Esto indica que la información desde cada una de las turbinas eólicas 10, 30, no puede reutilizarse tal como está, correspondiendo a la multiplicación por 1, en el control de la turbina eólica 10 para todas las direcciones del viento, tal como se describirá con un poco más de detalle en lo que sigue. A partir de la curva de transferencia 1011, puede verse que para direcciones del viento predominantes en la turbina eólica 10 de entre aproximadamente 45° (correspondientes a noreste) a aproximadamente 225° (correspondientes a suroeste), el valor de la curva de transferencia 1011 es de aproximadamente 1, indicando que el generador de turbina eólica 10 puede reutilizar la información desde el generador de turbina eólica 30 sin cambios, correspondiendo a una multiplicación por 1. En otras direcciones del viento el valor de la curva de transferencia 1011 es mayor que 1, indicando que la información desde la turbina eólica 30 ha de amplificarse (correspondiendo a una multiplicación por el valor de la curva de transferencia) para ser usada en el control del generador de turbina eólica 10. Por ejemplo, el valor de la curva de transferencia en una dirección del viento hacia el sur, correspondiendo a 270° , es de 1.5.

- La curva de transferencia 1013 muestra también que para direcciones del viento predominantes en la turbina eólica 30 de entre aproximadamente 45° (correspondientes a noreste) a aproximadamente 225° (correspondientes a suroeste), el valor de la curva de transferencia 1013 es de aproximadamente 1, indicando que el generador de turbina eólica 30 puede reutilizar la información desde el generador de turbina eólica 10 sin cambios. En otras direcciones del viento el valor de la curva de transferencia 1013 es menor que 1, indicando que la información desde la turbina eólica 10 ha de reducirse (correspondiendo a una multiplicación por el valor de la curva de transferencia) para ser usada en el control del generador de turbina eólica 30. Por ejemplo, el valor de la curva de transferencia en una dirección del viento hacia el sur, correspondiendo a 270°, es de aproximadamente 0,6-0,7.
- Un ejemplo de una planta de generación eólica con turbinas eólicas que tienen círculos de transferencia 1011, 1013 puede ser una planta de generación eólica situada en un terreno con colinas en el que, por ejemplo, la velocidad del viento medida en una turbina eólica en direcciones de viento específicas se sabe que son mayores que la velocidad del viento medida en otras turbinas eólicas en direcciones de viento específicas.
- Como se ha descrito en conexión con la figura 3, la información a ser compartida puede referirse a cualquier tipo apropiado de información. Unos pocos ejemplos pueden ser: temperatura, presión, dirección del viento, velocidad del viento, ráfagas de viento, cizalladura del viento, condiciones de la red, desconexión de la planta de generación eólica de la red eléctrica, tormenta, etc. Sin embargo, la información a ser usada puede limitarse a algunos tipos de información tal como se indica en la relación de transferencia, como se ha descrito anteriormente.
- Como se ha descrito con relación a la figura 3, las curvas de transferencia 1011, 1013 pueden relacionarse con tipos específicos de información, y otras curvas de transferencia (no mostradas en la figura 4) pueden relacionarse con el grado en el que los generadores de turbina eólica 10, 30, respectivamente, pueden usar otros tipos de información desde los generadores de turbina eólica 10, 30, respectivamente. Si los generadores de turbina eólica 10, 30, respectivamente, pueden usar toda la información desde el generador de turbina eólica 30, 10, respectivamente, en un grado similar, solo se requiere una curva de transferencia 1011, 1013, respectivamente. Si no es este el caso, debería existir una curva de transferencia para todos los tipos específicos diferentes de información que pueden compartirse entre los generadores de turbina eólica 10, 30.
- La figura 5 muestra curvas de transferencia 1012, 1014 entre los generadores de turbina eólica 10, 40. La mayor parte de la descripción de las figuras 3 y 4 con relación a curvas de transferencia en general también es relevante para la figura 5 y por lo tanto no se repetirá aquí. Cada una de las dos curvas de transferencia 1012, 1014 de la figura 5 tiene una sección cortada, desde aproximadamente 240° a aproximadamente 345°, correspondiendo a un valor de transferencia de cero. Por tanto, en direcciones del viento desde sur-suroeste a aproximadamente una dirección de aproximadamente 345°, la información desde uno de los generadores de turbina eólica 10, 40 no puede usarse en el otro generador de turbina eólica 40, 10.
- Correspondiendo a la descripción con relación a las figuras 3 y 4, las curvas de transferencia 1012, 1014 pueden relacionarse con uno o más tipos específicos de información o pueden relacionarse con todos los tipos de información.
- A todo lo largo de la descripción de las figuras 3 a 5, las indicaciones en grados (°) se refieren a un sistema de coordenadas polares que tiene coordenadas polares angulares entre 0° y 360°.
- La figura 6 ilustra un diagrama de flujo de un método 900 de acuerdo con la invención para el control de una primera turbina eólica en una planta de generación eólica. El método comienza en la etapa 910, y continúa en la etapa 920 en la que el primer generador de turbina eólica recibe información desde uno o más de otros generadores de turbina eólica a través de un acoplamiento comunicativo. En la etapa 930 posterior, el primer generador de turbina eólica se controla usando información desde los uno o más otros generadores de turbina eólica de acuerdo con una relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica. Como se ha descrito anteriormente, indicando la relación de transferencia predeterminada el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica. El método finaliza en la etapa 940.
- Aunque la invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversas realizaciones y aunque estas realizaciones se han descrito con detalle considerable, no es la intención del presente solicitante restringir o limitar en ninguna forma el alcance de las reivindicaciones adjuntas a dichos detalles. Surgirán claramente 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. Por consiguiente, pueden realizarse desviaciones respecto a dichos detalles sin apartarse del alcance del concepto inventivo general de los presentes solicitantes.

REIVINDICACIONES

1. Una planta de generación eólica que comprende al menos un primero (10, 20, 30, 40) y uno o más de otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40), en la que el primero y uno o más de otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40) están acoplados comunicativamente para intercambiar información entre el primer generador de turbina eólica (10, 20, 30, 40) y los uno o más otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40), y en la que se establece una relación de transferencia predeterminada entre el primero y uno o más de otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40), dicha relación de transferencia predeterminada comprende una curva de transferencia que indica para todas las direcciones del viento posibles el grado en que el primer generador de turbina eólica (10, 20, 30, 40) puede usar la información recibida desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica para el control del primer generador de turbina eólica (10, 20, 30, 40).
2. Una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la información a ser intercambiada entre el primero y los uno o más otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40) es una señal que comprende información aerodinámica y/o información de la situación.
3. Una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica (10, 20, 30, 40) indica un valor de transferencia para direcciones de viento potenciales, indicando el valor de transferencia el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica para una dirección de viento dada.
4. Una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 3, en la que el valor de transferencia para direcciones de viento potenciales en la relación predeterminada correspondiente a la dirección del viento actual multiplica a una señal desde los uno o más otros generadores de turbina eólica para constituir una señal para su uso en la unidad de control del primer generador de turbina eólica.
5. Una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en la que el valor de transferencia comprende información de valores de transferencia específicos para tipos específicos de información.
6. Una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en la que la relación de transferencia predeterminada depende de las características del viento en el primer generador de turbina eólica y/o en los uno o más otros generadores de turbina eólica.
7. Una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en la que la relación de transferencia predeterminada depende del terreno en el que se localiza(n) el primero y/o los uno o más otros generadores de turbina eólica.
8. Una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en la que la relación de transferencia predeterminada se determina antes de la operación de la planta de generación eólica y/o en la que la relación de transferencia predeterminada se actualiza periódicamente.
9. Una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que el primer generador de turbina eólica (10, 20, 30, 40) se acopla adicionalmente de modo comunicativo con un mástil de medición meteorológica que comprende uno o más sensores meteorológicos para intercambiar información y en la que se ha establecido una relación de transferencia del mástil meteorológico, indicando dicha relación de transferencia del mástil meteorológico el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde el mástil meteorológico.
10. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica (10, 20, 30, 40) en una planta de generación eólica, que comprende uno o más de otros generadores de turbina eólica, comprendiendo el método las etapas de:
- en el primer generador de turbina eólica, recibir (920) información desde uno o más de otros generadores de turbina eólica a través de un acoplamiento comunicativo,
 - controlar (930) el primer generador de turbina eólica usando información desde los uno o más otros generadores de turbina eólica de acuerdo con una relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica, dicha relación de transferencia predeterminada comprende una curva de transferencia que indica para todas las direcciones del viento posibles el grado en que el primer generador de turbina eólica puede usar la información recibida desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica.
11. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la información a ser intercambiada entre el primero y los uno o más otros generadores de turbina eólica comprende una señal que comprende información aerodinámica y/o información de las condiciones.

- 5 12. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que la relación de transferencia predeterminada entre el primero y cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica indica un valor de transferencia para direcciones de viento potenciales, indicando el valor de transferencia el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde cada uno de los uno o más otros generadores de turbina eólica para una dirección de viento dada.
- 10 13. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la etapa de controlar el primer generador de turbina eólica comprende:
- determinar la dirección del viento actual y el valor de transferencia correspondiente a la dirección del viento actual;
 - multiplicar la señal desde los uno o más otros generadores de turbina eólica por el valor de transferencia para la dirección del viento actual para constituir una señal para su uso en el control del primer generador de turbina eólica.
- 15 14. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 13, en el que el valor de transferencia comprende información de valores de transferencia específicos para tipos específicos de información.
- 20 15. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, en el que la relación de transferencia predeterminada depende de las características del viento en el primer generador de turbina eólica y/o en los uno o más otros generadores de turbina eólica.
- 25 16. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 15, en el que la relación de transferencia predeterminada depende del terreno en el que se localiza(n) el primero y/o los uno o más otros generadores de turbina eólica.
- 30 17. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 10 a 16, en el que la relación de transferencia predeterminada se determina antes de la operación de la planta de generación eólica y/o en el que la relación de transferencia predeterminada se actualiza periódicamente.
- 35 18. Un método (900) de control de un primer generador de turbina eólica en una planta de generación eólica de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el primer generador de turbina eólica se acopla adicionalmente de modo comunicativo con un mástil de medición meteorológica que comprende uno o más sensores meteorológicos para intercambiar información y en el que se ha establecido una relación de transferencia del mástil meteorológico, indicando dicha relación de transferencia del mástil meteorológico el grado en el que el primer generador de turbina eólica puede usar información desde el mástil meteorológico, y en el que el método comprende la etapa de controlar el primer generador de turbina eólica usando la relación de transformación del mástil meteorológico.
- 40

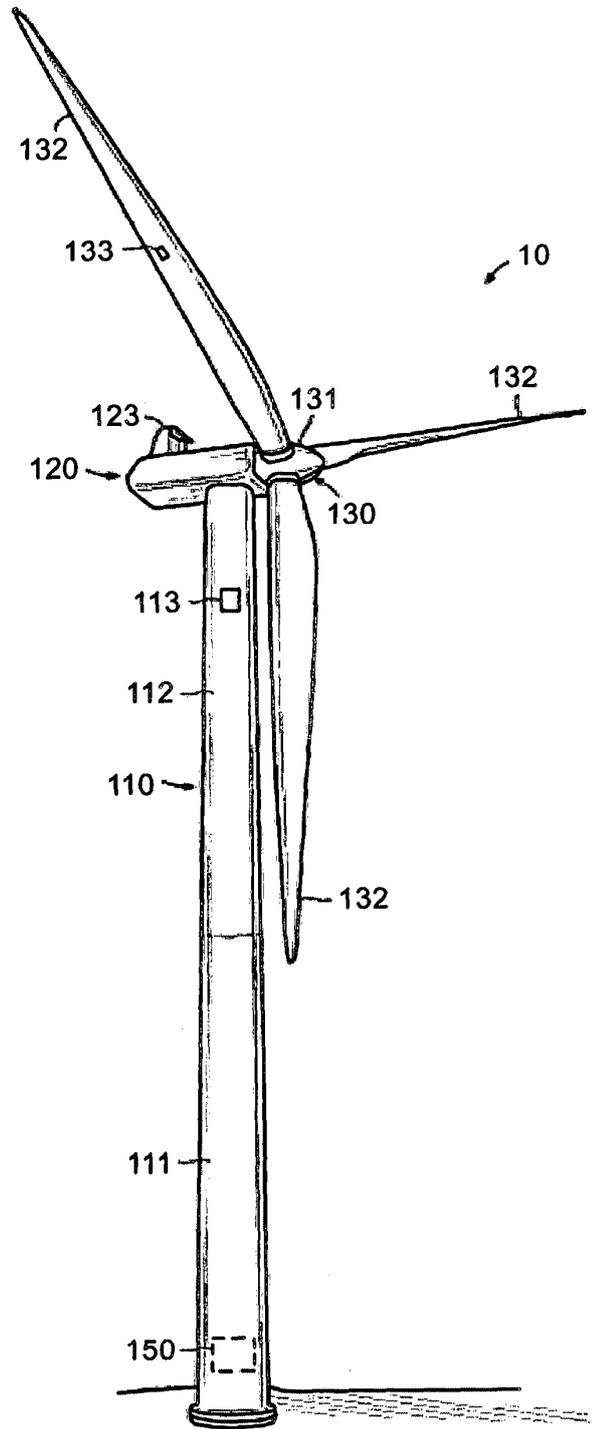


FIG. 1

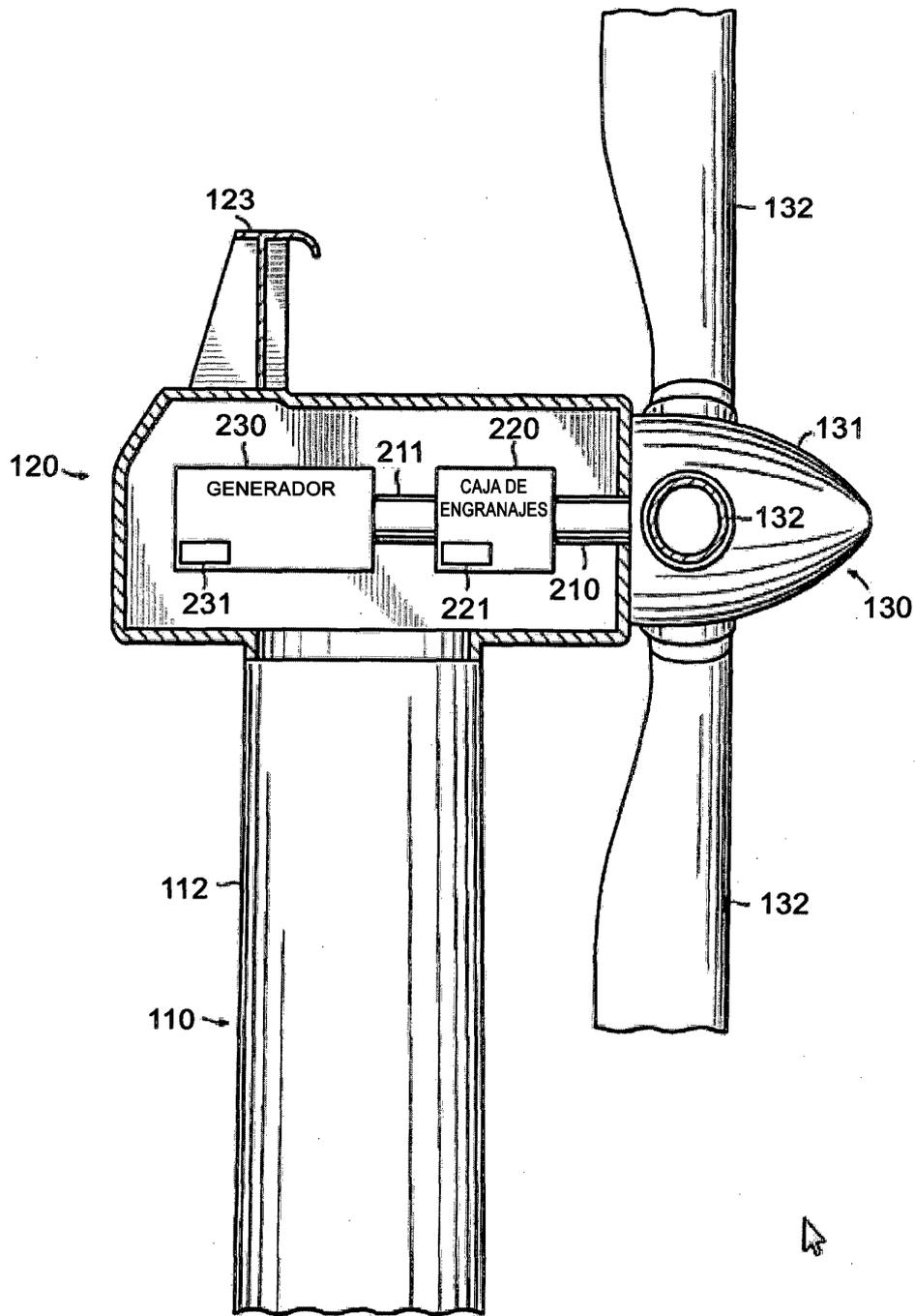
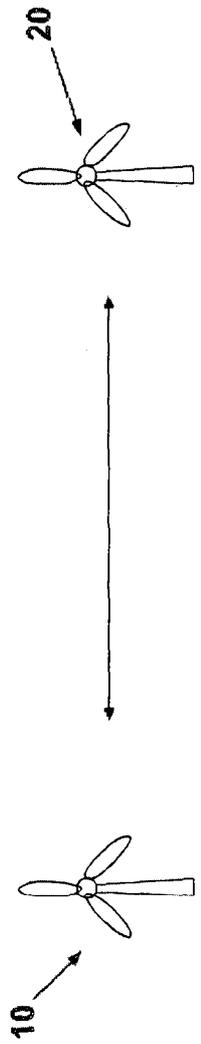
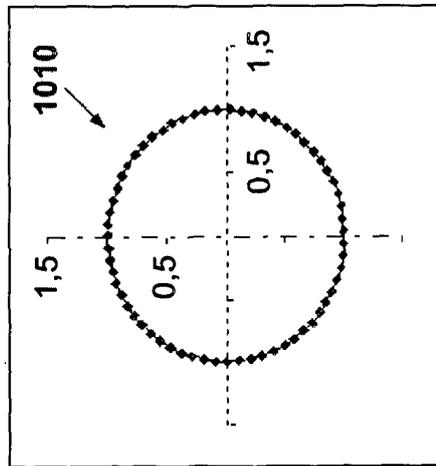


FIG. 2



CT GTE 20 → GTE 10



CT GTE 10 → GTE 20

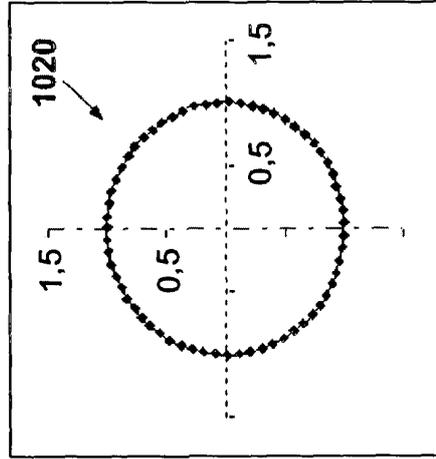


FIG. 3

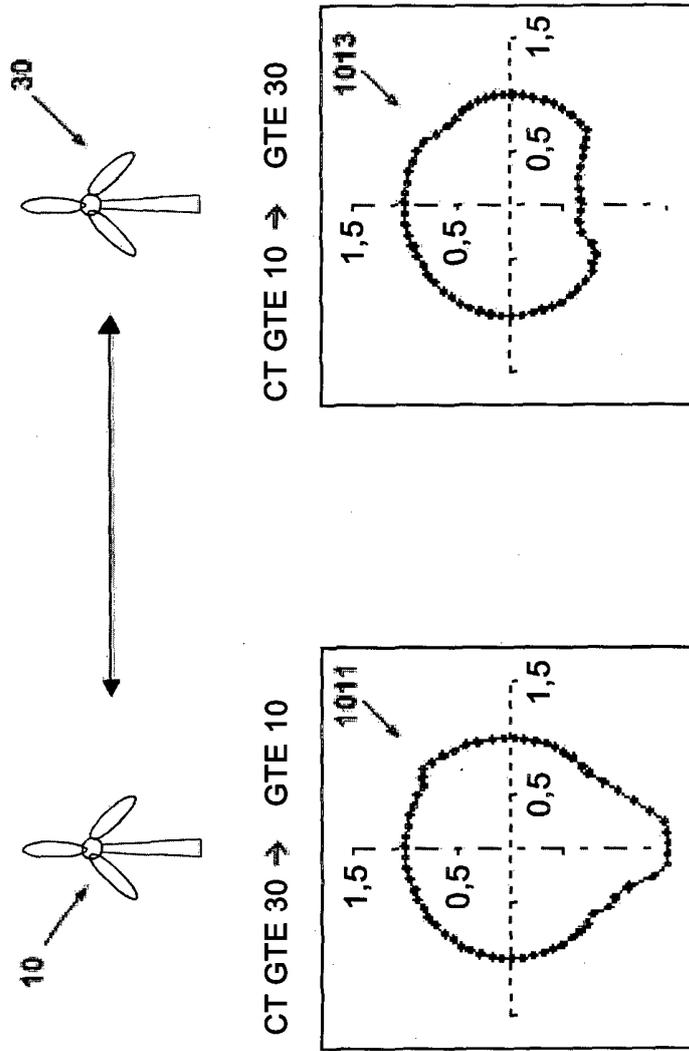


FIG. 4

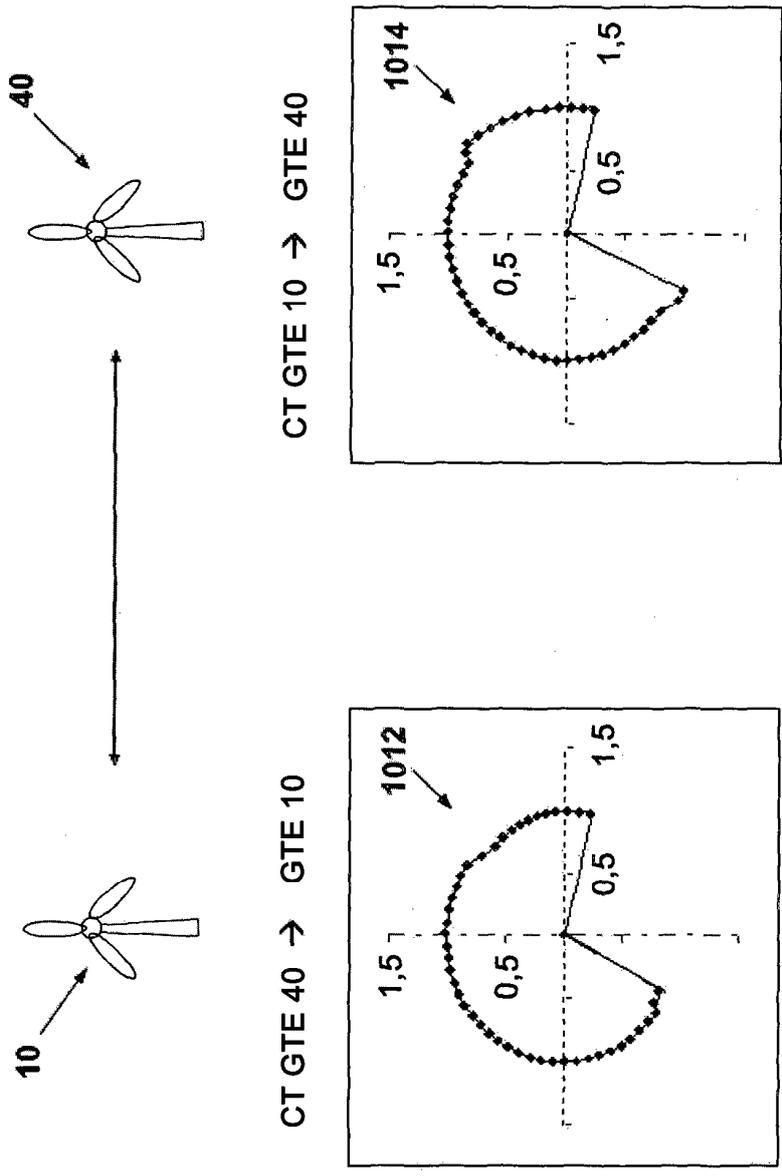


FIG. 5

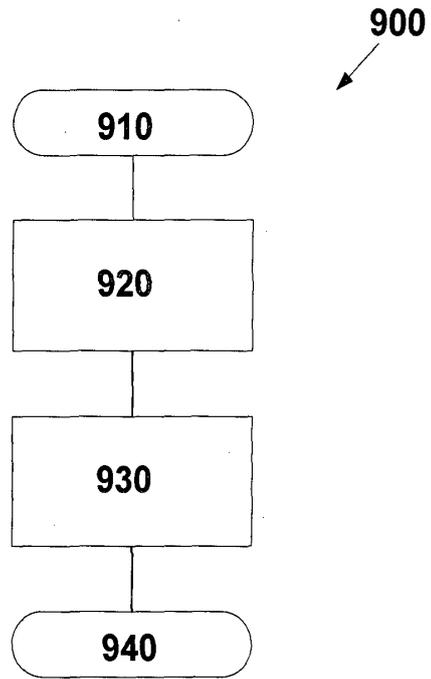


FIG. 6