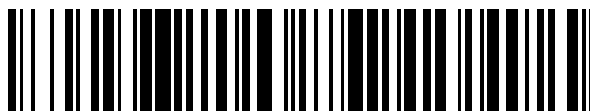


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 103**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02P 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.06.2012 E 12173454 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.10.2015 EP 2541055**

54 Título: **Sistema y procedimientos para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por turbinas eólicas**

30 Prioridad:

30.06.2011 US 201113173703

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

02.03.2016

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**KINZIE, KEVIN WAYNE;
PETITJEAN, BENOIT y
FISCHETTI, THOMAS JOSEPH**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 562 103 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 y procedimientos para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por turbinas eólicas

El presente objeto se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más específicamente, a un sistema y procedimientos para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas eólicas.

5 La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más respetuosas del medio ambiente y más limpias disponible en la actualidad, y las turbinas eólicas han ganado una mayor atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye normalmente una torre, un generador, una caja de velocidades, una barquilla, y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento usando los principios de lámina conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación con el fin de hacer girar un eje que
10 acopla las palas de rotor a una caja de velocidades, o si no se usa una caja de velocidades, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que puede desplegarse en una red de suministro eléctrico.

Durante la operación de una turbina eólica, la rotación de las palas de rotor a través del aire genera ruido aerodinámico. Debido a la modulación de amplitud (es decir, la variación de pico a pico) del ruido aerodinámico, un
15 sonido de impulsos periódicos o “zumbido” se oye normalmente en el campo cercano de la turbina eólica (es decir, la zona directamente alrededor de la turbina eólica). Estos sonidos se ven, en general, como una molestia y, por lo tanto, las normas suelen poner en marcha el establecimiento de niveles máximos de decibelios (dB) para las turbinas eólicas que operan alrededor de las comunidades residenciales y otras zonas pobladas. Como resultado, las turbinas eólicas se diseñan normalmente para operar por debajo de estos niveles máximos de dB. Sin embargo,
20 la investigación actual sugiere ahora que la amplitud de pico a pico del ruido modulado generado por las turbinas eólicas puede ser mayor en localizaciones en el campo lejano ((es decir, las localizaciones a una cierta distancia (por ejemplo, 1-4 kilómetros) de las turbinas eólicas) que en el campo cercano, debido a los efectos de propagación y/o interferencia constructiva. Por lo tanto, existe un riesgo de que las turbinas eólicas operen por debajo de los niveles de dB máximos del campo cercano cuando en realidad pueden excederse estos niveles en el campo lejano.

Diversos procedimientos, tales como el desvelado en el documento US 6.688.841, se han propuesto para reducir las emisiones de ruido de las turbinas eólicas. Por ejemplo, se ha propuesto reducir el ruido aerodinámico reduciendo la potencia de todas las turbinas eólicas dentro de un parque de turbinas eólicas con el fin de mantener las velocidades de turbina bajas durante unos intervalos de tiempo (por ejemplo, durante la noche o en otros momentos en los que se desea reducir el ruido). Sin embargo, tal reducción de potencia de las turbinas eólicas reduce de manera significativa la producción de energía del parque. Otro procedimiento propuesto es inclinar de manera activa las palas de una turbina eólica cuando las palas pasan a través de un intervalo específico de posiciones de acimut (por ejemplo, inclinando las palas a medida que pasan desde la posición de la una en punto a la de las cuatro en punto). Sin embargo, similar a la reducción de potencia de las turbinas eólicas, tal puesta en horizontal continua de las palas da como resultado una reducción significativa en la producción de energía total.

35 Por consiguiente, un sistema y un procedimiento para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por una turbina eólica que no reduzca de manera significativa la producción de energía serían bienvenidos en la tecnología.

Diversos aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser claros a partir de la descripción, o pueden aprenderse a través de la práctica de la invención.

40 La presente invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas, se proporciona de este modo.

Varias características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta especificación, ilustran las realizaciones de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención. En los dibujos:

45 La figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de varias turbinas eólicas dentro de un parque de turbinas eólicas;

La figura 2 ilustra una vista simplificada, interna de una realización de una barquilla de una de las turbinas eólicas mostrada en la figura 1;

50 La figura 3 ilustra una vista esquemática de una realización de unos componentes que pueden incluirse dentro de los controladores de turbina y/o del controlador de parque mostrados en la figura 1;

La figura 4 ilustra un diagrama de flujo de una realización de un procedimiento para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas eólicas;

La figura 5 ilustra una vista gráfica de una realización de las ondas de sonido generadas por las turbinas eólicas operando en fase y las ondas de sonido generadas por las turbinas eólicas operando fuera de fase;

La figura 6 ilustra una vista simplificada de un parque de turbinas eólicas rodeada por una pluralidad de localizaciones de receptor;

La figura 7 ilustra un diagrama de flujo de otra realización de un procedimiento para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas eólicas;

5 La figura 8 ilustra una vista gráfica de una realización de una onda de sonido resultante que puede producirse al interferir y/o aumentar una onda de sonido de turbina con una onda de sonido aditiva; y

La figura 9 ilustra una vista en perspectiva de una de las turbinas eólicas mostrada en la figura 1, que ilustra específicamente un medidor de sonido y unos altavoces localizados en relación con la turbina eólica.

10 A continuación, se hace referencia en detalle a las realizaciones de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no como limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la materia que pueden hacerse diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin alejarse del ámbito o del espíritu de la invención. Por ejemplo, las características ilustradas o descritas como parte de una realización pueden usarse con otra realización para producir una realización adicional más. Por lo tanto, se pretende que la presente invención cubra tales modificaciones y variaciones que entran dentro del ámbito de las reivindicaciones adjuntas y sus equivalentes.

15 En general, el presente objeto se refiere a un sistema y unos procedimientos para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas eólicas. Por ejemplo, en varias realizaciones, pueden controlarse dos o más turbinas eólicas con el fin de evitar que este tipo de turbinas eólicas operen en fase, una respecto a otra. Como tal, las ondas de sonido generadas por la turbina eólica pueden evitarse de manera constructiva interfiriendo y produciendo una onda de sonido resultante que tenga una amplitud de pico a pico mayor que la amplitud de pico a pico de cualquiera de las ondas de sonido individuales. En otras realizaciones, pueden generarse unas ondas de sonido aditivas que interfieran con y/o aumenten las ondas de sonido generadas por las turbinas eólicas. Por lo tanto, las ondas de sonido resultantes pueden tener una amplitud de pico a pico que sea de manera significativa menor que la amplitud de pico a pico de las ondas de sonido generadas por las turbinas eólicas.

20 Haciendo referencia ahora a los dibujos, la figura 1 ilustra una vista en perspectiva de una realización de varias turbinas 12 eólicas localizadas dentro de un parque 10 de turbinas eólicas. Como se muestra, cada turbina 12 eólica incluye una torre 14 que se extiende desde una superficie 16 de soporte, una barquilla 18 montada en la torre 14, y un rotor 20 acoplado a la barquilla 18. El rotor 20 incluye un buje giratorio 22 y al menos una pala 24 de rotor acoplada a y que se extiende hacia fuera del buje 22. Por ejemplo, en la realización ilustrada, el rotor 20 incluye tres palas 24 de rotor. Sin embargo, en una realización alternativa, el rotor 20 puede incluir más o menos de tres palas 24 de rotor. Cada pala 24 de rotor puede estar espaciada alrededor del buje 22 para facilitar la rotación del rotor 20 para permitir que la energía cinética se transfiera desde el viento en energía mecánica útil, y posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 22 de cada turbina 10 eólica puede estar acoplado de manera giratoria a un generador 26 eléctrico (figura 2) localizado dentro de la barquilla 18 para permitir que se produzca la energía eléctrica. Debería apreciarse que, aunque solo se muestran tres turbinas 12 eólicas, en la figura 1, el parque 10 de turbinas eólicas puede, en general, incluir cualquier número adecuado de turbinas 12 eólicas.

25 Además, cada turbina 12 eólica puede incluir un sistema de control de turbina o controlador 28 de turbina centralizado dentro de la barquilla 18. En general, el controlador 28 de turbina puede comprender un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por lo tanto, en varias realizaciones, el controlador 28 de turbina puede incluir unas instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador 28 para realizar varias operaciones diferentes, tal como la recepción, la transmisión y/o la ejecución de las señales de control de turbina eólica. Como tal, el controlador 28 de turbina puede configurarse, en general, para controlar los distintos modos de operación (por ejemplo, las secuencias de puesta en marcha o de apagado) y/o los componentes de la turbina 12 eólica. Por ejemplo, el controlador 28 puede configurarse para controlar la inclinación de pala o el ángulo de inclinación de cada una de las palas 24 de rotor (es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas 24 de rotor con respecto a la dirección del viento) para controlar la salida de potencia generada por la turbina 12 eólica ajustando una posición angular de al menos una pala 24 de rotor en relación con el viento. Por ejemplo, el controlador 28 de turbina puede controlar el ángulo de inclinación de las palas 24 de rotor, o de manera individual o de manera simultánea, transmitiendo las señales de control adecuadas a un impulsor o a un mecanismo 30 de ajuste de inclinación (figura 2) de la turbina 12 eólica. Además, ya que la dirección del viento cambia, el controlador 28 de turbina puede estar configurado para controlar una dirección de guiñada de la barquilla 18 para colocar las palas 24 de rotor con respecto a la dirección del viento, controlando de este modo la salida de carga y de potencia generada por la turbina 12 eólica. Por ejemplo, el controlador 28 de turbina puede configurarse para transmitir unas señales de control a un mecanismo 32 de accionamiento de guiñada (figura 2) de la turbina 10 eólica de tal manera que la barquilla 18 puede girarse en la parte superior de la torre 14.

Por otra parte, como se muestra en la figura 1, el controlador 28 de turbina de cada turbina 12 eólica puede estar acoplado de manera comunicativa a un controlador 34 de parque. Por ejemplo, en una realización, cada controlador 28 de turbina puede estar acoplado de manera comunicativa al controlador 34 a través de una conexión por cable, tal como conectando los controladores 28, 34 a través de un enlace de comunicaciones adecuado (por ejemplo, un

cable adecuado). Como alternativa, cada controlador 28 de turbina puede estar acoplado de manera comunicativa al controlador 34 de parque a través de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica.

5 Similar a cada controlador 28 de turbina, el controlador 34 de parque puede, en general, comprender un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por lo tanto, en varias realizaciones, el controlador 34 de parque puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador 34 para realizar varias operaciones diferentes, tales como la emisión y/o la transmisión de señales de control de turbina eólica para cada controlador 28 de turbina. Como tal, el controlador 34 de parque puede, en general, configurarse para controlar cualquiera o todos los controladores 28 de turbina en el parque 10 de turbinas eólicas con el fin de cambiar o alterar el modo de operación de cualquier número de las turbinas 12 eólicas. En concreto, el controlador 34 de parque puede configurarse para dar órdenes a una única turbina 12 eólica, a grupos determinados de turbinas 12 eólicas o a todas las turbinas 12 eólicas en el parque 10 de turbinas eólicas para entrar en un modo de operación específico y/o para realizar una acción específica con el fin de adaptar la turbina(s) 12 eólica(s) a los cambios en las condiciones de operación y/o, como se describe a continuación, para facilitar una reducción en la modulación de amplitud del ruido generado por la turbina(s) 12 eólica(s).

Haciendo referencia ahora a la figura 2, se ilustra una vista simplificada, interna de una realización de una barquilla 18 de una de las turbinas 12 eólicas mostrada en la figura 1. Como se muestra, un generador 26 puede estar dispuesto dentro de la barquilla 18. En general, el generador 26 puede estar acoplado al rotor 20 de la turbina 12 eólica para producir energía eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 20. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, el rotor 20 puede incluir un eje 36 de rotor acoplado al buje 22 para girar con el mismo. El eje 36 de rotor puede, a su vez, estar acoplado de manera giratoria a un eje 38 de generador del generador 26 a través de una caja 40 de velocidades. Como se entiende en general, el eje 36 de rotor puede proporcionar una entrada de velocidad baja y alto par torsor a la caja 40 de velocidades en respuesta a la rotación de las palas 24 de rotor (figura 1) y del buje 22. A continuación, la caja 40 de velocidades puede configurarse para convertir una entrada de velocidad baja y alto par torsor a una salida de velocidad alta y bajo par torsor para accionar el eje 38 de generador y, por lo tanto, el generador 26. Sin embargo, en otras realizaciones, debería apreciarse que el eje 38 de generador puede acoplarse de manera giratoria directamente al eje 36 de rotor. Como alternativa, el generador 26 puede acoplarse de manera giratoria directamente al eje 36 de rotor (a menudo denominado como una "turbina eólica de accionamiento directo").

30 Además, como se ha indicado anteriormente, el controlador 28 de turbina puede localizarse también dentro de la barquilla 18. Como se entiende, en general, el controlador 28 de turbina puede estar acoplado de manera comunicativa a cualquier número de los componentes de la turbina 12 eólica con el fin de controlar la operación de tales componentes. Por ejemplo, el controlador 28 de turbina puede estar acoplado de manera comunicativa al mecanismo 32 de accionamiento de guiñada de la turbina 12 eólica para controlar y/o alterar la dirección de guiñada de la barquilla 18 respecto a la dirección del viento. Del mismo modo, el controlador 28 de turbina puede estar acoplado de manera comunicativa a cada mecanismo 30 de ajuste de inclinación de la turbina 12 eólica (uno de los cuales se muestra) para controlar y/o alterar el ángulo de inclinación de las palas 24 de rotor respecto a la dirección del viento. Por ejemplo, el controlador 28 de turbina puede estar configurado para transmitir una señal de control al mecanismo 30 de ajuste de inclinación de tal manera que puede utilizarse uno o más accionadores (no mostrados) del mecanismo 30 de ajuste de inclinación para girar las palas 24 respecto al buje 22.

Además, en varias realizaciones, la turbina 12 eólica puede incluir también uno o más sensores 42 u otros dispositivos adecuados para detectar y/o medir la posición de acimut o de rotor de la turbina 12 eólica. Como se entiende, en general, la posición de rotor de una turbina 12 eólica puede detectarse y/o medirse determinando el ángulo de rotación del rotor 20 respecto a una posición de rotor predeterminada (por ejemplo, la posición verticalmente hacia arriba o de las doce en punto).

Debería apreciarse fácilmente que el sensor(s) 42 puede comprender, en general, cualquier sensor(s) adecuado y/o dispositivo(s) de medición conocido en la técnica para detectar y/o medir la posición de rotor de una turbina 12 eólica. Por ejemplo, en una realización, el sensor(s) 42 puede comprender uno o más codificadores giratorios o ejes acoplados al eje 36 de rotor y/o al eje 38 de generador de manera que la posición angular de dicho eje(s) 36, 38 puede detectarse/medirse y transmitirse al controlador 28 de turbina para su posterior procesamiento/análisis con el fin de determinar la posición de rotor de la turbina 12 eólica. En otra realización, el sensor(s) 42 puede comprender uno o más sensores de proximidad y/o de posición configurados para transmitir una señal al controlador 28 de turbina cada vez que el eje 36 de rotor, el eje 38 de generador y/o una de las palas 24 pasa por una posición angular específica (por ejemplo, la posición de las doce en punto). A continuación, el controlador 28 de turbina puede determinar la posición de rotor de la turbina 12 eólica en un momento dado basándose en la velocidad del rotor 20 y/o del generador 26.

En realizaciones adicionales, debería apreciarse que la turbina 12 eólica puede incluir también otros diversos sensores para detectar y/o medir uno o más de otros parámetros de operación y/o condiciones de operación de la turbina 12 eólica. Por ejemplo, la turbina 12 eólica puede incluir unos sensores para detectar y/o medir el ángulo de inclinación de cada pala 24 de rotor, la velocidad del rotor 20 y/o del eje 34 de rotor, la velocidad del generador 26 y/o del eje 38 de generador, el par torsor en el eje 34 de rotor, el par torsor en el eje 36 de generador y/o cualquier

otro parámetro/condición de operación de la turbina 12 eólica.

Haciendo referencia ahora a la figura 3, se ilustra un diagrama de bloques de una realización de los componentes adecuados que pueden incluirse dentro del controlador 28 de turbina y/o del controlador 34 de parque de acuerdo con los aspectos del presente objeto. Como se muestra, el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque pueden incluir uno o más procesadores 44 y dispositivos 46 de memoria asociados configurados para realizar una variedad de operaciones implementadas en ordenador (por ejemplo, la realización de los procedimientos, las etapas, los cálculos y similares desvelados en el presente documento). Tal como se usa en el presente documento, el término "procesador" se refiere no solo a los circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como que están incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microcomputador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado de aplicación específica, y otros circuitos programables. Además, el dispositivo(s) 46 de memoria puede comprender, en general, un elemento(s) de memoria que incluye, pero no se limita a, un medio legible por ordenador (por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio (RAM)), un medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, un memoria de solo lectura de disco compacto (CD-ROM), un disco magneto-óptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Tal dispositivo(s) 46 de memoria puede, en general, configurarse para almacenar unas instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el procesador(s) 44, configura el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque para realizar varias operaciones incluyendo, pero no limitadas a, determinar las posiciones de rotor de una o más turbinas 12 eólicas, comparar las posiciones de rotor de diferentes turbinas 12 eólicas entre sí, ajustar las condiciones de operación de una o más de las turbinas 12 eólicas y/o determinar las características de sonido del ruido generado por una o más turbinas 12 eólicas.

Además, el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque pueden incluir también un módulo 48 de comunicaciones para facilitar las comunicaciones entre el controlador(s) 28, 34 y los diversos componentes de la turbina 10 eólica y/o para facilitar las comunicaciones entre cada controlador 28, 34. Por ejemplo, el módulo 48 de comunicaciones puede incluir una interfaz de sensor (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital,) para permitir que las señales transmitidas por el sensor(s) 42 se conviertan en señales que pueden entenderse y procesarse por los procesadores 44.

Haciendo referencia ahora a la figura 4, se ilustra una realización de un procedimiento 100 para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas. Como se muestra, el procedimiento 100 incluye, en general, determinar una posición de rotor de una primera turbina 102 eólica, determinar una posición de rotor de una segunda turbina 104 eólica, determinar si las turbinas eólicas primera y segunda están operando en fase 106 y, en el caso de que las turbinas eólicas primera y segunda estén operando en fase, ajustar una condición de operación de al menos una de entre la primera turbina eólica y la segunda turbina eólica de manera que las turbinas eólicas primera y segunda operen fuera de fase 108.

En general, el procedimiento 100 mostrado en la figura 4 puede utilizarse para reducir la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas evitando que dichas turbinas 12 eólicas operen en fase una respecto a otra. En concreto, monitorizando las posiciones de rotor de dos o más turbinas 12 eólicas y ajustando las condiciones de operación de una o más de tales turbinas 12 eólicas cuando las turbinas 12 eólicas están operando en fase, puede evitarse que las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas interfieran y produzcan de manera constructiva una onda de sonido resultante que tenga una amplitud de pico a pico mayor que la amplitud de pico a pico de cualquiera de las ondas de sonido individuales. Como tal, la modulación de amplitud de las ondas de sonido que se propagan lejos de las turbinas 12 eólicas y en el campo lejano puede reducirse, reduciendo de este modo la magnitud del "zumbido" o sonido de impulsos periódicos que se puede oír en el campo lejano.

Como se muestra en la realización ilustrada, en 102 y 104, pueden determinarse las posiciones de rotor de tanto una primera turbina 12 eólica como de una segunda turbina 12 eólica. Como se ha indicado anteriormente, la posición de rotor de cada turbina 12 eólica puede monitorizarse en tiempo real usando el sensor(s) 42, el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque descritos con referencia a las figuras 1-3. Por ejemplo, el sensor(s) 42 dispuesto dentro de las turbinas 12 eólicas primera y segunda puede configurarse para transmitir unas señales de medición de posición de rotor a cada controlador 28 de turbina y/o al controlador 34 de parque. A continuación, las señales pueden procesarse/analizarse posteriormente por los controladores 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque para determinar la posición de rotor de cada turbina 12 eólica.

Adicionalmente, en 106, las posiciones de rotor de las turbinas 12 eólicas primera y segunda pueden compararse entre sí para determinar si las turbinas 12 eólicas están operando en fase. En general, una turbina 12 eólica puede considerarse que está operando en fase con otra turbina 12 eólica cuando las turbinas 12 eólicas están girando a la misma o sustancialmente a la misma velocidad de rotor y el valor absoluto de la diferencia entre sus posiciones de rotor es menor que una tolerancia en fase predeterminada. Por ejemplo, en varias realizaciones, dos turbinas 12 eólicas pueden considerarse que están operando en fase cuando el valor absoluto de la diferencia entre sus posiciones de rotor es igual a menos de aproximadamente 20 grados, tal como menos de aproximadamente 10 grados o menos de aproximadamente 5 grados o menos de aproximadamente 2 grados o menos de aproximadamente 1 grado. Sin embargo, debería apreciarse fácilmente por los expertos en la materia que la tolerancia de fase predeterminada para determinar si las turbinas 12 eólicas están operando en fase puede variar,

en general, en función de numerosos factores que incluyen, pero no se limitan a, la configuración específica de las turbinas 12 eólicas, las condiciones de operación de las turbinas 12 eólicas y/o las características de sonido (por ejemplo, el nivel de presión acústica, la frecuencia de modulación y la amplitud de pico a pico) de las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas.

5 Haciendo referencia todavía a la figura 4, si se determina que las turbinas 12 eólicas primera y segunda están operando en fase, en 108, puede ajustarse una condición de operación de la primera turbina 12 eólica y/o de la segunda turbina 12 eólica para llevar las turbinas 12 eólicas fuera de fase. Por ejemplo, en varias realizaciones, la velocidad de rotor de la primera turbina 12 eólica y/o la segunda turbina 12 eólica puede ajustarse de manera temporal, tal como aumentando o disminuyendo de manera temporal la velocidad de rotor de manera que la posición de rotor de la primera turbina 12 eólica se desplace con respecto a la segunda turbina 12 eólica. Sin embargo, en otras realizaciones, puede ajustarse cualquier otra condición(s) de operación adecuado de las turbinas 12 eólicas lo que permite que las posiciones de rotor de las turbinas 12 eólicas se desplacen una respecto a otra.

Debería apreciarse fácilmente por los expertos en la materia que la velocidad de rotor de una turbina 12 eólica puede ajustarse usando cualquier medio y/o procedimiento adecuado conocido en la técnica. Por lo tanto, en varias realizaciones, la velocidad de rotor puede ajustarse ajustando el ángulo de inclinación de una o más de las palas 24 de rotor de la turbina 12 eólica. Como se ha descrito anteriormente, el ángulo de inclinación de las palas 24 de rotor puede controlarse transmitiendo una señal de control adecuada al mecanismo 30 de ajuste de inclinación de la turbina 12 eólica. En otras realizaciones, la velocidad de rotor puede ajustarse modificando la resistencia o el par torsor en el generador 26, tal como transmitiendo una señal de control adecuada al generador 26 con el fin de modular el flujo magnético producido dentro del generador 26. Como alternativa, un mecanismo de frenado (no mostrado) u otro dispositivo adecuado puede instalarse dentro de la turbina 12 eólica para ajustar la velocidad de rotor del rotor 20.

También debería apreciarse que, aunque los elementos 102, 104, 106, 108 de procedimiento mostrados en la figura 4 se refieren, en general, al control de la modulación de amplitud del ruido generado por dos turbinas 12 eólicas, el procedimiento 100 desvelado puede utilizarse, en general, para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por cualquier número adecuado de turbinas 12 eólicas. Por lo tanto, en varias realizaciones, el procedimiento 100 desvelado puede usarse para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por un grupo predeterminado de turbinas 12 eólicas que forma parte de un parque 10 de turbinas eólicas (figura 1). Por ejemplo, analizando las ondas de sonido generadas por cada turbina 12 eólica en un parque 10 de turbinas eólicas, puede determinarse que un grupo específico de las turbinas 12 eólicas está generando ondas de sonido que tienen una modulación de amplitud aumentada en una localización de receptor específica dentro del campo lejano. Como tal, el procedimiento 100 desvelado puede utilizarse para monitorizar las posiciones de rotor de ese grupo específico de las turbinas 12 eólicas con el fin de controlar las turbinas 12 eólicas de una manera que las impida operar en fase una respecto a otra.

35 Haciendo referencia ahora a la figura 5, se ilustra una comparación de las ondas 110, 112 de sonido generadas por un grupo de tres turbinas eólicas diferentes (es decir, una primera turbina 114 eólica, una segunda turbina 116 eólica y una tercera turbina 118 de viento) antes y después de la aplicación del procedimiento 100 desvelado. En particular, las ondas 110 de sonido generadas mientras las turbinas 114, 116, 118 de viento están operando en fase se ilustra en el lado izquierdo de la figura 5 y las ondas 112 de sonido generadas después de que las posiciones de rotor de tales turbinas 114, 116, 118 de viento se han desplazado una respecto a otra se ilustra en la parte derecha de la figura 5.

Como se muestra, las ondas 110, 112 de sonido generadas por las turbinas 114, 116, 118 de viento tienen cada una la misma frecuencia 120 de modulación y la amplitud 122 de pico a pico. Por lo tanto, cuando los rotores 20 (figuras 1 y 2) de las turbinas 114, 116, 118 de viento están alineados de una manera sincrónica en tiempo de manera que las turbinas 114, 116, 118 de viento están operando en fase, las ondas 110 de sonido correspondientes generadas por las turbinas 114, 116, 118 de viento también están en fase. Como tal, los picos 124 y los valles 126 de cada onda 110 de sonido están, en general, alineados entre sí. Por consiguiente, en el caso de que las ondas 110 de sonido atraviesen el mismo espacio y se combinen (por ejemplo, en una localización de receptor específica en el campo lejano), la onda de sonido resultante generada debido a la interferencia constructiva puede tener una amplitud de pico a pico igual a la suma de las amplitudes 122 de pico a pico individuales de las ondas 110 de sonido.

Para evitar tal interferencia constructiva, una condición de operación de al menos dos de las turbinas 114, 116, 118 de viento puede ajustarse de manera que la posición de rotor de cada turbina 114, 116, 118 de viento esté desplazada de las posiciones de rotor de las otras turbinas 114, 116, 118 de viento. Por ejemplo, como se muestra en el lado derecho de la figura 5, puede ajustarse una condición de operación de la segunda turbina 116 de viento (por ejemplo, ajustando de manera temporal la velocidad de rotor de la segunda turbina 116 de viento en relación a la velocidad de rotor de la primera turbina 114 de viento) de tal manera que la posición de rotor de la segunda turbina 116 de viento esté desplazada de la posición de rotor de la primera turbina 114 de viento por un primer ángulo 128 de desplazamiento. De manera similar, puede ajustarse una condición de operación de la tercera turbina 118 de viento (por ejemplo, ajustando de manera temporal la velocidad de rotor de la tercera turbina 118 de viento en relación a las velocidades de rotor de las turbinas 114, 116 de viento primera y segunda) de tal manera que la posición de rotor de la tercera turbina 118 de viento esté desplazada tanto de la posición de rotor de la primera

turbina 114 de viento como de la posición de rotor de la segunda turbina 116 de viento. Específicamente, como se muestra, la posición de rotor de la tercera turbina 118 de viento puede desplazarse de la posición de rotor de la segunda turbina 116 de viento por un segundo ángulo 130 de desplazamiento y, por lo tanto, puede desplazarse de la posición de rotor de la primera turbina 114 de viento por la suma de los ángulos 128, 130 de desplazamiento primero y segundo. Desplazando las posiciones de rotor, puede crearse una diferencia de fase entre las ondas 112 de sonido generadas por cada turbina 114, 116, 118 de viento. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, puede existir una diferencia de fase de 90 grados entre cada una de las ondas 112 de sonido. Por consiguiente, en el caso de que las ondas 112 de sonido atraviesen el mismo espacio y se combinen (por ejemplo, en una localización de receptor específica dentro del campo lejano), la onda de sonido resultante generada debido a la interferencia entre las ondas 112 de sonido puede tener una amplitud de pico a pico que sea de manera significativa menor que la amplitud de pico a pico de la onda de sonido que de otro modo se crea cuando las turbinas 114, 116, 118 de viento están operando en fase.

Además, en varias realizaciones del presente objeto, el procedimiento 100 desvelado puede tener en cuenta el efecto de la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas en una pluralidad de diferentes localizaciones de receptor dentro del campo lejano. Por ejemplo, la figura 6 ilustra una vista simplificada de las turbinas 12 eólicas dentro de un parque 10 de turbinas eólicas rodeada por una pluralidad de localizaciones 50 de receptor. Cada localización 50 de receptor puede, en general, corresponderse a una localización dentro del campo lejano en el que la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas está regulada y/o se desea que se mantenga por debajo de un cierto umbral. Por ejemplo, cada localización 50 de receptor puede corresponder a una o más viviendas u otras zonas pobladas.

En general, las localizaciones 50 de receptor pueden estar localizadas a diferentes distancias del parque 10 de turbinas eólicas, lo que resulta en diferentes distancias entre cada localización 50 de receptor y las diversas turbinas 12 eólicas contenidas dentro del parque 10 de turbinas eólicas. Como tal, debido a las diversas distancias de propagación definidas entre cada turbina 12 eólica y cada localización 50 de receptor (así como los paisajes variables y los efectos atmosféricos que pueden estar presentes entre las turbinas 12 eólicas y cada localización 50 de receptor), las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas puede interferir de manera constructiva con otra en una localización 50 de receptor y no en otra. En consecuencia, el procedimiento 100 desvelado en el presente documento puede diseñarse para controlar las turbinas 12 eólicas en función de su efecto en unas localizaciones 50 de receptor específicas dentro del campo lejano.

Por ejemplo, en una realización, después de que se determine si cualquiera de turbinas 12 eólicas dentro del parque 10 eólico están operando en fase (por ejemplo, comparando las posiciones de rotor de las turbinas 12 eólicas entre sí), puede aplicarse un algoritmo de optimización para determinar cómo llevar las turbinas 12 eólicas fuera de fase de una manera que minimice la interferencia constructiva de las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas en cualquiera y/o todas las localizaciones 50 de receptor. Específicamente, el algoritmo de optimización puede incluir las etapas de identificar cuál de las turbinas 12 eólicas dentro del parque 10 eólico influye en el ruido oído en cada localización 50 de receptor y, a continuación, controlar tales turbinas 12 eólicas para garantizar que operan fuera de fase para las localizaciones 50 de receptor afectadas.

En una realización, el grupo de turbinas 12 eólicas que influyen en el ruido oído en una localización 50 de receptor específica pueden identificarse de manera experimental o matemática, tal como midiendo el ruido oído en cada localización 50 de receptor cuando las turbinas 10 eólicas específicas están en operación o calculando qué turbinas pueden influir en cada localización de receptor usando las distancias de propagación definidas entre cada turbina 12 eólica y la localización de receptor específica que se está analizando. Como alternativa, como se muestra en la figura 6, puede definirse un radio predeterminado 52 alrededor de cada localización 50 de receptor dentro de la cual se cree que hay una probabilidad sustancial de que las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas caigan dentro de tal radio 52 pudiendo interferir de manera constructiva con otra en la localización 50 de receptor correspondiente. Como tal, puede suponerse que el grupo de las turbinas 12 eólicas contenidas dentro del radio 52 definido para una localización 50 de receptor específica influye en el ruido oído en tal localización 50 de receptor.

Tras determinar el grupo de turbinas 12 eólicas que influyen en el ruido oído en cada localización 50 de receptor, tales turbinas 12 eólicas pueden, a continuación, llevarse fuera de fase en relación con otras para reducir la probabilidad de que las ondas de sonido generadas por las turbinas 12 eólicas interfieran de manera constructiva en la localización(s) 50 de receptor afectada. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, puede ajustarse una condición de operación de una o más de las turbinas 12 eólicas (por ejemplo, la velocidad de rotor) para llevar las turbinas 12 eólicas fuera de fase.

Debería apreciarse que una o más de las turbinas 12 eólicas dentro del parque 10 de turbinas eólicas puede influir en el ruido oído en diversas localizaciones de receptor diferentes. Por ejemplo, como se muestra en la figura 6, los radios definidos para las localizaciones de receptor pueden superponerse entre sí. Por consiguiente, puede controlarse la turbina(s) 12 eólica(s) que influye en dos o más localizaciones de receptor para garantizar que no operan en fase con cualquiera de las otras turbinas 12 eólicas que influyen en cualquiera de tales localizaciones de receptor.

Haciendo referencia ahora a la figura 7, se ilustra otra realización de un procedimiento 200 para controlar la

modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas. Como se muestra, el procedimiento 200, en general, incluye determinar una característica de una onda de sonido de turbina generada por una turbina 202 de viento y generar una onda de sonido aditiva basándose en la característica de sonido de tal manera que se produce una onda de sonido resultante que tiene una amplitud de pico a pico que es más pequeña que una amplitud de pico a pico de la onda 204 de sonido de turbina.

En general, el procedimiento 200 mostrado en la figura 7 puede usarse para reducir la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas 12 eólicas combinando el ruido de turbina eólica con un ruido aditivo. En particular, determinando una o más características de sonido de las ondas de sonido generadas por una turbina 12 eólica y generando unas ondas de sonido aditivas basándose en la característica(s) de sonido, puede producirse una onda de sonido resultante debido a la interferencia entre las ondas de sonido que tienen una amplitud de pico a pico más pequeña que la amplitud de pico a pico de las ondas de sonido de turbina. Como tal, puede reducirse la modulación de amplitud de las ondas de sonido que se propagan en el campo lejano.

Por ejemplo, la figura 8 ilustra una vista gráfica de una realización de una onda de sonido resultante (indicada por la línea 210) que puede producirse interfiriendo y/o aumentando la onda de sonido generada por una turbina 12 eólica (indicada por la línea 212) con una onda de sonido aditiva (indicada por la línea 214). Como se muestra, las ondas 212 de sonido de turbina pueden tener unas características de sonido determinadas, tales como un nivel de presión de sonido promedio (por ejemplo, aproximadamente de 50,5 dBA en la realización ilustrada), una frecuencia 216 de modulación y una amplitud 218 de pico a pico. Por lo tanto, determinando las características de sonido de las ondas 212 de sonido de turbina, puede ser posible introducir ondas 214 de sonido aditivas que interfieran con y/o aumenten las ondas 212 de sonido de turbina con el fin de reducir la amplitud 220 de pico a pico global del ruido resultante. Por ejemplo, como se muestra en la realización ilustrada, las ondas 214 de sonido aditivas pueden generarse de manera que interfieran con y/o aumenten el canal 222 de la onda 212 de sonido de turbina sin influir de manera significativa en el pico 224 de la onda 212 de sonido de turbina. En otras palabras, pueden generarse unas ondas 214 de sonido aditivas de tal manera que existe una diferencia de fase entre las ondas 214 de sonido aditivas y las ondas 212 de sonido de turbina. Por ejemplo, en varias realizaciones, la diferencia de fase entre las ondas 214 de sonido aditivas y las ondas 212 de sonido de turbina puede ser igual a aproximadamente 180 grados. Como tal, seleccionando de manera apropiada el nivel de presión de sonido y/o la amplitud 226 de pico a pico de las ondas 214 de sonido aditivas a generarse (por ejemplo, generando unas ondas 214 de sonido aditivas que tengan un nivel de presión de sonido menor que el nivel de presión de sonido medio de las ondas 212 de sonido de turbina), los picos 228 de las ondas 214 de sonido aditivas pueden alinearse y solaparse con los canales 222 de las ondas 212 de sonido de turbina, creando de este modo unas ondas 210 de sonido resultantes que tienen de manera significativa una amplitud 220 de pico a pico menor que la amplitud 218 de pico a pico de las ondas 212 de sonido de turbina. Por consiguiente, incluso a través de un aumento general en el ruido puede resultar de la adición de ruido aditivo, puede reducirse de manera significativa la modulación de amplitud responsable de crear el "zumbido" desagradable o sonido de impulsos periódicos.

Debería apreciarse que las características de sonido de las ondas 212 de sonido de turbina pueden determinarse usando cualquier medio y/o procedimiento adecuado conocido en la técnica. Por ejemplo, en varias realizaciones, uno o más medidores 230 de sonido, tales como uno o más dosímetros de ruido, micrófonos, medidores de nivel de sonido y/o cualquier otro dispositivo de medición de sonido adecuado, puede colocarse en una localización(s) respecto a la turbina 12 eólica de tal manera que el nivel de presión de sonido, la frecuencia 216 de modulación y/o la amplitud 218 de pico a pico de las ondas 212 de sonido de turbina pueden medirse y/o determinarse con precisión. Específicamente, como se muestra en la figura 9, en una realización, el medidor(s) 230 de sonido puede estar embebido dentro y/o montado en un componente de la torre 10 de turbina eólica (por ejemplo, la torre 14 de turbina eólica). Sin embargo, en realizaciones alternativas, el medidor(s) 230 de sonido puede estar dispuesto en cualquier otra localización adecuada respecto a la turbina 12 eólica (por ejemplo, una localización separada de la turbina 12 eólica) que permite la medición y/o determinación precisa de las características de sonido de las ondas 212 de sonido de turbina.

Además, el medidor(s) 230 de sonido puede acoplarse de manera comunicativa al controlador 28 de turbina y/o al controlador 34 de parque (por ejemplo, a través de una conexión cableada o inalámbrica) de tal manera que las señales de medición de sonido generadas por el medidor(s) 230 de sonido pueden transmitirse al controlador 28 de turbina y/o al controlador 34 de parque para su posterior procesamiento/análisis. Por ejemplo, el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque pueden estar provistos de unas instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador(s) 28, 34 para procesar y/o interpretar las señales de medición con el fin de determinar las características de sonido de las ondas 212 de sonido de turbina.

También, debería apreciarse que las ondas 214 de sonido aditivas descritas anteriormente pueden generarse usando cualquier dispositivo de generación de sonido adecuado conocido en la técnica. Por ejemplo, en varias realizaciones, uno o más altavoces 232 pueden montarse en y/o embeberse dentro de una parte de la turbina 12 eólica para permitir que se generen las ondas 214 de sonido aditivas. Por lo tanto, como se muestra en la figura 9, en una realización, el altavoz(s) 232 puede montarse en y/o embeberse dentro de la barquilla 18 de la turbina 12 eólica. Como alternativa, el altavoz(s) 232 puede localizarse en cualquier otra localización adecuada respecto a la turbina 12 eólica, tal como en la superficie 16 de soporte de la turbina 12 eólica. Además, el altavoz(s) 232 puede acoplarse de manera comunicativa al controlador 28 de turbina y/o al controlador 34 de parque (por ejemplo, a

través de una conexión cableada o inalámbrica). Como tal, tras la determinación de las características de sonido de las ondas 212 de sonido de turbina, el controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque pueden transmitir señales adecuadas al altavoz(s) 232 para generar las ondas 214 de sonido aditivas necesarias para producir unas ondas 210 de sonido resultantes que tengan una amplitud de pico a pico reducida.

- 5 En realizaciones alternativas, el dispositivo generador de sonido puede comprender otra fuente de ruido aerodinámico. Por ejemplo, en una realización, el dispositivo generador de sonido puede comprender un ventilador o un chorro. En otra realización, la barquilla 18 o un sistema de refrigeración electrónico (no mostrado) de la turbina 12 eólica pueden modificarse de manera que tales componentes generan las ondas 214 de sonido aditivas necesarias.

10 Además, debería apreciarse que el procedimiento 200 mostrado en la figura 7, puede utilizarse para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por cualquier número de turbinas 12 eólicas. Por ejemplo, en varias realizaciones, cada turbina 12 eólica dentro de un parque 10 de turbinas eólicas (figura 1) puede incluir uno o más medidores 230 de sonido y altavoces 232 para medir las ondas 212 de sonido generadas por la turbina 12 eólica y para generar las ondas 214 de sonido aditivas basándose en las ondas 214 de sonido de turbina. Como alternativa, pueden utilizarse uno o más medidores 230 de sonido para medir las características de sonido de las ondas 214 de sonido generadas por cada turbina eólica dentro de un grupo de turbinas 12 eólicas y pueden utilizarse uno o más altavoces 232 para generar las ondas 212 de sonido aditivas basándose en las características de sonido de las ondas 214 de sonido. Por ejemplo, cuando dos o más turbinas 12 eólicas están operando en fase, puede utilizarse un solo altavoz 232 o un conjunto de altavoces 232 para producir ondas 214 de sonido aditivas capaces de reducir la modulación de amplitud del ruido generado por cada una de las turbinas 12 eólicas. Como tal, una onda 210 de sonido resultante pueden producirse de manera que tenga una amplitud 220 de pico a pico que es más pequeña que una amplitud 218 de pico a pico de cada onda 212 de sonido de turbina generada por las turbinas 12 eólicas.

15 Por otra parte, debería apreciarse fácilmente que los procedimientos desvelados en esta memoria 100, 200 no necesitan utilizarse en forma aislada. Por ejemplo, puede utilizarse una combinación de ambos procedimientos 100, 200 para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por una o más turbinas 12 eólicas. Específicamente, en una realización, cuando se desea controlar la modulación de amplitud del ruido generado por una pluralidad de turbinas 12 eólicas que afecta a una o más localizaciones 50 de receptor en el campo lejano, la modulación de amplitud puede controlarse generando una onda de sonido aditiva para algunas de las turbinas 12 eólicas y controlando las otras turbinas 12 eólicas para garantizar que operan fuera de fase. Además, un experto en la materia debería apreciar que los procedimientos 100, 200 desvelados proporcionan un control de modulación de amplitud con poca o ninguna disminución en la salida de potencia de una turbina 10 eólica.

20 Además, debería apreciarse que el presente objeto se refiere también a un sistema para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por una o más turbinas eólicas. Por ejemplo, en varias realizaciones, el sistema del presente objeto puede incluir una primera turbina 12 eólica (figura 1) que tiene una primera posición de rotor y una segunda turbina 12 eólica (figura 1) que tiene una segunda posición de rotor. Además, el sistema puede incluir un controlador 28, 34 (figura 1) configurado para determinar si las turbinas 12 eólicas primera y segunda están operando en fase comparando la primera posición de rotor con la segunda posición de rotor. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, cada controlador 28 de turbina y/o el controlador 34 de parque pueden acoplarse de manera comunicativa a uno o más sensores 42 (figura 2) configurados para medir tanto la posición de rotor de una turbina 12 eólica como para transmitir unas señales relacionadas con tales mediciones de posición de rotor al controlador(s) 28, 34 para su posterior procesamiento/análisis. Por lo tanto, en una realización, un primer sensor(s) 42 puede estar dispuesto en la primera turbina 12 eólica para medir la primera posición de rotor y un segundo sensor(s) 42 puede estar dispuesto en la segunda turbina eólica para medir la segunda posición de rotor, acoplándose el controlador(s) 28, 34 de manera comunicativa a los sensores 42 primero y segundo (por ejemplo, a través de una conexión cableada o inalámbrica). Basándose en las mediciones de posición de rotor recibidas de los sensores 42 primero y segundo, el controlador(s) 28, 34 puede, a continuación, determinar si la turbinas eólicas primera y segunda están operando en fase, tal como comparando el valor absoluto de la diferencia entre las posiciones de rotor primera y segunda con una tolerancia en fase predeterminada. Además, el controlador(s) 28, 34 del sistema desvelado puede configurarse también para ajustar una condición de operación de la primera turbina 12 eólica y/o la segunda turbina 12 eólica si se determina que las turbinas 12 eólicas primera y segunda están operando en fase. Por ejemplo, como se ha descrito anteriormente, el controlador(s) 28, 34 puede ajustar la velocidad de rotor de una o de las dos turbinas 12 eólicas para llevar las turbinas 12 eólicas fuera de fase una respecto a otra.

25 Por supuesto, un experto en la materia debería apreciar que el sistema descrito anteriormente no tiene por qué limitarse a una primera turbina 12 eólica y a una segunda turbina 12 eólica, sino que puede incluir, en general, una pluralidad de turbinas 12 eólicas que tengan una pluralidad de posiciones de rotor. En una realización de este tipo, el controlador(s) 28, 34 puede configurarse tanto para determinar si alguna de las turbinas 12 eólicas están operando en fase como para ajustar un parámetro de operación de una o más de las turbinas 12 eólicas para garantizar que las turbinas 12 eólicas operan fuera de fase.

30 En otras realizaciones, el sistema del presente objeto puede incluir un medidor 230 de sonido (figura 9) configurado para medir una característica de sonido de una onda 212 de sonido de turbina (figura 8) generada por una turbina 12 eólica, un dispositivo de generación de sonido (por ejemplo, uno o más altavoces 232 (figura 9) configurados para

- 5 generar una onda 214 de sonido aditiva (figura 8) y un controlador(s) 28, 34 (figura 1) acoplado de manera comunicativa al medidor 230 de sonido y al dispositivo de generación de sonido. El controlador(s) 28, 34, en general, puede configurarse para recibir unas mediciones de características de sonido desde el medidor 230 de sonido y, basándose en tales mediciones, controlar la onda 214 de sonido aditiva generada por el dispositivo de generación de sonido de manera que se produce una onda 210 de sonido resultante (figura 8) que tiene una amplitud 220 de pico a pico (figura 8) que es más pequeña que una amplitud 218 de pico a pico (figura 8) de la onda 212 de sonido de turbina.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento (100) para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por turbinas (12) eólicas, comprendiendo el procedimiento (100):
- 5 determinar una posición del rotor de una primera turbina (12) eólica;
- determinar una posición del rotor de una segunda turbina (12) eólica; caracterizado por:
- determinar si las turbinas (12) eólicas primera y segunda están operando en fase; y
- en el caso de que las turbinas (12) eólicas primera y segunda estén operando en fase, ajustar una condición de
- 10 operación de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica de manera que las turbinas (12) eólicas primera y segunda operen fuera de fase.
2. El procedimiento (100) de la reivindicación 1, en el que determinar si las turbinas (12) eólicas primera y segunda están operando en fase comprende determinar si la diferencia entre la posición del rotor de la primera turbina (12) eólica y la posición del rotor de la segunda turbina (12) eólica es menor que una tolerancia en fase predeterminada.
3. El procedimiento (100) de la reivindicación 2, en el que la tolerancia en fase predeterminada es igual a menos de
- 15 aproximadamente 10 grados.
4. El procedimiento (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que ajustar una condición de operación de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica de manera que las turbinas (12) eólicas primera y segunda operen fuera de fase, comprende ajustar una velocidad del rotor de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica.
- 20 5. El procedimiento (100) de la reivindicación 4, en el que ajustar una velocidad del rotor de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica, comprende ajustar un ángulo de inclinación de una pala (24) del rotor de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica.
6. El procedimiento (100) de la reivindicación 4 o la reivindicación 5, en el que ajustar una velocidad del rotor de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica comprende ajustar un par torsor
- 25 en un generador (26) de al menos una de entre la primera turbina (12) eólica y la segunda turbina (12) eólica.
7. El procedimiento (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que determinar una posición del rotor de una primera turbina (12) eólica comprende recibir una señal desde un sensor (42) dispuesto dentro de la primera turbina (12) eólica relacionada con la posición del rotor de la primera turbina (12) eólica.
- 30 8. El procedimiento (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que determinar una posición del rotor de una segunda turbina (12) eólica comprende recibir una señal desde un sensor (42) dispuesto dentro de la segunda turbina (12) eólica relacionada con la posición del rotor de la segunda turbina (12) eólica.
9. El procedimiento (100) de cualquier reivindicación anterior, en el que las turbinas (12) eólicas primera y segunda forman parte de una pluralidad de turbinas (12) eólicas dispuestas dentro de un parque (10) de turbinas eólicas y en el que una pluralidad de localizaciones (50) del receptor están dispuestas alrededor del parque (10) de turbinas
- 35 eólicas, que comprende además:
- determinar una posición del rotor de cada turbina (12) eólica en la pluralidad de turbinas (12) eólicas;
- comparar la posición del rotor de cada turbina (12) eólica con las posiciones del rotor de las otras turbinas (12) eólicas dentro de la pluralidad de turbinas (12) eólicas para determinar si alguna de las turbinas (12) eólicas está operando en fase;
- 40 identificar un grupo de turbinas (12) eólicas de la pluralidad de turbinas (12) eólicas que influyen en oír ruido en una localización (50) del receptor específica de la pluralidad de localizaciones (50) del receptor;
- en el caso de que cualquiera del grupo de turbinas (12) eólicas esté operando en fase, ajustar una condición de operación de al menos una de las turbinas (12) eólicas del grupo de turbinas (12) eólicas, de manera que el grupo de turbinas (12) eólicas opere fuera de fase.
- 45 10. El procedimiento (100) de la reivindicación 9, en el que identificar un grupo de turbinas (12) eólicas de la pluralidad de turbinas (12) eólicas que influyen en oír ruido en una localización (50) del receptor específica de la pluralidad de localizaciones (50) del receptor, comprende definir un radio alrededor de la localización (50) del receptor específica dentro del que está localizado el grupo de turbinas (12) eólicas.
- 50 11. Un sistema para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas (12) eólicas, comprendiendo el sistema:

una primera turbina (12) eólica que tiene una primera posición del rotor;

una segunda turbina (12) eólica que tiene una segunda posición del rotor; y

un controlador (28, 34) configurado para controlar la modulación de amplitud del ruido generado por las turbinas (12) eólicas usando el procedimiento (100) de cualquier reivindicación anterior.

5 12. El sistema de la reivindicación 11, que comprende además un primer sensor (42) dispuesto dentro de la primera turbina (12) eólica y configurado para medir la primera posición del rotor y un segundo sensor (42) dispuesto dentro de la segunda turbina (12) eólica y configurado para medir la segunda posición del rotor, estando el controlador (28, 34) configurado para recibir señales de los sensores (42) primero y segundo correspondientes a las mediciones de posición del rotor de las turbinas (12) eólicas primera y segunda.

10 13. El sistema de la reivindicación 11 o la reivindicación 12, en el que cada uno de los sensores (42) primero y segundo comprende al menos uno de entre un codificador de eje, un sensor de posición y un sensor de proximidad.

14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que el controlador (28, 34) comprende un controlador (34) de parque configurado para controlar una pluralidad de turbinas (12) eólicas de un parque (10) de turbinas eólicas.

15

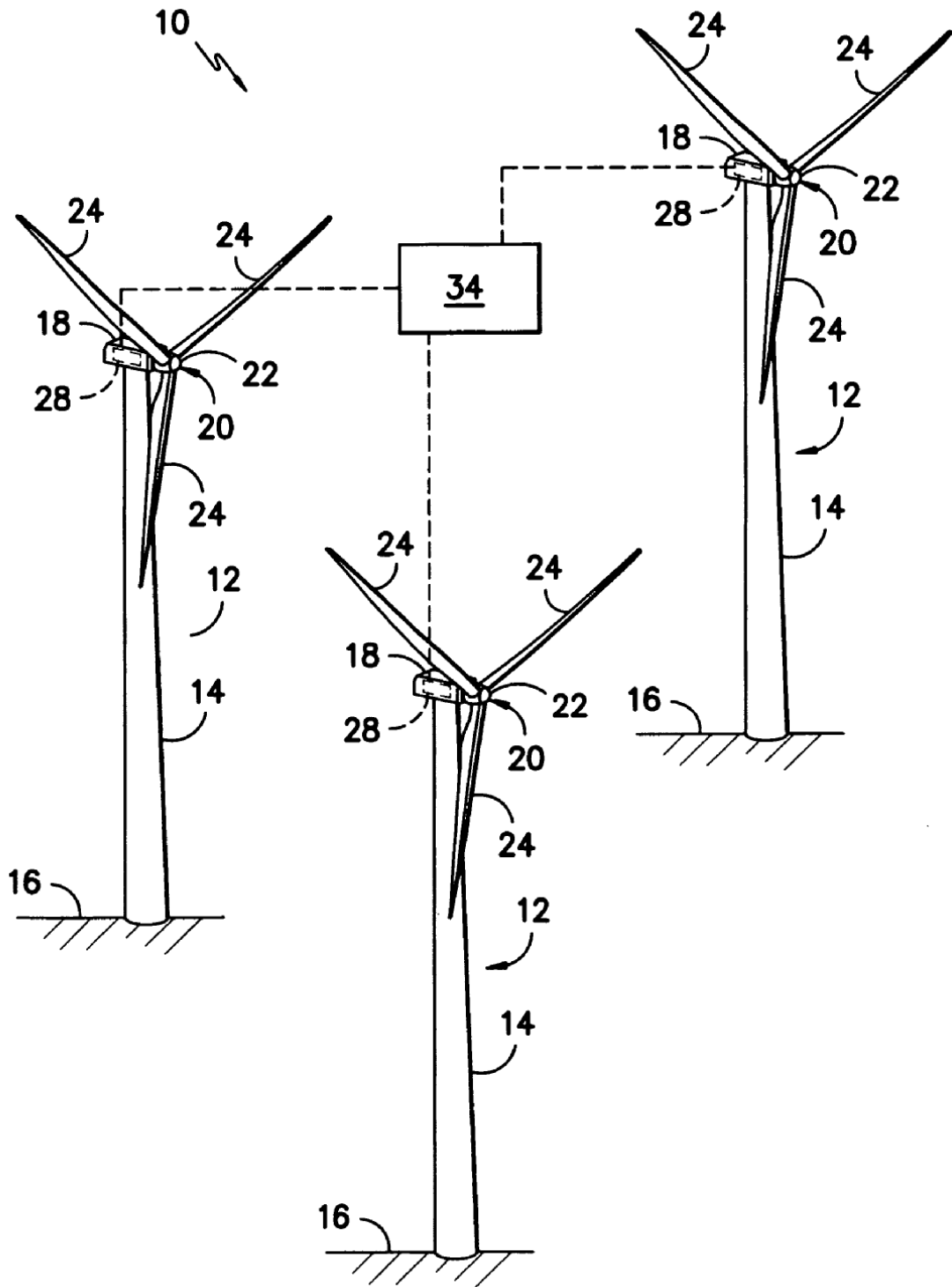


FIG. -1-

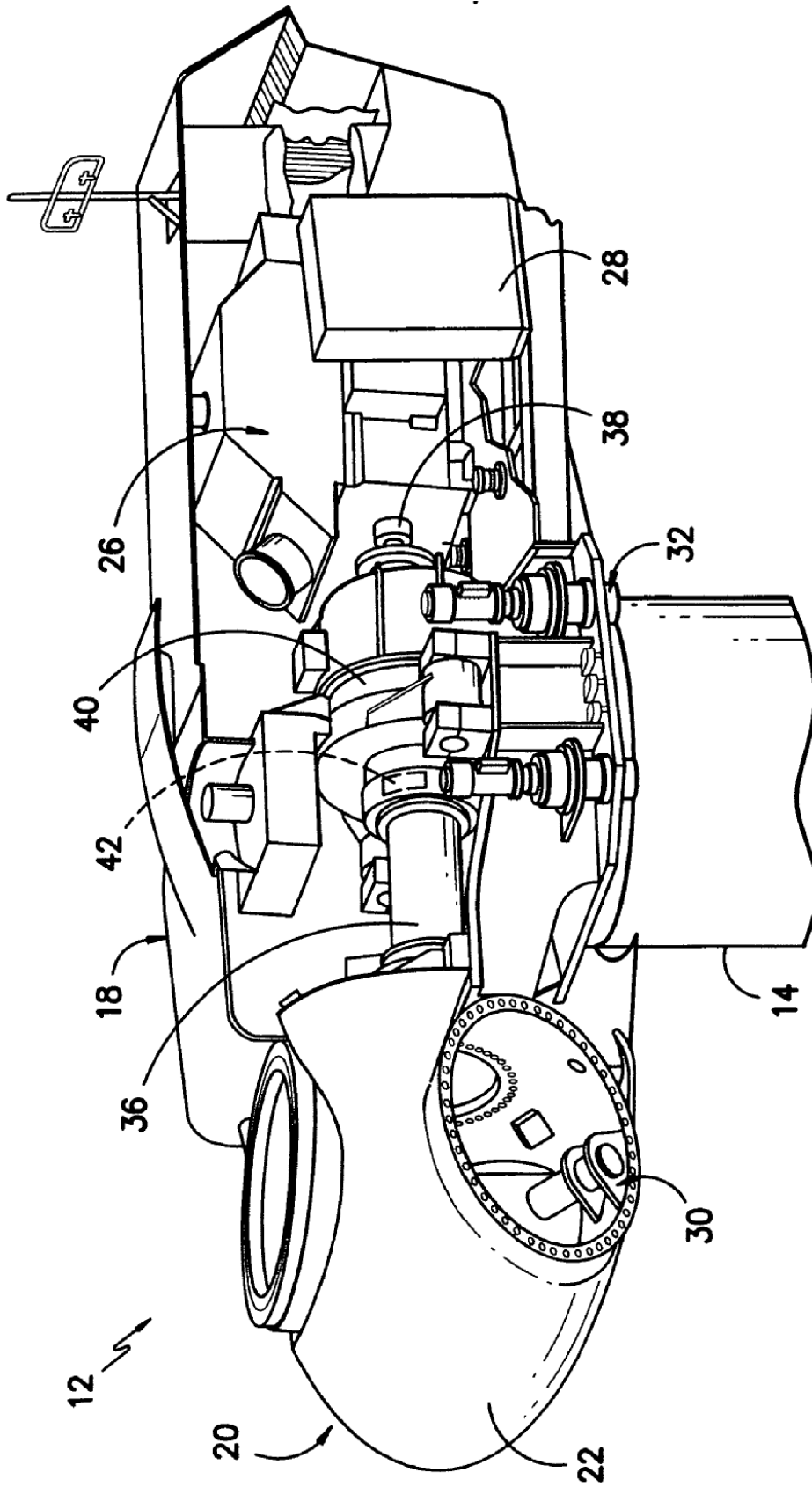


FIG. -2-

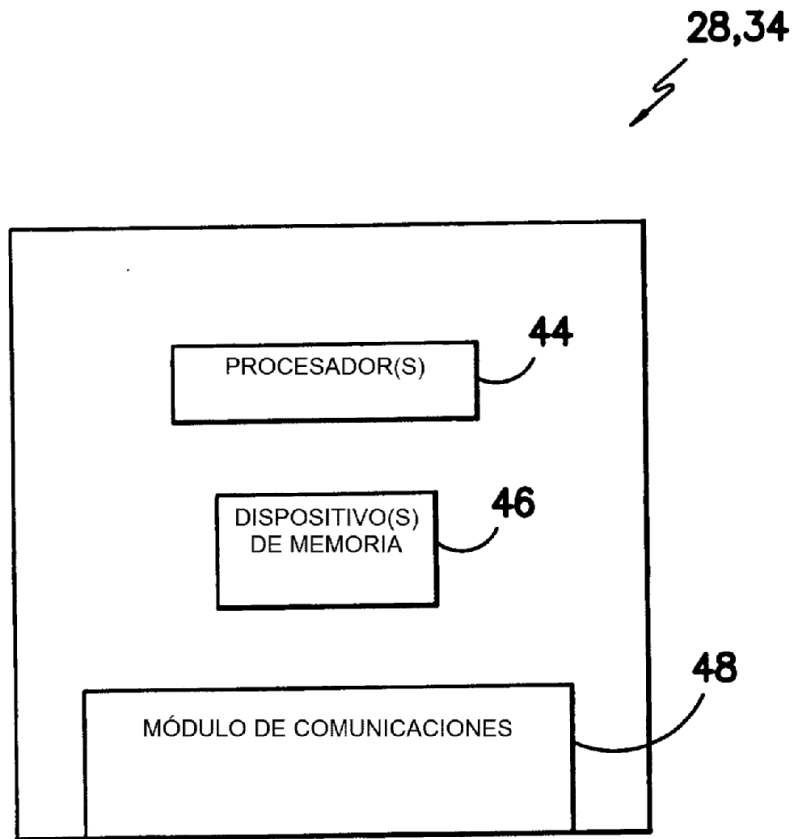


FIG. -3-

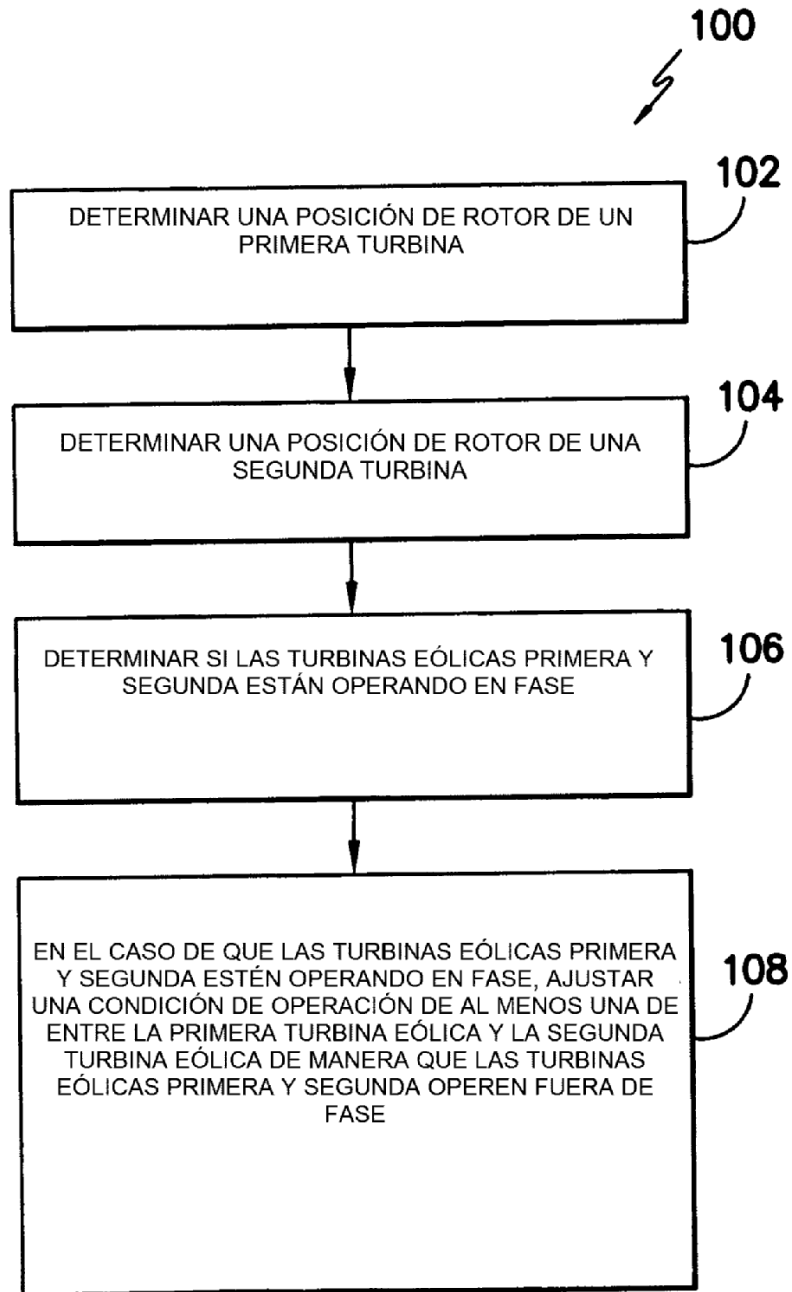


FIG. -4-

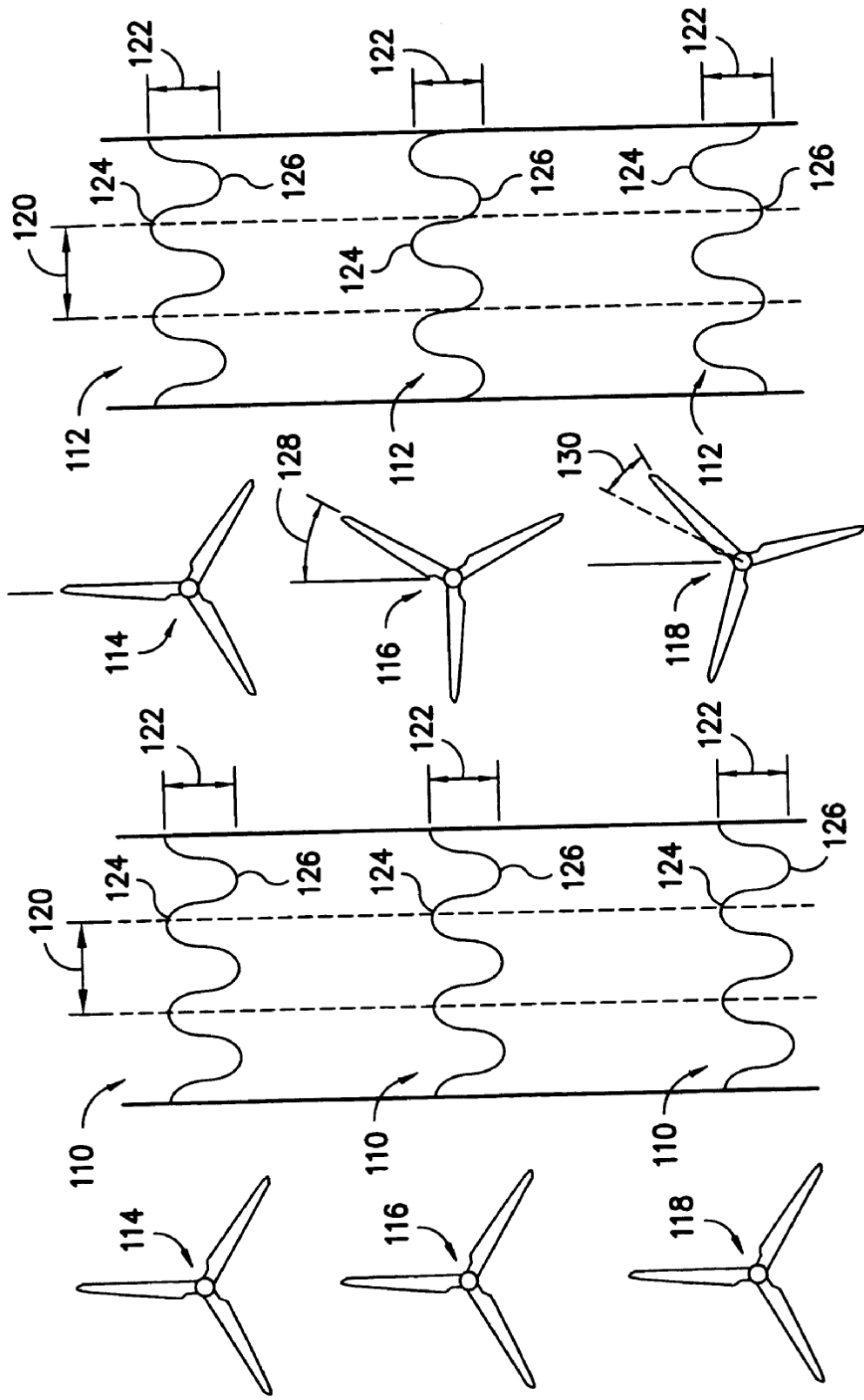


FIG. -5-

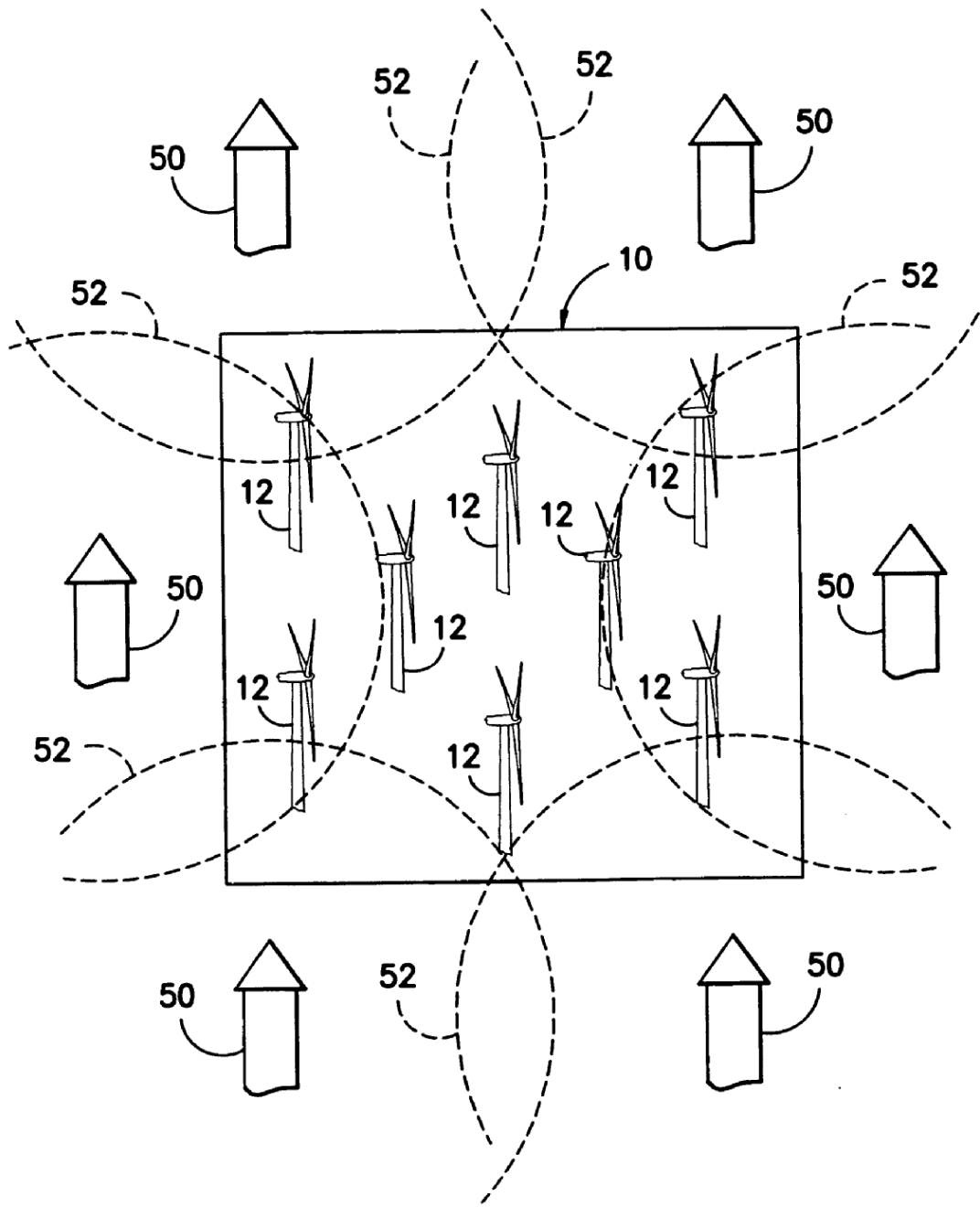


FIG. -6-

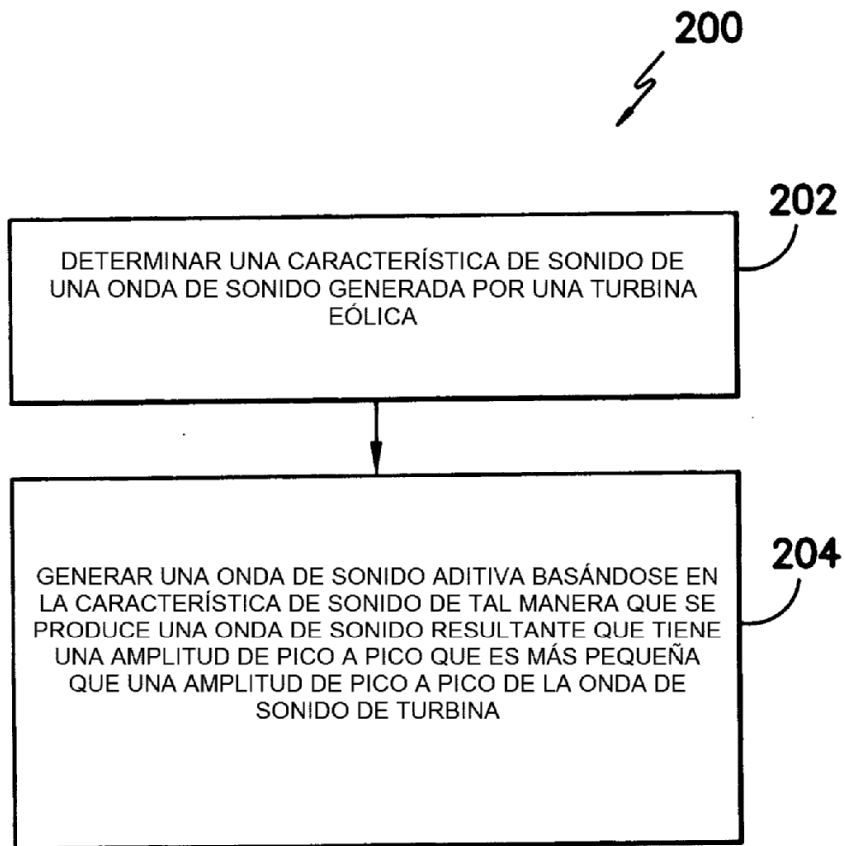


FIG. -7-

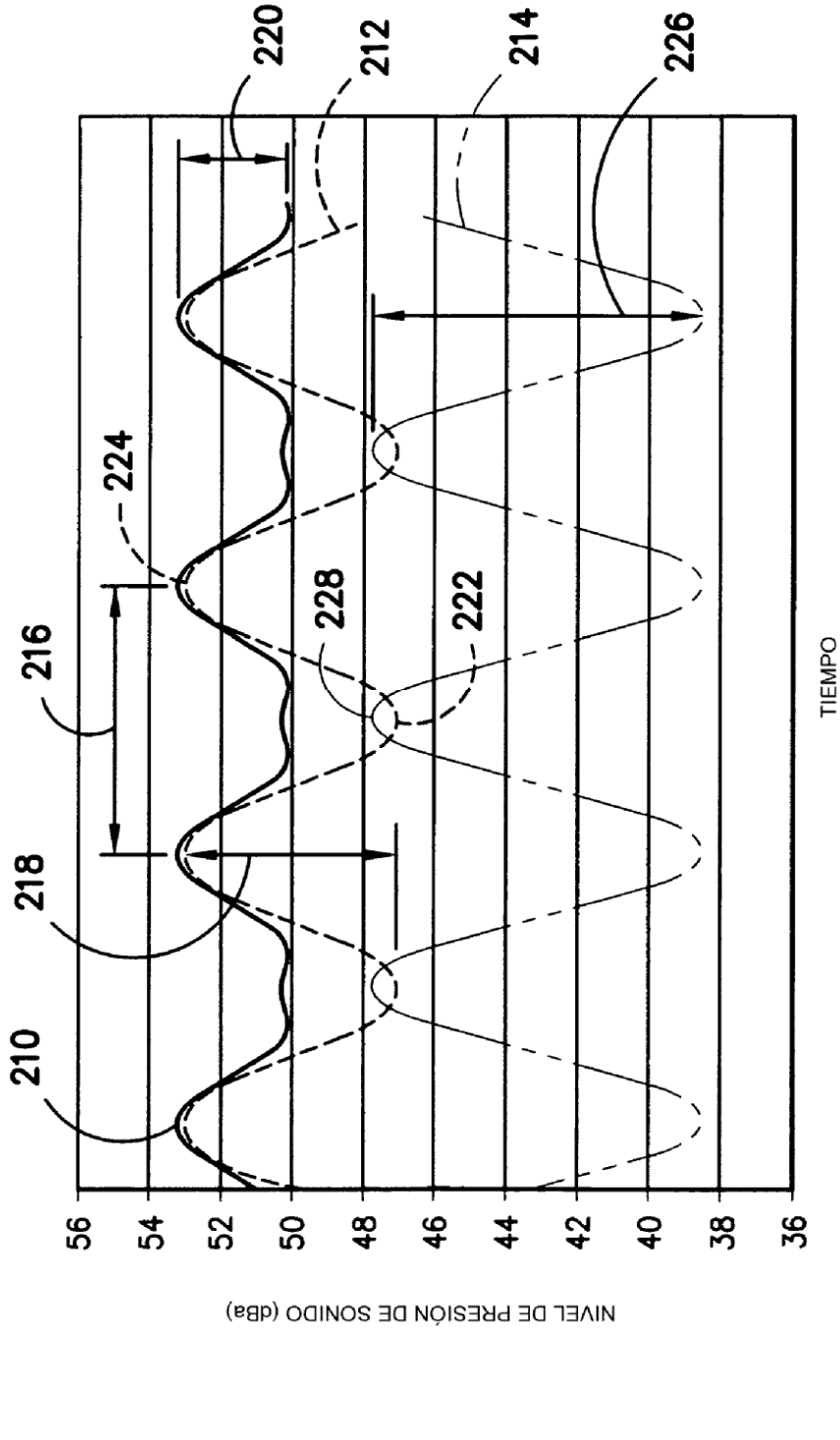


FIG. -8-

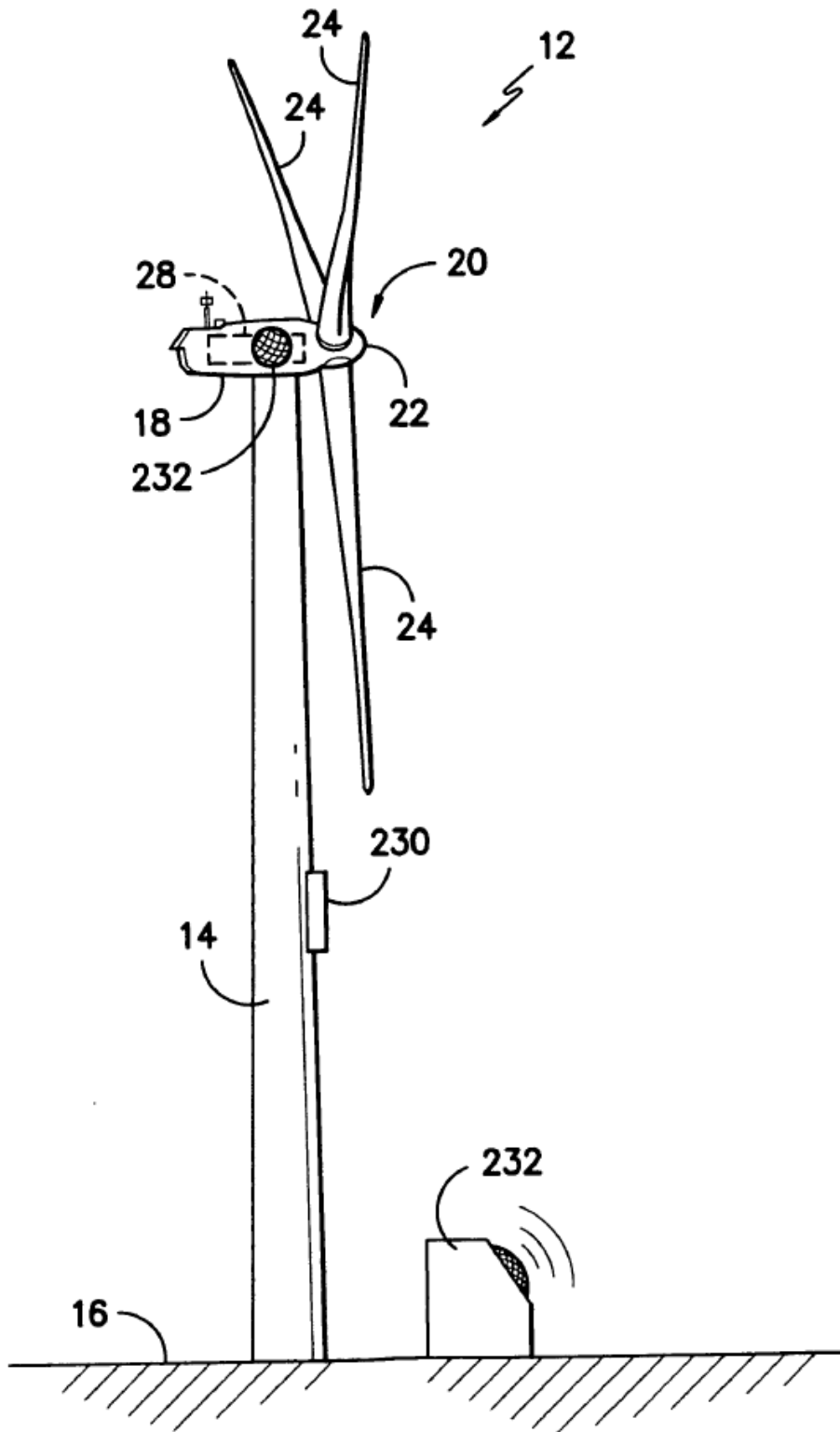


FIG. -9-