

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 993**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.08.2021** **E 21191952 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2024** **EP 3961845**

54 Título: **Sistema y procedimiento para gestionar el parpadeo de salida generado por un parque eólico**

30 Prioridad:

20.08.2020 US 202016998034

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

28.04.2025

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,
S.L. (100.00%)
Calle Roc Boronat 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**HARDWICKE, JR., EDWARD WAYNE y
GANDHI, JIGNESH GOVINDLAL**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 014 993 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 procedimiento para gestionar el parpadeo de salida generado por un parque eólico

5 Campo

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a parques eólicos y, más en particular, a sistemas y procedimientos para gestionar el parpadeo de salida generado por un parque eólico que tiene una pluralidad de turbinas eólicas.

10 Antecedentes

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, generador, caja de engranajes, góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor captan la energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Por ejemplo, las palas de rotor típicamente tienen el perfil en sección transversal de un perfil alar de modo que, durante el funcionamiento, el aire fluye sobre la pala produciendo una diferencia de presión entre los lados. En consecuencia, una fuerza de sustentación, que se dirige desde un lado de presión hacia un lado de succión, actúa sobre la pala. La fuerza de sustentación genera un par de torsión en el eje de rotor principal, que se engrana a un generador para producir electricidad.

[0003] En muchas turbinas eólicas, el generador se puede acoplar eléctricamente a un convertidor de potencia bidireccional que incluye un convertidor de lado de rotor unido a un convertidor de lado de línea por medio de un enlace de CC regulado. Dichos sistemas de potencia de turbina eólica se denominan, en general, generadores de inducción doblemente alimentados (DFIG). El funcionamiento del DFIG se caracteriza típicamente por que se suministra corriente al circuito de rotor desde un convertidor de potencia regulado por corriente. Como tal, la turbina eólica produce un par de torsión mecánico variable debido a velocidades del viento variables, y el convertidor de potencia garantiza que este par de torsión se convierta en una salida eléctrica a la misma frecuencia de la red.

[0004] Durante el funcionamiento, el viento incide sobre las palas de rotor y las palas transforman la energía del viento en un par de torsión de rotación mecánico que acciona un eje lento. El eje lento se configura para accionar la caja de engranajes que posteriormente aumenta la baja velocidad de rotación del eje lento para accionar un eje rápido a una velocidad de rotación incrementada. El eje rápido se acopla, en general, al generador para accionar de forma rotatoria un rotor de generador. Como tal, se puede inducir un campo magnético rotatorio por el rotor de generador y se puede inducir una tensión dentro de un estátor de generador. La energía de rotación se convierte en energía eléctrica a través de campos electromagnéticos que acoplan el rotor y el estátor, que se suministra a una red de potencia por medio de un disyuntor de red. Por tanto, el transformador principal aumenta la amplitud de tensión de la potencia eléctrica de modo que la potencia eléctrica transformada se pueda transmitir además a la red de potencia.

[0005] Para algunas turbinas eólicas, es deseable modificar la instrucción de par de torsión del convertidor de potencia durante el funcionamiento de la turbina eólica a medida que cada pala de rotor se alinea con y pasa por la torre. Sin embargo, esta modificación puede tender a provocar variaciones de tensión de baja frecuencia indeseables en la red de potencia. Dichas variaciones a menudo se denominan parpadeo. Por tanto, el término "parpadeo" como se usa en el presente documento se refiere, en general, a variaciones en la corriente o la tensión en la red de potencia que son perceptibles a determinadas frecuencias (por ejemplo, de aproximadamente 1 hertzio (Hz) a aproximadamente 30 Hz). Adicionalmente, cuando las turbinas eólicas se montan como un parque eólico, el parpadeo de las turbinas eólicas individuales, o de una parte de las mismas, se puede sincronizar de forma involuntaria, lo que da como resultado un parpadeo de salida en la salida del parque eólico. A menudo, los requisitos de red prohíben la conexión a la red de potencia si el parpadeo está presente en una determinada cantidad.

[0006] En vista de lo mencionado anteriormente, la técnica busca continuamente sistemas y procedimientos nuevos y mejorados para gestionar el parpadeo generado por un parque eólico.

[0007] El artículo "Impact of a wave farm on its local grid: Voltage limits, flicker level and power fluctuations [Impacto de un parque undimotriz en su red local: límites de tensión, nivel de parpadeo y fluctuaciones de potencia]" (Blavette *et al.*, OCEANS, 2012 - YEOSU, IEEE, 21 de mayo de 2012, páginas 1-9, DOI: 10.1109/OCEANS-YEOSU.2012.6263552, ISBN: 978-1-4577-2089-5) expone cómo se pueden generar fluctuaciones de potencia eléctrica significativas en el intervalo de segundos por la mayoría de los convertidores de energía de ola oscilante sin cantidades significativas de capacidad de almacenamiento de energía. Debido a estas fluctuaciones, un parque undimotriz puede tener un impacto negativo en la calidad de potencia de la red local a la que está conectado. El artículo detalla un estudio de caso sobre el impacto de un parque undimotriz en la red de distribución alrededor del sitio nacional de pruebas de olas de Irlanda con respecto a las fluctuaciones de tensión y potencia, así como con respecto a los niveles de parpadeo.

[0008] Además, el artículo "Evaluation of Flicker Measurement in Grid-connected Wind Turbine [Evaluación de la medición de parpadeo en una turbina eólica conectada a la red]" (Noman *et al.*, 2018 IEEE PES ASIA-PACIFIC POWER AND ENERGY ENGINEERING CONFERENCE (APPEEC), IEEE, 7 de octubre de 2018, páginas 633-639, DOI: 10.1109/APPEEC.2018.8566392, ISBN: 978-1-5386-5685-3) detalla cómo la emisión de parpadeo producida por la turbina debido a cambios rápidos en la velocidad del viento da como resultado una potencia fluctuante, lo que puede dar lugar a fluctuaciones de tensión en el punto de acoplamiento común (PCC). La exactitud de los procedimientos de medición es una parte esencial de la evaluación de la calidad de potencia en la turbina eólica conectada a la red. Este artículo presenta el procedimiento innovador del modelo de medición de parpadeo de turbinas eólicas conectadas a la red y aborda la prueba de verificación del procedimiento de medición del parpadeo.

Breve descripción

[0009] La invención se define por un procedimiento para gestionar el parpadeo de salida de un parque eólico conectado a una red de potencia con las etapas de la reivindicación independiente 1 y por un sistema para gestionar el parpadeo de salida generado por un parque eólico con las características técnicas de la reivindicación independiente 11.

[0010] En un modo de realización adicional, el parque eólico también puede incluir al menos un sensor de salida acoplado de forma operativa al controlador de parque en un punto de interconexión (POI) con la red de potencia. Adicionalmente, detectar el/los parámetro(s) indicativo(s) del parpadeo de salida también puede incluir monitorizar por medio del/de los sensor(es) de salida una frecuencia y amplitud de variaciones en la corriente o la tensión de la salida del parque eólico en el punto de interconexión con la red de potencia. La frecuencia y amplitud de las variaciones pueden ser indicativas de parpadeo de salida en la salida de la(s) turbina(s) eólica(s). El procedimiento también puede incluir detectar, con el controlador de parque, una aproximación de la salida del/de los sensor(es) de salida a un umbral de parpadeo para el parque eólico.

[0011] Aún en un modo de realización adicional, el parque eólico puede incluir al menos un sensor ambiental acoplado de forma operativa al controlador de parque. Adicionalmente, detectar el/los parámetro(s) indicativo(s) del parpadeo de salida puede incluir monitorizar, por medio del/de los sensor(es) ambiental(es), de al menos un parámetro ambiental indicativo de una condición ambiental que afecta al parque eólico. El procedimiento también puede incluir correlacionar, con el controlador de parque, el/los parámetro(s) ambiental(es) para indicar un nivel de parpadeo de salida detectado por el/los sensor(es) de salida en la condición ambiental monitorizada.

[0012] En un modo de realización, el procedimiento puede incluir determinar, con el controlador de parque, un potencial de parpadeo de salida para el parque eólico en base, al menos en parte, a la correlación y una condición ambiental pronosticada.

[0013] En un modo de realización adicional, generar el desplazamiento de instrucción ("command offset") puede incluir generar el desplazamiento de instrucción cuando al menos uno del potencial de parpadeo de salida o la salida del/de los sensor(es) de salida se aproxima a o excede el umbral de parpadeo para el parque eólico.

[0014] En otro modo de realización, el procedimiento puede incluir determinar un impacto en el nivel de parpadeo de salida resultante del cambio del parámetro de funcionamiento de la(s) turbina(s) eólica(s) en base al desplazamiento de instrucción. El procedimiento también puede incluir correlacionar, con el controlador de parque, el impacto con la condición ambiental que afecta al parque eólico. Además, el procedimiento puede incluir asignar una puntuación de impacto de sincronidad a la(s) turbina(s) eólica(s) en base a la correlación calculada para la condición ambiental detectada. Adicionalmente, el procedimiento puede incluir seleccionar la(s) turbina(s) eólica(s) de la pluralidad de turbinas eólicas para recibir el desplazamiento de instrucción en base, al menos parcialmente, a la puntuación de impacto de sincronidad.

[0015] Aún en otro modo de realización, detectar el/los parámetro(s) indicativo(s) del parpadeo de salida puede incluir recibir, con el controlador de parque, una señal de temporización ("timing signal") de las dos turbinas eólicas. La señal de temporización puede ser indicativa de una posición de rotor para cada una de las turbinas eólicas. El procedimiento puede incluir determinar, con el controlador de parque, un grado de sincronidad entre las dos turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas en base a las respectivas señales de temporización. Adicionalmente, el procedimiento puede incluir determinar, con el controlador de parque, una diferencia entre el grado de sincronidad y un umbral de sincronidad correspondiente a un umbral de parpadeo de salida.

[0016] En un modo de realización, determinar el grado de sincronidad entre la pluralidad de turbinas eólicas puede incluir establecer, con el controlador de parque, una pluralidad de fracciones de tiempo ("time slices"). El procedimiento también puede incluir determinar, con el controlador de parque, una desviación estándar para las señales de temporización a lo largo de las fracciones de tiempo. La desviación estándar de las señales de temporización puede ser indicativa del grado de sincronidad entre la pluralidad de turbinas eólicas.

[0017] En un modo de realización adicional, las dos turbinas eólicas de la pluralidad de turbinas eólicas pueden incluir al menos un primer subgrupo de turbinas eólicas y un segundo subgrupo de turbinas eólicas. La señal de temporización puede ser indicativa de una temporización combinada de los primer y segundo subgrupos de turbinas eólicas respectivamente.

[0018] En otro modo de realización, cambiar el parámetro de funcionamiento de la(s) turbina(s) eólica(s) en base al desplazamiento de instrucción puede incluir cambiar un parámetro de funcionamiento correspondiente a al menos uno de par de torsión de generador, salida de potencia, velocidad del rotor o carga mecánica de la(s) turbina(s) eólica(s).

[0019] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0020] Una divulgación completa y habilitante de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un parque eólico que tiene una pluralidad de turbinas eólicas de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador para su uso con el parque eólico como se muestra en la FIG. 2 de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de una lógica de control de un sistema para operar un parque eólico de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 5 ilustra una parte de la lógica de control de la FIG. 4 de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra una representación gráfica de una salida del parque eólico, que ilustra en particular el parpadeo sincronizado de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 7 ilustra una representación gráfica de una salida del parque eólico, que ilustra en particular la desincronización del parpadeo sincronizado de acuerdo con la presente divulgación.

[0021] El uso repetido de caracteres de referencia en la presente memoria descriptiva y los dibujos pretende representar las mismas o características o elementos análogos de la presente invención.

Descripción detallada

[0022] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

[0023] Como se usa en el presente documento, los términos "primer(o)/a", "segundo/a" y "tercer(o)/a" se pueden usar de manera intercambiable para distinguir un componente de otro y no se pretende que signifiquen la ubicación o importancia de los componentes individuales.

[0024] El término "acoplado" se refiere tanto al acoplamiento directo como al acoplamiento indirecto, a través de uno o más componentes o características intermedias, a menos que se especifique de otro modo en el presente documento.

[0025] El lenguaje de aproximación, como se usa en el presente documento a lo largo de toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, se aplica para modificar cualquier representación cuantitativa que pueda variar de forma admisible sin dar como resultado un cambio en la función básica con la que está relacionada. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tales como "aproximadamente" y "sustancialmente", no se ha de limitar al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje de aproximación puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor, o la precisión de los procedimientos o máquinas

para construir o fabricar los componentes y/o sistemas. Por ejemplo, el lenguaje de aproximación se puede referir a estar dentro de un margen de un 10 por ciento.

[0026] Aquí y a lo largo de toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, las limitaciones de intervalo se combinan e intercambian, dichos intervalos se identifican e incluyen todos los subintervalos contenidos en los mismos a menos que el contexto o el lenguaje lo indique de otro modo. Por ejemplo, todos los intervalos divulgados en el presente documento incluyen los puntos finales, y los puntos finales se pueden combinar independientemente entre sí.

[0027] En general, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para controlar un parque eólico conectado a una red de potencia. En particular, la presente invención incluye un sistema y procedimiento que facilitan gestionar el parpadeo que se produce en la red de potencia generado por el parque eólico. El parpadeo puede ser un parpadeo de salida que da como resultado la salida del parque eólico que resulta de la alineación/sincronización involuntaria del parpadeo que puede estar presente en las salidas de las turbinas eólicas individuales del parque eólico. En consecuencia, el controlador de parque detecta un parámetro del parque eólico, indicativo de un parpadeo sincronizado de dos o más turbinas eólicas del parque eólico. En los diversos modos de realización, el parámetro, por ejemplo, puede incluir mediciones del parpadeo, condiciones climáticas, señales de temporización de posición de rotor, comportamientos de turbina eólica aprendidos y/o el estado de funcionamiento de turbina eólica.

[0028] En respuesta a detectar el parámetro, el controlador de parque genera un desplazamiento de instrucción para al menos una de las turbinas eólicas. El desplazamiento de instrucción puede alterar temporalmente un estado o parámetro de funcionamiento de la turbina eólica. Por ejemplo, cuando los rotores de dos turbinas eólicas pasan por la posición de las seis en punto al mismo tiempo, cualquier parpadeo en la salida de las turbinas eólicas puede estar sincronizado. Tras detectar dicho estado, el controlador de parque puede ordenar a una de las turbinas eólicas que cambie momentáneamente su velocidad de rotación de modo que los rotores de las dos turbinas eólicas pasen por la posición de las seis en punto en instantes diferentes. En otras palabras, según la presente divulgación, una de las turbinas eólicas puede, esencialmente, "perder el ritmo" de modo que las posiciones de rotor u otro aspecto de las turbinas se desincronizan. Aunque las turbinas eólicas individuales pueden producir una salida que tenga parpadeo, al desincronizar los parpadeos, la salida combinada del parque eólico entregada a la red de potencia puede no parpadear.

[0029] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 100 de acuerdo con la presente divulgación. La turbina eólica 100, en general, incluye una torre 102 que se extiende desde una superficie de soporte 104, una góndola 106 montada en la torre 102 y un rotor 108 acoplado a la góndola 106. El rotor 108 incluye un buje 110 rotatorio y al menos una pala de rotor 112 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 110. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 incluye tres palas de rotor 112. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 108 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 112. Cada pala de rotor 112 se puede espaciar alrededor del buje 110 para facilitar la rotación del rotor 108 para posibilitar que la energía cinética se transfiera del viento para convertirse en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 110 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico (no mostrado) situado dentro de la góndola 106 para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0030] La turbina eólica 100 también puede incluir un controlador 200 configurado como un controlador de turbina 204. El controlador 200 puede estar centralizado dentro de la góndola 106. Sin embargo, en otros modos de realización, el controlador 200 se puede ubicar dentro de cualquier otro componente de la turbina eólica 100 o en una ubicación externa de la turbina eólica 100. Además, el controlador 200 se puede acoplar de forma comunicativa a cualquier número de componentes de la turbina eólica 100 para controlar los componentes. Como tal, el controlador 200 puede incluir un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por tanto, en varios modos de realización, el controlador de turbina 204 puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador 200 para realizar diversas funciones diferentes, tales como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de turbina eólica.

[0031] Todavía en referencia a la FIG. 1, se pueden proporcionar uno o más sensores 156, 158 en la turbina eólica 100 para monitorizar el rendimiento de la turbina eólica 100 y/o las condiciones ambientales que afectan a la turbina eólica 100. También se debe apreciar que, como se usa en el presente documento, el término "monitorizar" y variaciones del mismo indica que los diversos sensores de la turbina eólica 100 se pueden configurar para proporcionar una medición directa de los parámetros que se monitorizan o una medición indirecta de dichos parámetros. Por tanto, se pueden usar los sensores descritos en el presente documento, por ejemplo, para generar señales relativas al parámetro que se monitoriza que, a continuación, se puede utilizar por el controlador de turbina 200 para determinar la condición de la turbina eólica 100. Por ejemplo, como se muestra, cada una de las turbinas eólicas 100 puede incluir un sensor ambiental 158 configurado para recopilar datos indicativos de al menos una condición ambiental. El sensor ambiental 158 se puede acoplar de forma operativa al controlador 200. Por tanto, en un modo de realización, el/los sensor(es) ambiental(es) 158 puede(n) ser, por ejemplo, una veleta, un anemómetro, un sensor LIDAR un termómetro, un barómetro, u otro sensor adecuado. Los

datos recopilados por el/los sensor(es) ambiental(es) 158 puede(n) incluir medidas de velocidad del viento, dirección del viento, variación de la velocidad del viento con la altura, ráfagas de viento, variación de la dirección del viento con la altura, presión atmosférica y/o temperatura. En al menos un modo de realización, el/los sensor(es) ambiental(es) 158 se puede(n) montar en la góndola 106 en una ubicación a sotavento del rotor 108. En modos de realización alternativos, el/los sensor(es) ambiental(es) 158 se puede(n) acoplar a, o integrar con, el rotor 108. Se debe apreciar que el/los sensor(es) ambiental(es) 158 puede(n) incluir una red de sensores y se pueden situar lejos de las turbinas eólicas 100.

[0032] Además del/de los sensor(es) ambiental(es) 158, las turbinas eólicas 100 también puede incluir uno o más sensores de condición de recurso 156. Por ejemplo, el/los sensor(es) de condición de recurso 156 se puede(n) configurar para monitorizar las propiedades eléctricas de la salida del generador de cada una de las turbinas eólicas 100, tales como sensores de corriente, sensores de tensión, sensores de temperatura o sensores de potencia que monitorizan la salida de potencia directamente en base a mediciones de corriente y tensión. En al menos un modo de realización, el/los sensor(es) de condición de recurso 156 puede(n) incluir cualquier otro sensor que se pueda utilizar para monitorizar el estado de funcionamiento de las turbinas eólicas 100, tales como la posición de rotor y/o la temporización de rotor.

[0033] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista esquemática de un parque eólico 152 controlado de acuerdo con el sistema y procedimiento de la presente divulgación. Como se muestra, en un modo de realización, el parque eólico 152 puede incluir una pluralidad de turbinas eólicas 100 descritas en el presente documento y un controlador 200. El controlador 200 se puede configurar como un controlador de parque 202. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el parque eólico 152 puede incluir doce turbinas eólicas 100. Sin embargo, en otros modos de realización, el parque eólico 152 puede incluir cualquier otro número de turbinas eólicas 100, tal como menos de doce turbinas eólicas 100 o más de doce turbinas eólicas 100. En un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 204 de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 se puede(n) acoplar de forma comunicativa al controlador de parque 202 a través de una conexión por cable, tal como conectando el/los controlador(es) 200 a través de enlaces comunicativos 154 adecuados (por ejemplo, un cable adecuado). De forma alternativa, el/los controlador(es) 200 se puede(n) acoplar de forma comunicativa al controlador de parque 202 a través de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Además, el controlador de parque 202 se puede configurar, en general, de forma similar al controlador 200 para cada una de las turbinas eólicas individuales 100 dentro del parque eólico 152.

[0034] En un modo de realización, el controlador de parque 202 también se puede acoplar de forma operativa a al menos un sensor de salida 162 en un punto de interconexión con la red de potencia. El/los sensor(es) de salida 162 se puede(n) configurar para monitorizar la salida del parque eólico 152 para detectar indicaciones de parpadeo de salida en la salida.

[0035] En referencia ahora a la FIGS. 3-5, se presentan diagramas esquemáticos de múltiples modos de realización de un sistema 300 para gestionar el parpadeo generado por el parque eólico 152 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra en particular en la FIG. 3, se ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de componentes adecuados que se pueden incluir dentro del controlador 200. Por ejemplo, como se muestra, el controlador 200 puede incluir uno o más procesadores 206 y dispositivos de memoria asociados 208 configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenar datos pertinentes como se divulga en el presente documento). Adicionalmente, el controlador 200 también puede incluir un módulo de comunicaciones 210 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 200 y los diversos componentes de las turbinas eólicas 100. Además, el módulo de comunicaciones 210 puede incluir una interfaz de sensor 212 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde uno o más sensores 156, 158, 162 se conviertan en señales que se puedan entender y procesar por los procesadores 206. Se debe apreciar que los sensores 156, 158, 162 se pueden acoplar de forma comunicativa al módulo de comunicaciones 210 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 3, los sensores 156, 158, 162 se acoplan a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores 156, 158, 162 se pueden acoplar a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones 210 también se puede acoplar de forma operativa a un módulo de control de estado de funcionamiento 214 configurado para cambiar al menos un estado de funcionamiento/parámetro de funcionamiento de turbina eólica.

[0036] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no solo se refiere a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables. Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 208 puede(n) comprender, en general, un elemento(s) de memoria, incluyendo, pero sin limitarse a, medio legible por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria *flash*), un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s)

dispositivo(s) de memoria 208 se puede(n) configurar, en general, para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 206, configuran el controlador 200 para realizar diversas funciones que incluyen, pero sin limitarse a, detectar al menos un parámetro indicativo de un parpadeo de salida, generar un desplazamiento de instrucción para una turbina eólica y cambiar un parámetro de funcionamiento de la turbina eólica en base al desplazamiento de instrucción para desincronizar el parpadeo sincronizado en las señales de salida de las turbinas eólicas, como se describe en el presente documento, así como otras funciones implementadas por ordenador adecuadas diversas.

[0037] En referencia en particular a la FIG. 4, de acuerdo con la invención, el controlador de parque 202 del sistema 300 se configura para detectar al menos un parámetro 302 del parque eólico 152 indicativo de un parpadeo de salida que se produce en la red de potencia y que se genera por al menos dos de las turbinas eólicas 100. En un modo de realización, el/los parámetro(s) 302 se puede(n) indicar por los datos de sensor de salida 304, los datos de sensor ambiental 306 y/o una señal de temporización 308. En un modo de realización, el/los parámetro(s) 302 puede(n) incluir mediciones del parpadeo en la salida del parque eólico 152 como se indica por las variaciones en la corriente y/o la tensión, que pueden ser indicativas de un parpadeo sincronizado. En un modo de realización adicional, el/los parámetro(s) 302 puede(n) incluir datos indicativos de una condición ambiental que afecta a las turbinas eólicas 100. En un modo de realización adicional, el/los parámetro(s) 302 puede(n) incluir posiciones de rotor de los rotores 108 de las turbinas eólicas 100 como se indica por la señal de temporización 308. Adicionalmente, en un modo de realización, el/los parámetro(s) 302 puede(n) ser un comportamiento de turbina eólica aprendido en el que las condiciones ambientales históricas que dieron como resultado el parpadeo se pueden correlacionar para determinar un potencial de parpadeo de salida correspondiente a un pronóstico meteorológico. Aún en otro modo de realización, el/los parámetro(s) 302 puede(n) corresponder a un estado operativo del parque eólico. Por ejemplo, en un modo de realización, se puede presumir la presencia de parpadeo sincronizado siempre que el parque eólico 152 esté en funcionamiento y, por lo tanto, se puede utilizar la lógica de control del sistema 300 para desincronizar la salida de cada turbina eólica 100 del parque eólico 152.

[0038] Se debe apreciar que el parpadeo generado por el parque eólico 152 es el resultado de la sincronización del parpadeo presente en la salida de al menos una parte de la pluralidad de turbinas eólicas 100 del parque eólico 152. Por ejemplo, la FIG. 6 representa un modo de realización en el que la señal de salida de una primera turbina eólica 164, una segunda turbina eólica 166 y una tercera turbina eólica 168 se puede caracterizar por variaciones de frecuencia y amplitud en la corriente/tensión, que pueden estar sincronizadas. En dicho modo de realización, cuando las salidas de las tres turbinas eólicas 100 se combinan en el POI, la salida resultante del parque eólico 152 puede reflejar el parpadeo sincronizado combinado de las turbinas eólicas 100, como se indica por la curva 170. En un modo de realización, la curva 170 puede reflejar el parpadeo en la salida del parque eólico 152 como se observa por la red de potencia, y que se puede entregar a un consumidor de la red de potencia. Sin embargo, como se representa en la FIG. 7, en un modo de realización, el sistema 300 se puede emplear para cambiar un parámetro de funcionamiento de al menos una turbina eólica 100 para desincronizar el parpadeo sincronizado en las señales de salida. Por ejemplo, debido al cambio de un parámetro de funcionamiento, las señales de salida de las primera, segunda y tercera turbinas eólicas 164, 166, 168 se pueden caracterizar por variaciones de frecuencia y amplitud en la corriente/tensión que están desincronizadas entre sí como se representa en la FIG. 7. La combinación de las señales de salida desincronizadas puede dar como resultado una señal de salida del parque eólico 152 que tenga una ausencia de parpadeo como se representa por la curva 172.

[0039] Se debe apreciar además que, al estar desincronizadas, las variaciones de frecuencia y amplitud (por ejemplo, parpadeo) en la señal de salida de una turbina eólica 100 se pueden enmascarar esencialmente por las variaciones de frecuencia y amplitud en la señal de salida de otra turbina eólica 100 del parque eólico 152. Por lo tanto, si bien el parpadeo, en un modo de realización, puede ser detectable en las salidas de las turbinas eólicas individuales 100, la combinación de las salidas desincronizadas, como se refleja por la salida del parque eólico 152, puede ser una salida estable/constante como se percibe por un consumidor de la red de potencia.

[0040] En referencia de nuevo a la FIG. 4, el controlador de parque 202 del sistema 300 se configura para generar un desplazamiento de instrucción 310 para al menos una turbina eólica 100 tras detectar el/los parámetro(s) 302 indicativo(s) del parpadeo sincronizado de las salidas de al menos dos turbinas eólicas 100. El desplazamiento de instrucción 310 facilita la desincronización del parpadeo sincronizado para desarrollar una salida de parque eólico 152 que no muestre las características de parpadeo.

[0041] En un modo de realización, el desplazamiento de instrucción, en 312, se emplea por el sistema 300 para cambiar un parámetro de funcionamiento de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 para desincronizar el parpadeo sincronizado en las señales de salida de las al menos dos turbinas eólicas en 314. En un modo de realización, cambiar el parámetro de funcionamiento de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 en base al desplazamiento de instrucción 310 puede incluir cambiar un parámetro de funcionamiento correspondiente a un par de torsión de generador, una salida de potencia, una velocidad de rotores y/o una carga mecánica de la(s) turbina(s) eólica(s) 100. Por ejemplo, en un modo de realización, el desplazamiento de instrucción se puede fusionar con una instrucción de consigna para la(s) turbina(s) eólica(s) 100 para generar una instrucción de consigna modificada. La instrucción de consigna modificada, en un modo de realización, se puede transmitir a la(s) turbina(s) eólica(s) 100 para ajustar el estado de funcionamiento de la(s) turbina(s) eólica(s) 100. En un modo de realización, el sistema 300 puede seguir la

transmisión de la instrucción de consigna modificada con la transmisión de una instrucción de consigna no modificada, devolviendo, de este modo, la(s) turbina(s) eólica(s) 100 al estado de funcionamiento original pero sin el parpadeo sincronizado detectado previamente. Por ejemplo, en un modo de realización, la consigna de par de torsión del generador se puede incrementar temporalmente, dando como resultado una alteración de la frecuencia y/o amplitud de las variaciones en la corriente/tensión de salida de la(s) turbina(s) eólica(s) 100, antes de volver a una consigna de par de torsión óptima establecida previamente para el estado de funcionamiento dado de la(s) turbina(s) eólica(s) 100.

[0042] De acuerdo con la invención, generar el desplazamiento de instrucción 310 incluye la generación de un valor de desviación ("bias") aleatorio 316 por el controlador de parque 202. El valor de desviación aleatorio 316 puede ser un valor aleatorio introducido en una lógica de control de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 para polarizar temporalmente una consigna de la(s) turbina(s) eólica(s) 100. Por ejemplo, como se muestra en 318, en un modo de realización, el controlador de parque 202 se puede configurar para introducir el valor de desviación 316 en un bucle de realimentación de velocidad del/de los controlador(es) de turbina 204 de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 para desarrollar una velocidad de rotor variable 320 para la(s) turbina(s) eólica(s) 100. En un modo de realización, el valor de desviación aleatorio 316 puede incluir diferentes variables introducidas en diferentes turbinas eólicas 100 del parque eólico 152. En un modo de realización adicional, el valor de desviación aleatorio 316 puede ser un valor único introducido en una selección aleatoria de turbinas eólicas 100 del parque eólico 152 en un primer instante, y una selección aleatoria diferente de turbinas eólicas 100 en un segundo instante.

[0043] En un modo de realización, como se representa en la FIG. 5, el controlador de parque 202 del sistema 300 se puede configurar para recibir datos de sensor de salida 304 desde el/los sensor(es) de salida 162. En consecuencia, el/los sensor(es) de salida 162, en 322, se puede(n) utilizar para monitorizar la frecuencia y amplitud de las variaciones en la corriente y/o la tensión de la salida del parque eólico 152 en el POI. En un modo de realización, la frecuencia y/o amplitud de las variaciones en la salida del parque eólico 152 pueden ser indicativas de la sincronización del parpadeo presente en la salida de diversas turbinas eólicas 100 del parque eólico 152. Como se representa en 324, en un modo de realización, el controlador de parque 202 puede comparar las variaciones monitorizadas en la corriente y/o la tensión con un umbral de parpadeo 326. En consecuencia, el controlador de parque 202, en 328, puede detectar una aproximación de la salida del/de los sensor(es) de salida 162 al umbral de parpadeo 326 para el parque eólico 152. En un modo de realización en el que el controlador de parque 202 determina, en 330, un nivel de parpadeo que se aproxima a o excede el umbral de parpadeo 326, el controlador de parque 202 puede generar el desplazamiento de instrucción 310.

[0044] En un modo de realización, detectar el/los parámetro(s) 302 indicativo(s) del parpadeo de salida puede incluir monitorizar los datos de sensor ambiental 306. Los datos de sensor ambiental 306 pueden ser al menos un parámetro ambiental 332 indicativo de una condición ambiental que afecta al parque eólico 152. En un modo de realización, el controlador de parque 202, en 334, puede correlacionar el/los parámetro(s) ambiental(es) 332 con una indicación de un nivel de parpadeo de salida. Por ejemplo, el controlador de parque 202, en un modo de realización, puede correlacionar el/los parámetro(s) ambiental(es) 332 con el nivel de parpadeo de salida detectado por el/los sensor(es) de salida 162 en la condición ambiental monitorizada.

[0045] En un modo de realización, la correlación de las condiciones ambientales con el nivel de parpadeo de salida se puede lograr durante un período especificado para establecer un conjunto de datos históricos de correlaciones en base a la relación observada entre las condiciones ambientales y el nivel resultante de parpadeo de salida. En consecuencia, en un modo de realización, el controlador de parque 202 del sistema 300 se puede configurar para recibir un pronóstico de condición ambiental 336. En base, al menos en parte, al pronóstico de condición ambiental 336 y la correlación entre el/los parámetro(s) ambiental(es) 332/nivel de correlación de parpadeo de salida, el controlador de parque 202 puede determinar un potencial de parpadeo de salida 338. Se debe apreciar que el potencial de parpadeo de salida 338 puede representar el grado de parpadeo sincronizado que se puede anticipar cuando el parque eólico se ve afectado por las condiciones ambientales pronosticadas.

[0046] Como se representa en 340, en un modo de realización, el controlador de parque 202 se puede configurar para comparar el potencial de parpadeo de salida 338 con el umbral de parpadeo 326 para detectar, en 328, una aproximación del potencial de parpadeo 338 al umbral de parpadeo 326. En un modo de realización en el que el potencial de parpadeo de salida 338 se aproxima a o excede el umbral de parpadeo 326 para el parque eólico 152, el controlador de parque 202 puede generar el desplazamiento de instrucción 310. Por ejemplo, el controlador de parque 202 puede recibir un pronóstico meteorológico y puede determinar el nivel anticipado de parpadeo de salida en las condiciones del pronóstico. Este nivel anticipado, en un modo de realización, se puede comparar con el umbral de parpadeo 326. Cuando el nivel anticipado de parpadeo de salida cumple o excede el umbral de parpadeo 326, el controlador de parque 202 puede generar prospectivamente el desplazamiento de instrucción 310 para impedir el desarrollo de un nivel inaceptable de parpadeo de salida en la salida del parque eólico 152. En consecuencia, se debe apreciar que el controlador de parque 202, en un modo de realización, puede generar el desplazamiento de instrucción 310 cuando el potencial de parpadeo de salida 338 y/o la salida del/de los sensor(es) de salida 162 se aproxima a o excede el umbral de parpadeo 326 para el parque eólico 152.

[0047] En un modo de realización, el controlador de parque 202 del sistema 300 se puede configurar para ejecutar un bucle de realimentación en el que se puede determinar la eficacia de desincronización de las diversas turbinas eólicas 100 del parque eólico 152 para diversas condiciones ambientales. En consecuencia, el controlador de parque 202 puede determinar un impacto 342 sobre el nivel de parpadeo de salida resultante del cambio del parámetro de funcionamiento, en 312, de la(s) turbina(s) eólica(s) 100 en base al desplazamiento de instrucción 310. Como se representa en 344, el controlador de parque 202 puede correlacionar el impacto 342 con la condición ambiental que afecta a la turbina eólica 152 como se indica por el/los parámetro(s) ambiental(es) 332. En un modo de realización, el controlador de parque 202 puede asignar una puntuación de impacto de sincronización 346 a la(s) turbina(s) eólica(s) 100 en base a la correlación calculada para la condición ambiental detectada. En base, al menos parcialmente, a la puntuación de impacto de sincronización 346, el controlador de parque 202, en 348, puede seleccionar la(s) turbina(s) eólica(s) 100 de la pluralidad de turbinas eólicas 100 para recibir el desplazamiento de instrucción 310. En un modo de realización, el bucle de realimentación se puede ejecutar cada vez que se genera el desplazamiento de instrucción 310 en respuesta a la detección del/de los parámetro(s) 302 indicativo(s) de parpadeo de salida, durante un número especificado de ciclos de instrucción y/o un período especificado. En consecuencia, un conjunto de datos históricos de correlaciones entre el/los parámetro(s) ambiental(es) 332 (por ejemplo, las condiciones climáticas) y la eficacia de desincronización de la(s) turbina(s) eólica(s) 100. Se debe apreciar que el controlador de parque 202 puede utilizar el conjunto de datos históricos, al menos en parte, para seleccionar la(s) turbina(s) eólica(s) 100 de la pluralidad de turbinas eólicas 100 que puede(n) ser más eficaz(es) para desincronizar la salida de parpadeo sincronizado, prospectiva o bien reactivamente.

[0048] En un modo de realización, la detección del/de los parámetro(s) 302 indicativo(s) del parpadeo de salida se puede basar, al menos en parte, en las posiciones de rotor de al menos dos turbinas eólicas 100. Como tal, en un modo de realización, el controlador de parque 202 del sistema 300 se puede configurar para recibir una señal de temporización 308 de al menos dos turbinas eólicas 100 del parque eólico 152. La señal de temporización 308 puede ser indicativa de la posición de rotor para los rotores 108 de cada una de las turbinas eólicas 100. Por ejemplo, la posición de rotor puede indicar que una pala de rotor 112 de cada rotor respectivo 108 puede pasar por la torre 102 en el mismo instante, indicando, de este modo, que la rotación de los respectivos rotores 108 puede estar sincronizada. En base a las respectivas señales de temporización 108, el controlador de parque 202, en un modo de realización, puede determinar un grado de sincronización 350 entre las turbinas eólicas 100.

[0049] Se debe apreciar que, en un modo de realización, las al menos dos turbinas eólicas 100 pueden ser al menos un primer subgrupo 360 de turbinas eólicas 100 y un segundo subgrupo 362 de turbinas eólicas 100. En dicho modo de realización, las señales de temporización 308 de las turbinas eólicas 100 individuales de los respectivos subgrupos 360, 362 se pueden consolidar en una única señal de temporización 308 para cada uno de los subgrupos 360, 362. En consecuencia, en un modo de realización, las señales de temporización 308 recibidas por el controlador de parque 202 pueden corresponder a una señal de temporización consolidada para el primer subgrupo 360 y una señal de temporización consolidada para el segundo subgrupo 362.

[0050] En un modo de realización, determinar el grado de sincronización 350 puede incluir establecer una pluralidad de fracciones de tiempo 352 con el controlador de parque 202. El controlador de parque 202 puede determinar, a continuación, una desviación estándar 354 para la señal de temporización 308 a lo largo de las fracciones de tiempo. La desviación estándar 354 puede ser indicativa del grado de sincronización 350 entre las turbinas eólicas 100. Se debe apreciar que cuanto menor sea la desviación estándar 354, mayor será el grado de sincronización 350 entre las turbinas eólicas 100, siendo cierto también lo contrario.

[0051] El controlador de parque 202, en un modo de realización, puede determinar, en 356, una diferencia entre el grado de sincronización 350 y un umbral de sincronización 358. El umbral de sincronización 358 puede corresponder al umbral de parpadeo 326 de modo que una aproximación al umbral de sincronización 358 puede indicar una aproximación del parpadeo de salida en la salida del parque eólico 152 al umbral de parpadeo 326. Se debe apreciar que la utilización del grado de sincronización 350 para detectar una aproximación del nivel de parpadeo al umbral de parpadeo 326 puede impedir el requisito de monitorizar la salida del parque eólico 152 y/o el/los parámetro(s) ambiental(es) 332, o se puede emplear junto con la monitorización de la salida y/o el/los parámetro(s) ambiental(es) 332.

[0052] Se debe apreciar que los diversos modos de realización divulgados en el presente documento relativos a la detección del/de los parámetro(s) 302 indicativo(s) del parpadeo de salida, la generación del desplazamiento de instrucción 310 y el cambio de un parámetro de funcionamiento se pueden combinar en diversas combinaciones y/o emplear individualmente para facilitar la gestión del parpadeo en la salida del parque eólico 152 por el sistema 300.

[0053] Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance de la invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para gestionar el parpadeo de salida de un parque eólico (152) conectado a una red de potencia, comprendiendo el parque eólico (152) una pluralidad de turbinas eólicas (100), comprendiendo el procedimiento:
5
detectar, con un controlador (202), al menos un parámetro del parque eólico (152) indicativo de un parpadeo de salida resultante de un parpadeo sincronizado de al menos dos turbinas eólicas (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100);
10
tras detectar el al menos un parámetro, generar un desplazamiento de instrucción (310) para al menos una turbina eólica (100) de las al menos dos turbinas eólicas (100), comprendiendo generar el desplazamiento de instrucción (310) generar un valor de desviación aleatorio (316); y
15
cambiar un parámetro de funcionamiento de la al menos una turbina eólica (100) en base al desplazamiento de instrucción (310) para desincronizar el parpadeo sincronizado en las señales de salida de las al menos dos turbinas eólicas (100),
20
en el que el valor de desviación aleatorio (316) se introduce en un bucle de realimentación de velocidad de un controlador de turbina (200) para desarrollar una velocidad de rotor variable para la al menos una turbina eólica (100).
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el parque eólico (152) comprende además al menos un sensor de salida (162) acoplado de forma operativa al controlador (202) en un punto de interconexión con la red de potencia, y en el que detectar el al menos un parámetro indicativo de parpadeo de salida comprende además:
25
monitorizar, por medio del al menos un sensor de salida (162), una frecuencia y amplitud de variaciones en la corriente o la tensión de una salida del parque eólico (152) en el punto de interconexión con la red de potencia, en el que la frecuencia y amplitud de las variaciones son indicativas del parpadeo sincronizado; y
30
detectar, con el controlador (202), una aproximación de la salida a un umbral de parpadeo para el parque eólico (152).
35
3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el parque eólico (152) comprende además al menos un sensor ambiental (158) acoplado de forma operativa al controlador (202), y en el que detectar el al menos un parámetro indicativo del parpadeo de salida comprende además:
40
monitorizar, por medio del al menos un sensor ambiental (158), al menos un parámetro ambiental indicativo de una condición ambiental que afecta al parque eólico (152); y
correlacionar, con el controlador (202), el al menos un parámetro ambiental con un nivel de parpadeo de salida como se detecta por el al menos un sensor de salida (162) en la condición ambiental monitorizada.
45
4. El procedimiento de la reivindicación 3, que comprende además:
50
determinar, con el controlador (202), un potencial de parpadeo de salida para el parque eólico (152) en base, al menos en parte, a la correlación y una condición ambiental pronosticada.
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que generar el desplazamiento de instrucción (310) comprende además generar el desplazamiento de instrucción (310) cuando al menos uno del potencial de parpadeo de salida o la salida del parque eólico (152) se aproxima a o excede el umbral de parpadeo para el parque eólico (152).
55
6. El procedimiento de las reivindicaciones 3, 4 o 5, que comprende además:
60
determinar un impacto en el nivel del parpadeo de salida resultante del cambio del parámetro de funcionamiento de la al menos una turbina eólica (100) en base al desplazamiento de instrucción (310);
correlacionar, con el controlador (202), el impacto con la condición ambiental que afecta al parque eólico (152);
65
asignar una puntuación de impacto de sincronicidad (346) a la al menos una turbina eólica (100) en base a la correlación calculada para la condición ambiental detectada; y

seleccionar la al menos una turbina eólica (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100) para recibir el desplazamiento de instrucción (310) en base, al menos parcialmente, a la puntuación de impacto de sincronización (346).

7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que detectar el al menos un parámetro indicativo del parpadeo de salida comprende además:

recibir, con el controlador (202), una señal de temporización (308) de las al menos dos turbinas eólicas, siendo la señal de temporización (308) indicativa de una posición de rotor para cada una de las turbinas eólicas;

determinar, con el controlador (202), un grado de sincronización (350) entre las al menos dos turbinas eólicas (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100) en base a las respectivas señales de temporización (308); y

determinar, con el controlador (202), una diferencia entre el grado de sincronización (350) y un umbral de sincronización correspondiente a un umbral de parpadeo sincronizado.

8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que determinar el grado de sincronización (350) entre las al menos dos turbinas eólicas (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100) comprende además:

establecer, con el controlador (202), una pluralidad de fracciones de tiempo; y

determinar, con el controlador (202), una desviación estándar (354) para las señales de temporización (308) a lo largo de las fracciones de tiempo, en el que la desviación estándar (354) para las señales de temporización (308) es indicativa del grado de sincronización (350) entre la pluralidad de turbinas eólicas.

9. El procedimiento de las reivindicaciones 7 u 8, en el que las al menos dos turbinas eólicas (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100) comprenden al menos un primer subgrupo (360) de turbinas eólicas (100) y un segundo subgrupo (362) de turbinas eólicas (100), y en el que las respectivas señales de temporización (308) son indicativas de una temporización combinada de las turbinas eólicas (100) que comprenden el primer subgrupo (360) y una temporización combinada de las turbinas eólicas (100) que comprenden el segundo subgrupo (362) de turbinas eólicas (100).

10. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que cambiar el parámetro de funcionamiento de la al menos una turbina eólica (100) en base al desplazamiento de instrucción (310) comprende además cambiar el parámetro de funcionamiento correspondiente a al menos uno del par de torsión de generador, la salida de potencia, la velocidad de rotor o la carga mecánica de la turbina eólica.

11. Un sistema (300) para gestionar el parpadeo de salida generado por un parque eólico (152), comprendiendo el sistema:

una pluralidad de turbinas eólicas (100) acopladas a una red eléctrica; y

un controlador de parque (202) acoplado de forma comunicativa a la pluralidad de turbinas eólicas (100) y a la red de potencia, comprendiendo el controlador de parque (202) al menos un procesador configurado para realizar una pluralidad de operaciones, comprendiendo la pluralidad de operaciones:

detectar al menos un parámetro del parque eólico (152) indicativo de un parpadeo sincronizado de al menos dos turbinas eólicas (100) de la pluralidad de turbinas eólicas (100), produciéndose el parpadeo sincronizado en la red de potencia,

tras detectar el al menos un parámetro, generar un desplazamiento de instrucción (310) para al menos una turbina eólica (100) de las al menos dos turbinas eólicas, comprendiendo generar el desplazamiento de instrucción (310) generar un valor de desviación aleatorio (316), y

cambiar un parámetro de funcionamiento de la al menos una turbina eólica (100) en base al desplazamiento de instrucción (310) para desincronizar el parpadeo sincronizado en las señales de salida de las al menos dos turbinas eólicas,

en el que el valor de desviación aleatorio (316) se introduce en un bucle de realimentación de velocidad de un controlador de turbina (200) para desarrollar una velocidad de rotor variable para la al menos una turbina eólica (100).

12. El sistema (300) de la reivindicación 11, en el que el parque eólico (152) comprende además al menos un sensor de salida (162) acoplado de forma operativa al controlador del parque (202) en un punto de interconexión con la red de potencia, y en el que la operación de detectar el al menos un parámetro indicativo del parpadeo de salida comprende además:

5

monitorizar, por medio del al menos un sensor de salida (162), una frecuencia y amplitud de variaciones en la corriente o la tensión de una salida del parque eólico (152) en el punto de interconexión con la red de potencia, en el que la frecuencia y amplitud de las variaciones son indicativas del parpadeo sincronizado; y

10

detectar, con el controlador de parque (202), una aproximación de la salida a un umbral de parpadeo para el parque eólico (152).

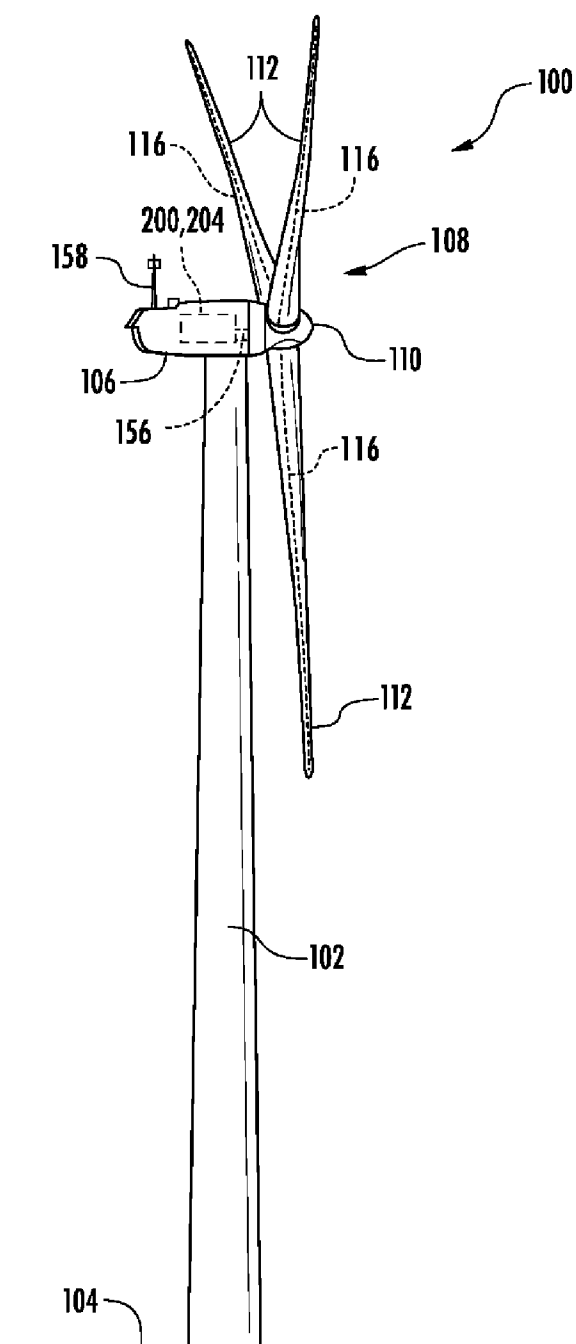
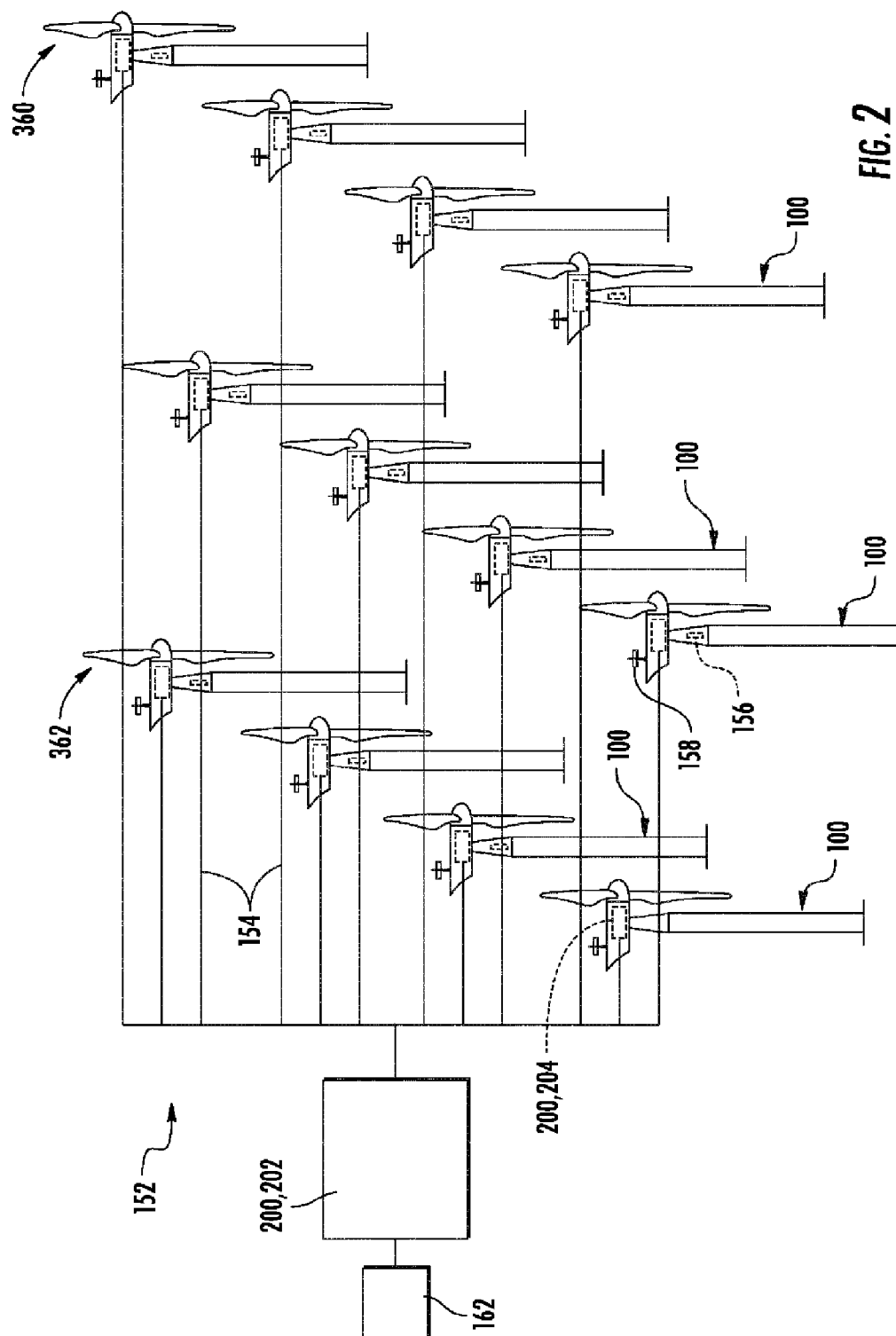


FIG. 1



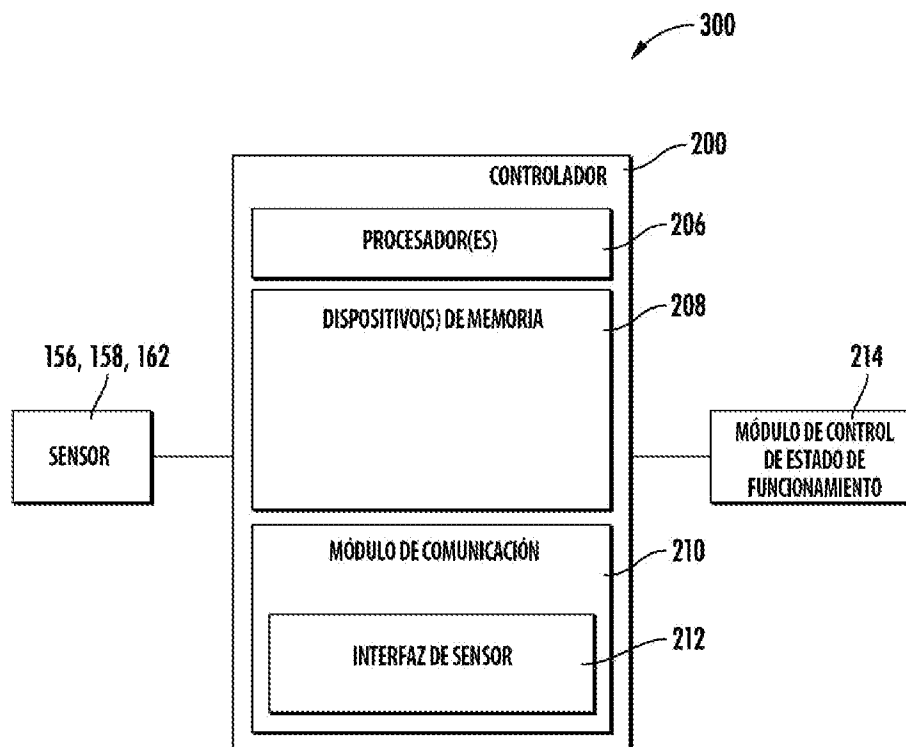


FIG. 3

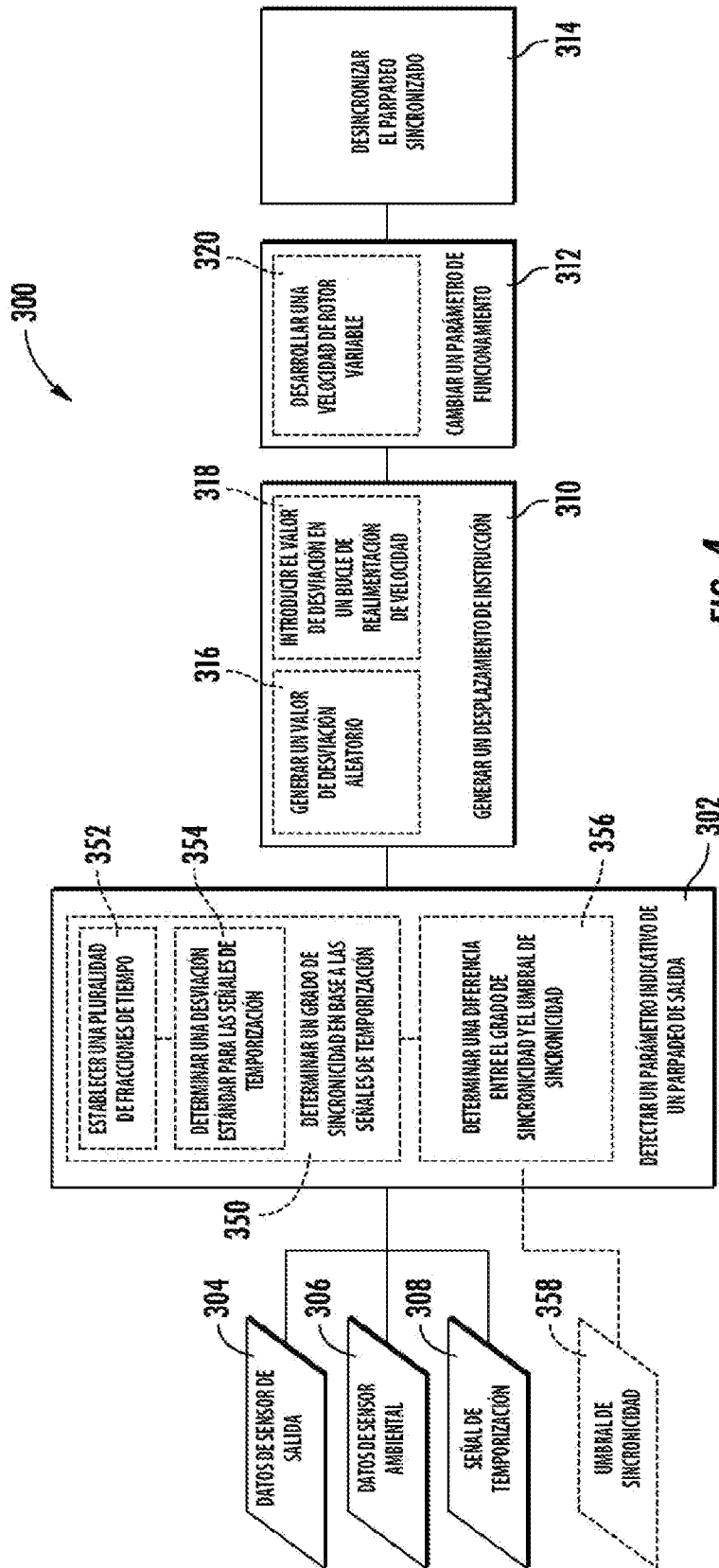


FIG. 4

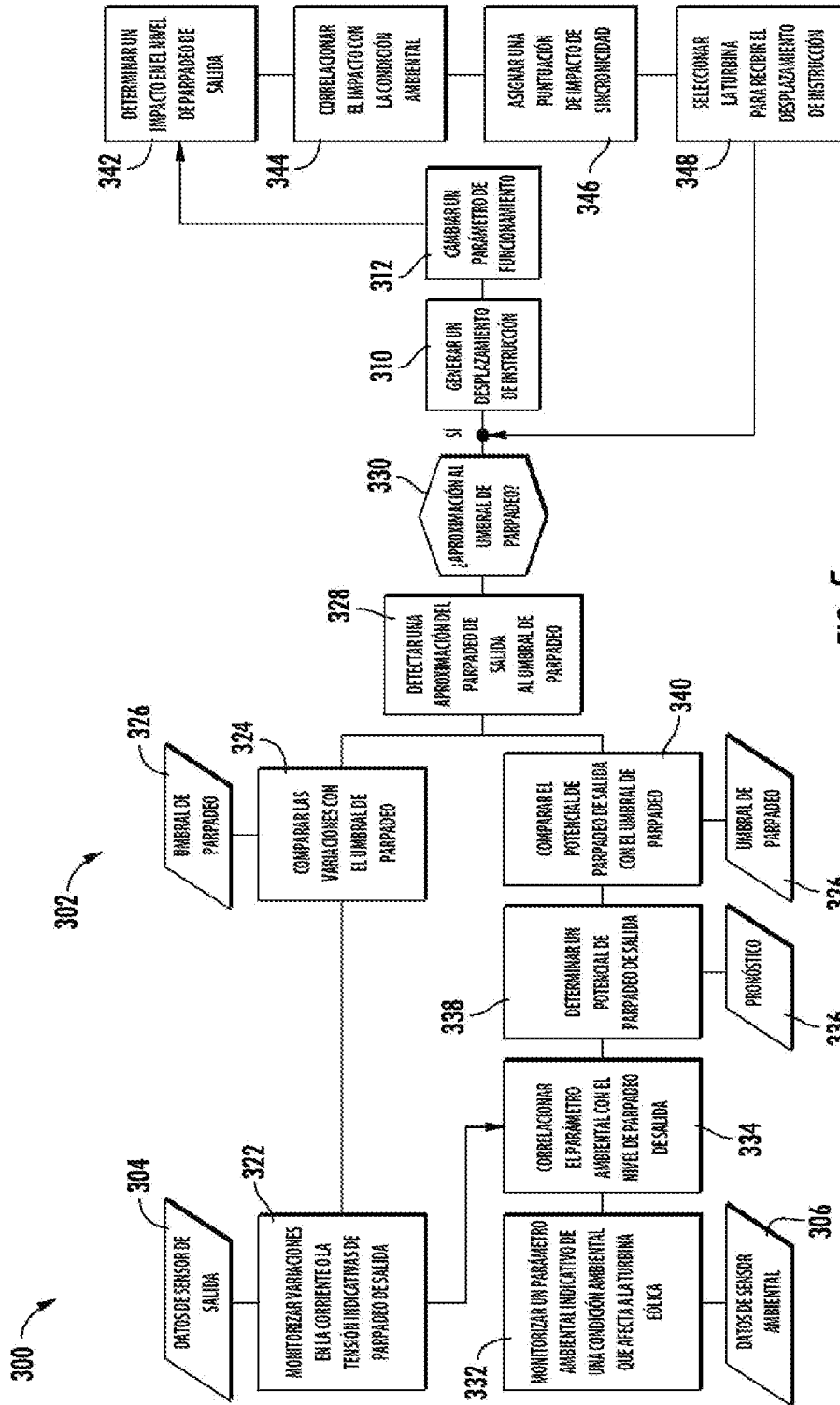
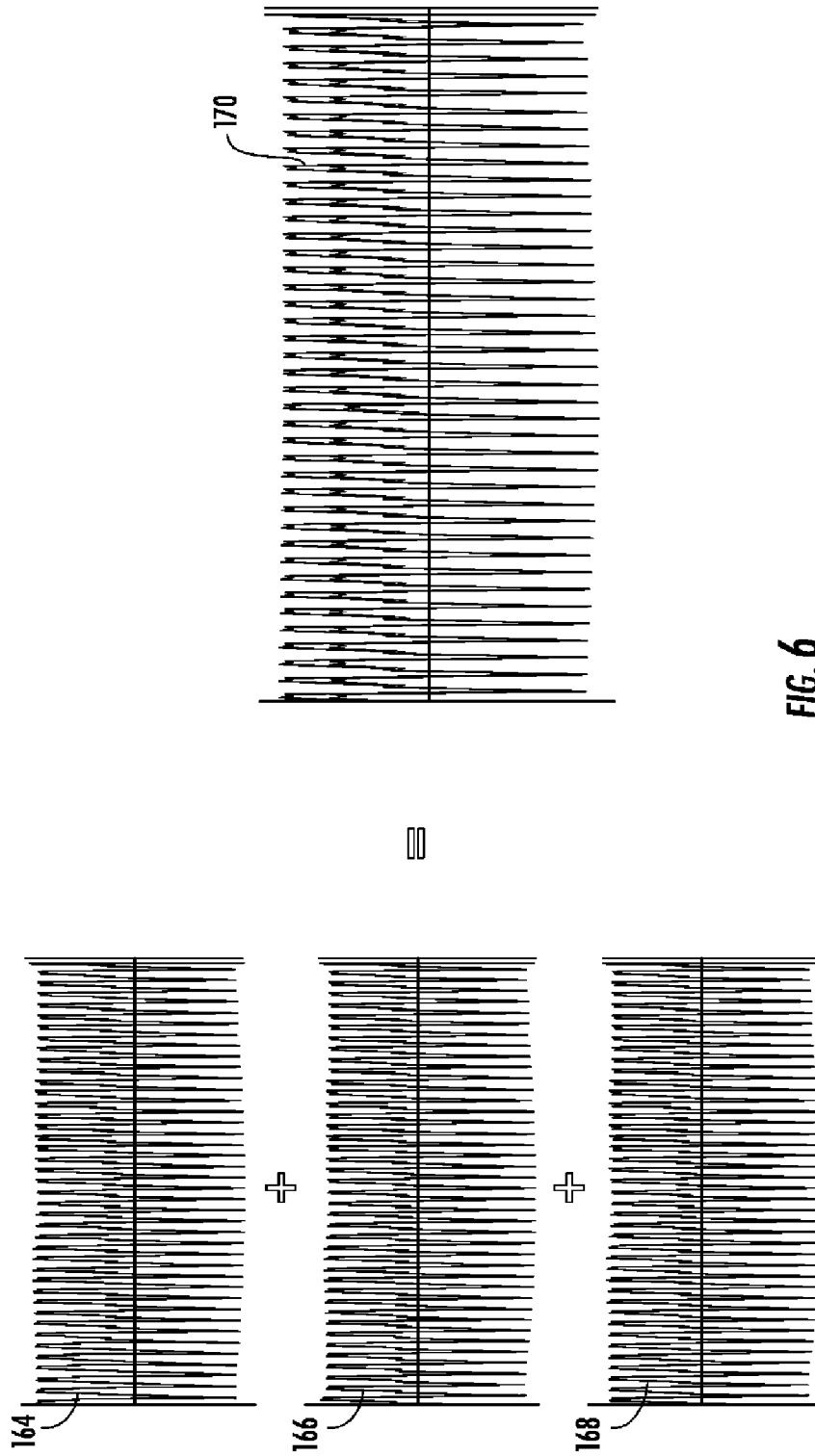


FIG. 5



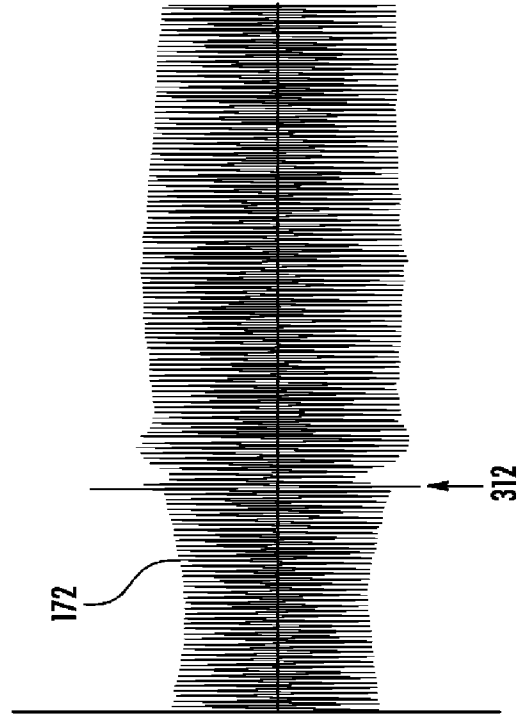
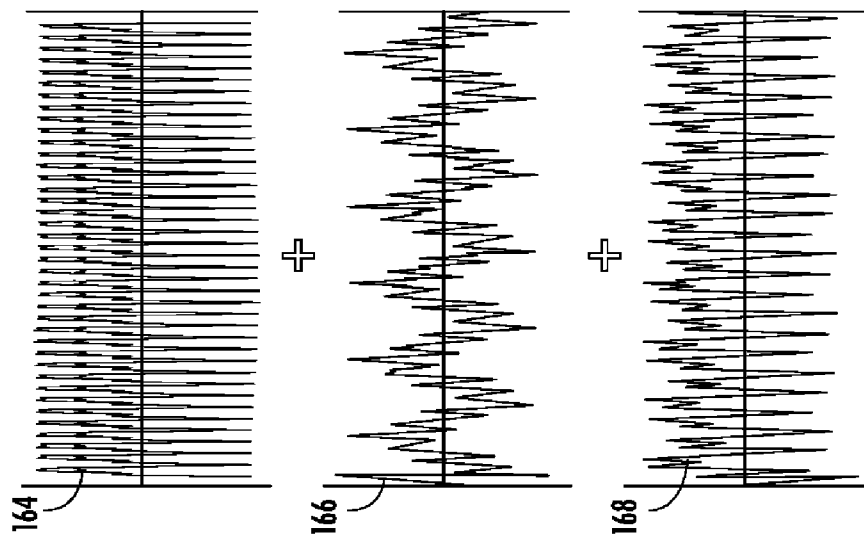


FIG. 7