

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 964 350**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.11.2020 E 20206980 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.08.2023 EP 3822480**

54 Título: **Sistema y procedimiento para controlar un parque eólico**

30 Prioridad:

15.11.2019 US 201916684771

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

05.04.2024

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA,
S.L. (100.0%)
Calle Roc Boronat 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**KOSUTH, CHARLES JOSEPH;
HART, PATRICK HAMMEL;
MOOSVI, ALINA FATIMA;
UBBEN, ENNO;
SCHULTEN, CHRISTOPH y
AKBULUT, ALEV**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 964 350 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 controlar 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 controlar parques eólicos en base a una pluralidad de medidas de capacidad de 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, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. La góndola incluye un conjunto de rotor acoplado a la multiplicadora y al generador. El conjunto de rotor y la multiplicadora están montados en un bastidor de soporte de bancada localizado dentro de la góndola. La una o más palas de rotor captan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía rotativa para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una multiplicadora o, si no se usa una multiplicadora, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica y la energía eléctrica se puede transmitir a un convertidor y/o un transformador alojado dentro de la torre y, posteriormente, distribuirse a una red de suministro. Los sistemas modernos de generación de energía eólica típicamente asumen la forma de un parque eólico que tiene múltiples dichos generadores de turbina eólica que son operables para suministrar potencia a un sistema de transmisión que proporciona potencia a una red eléctrica.

15

20

25

[0003] Estos generadores de turbina eólica y parques eólicos típicamente están diseñados para suministrar potencia a la red eléctrica. Generalmente, las turbinas eólicas están optimizadas para proporcionar potencia en estado estable ("*steady-state power*") en respuesta a un viento relativamente constante. De manera óptima, esta potencia se suministra a una red eléctrica que también es estable. Tradicionalmente, las turbinas eólicas no son particularmente adecuadas para ayudar a la red eléctrica a responder a condiciones transitorias, tales como un fallo repentino de generación, un fallo en la línea o la conexión de una carga grande. Sin embargo, a medida que más potencia generada por las turbinas eólicas se conecta a través del sistema de servicios públicos, sería deseable que las turbinas eólicas también contribuyan a la respuesta de la red eléctrica a las condiciones transitorias para estabilizar el sistema eléctrico.

30

35

[0004] Para responder a condiciones transitorias, puede ser deseable utilizar energía transitoria que pueda estar disponible en las turbinas eólicas y, por extensión, en el parque eólico. Sin embargo, pueden existir diferentes condiciones ambientales y/o mecánicas en turbinas eólicas individuales dentro del parque eólico. Como resultado de estas diferencias, las capacidades de producción de potencia de las diversas turbinas pueden diferir de una turbina a otra. Como tal, puede ser deseable adaptar las demandas impuestas a cada turbina eólica para responder a las condiciones transitorias.

40

45

50

[0005] Por tanto, la técnica busca continuamente sistemas nuevos y mejorados para controlar el parque eólico y adaptar las demandas impuestas a cualquier turbina eólica individual. Se puede encontrar parte de la técnica anterior en los documentos WO 2018/153526 A1, US 2019/003456 A1 o EP 2416007 A2. En consecuencia, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para controlar una turbina eólica con el fin de establecer instrucciones de producción de potencia para las turbinas eólicas individuales en base a las capacidades de las turbinas individuales.

Breve descripción

[0006] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser obvios a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

55

[0007] En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 para controlar un parque eólico conectado a una red eléctrica. El parque eólico puede tener una pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento puede incluir determinar, por medio de un controlador a nivel de parque del parque eólico, una señal de demanda de la red eléctrica. El procedimiento puede incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de medidas de capacidad puede incluir al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y/o una capacidad de respuesta de cada turbina eólica. El procedimiento también puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, la capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al

60

65

- menos una parte de la señal de demanda en base al perfil de capacidad de producción de potencia. El procedimiento puede incluir además determinar, con el controlador a nivel de parque, qué parte de la señal de demanda puede ser satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento puede incluir generar, con el controlador a nivel de parque, una instrucción de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Adicionalmente, el procedimiento puede incluir transmitir la instrucción de producción de potencia a la pluralidad de turbinas eólicas para controlar una potencia de salida de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 5
- 10 **[0008]** En un modo de realización, el procedimiento también puede incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición ambiental que actúa sobre el parque eólico. El procedimiento puede incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición operativa de la red eléctrica. El procedimiento también puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, un estado de funcionamiento deseado del parque eólico en base a la condición ambiental y la condición operativa de la red eléctrica. Adicionalmente, el procedimiento puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, un factor de ponderación para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad recibidas de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base al estado de funcionamiento deseado del parque eólico. Determinar el perfil de capacidad de producción de potencia para cada turbina eólica también puede incluir aplicar el factor de ponderación a la pluralidad recibida de medidas de capacidad.
- 15
- 20 **[0009]** En otro modo de realización, el procedimiento puede incluir filtrar, con el controlador a nivel de parque, al menos una medida de capacidad de la pluralidad de medidas de capacidad para al menos un estado de funcionamiento del parque eólico para impedir la consideración de la al menos una medida de capacidad durante estados de funcionamiento no aplicables del parque eólico.
- 25
- 30 **[0010]** En un modo de realización, determinar la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos la parte de la señal de demanda puede incluir además determinar, con el controlador a nivel de parque, un límite de medida de capacidad para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento también puede incluir verificar, con el controlador a nivel de parque, que las instrucciones de producción de potencia cumplan con cada uno de los límites de medida de capacidad correspondientes
- 35
- 40 **[0011]** Determinar qué parte de la señal de demanda será satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas también incluye determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la disponibilidad de potencia en estado estable para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento incluye determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la característica de potencia transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Además, el procedimiento incluye determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte restante de la señal de demanda que será satisfecha por un cambio en el estado de funcionamiento de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 45
- 50 **[0012]** En un otro modo de realización, el cambio en el estado de funcionamiento puede basarse en una capacidad de tiempo de subida (*"rise time capability"*) de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 55
- 60 **[0013]** Aún en otro modo de realización, determinar el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas también puede incluir considerar simultáneamente la pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 65 **[0014]** En un modo de realización, la característica de potencia transitoria puede basarse al menos en una disponibilidad de potencia transitoria y una disponibilidad de energía transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- [0015]** En un modo de realización adicional, la disponibilidad de energía transitoria puede ser una energía cinética de un rotor de cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas.
- [0016]** En un modo de realización, la característica de potencia transitoria también puede basarse en una eficiencia de descarga de energía para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- [0017]** En un modo de realización, el procedimiento también puede incluir recibir, con un controlador de turbina, la instrucción de potencia transmitida para una turbina eólica respectiva de la pluralidad de turbinas eólicas. El procedimiento puede incluir filtrar, con el controlador de turbina, la instrucción de producción de potencia recibida en base a una priorización interna, en el que la instrucción de potencia recibida define una producción de potencia requerida para la turbina eólica. El procedimiento puede incluir además determinar, con el controlador de turbina, una parte de la producción de potencia requerida que será satisfecha por cada una de una pluralidad de capacidades de turbina eólica. La pluralidad de capacidades de la turbina eólica incluye, al menos, la disponibilidad de potencia en estado estable, la característica de potencia transitoria y la capacidad de respuesta

de la turbina eólica. El procedimiento también puede incluir cambiar al menos un estado de funcionamiento de turbina eólica para satisfacer la producción de potencia requerida.

5 **[0018]** En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un sistema de acuerdo con la reivindicación 11 para controlar un parque eólico. El sistema puede incluir una pluralidad de turbinas eólicas acopladas de forma operativa a la red eléctrica. El sistema también puede incluir un controlador a nivel de parque acoplado de forma comunicativa a la pluralidad de turbinas eólicas y a la red eléctrica. El controlador a nivel de parque puede incluir al menos un procesador configurado para realizar una pluralidad de operaciones. La pluralidad de operaciones puede incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, una señal de demanda de la red eléctrica. Las 10 operaciones pueden incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de medidas de capacidad puede incluir al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y una capacidad de respuesta para cada turbina eólica. Adicionalmente, la pluralidad de operaciones puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad 15 de turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de operaciones puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos una parte de la señal de demanda en base al perfil de capacidad de producción de potencia. La pluralidad de operaciones puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, qué parte de la señal de demanda será satisfecha por cada una 20 de la pluralidad de turbinas eólicas en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de operaciones puede incluir además generar, con el controlador a nivel de parque, una instrucción de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de operaciones puede incluir además transmitir la instrucción de producción de potencia a la pluralidad de turbinas eólicas para controlar una potencia de salida de cada una de la pluralidad de 25 turbinas eólicas. Se debe entender que el sistema puede incluir, además, cualquiera de las etapas y/o características adicionales descritos en el presente documento.

30 **[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 la presente 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

35 **[0020]** Una divulgación completa y suficiente 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:

40 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 una vista interna en perspectiva de un modo de realización de una góndola de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

45 la FIG. 3 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;

50 la FIG. 4 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador de parque y un controlador de turbina para su uso con el parque eólico como se muestra en la FIG. 2;

la FIG. 5 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de una lógica de control de un sistema para operar un parque eólico de acuerdo con la presente divulgación;

55 la FIG. 6 ilustra un diagrama esquemático de una parte de la lógica de control de la FIG. 5 que ilustra particularmente un modo de realización de la lógica de control para interpretar una señal de demanda de la red eléctrica de acuerdo con la presente divulgación;

60 la FIG. 7 ilustra un diagrama esquemático de una parte de la lógica de control de la FIG. 5 que ilustra particularmente un modo de realización de la lógica de control para determinar una parte de la señal de demanda que será satisfecha por cada turbina de acuerdo con la presente divulgación; y

la FIG. 8 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento para controlar un parque eólico conectado a una red eléctrica de acuerdo con la presente divulgación.

65 **[0021]** Se pretende que el uso repetido de caracteres de referencia en el presente documento descriptiva y los dibujos represente características o elementos idénticos o análogos de la presente invención.

Descripción detallada

5 [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, resultará 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. Por ejemplo, se pueden usar las características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones como vengan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

15 [0023] Como se usan en el presente documento, los términos "primero", "segundo" y "tercero" se pueden usar de manera intercambiable para distinguir un componente de otro y no pretenden indicar la ubicación o la importancia de los componentes individuales.

20 [0024] Los términos "acoplado", "fijado", "unido a" y similares se refieren tanto al acoplamiento, la fijación o la unión directos como al acoplamiento, la fijación o la unión indirectos a través de uno o más componentes o características intermedios, a menos que se especifique de otro modo en el presente documento.

25 [0025] El lenguaje aproximado, como se usa en el presente documento a lo largo de la memoria descriptiva y las reivindicaciones, se aplica para modificar cualquier representación cuantitativa que podría variar de manera permisible 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 debe limitar al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje aproximado 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 aproximado se puede referir a estar dentro de un margen de un 10 %.

30 [0026] Aquí y a lo largo de 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 valores límite, y los valores límite se pueden combinar independientemente entre sí.

35 [0027] En general, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos para controlar un parque eólico conectado a una red eléctrica. En particular, la presente divulgación puede incluir un sistema y un procedimiento que pueden facilitar la adaptación de la producción de potencia de las diversas turbinas eólicas del parque eólico para tener en cuenta las condiciones ambientales y/o mecánicas variables en todo el parque eólico. Específicamente, la presente divulgación puede incluir recibir una señal de demanda de la red eléctrica. El controlador a nivel de parque puede entonces determinar cuánta de la señal de demanda puede ser satisfecha por la producción de potencia estable del parque eólico. A continuación, el controlador a nivel de parque puede determinar cuánta de la señal de demanda restante puede satisfacerse a través de una potencia y energía transitorias disponibles. La cantidad de señal de demanda que queda después de que se satisfacen partes con la potencia en estado estable y la potencia y/o energía transitoria puede necesitar una respuesta requerida de al menos una turbina del parque eólico.

40 [0028] Para satisfacer la señal de demanda, el controlador a nivel de parque también puede recibir una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de las turbinas eólicas. La pluralidad de medidas de capacidad puede incluir datos indicativos de al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y/o una capacidad de respuesta para cada turbina eólica. En base a las entradas recibidas, el controlador a nivel de parque puede determinar un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de las turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada turbina eólica. El controlador a nivel de parque puede determinar, a continuación, la disponibilidad de cada una de las turbinas eólicas para satisfacer al menos una parte de la señal de demanda en base a estos perfiles de capacidad de producción de potencia. En base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia, el controlador a nivel de parque puede determinar qué partes de la señal de demanda será satisfecha por cada turbina eólica. El controlador a nivel de parque puede generar y transmitir, a continuación, una instrucción de producción de potencia para cada una de las turbinas eólicas para controlar una potencia de salida de cada una de las turbinas eólicas.

45 [0029] Debe apreciarse que adaptar las instrucciones de producción para cada turbina eólica del parque eólico puede permitir un funcionamiento más eficiente del parque eólico. Por ejemplo, el perfil de capacidad de producción de potencia para una primera turbina puede indicar que la turbina es capaz de suministrar una gran cantidad de potencia transitoria a la red eléctrica sin desacelerar el rotor hasta un grado inaceptable. Por el contrario, el perfil de producción de potencia para una segunda turbina puede indicar que cualquier intento de

recolectar energía transitoria de la segunda turbina puede dar como resultado una desaceleración del rotor hasta tal punto que la producción de potencia en estado estable para la segunda turbina se vea afectada negativamente. En dicho escenario, el controlador a nivel de parque puede ordenar que se recolecte energía transitoria de la primera turbina además de la potencia en estado estable, mientras que la segunda turbina solo debe producir potencia en estado estable. Como tal, la producción general de potencia del parque eólico puede permanecer estable a través de una condición transitoria de la red.

[0030] 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. Como se muestra, 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 rotatorio 110 y al menos una pala de rotor 112 acoplada a y que se extiende hacia afuera del 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, energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 110 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico 118 (FIG. 2) situado dentro de la góndola 106 para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0031] La turbina eólica 100 también puede incluir un controlador de turbina 202 (FIG. 3) centralizado dentro de la góndola 106. No obstante, en otros modos de realización, el controlador de turbina 202 puede estar ubicado dentro de cualquier otro componente de la turbina eólica 100 o en una ubicación fuera de la turbina eólica. Además, el controlador de turbina 202 se puede acoplar de forma comunicativa a cualquier número de los componentes de la turbina eólica 100 para controlar los componentes. Como tal, el controlador de turbina 202 puede incluir un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por tanto, en varios modos de realización, el controlador de turbina 202 puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador de turbina 202 para realizar diversas funciones diferentes, tales como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de turbina eólica.

[0032] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de la góndola 106 de la turbina eólica 100 mostrada en la FIG. 1. Como se muestra, el generador 118 se puede acoplar al rotor 108 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 108. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 puede incluir un eje de rotor 122 acoplado al buje 110 para la rotación con el mismo. El eje de rotor 122 se puede sostener de forma rotatoria mediante un rodamiento principal 144. El eje de rotor 122, a su vez, se puede acoplar de forma rotatoria a un eje de alta velocidad 124 del generador 118 a través de una multiplicadora 126 conectada a un bastidor de soporte de bancada 136 mediante uno o más brazos de par de torsión 142. Como se entiende en general, el eje de rotor 122 puede proporcionar una entrada de par de torsión alto y velocidad baja a la multiplicadora 126 como respuesta a la rotación de las palas de rotor 112 y del buje 110. La multiplicadora 126 puede estar configurada entonces para convertir la entrada de par de torsión alto y velocidad baja en una salida de par de torsión bajo y velocidad alta para accionar el eje de alta velocidad 124 y, por tanto, el generador 118. En un modo de realización, la multiplicadora 126 puede configurarse con múltiples relaciones de transmisión para producir velocidades de rotación variables del eje de alta velocidad para una entrada de baja velocidad determinada, o viceversa.

[0033] Cada pala de rotor 112 puede incluir también un mecanismo de control de *pitch* 120 configurado para rotar cada pala de rotor 112 alrededor de su eje de *pitch* 116. El mecanismo de control de *pitch* 120 puede incluir un controlador de *pitch* 150 configurado para recibir al menos una instrucción de consigna de *pitch* desde el controlador de turbina 202. Además, cada mecanismo de control de *pitch* 120 puede incluir un motor de accionamiento de *pitch* 128 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico, hidráulico o neumático adecuado), una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 y un piñón de accionamiento de *pitch* 132. En dichos modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 128 se puede acoplar a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 128 imparta fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130. De forma similar, la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 se puede acoplar al piñón de accionamiento de *pitch* 132 para su rotación con el mismo. El piñón de accionamiento de *pitch* 132 puede estar, a su vez, en acoplamiento rotativo con un rodamiento de *pitch* 134 acoplado entre el buje 110 y una correspondiente pala de rotor 112 de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 132 provoca la rotación del rodamiento de *pitch* 134. Por tanto, en dichos modos de realización, la rotación del motor de accionamiento de *pitch* 128 acciona la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 y el piñón de accionamiento de *pitch* 132, haciendo rotar de este modo el rodamiento de *pitch* 134 y la(s) pala(s) de rotor 112 alrededor del eje de *pitch* 116. De forma similar, la turbina eólica 100 puede incluir uno o más mecanismos de accionamiento de orientación ("yaw") 138 acoplados en comunicación al controlador de turbina 202, estando configurado cada mecanismo de accionamiento de orientación 138 para cambiar el ángulo de la góndola 106 en relación con el viento (por ejemplo, engranándose con un rodamiento de orientación 140 de la turbina eólica 100).

[0034] La rotación de cada pala de rotor 112 alrededor de su eje de *pitch* 116 mediante su respectivo mecanismo de control de *pitch* 120 puede establecer un ángulo de *pitch* para cada una de las palas de rotor 112. En un modo de realización, el ángulo de *pitch* puede ser una desviación angular con respecto a una localización de *pitch* cero.

5

[0035] En referencia todavía a la FIG. 2, se pueden proporcionar uno o más sensores 156, 158, 160 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 indican 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 202 para determinar la condición de la turbina eólica 100.

10

[0036] Con referencia ahora a la FIG. 3, 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, el parque eólico 152 puede incluir una pluralidad de las turbinas eólicas 100 descritas anteriormente, y un controlador a nivel de parque 200. 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) 202 de la/las turbina(s) 100 puede(n) estar acoplado(s) de forma comunicativa al controlador a nivel de parque 200 a través de una conexión por cable, tal como conectando el/los controlador(es) de turbina 202 a través de enlaces de comunicación adecuados 154 (por ejemplo, un cable adecuado). De forma alternativa, el/los controlador(es) de turbina 202 se pueden acoplar de forma comunicativa al controlador a nivel de parque 200 a través de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Además, el controlador a nivel de parque 200 se puede configurar, en general, de manera similar al controlador de turbina 202 para cada una de las turbinas eólicas individuales 100 dentro del parque eólico 152.

15

20

25

[0037] En varios modos de realización, las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152 pueden incluir una pluralidad de sensores para monitorizar diversos datos operativos de la/las turbina(s) eólica(s) 100 y/o uno o más parámetros de viento del parque eólico 152. Por ejemplo, como se muestra, cada una de las turbinas eólicas 100 incluye un sensor ambiental 156 configurado para recopilar datos indicativos de al menos una condición ambiental. El sensor ambiental 156 puede estar acoplado de forma operativa al controlador a nivel de parque 200 y al controlador de turbina 202. Por tanto, en un modo de realización, el/los sensor(es) ambiental(es) 156 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) 156 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) 156 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) 156 se puede(n) acoplar o integrar con el rotor 108. Se debe apreciar que el/los sensor(es) ambiental(es) 156 puede(n) incluir una red de sensores y se pueden situar lejos de la/las turbina(s) 100. Debe apreciarse que las condiciones ambientales pueden variar significativamente en un parque eólico 152. Por lo tanto, el/los sensor(es) ambiental(es) 156 puede(n) permitir que las condiciones ambientales locales, tales como la velocidad del viento local, en cada turbina eólica 100 sean monitorizadas individualmente por los respectivos controladores de turbina 202 y colectivamente por el controlador a nivel de parque 200.

30

35

40

45

[0038] Con referencia todavía a la FIG. 3, en un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 también puede estar acoplado de forma operativa a al menos un sensor de red 160. El/los sensor(es) de red 160 puede(n) estar acoplado(s) de forma operativa a una red de energía eléctrica. El/los sensor(es) de red 160 puede(n) configurarse para detectar datos indicativos de una condición transitoria de la red. Los datos indicativos de la condición transitoria de la red pueden ser interpretados por el controlador a nivel de parque 200 como una señal de demanda de la red eléctrica.

50

55

[0039] Además del/de los sensor(es) ambiental(es) 156, la turbina eólica 100 también puede incluir uno o más sensores de condición de turbina 158. Por ejemplo, el sensor de condición de turbina 158 puede configurarse para monitorizar las propiedades eléctricas de la salida del generador 118 de la/las turbina(s) eólica(s) 100, tales como sensores de corriente, sensores de voltaje, sensores de temperatura o sensores de potencia que monitorizan la potencia de salida directamente en base a mediciones de corriente y voltaje.

60

[0040] En al menos un modo de realización, el/los sensor(es) de condición de turbina 158 puede(n) incluir cualquier otro sensor que se pueda utilizar para monitorizar el estado de funcionamiento de la/las turbina(s) eólica(s) 100. Más específicamente, el(los) sensor(es) de condición de turbina 158 puede(n) ser un sensor de velocidad de rotación acoplado de forma operativa al/a los controlador(es) de turbina 202. El/los sensor(es) de condición de turbina 158 puede(n) estar dirigido(s) al eje de rotor 122 de la turbina eólica 100. El/los sensor(es)

65

de condición de turbina 158 puede(n) recopilar datos indicativos de la velocidad de rotación del eje de rotor 122 y, por tanto, del rotor 108. El/los sensor(es) de condición de turbina 158 puede(n) ser, en un modo de realización, un tacómetro analógico, un tacómetro de CC, un tacómetro de CA, un tacómetro digital, un tacómetro de contacto, un tacómetro sin contacto o un tacómetro de tiempo y frecuencia.

[0041] En un modo de realización adicional, el/los sensor(es) de condición de turbina 158 puede(n) ser un sensor de *pitch*. Como tal, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) recibir una indicación de consigna de *pitch* para el rotor 108 de la turbina eólica 100 por medio de sensor(es) de condición de turbina 158 acoplado(s) de forma operativa al mecanismo de control de *pitch* 120. El/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) considerar la indicación de consigna de *pitch* a la luz de la condición ambiental para determinar si el *pitch* del rotor 108 es un estado de funcionamiento que puede cambiarse para satisfacer una producción de potencia requerida. También debe apreciarse además que las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152 pueden incluir cualquier otro sensor adecuado conocido en la técnica para medir y/o monitorizar los parámetros de viento y/o los datos operativos de turbina eólica.

[0042] En referencia ahora a las FIGS. 4-7, se presentan diagramas esquemáticos de múltiples modos de realización de un sistema 300 para controlar el parque eólico 152 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra particularmente en la FIG. 4, se ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de componentes adecuados que pueden incluirse dentro del controlador a nivel de parque 200 y el controlador de turbina 202. Por ejemplo, como se muestra, los controladores 200, 202 pueden incluir uno o más procesadores 206 y dispositivos de memoria asociados 208 configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizando los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenando datos pertinentes, tal como se divulga en el presente documento). Adicionalmente, los controladores 200, 202 pueden incluir también un módulo de comunicaciones 210 para facilitar las comunicaciones entre los controladores 200, 202 y los diversos componentes de la/las turbina(s) 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, 160 se conviertan en señales que se puedan entender y procesar por los procesadores 206. Se debe apreciar que los sensores 156, 158, 160 se pueden acoplar de forma comunicativa al módulo de comunicaciones 210 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 4, los sensores 156, 158, 160 están acoplados a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores 156, 158, 160 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 puede estar acoplado de forma operativa a un módulo de control de estado de funcionamiento 214 configurado para cambiar al menos un estado de funcionamiento de turbina eólica.

[0043] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no solo se refiere a circuitos integrados que en la técnica se refiere a que están 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, elemento(s) de memoria, que incluye(n), 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 puede(n) configurarse generalmente para almacenar instrucciones adecuadas legibles por ordenador que, cuando se implementan mediante el/los procesador(es) 206, configuran el controlador 202 para realizar diversas funciones que incluyen, pero sin limitarse a, detectar una aproximación de la condición actual a un límite dependiente de la corriente y afectar a una velocidad del generador 118 para alterar un equilibrio rotor-estator del generador 118 de modo que no se exceda el límite dependiente de la corriente y la turbina eólica 100 pueda funcionar a una potencia nominal, como se describe en el presente documento, así como diversas otras funciones adecuadas implementadas por ordenador.

[0044] En referencia particularmente a la FIG. 5, en un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para recibir una señal de demanda 302 de la red eléctrica. En determinados modos de realización, la señal de demanda 302 puede incluir un requisito de la red eléctrica de que el parque eólico 152 proporcione una salida de potencia específica en respuesta a una condición transitoria de la red eléctrica.

[0045] En un modo de realización, como se muestra en la FIG. 5, el controlador a nivel de parque 200 también puede configurarse para recibir una pluralidad de medidas de capacidad 304 de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 100. Con ese fin, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) comunicar al controlador a nivel de parque 200 una pluralidad de medidas de capacidad 304, que incluyen al menos una disponibilidad de potencia en estado estable 306, una característica de potencia transitoria 308 y una capacidad de respuesta 310, para cada turbina eólica 100 del parque eólico 152.

5 **[0046]** En un modo de realización, el parque eólico 152 puede tener una disponibilidad de potencia en estado estable 306. Esta disponibilidad de potencia en estado estable 306 puede reflejar la producción de potencia activa para el parque eólico 152 para las condiciones ambientales actualmente predominantes. Cada turbina eólica 100 del parque eólico 152 también puede tener una disponibilidad de potencia en estado estable 306 (reflejada en la FIG. 7 por el subíndice "(i)"). La disponibilidad de potencia en estado estable 306 para cada turbina eólica 100 puede indicar la capacidad de la turbina eólica 100 para continuar proporcionando una producción de potencia indicada para las condiciones ambientales actualmente predominantes. En otras palabras, la disponibilidad de potencia en estado estable 306 puede reflejar una producción de potencia relativamente invariable durante un intervalo de tiempo especificado. Debe apreciarse que la disponibilidad de potencia en estado estable 306 para las diversas turbinas eólicas 100 puede diferir de una turbina eólica a otra. Esta variación puede deberse a diferencias en las condiciones ambientales en diversas ubicaciones del parque eólico y/o diferencias en los estados de funcionamiento de las turbinas eólicas 100.

15 **[0047]** Como se representa particularmente en las FIGS. 5 y 7, la característica de potencia transitoria 308 puede reflejar la capacidad de la/las turbina(s) eólica(s) 100 para responder a una condición transitoria en la red eléctrica. La característica de potencia transitoria 308 puede, en al menos un modo de realización, basarse al menos en una disponibilidad de potencia transitoria 312 y una disponibilidad de energía transitoria 314 para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 100.

20 **[0048]** En al menos un modo de realización, la disponibilidad de energía transitoria 314 puede ser una indicación de la energía cinética del rotor 108 de la/las turbina(s) eólica(s) 100. En dicho modo de realización, el rotor 108 sirve como un volante de inercia ("flywheel") que almacena energía rotacional hasta que se requiera para el accionamiento del generador 118. La inercia rotacional del rotor 108 puede permitir que el rotor 108 continúe girando y accionando el generador 118 durante un período calculable después de una disminución en la velocidad efectiva del viento que actúa sobre la/las turbina(s) eólica(s) 100. Esto puede permitir que la/las turbina(s) eólica(s) 100 continúen produciendo una potencia en estado estable durante períodos de velocidades del viento fluctuantes. Adicionalmente, la energía cinética del rotor 108 se puede recolectar para aumentar la velocidad de rotación del eje de rotor 122 por encima de lo que de otro modo se podría lograr en respuesta directa a las condiciones ambientales actualmente predominantes. En un modo de realización, esto se puede lograr aumentando el par de torsión del generador 118. Siempre que el par de torsión aumentado no exceda la inercia rotacional del rotor 108, el aumento del par de torsión puede dar como resultado una velocidad de rotación más alta del eje de alta velocidad 124 y, por tanto, una mayor potencia de salida. Sin embargo, la recolección de energía cinética también puede servir para desacelerar el rotor. Si el aumento del par de torsión es demasiado grande o se aplica durante un período demasiado largo, el rotor 108 puede desacelerarse hasta tal punto que la/s turbina(s) eólica(s) 100 se vuelven incapaces de producir la potencia requerida en estado estable. Como tal, aumentar la producción de potencia utilizando la energía cinética almacenada puede ser un proceso transitorio limitado por la cantidad de energía cinética almacenada en el rotor 108 y el grado en que aumenta el par de torsión del generador 118.

40 **[0049]** En un modo de realización, la disponibilidad de potencia transitoria 312 puede ser una indicación de la accesibilidad de la energía cinética del rotor 108 para la producción de potencia por parte del generador 118. La disponibilidad de potencia transitoria 312 puede ser un límite de hardware que afecta la velocidad a la que se puede recolectar energía cinética del rotor 108 y convertirla en potencia eléctrica. Por ejemplo, reconociendo que recolectar la energía cinética del rotor 108 para producir potencia eléctrica puede dar como resultado un aumento en la velocidad de rotación del eje de alta velocidad 124, una velocidad de rotación máxima aceptable del eje de alta velocidad 124 puede servir para limitar la velocidad a la que se puede descargar la energía cinética del rotor. En otras palabras, en un modo de realización de ejemplo, la energía cinética del rotor 108 puede ser suficiente para convertirse en una cierta cantidad de potencia eléctrica, pero el hardware de la/s turbina(s) eólica(s) 100 puede limitar esta producción a una fracción de esa cantidad. por intervalo de tiempo. En dicho modo de realización de ejemplo, la disponibilidad de potencia transitoria 312 puede limitar la característica de potencia transitoria 308 a una fracción por intervalo de tiempo.

55 **[0050]** Debe apreciarse que en al menos un modo de realización, la disponibilidad de potencia transitoria 312 puede ser mayor que la disponibilidad de energía transitoria 314. En otras palabras, la velocidad a la que la energía cinética del rotor 108 puede convertirse en potencia eléctrica puede exceder la cantidad de energía cinética almacenada en el rotor 108 y la conversión de la energía cinética en potencia eléctrica puede desacelerar rápidamente el rotor 108. En dicho modo de realización, la característica de potencia transitoria 308 puede estar limitada por la disponibilidad de energía transitoria 314 en lugar de la disponibilidad de potencia transitoria 312 como se analizó anteriormente.

60 **[0051]** Con referencia todavía a las FIGS. 5 y 7, en un modo de realización, la característica de potencia transitoria 308 también puede incluir una eficiencia de descarga de energía transitoria 316. La eficiencia de descarga de energía transitoria 316 puede ser una medida de eficiencia con la que el generador 118 convierte la energía cinética del rotor 108 en potencia eléctrica y la transmite a la red eléctrica. La eficiencia de descarga de energía transitoria 316 puede verse afectada, por ejemplo, por las características físicas del generador 118, el

transformador, el convertidor, el cableado, la multiplicadora 126 y/o cualquier otro componente de la/s turbina(s) eólica(s) 100.

5 **[0052]** En un modo de realización, la capacidad de respuesta 310 puede reflejar la capacidad de la/s turbina(s) eólica(s) 100 para responder a una instrucción de producción de potencia 332 desde el controlador a nivel de
 10 parque 200. La capacidad de la/s turbina(s) eólica(s) 100 para responder a una instrucción de producción de potencia 332 puede corresponder a un estado de funcionamiento de la turbina, un límite mecánico, una condición ambiental o una combinación de los mismos. Por ejemplo, en un modo de realización en el que la turbina eólica
 15 100 está funcionando en un estado sin potencia debido a una velocidad del viento que excede un límite para la/ las turbina(s) eólica(s) 100, la/ las turbina(s) eólica(s) 100 puede(n) carecer de la capacidad para aumentar la producción de potencia en estado estable del generador 118, ya que hacerlo puede representar un riesgo inaceptable para la/ las turbina(s) eólica(s) 100. De forma similar, una velocidad del viento puede ser insuficiente para impulsar un aumento en la velocidad de rotación del rotor 108 de la/ las turbina(s) eólica(s) 100. Como tal, la respuesta de la/ las turbina(s) eólica(s) 100 a instrucciones de producción de potencia puede verse restringida. En un modo de realización alternativo, una condición mecánica de la/ las turbina(s) eólica(s), tal como un fallo en el mecanismo de control de *pitch* 120, puede impedir una respuesta óptima a la instrucción de potencia. De forma alternativa, la capacidad de respuesta 310 puede indicar que la/ las turbina(s) eólica(s) 100 son fácilmente capaces de responder positivamente a la instrucción de producción de potencia y, por tanto, pueden aumentar la potencia de salida del generador 118. Debe apreciarse que se puede priorizar la/ las turbina(s) 100 con mayor capacidad de respuesta para soportar cambios en las consignas de potencia.

25 **[0053]** En referencia nuevamente a las FIGS. 4-7, en un modo de realización, tal como la representada particularmente en la FIG. 6, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para determinar la cantidad de señal de demanda 302 que puede satisfacerse mediante la disponibilidad de potencia en estado estable 306 del parque eólico 152. Esta determinación puede establecer el requisito de potencia en estado estable 318 de la señal de demanda 302. El controlador a nivel de parque 200 puede restar la disponibilidad de potencia en estado estable 306 de la señal de demanda 302 para derivar el requisito de potencia transitoria 320 de la señal de demanda 302. Adicionalmente, el controlador a nivel de parque 200 puede restar tanto la disponibilidad de potencia en estado estable 306 como la característica de potencia transitoria 308 para derivar la respuesta requerida del parque eólico 152. En otras palabras, el sistema 300 puede intentar satisfacer primero la señal de demanda 302 usando la potencia en estado estable disponible. El sistema 300 puede intentar, a continuación, satisfacer cualquier parte de la señal de demanda 302 que permanezca en exceso de la disponibilidad de potencia en estado estable 306 con la potencia transitoria. Finalmente, el sistema 300 puede intentar satisfacer la parte restante, si la hay, de la señal de demanda 302 generando una respuesta dentro del parque eólico 152. La respuesta puede, por ejemplo, incluir aumentar la producción de potencia en estado estable de la/ las turbina(s) eólica(s) 100.

40 **[0054]** Como se muestra en 324 de la FIG. 5, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para determinar un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de las turbinas eólicas 100. El controlador a nivel de parque 200 puede analizar la pluralidad de medidas de capacidad 304 para cada una de las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152. Los perfiles de capacidad de producción de potencia pueden indicar una capacidad inicial de la/ las turbina(s) eólica(s) 100 para responder a la señal de demanda 302. Debe apreciarse que los perfiles de capacidad de producción de potencia pueden indicar que determinadas turbinas eólicas 100 pueden estar mejor situadas para responder al requisito de potencia en estado estable 318, mientras que otras turbinas eólicas 100 pueden estar mejor situadas para responder al requisito de potencia transitoria 320.

50 **[0055]** En al menos un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para determinar un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de las turbinas eólicas 100 considerando simultáneamente la pluralidad de medidas de capacidad 304. La consideración de múltiples medidas de capacidad 304 simultáneamente permite metodologías de distribución no lineales, que pueden permitir que la potencia transitoria disponible se utilice de manera más eficiente. A su vez, esto puede producir una duración de descarga más larga para la característica de potencia transitoria 308; en otras palabras, al considerar múltiples medidas de capacidad 304 simultáneamente, el controlador a nivel de parque 200 puede evitar sobrecargar una primera turbina eólica 100 y al mismo tiempo subutilizar una segunda turbina eólica 100. Por tanto, se puede aumentar la eficiencia general de la respuesta del parque eólico 152 a una señal de demanda 302.

60 **[0056]** En referencia todavía a 324 de la FIG. 5, en un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para aplicar un factor de ponderación a la pluralidad recibida de medidas de capacidad 304 para determinar el perfil de capacidad de producción de potencia para cada turbina eólica 100. Para determinar el factor de ponderación, el controlador a nivel de parque 200 puede configurarse para recibir datos indicativos de una condición ambiental 326 que actúa sobre el parque eólico 152 por medio del/de los sensor(es) ambiental(es) 156. La condición ambiental 326 puede ser una condición ambiental promedio que actúa sobre la totalidad del parque eólico 152 o, de forma alternativa, puede ser seleccionada por el controlador a nivel de parque 200 entre una pluralidad de condiciones ambientales que actúan en diferentes ubicaciones a lo

largo del parque eólico 152. El controlador a nivel de parque 200 también puede configurarse para recibir datos indicativos de una condición de red 328 de la red eléctrica por medio del/de los sensor(es) de red 160. La condición de red 328 puede reflejar la condición operativa de la red eléctrica. Por ejemplo, el/los sensor(es) de red 160 puede(n) detectar una condición de red que indica una red eléctrica relativamente estable, una red que experimenta una condición de carga alta, una red que experimenta eventos transitorios menores frecuentes y/o una red que experimenta una condición transitoria relativamente significativa, tal como un apagado inesperado de una central de energía conectada.

[0057] En un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 puede determinar un estado de funcionamiento deseado del parque eólico en base a la condición ambiental 326 y la condición de red 328. Por ejemplo, en base a la condición ambiental 326 predominante actualmente y la condición de red 328, el controlador a nivel de parque 200 puede determinar que el parque eólico 152 debe optimizarse para la producción de potencia en estado estable a expensas del almacenamiento de energía cinética o inercial en todo el parque eólico 152. De forma alternativa, el controlador a nivel de parque 200 puede optar por priorizar el almacenamiento de energía inercial para posicionar el parque eólico 152 para que pueda responder mejor a condiciones transitorias en la red eléctrica. En dicho modo de realización, se puede permitir que la velocidad de los rotores 108 de la/las turbina(s) eólica(s) 100 aumente en respuesta a la condición ambiental 326 mientras que el par de torsión del generador 118 se puede disminuir dando como resultado un almacenamiento de energía cinética en los rotores 108. Debe apreciarse que el estado de funcionamiento del parque eólico puede no ser una elección binaria entre priorizar la potencia en estado estable y el almacenamiento de energía cinética, sino que puede ser una combinación de ambos.

[0058] En un modo de realización, el sistema 300 puede dirigir el establecimiento del estado de funcionamiento deseado del parque eólico por medio del controlador a nivel de parque 200 aplicando el factor de ponderación a la pluralidad de medidas de capacidad 304. Los factores de ponderación pueden, por tanto, alterar el perfil de capacidad de producción de potencia para cada turbina eólica 100. Por ejemplo, en un modo de realización en el que puede ser deseable aumentar la energía cinética almacenada del/ de los rotor(es) 108, el controlador a nivel de parque 200 puede aplicar un factor de ponderación a la característica de potencia transitoria 308 que sirve para reducir eficazmente la cantidad de potencia transitoria que puede estar disponible para cumplir el requisito de potencia transitoria 320. Por tanto, debido a que la cantidad calculada de la característica de potencia transitoria 308 puede ser menor que la cantidad de potencia transitoria que realmente puede estar disponible en el parque eólico 152, el parque eólico 152 puede almacenar energía cinética adicional en la/las turbina(s) eólica(s) 100.

[0059] En al menos un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 puede filtrar al menos una medida de capacidad de la pluralidad de medidas de capacidad 304 para al menos un estado de funcionamiento del parque eólico. Filtrar las medidas de capacidad 304 puede impedir la consideración de la al menos una medida de capacidad durante estados de funcionamiento no aplicables del parque eólico 152. Al filtrar la pluralidad de medidas de capacidad 304, el controlador a nivel de parque 200 puede evitar la interferencia entre medidas de capacidad durante determinados estados de funcionamiento en los que una de las medidas de capacidad puede no ser relevante. Por ejemplo, en un escenario en el que las condiciones de red son relativamente estables, el controlador a nivel de parque 200 puede filtrar la característica de potencia transitoria 308 de las medidas de capacidad 304. En dicha situación, el controlador a nivel de parque 200 puede no considerar la característica de potencia transitoria 308 como una capacidad de la/las turbina(s) eólica(s) 100 para satisfacer la señal de demanda 302. Sin embargo, si el sensor de red 160 detecta un evento de baja frecuencia que puede requerir una respuesta inercial del parque eólico 152, el controlador a nivel de parque 200 puede dejar de filtrar la característica de potencia transitoria 308 de modo que la característica de potencia transitoria 308 pueda utilizarse para satisfacer una parte de la señal de demanda 302.

[0060] Como se muestra en 330 de la FIG. 5, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para determinar la disponibilidad de cada una de las turbinas eólicas 100 para satisfacer, al menos una parte, de la señal de demanda 302 en base a los perfiles de capacidad de producción de potencia. Por ejemplo, el perfil de capacidad de producción de potencia para una de las turbinas eólicas 100 puede indicar que la turbina eólica 100 no tiene la capacidad de satisfacer ninguna parte del requisito de potencia transitoria 320. Esta incapacidad puede deberse a condiciones en la turbina eólica 100 y/o a la ponderación analizada anteriormente.

[0061] En al menos un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 también puede determinar un límite de medida de capacidad para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad 304 de la/las turbina(s) eólica(s) 100. El controlador a nivel de parque 200 puede verificar, a continuación, que cualquier instrucción de producción de potencia 332 a la/las turbina(s) eólica(s) 100 cumple con cada uno de los límites métricos de capacidad correspondientes. Por ejemplo, en un modo de realización, la configuración de hardware de la/las turbina(s) eólica(s) 100 puede limitar la producción de potencia de la/las turbina(s) eólica(s) 100 a una salida máxima. En dicho modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 puede verificar que cumplir con la respuesta requerida 322 no hará que la/las turbina(s) eólica(s) 100 superen el límite máximo de salida. De forma alternativa, en un modo de realización, la/las turbina(s) eólica(s) 100 pueden requerir que el rotor 108 tenga una

determinada inercia, o velocidad, para responder eficazmente a las condiciones ambientales predominantes 326. En dicho modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 puede verificar que cumplir con la respuesta requerida 322 no desacelerará el rotor 108 hasta tal punto que viole el límite de velocidad mínimo para el rotor 108.

5

[0062] Como se muestra en 334 de la FIG. 5, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para determinar qué parte de la señal de demanda 302 será satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 100 en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 100. Esta determinación puede incluir determinar una parte anticipada de la señal de demanda 302 que será satisfecha por la disponibilidad de potencia en estado estable 306 para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas 100. Como se ilustra particularmente en la FIG. 7, el controlador a nivel de parque 200 puede dividir, en 336, la disponibilidad de potencia en estado estable 306 para una primera turbina eólica 100 por la disponibilidad de potencia en estado estable 306 para el parque eólico 152. El controlador a nivel de parque 200 puede multiplicar a continuación, en 338, el valor resultante por el requisito de potencia en estado estable 318 para obtener la parte del requisito de potencia en estado estable 318 que será satisfecha por la primera turbina eólica 100. El controlador a nivel de parque 200 puede, en al menos un modo de realización, realizar el mismo cálculo simultáneamente para el resto de las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152.

10

15

20

25

[0063] En referencia todavía a la FIG. 7, el controlador a nivel de parque 200 puede determinar la parte de la señal de demanda 302 que será satisfecha por la característica de potencia transitoria 308 de cada turbina eólica 100 del parque eólico 152. Para realizar esta determinación, el controlador a nivel de parque 200 puede dividir, en 340, la característica de potencia transitoria 308 para la primera turbina eólica 100 por la característica de potencia transitoria 308 para el parque eólico. El controlador a nivel de parque 200 puede multiplicar a continuación, en 342, el valor resultante por el requisito de potencia transitoria 320 para obtener la parte del requisito de potencia transitoria 320 que será satisfecha por la primera turbina eólica 100. El controlador a nivel de parque 200 puede, en al menos un modo de realización, realizar el mismo cálculo simultáneamente para el resto de las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152.

30

35

[0064] En referencia todavía a la FIG. 7, el controlador a nivel de parque 200 puede determinar la parte de la señal de demanda que será satisfecha por la capacidad de respuesta 310 de cada turbina eólica 100 del parque eólico 152. Para realizar esta determinación, el controlador a nivel de parque 200 puede dividir, en 344, un valor que representa la capacidad de respuesta 310, tal como la capacidad de tiempo de subida, de la primera turbina eólica 100 por un valor que representa la capacidad de respuesta 310 para el parque eólico. El controlador a nivel de parque 200 puede multiplicar a continuación, en 346, el valor resultante por la respuesta requerida 322 para obtener la parte de la respuesta requerida 322 que será satisfecha por la primera turbina eólica 100. El controlador a nivel de parque 200 puede, en al menos un modo de realización, realizar el mismo cálculo simultáneamente para el resto de las turbinas eólicas 100 del parque eólico 152.

40

45

50

55

[0065] En referencia en general a las FIGS. 4-7, en un modo de realización, el controlador a nivel de parque 200 del sistema 300 puede configurarse para combinar, en 348, las diversas partes de la señal de demanda 302 que será satisfecha por una única turbina eólica 100 y generar una instrucción de producción de potencia 332 para cada turbina eólica 100 del parque eólico 152. La instrucción única y combinada de producción de potencia 332 para cada turbina eólica 100 puede definir una producción de potencia requerida para la turbina eólica 100. La instrucción de producción de potencia 332 puede basarse en las partes de la señal de demanda que serán satisfechas por la turbina eólica particular 100, que a su vez puede basarse en la disponibilidad de la turbina eólica particular 100 y la capacidad de la turbina eólica particular 100 para proporcionar la producción de potencia requerida. Sin embargo, la instrucción de producción de potencia 332 transmitida a la/las turbina(s) eólica(s) 100 puede no especificar qué partes de la producción de potencia requerida pueden ser satisfechas por al menos la disponibilidad de potencia en estado estable 306, la característica de potencia transitoria 308 y la capacidad de respuesta 310 para la/las turbina(s) eólica(s) 100. Como tal, se debe apreciar que, utilizar una única instrucción de potencia combinada 332 puede permitir una regulación a nivel de turbina de la producción de potencia en base a una priorización interna de la/las turbina(s) eólica(s) 100. Debe apreciarse además que la generación de la instrucción de producción de potencia 332 puede ocurrir cíclicamente a una velocidad de menos de una vez cada 100 milisegundos, por ejemplo a una velocidad de una vez cada 40 milisegundos o menos.

60

[0066] Como se muestra en 350 de la FIG. 5, en un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 202 del sistema 300 puede(n) configurarse para recibir la instrucción de potencia transmitida 332 para una respectiva turbina eólica 100 del parque eólico 152. Como se muestra en 352, en un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) filtrar la instrucción de potencia recibida 332, que define la producción de potencia requerida para la turbina eólica 100, en base a una priorización interna para la/las turbina(s) eólica(s) 100.

65

[0067] Como se muestra en 354, en un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) determinar una parte de la producción de potencia requerida que será satisfecha por cada una de una pluralidad de capacidades de turbina eólica. La pluralidad de capacidades de la turbina eólica incluye, al menos, la

disponibilidad de potencia en estado estable 306, la característica de potencia transitoria 308 y la capacidad de respuesta 310 de la turbina eólica 100. En base a esta determinación, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) seleccionar una condición de funcionamiento de la turbina eólica 100 para su ajuste. En un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) equilibrar las diversas entradas recibidas desde el/los sensor(es) de condición de turbina 158 con respecto al funcionamiento de la/las turbina(s) eólica(s) 100 y la condición ambiental 326 para seleccionar un parámetro de funcionamiento óptimo para su ajuste. Debe apreciarse, sin embargo, que el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n), en consideración de las diversas entradas, determinar que la/las turbina(s) eólica(s) 100 no pueden satisfacer el requisito de producción de potencia y pueden informar, por tanto, controlador a nivel de parque 200.

[0068] Como se muestra en 356 de la FIG. 5, el/los controlador(es) de turbina 202 también puede(n) configurarse para cambiar al menos un estado de funcionamiento de turbina eólica para satisfacer la producción de potencia requerida. En un modo de realización, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) transmitir una señal de instrucción al módulo de control de estado de funcionamiento 214 para afectar a un cambio en al menos un aspecto del estado de funcionamiento de la turbina eólica.

[0069] En un modo de realización de ejemplo, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) seleccionar el *pitch* de las palas de rotor 112 como el parámetro de funcionamiento a ajustar para afectar a la velocidad del eje del generador 118 y por lo tanto aumentar (o disminuir) la producción de potencia de la/las turbina(s) eólica(s) 100. Con ese fin, el controlador de turbina 204 puede generar y transmitir una instrucción de consigna de *pitch* al controlador de *pitch* 150 del mecanismo de control de *pitch* 120. La instrucción de consigna de *pitch* puede ordenar al mecanismo de control de *pitch* 120 que incline al menos una de las palas del rotor 112 del/ de los rotor(es) 108 de la turbina eólica 100 para acelerar el/los rotor(es) 108 de la/las turbina(s) eólica(s) 100 para la condición ambiental determinada 226. Una aceleración del/de los rotor(es) 108 puede dar como resultado la aceleración del eje de rotor 122, el eje de alta velocidad 124 y el generador 118, a su vez. Debe apreciarse que dicho ajuste puede no ordenarse si la turbina eólica 100 está funcionando en un estado sin potencia en base a una velocidad del viento que excede un límite.

[0070] En un modo de realización alternativo, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) seleccionar el par de torsión del generador como el parámetro de funcionamiento a ajustar para aumentar el par de torsión y recolectar una parte de la energía transitoria 314 del/ de los rotor(es) 108 convirtiendo la energía transitoria 314 en una producción de potencia eléctrica del generador 118. Con ese fin, el/los controlador(es) de turbina 202 puede(n) generar y transmitir una instrucción de par de torsión al convertidor ordenando al convertidor que aumente el par de torsión del generador 118, disminuyendo así la velocidad de rotación del/ de los rotor(es) 108.

[0071] En referencia ahora a la FIG. 8, se ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un procedimiento 400 para controlar un parque eólico. El procedimiento 400 se puede implementar usando, por ejemplo, el sistema 300 de la presente divulgación analizado anteriormente con referencia a las FIGS. 1-7. La FIG. 8 representa las etapas realizadas en un orden particular para propósitos de ilustración y análisis. Usando las divulgaciones proporcionadas en el presente documento, los expertos en la técnica entenderán que diversas etapas del procedimiento 400, o cualquiera de los procedimientos divulgados en el presente documento, se pueden adaptar, modificar, reordenar, realizar simultáneamente o modificar de diversas formas sin apartarse del alcance de la presente divulgación.

[0072] Como se muestra en (402), el procedimiento 400 puede incluir recibir, con un controlador a nivel de parque del parque eólico, una señal de demanda de la red eléctrica. Como se muestra en (404), el procedimiento 400 puede incluir recibir, con el controlador a nivel de parque, una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. La pluralidad de medidas de capacidad incluyen al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y una capacidad de respuesta para cada turbina eólica. Como se muestra en (406), el procedimiento 400 puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Como se muestra en (408), el procedimiento 400 puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos una parte de la señal de demanda en base a los perfiles de capacidad de producción de potencia. Como se muestra en (410), el procedimiento 400 puede incluir determinar, con el controlador a nivel de parque, qué parte de la señal de demanda será satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Adicionalmente, como se muestra en (412), el procedimiento 400 puede incluir generar, con el controlador a nivel de parque, instrucciones de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas. Como se muestra en (414), el procedimiento 400 puede incluir transmitir las instrucciones de producción de potencia a la pluralidad de turbinas eólicas para controlar la potencia de salida de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.

[0073] Además, el experto en la técnica reconocerá la intercambiabilidad de diversas características de diferentes modos de realización. De forma similar, las diversas etapas de procedimiento y características

- descritas, así como otros equivalentes conocidos para cada uno de dichos procedimientos y rasgo característico, se pueden mezclar y combinar por un experto en esta técnica para construir sistemas y técnicas adicionales de acuerdo con los principios de la presente divulgación. Por supuesto, se ha de entender que no todos de dichos objetivos o ventajas descritos anteriormente se pueden lograr necesariamente de acuerdo con cualquier modo de realización particular. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la técnica reconocerán que los sistemas y técnicas descritos en el presente documento se pueden realizar o llevar a cabo de manera que logre u optimice una ventaja o grupo de ventajas, como se enseña en el presente documento sin lograr necesariamente otros objetivos o ventajas como se pueda enseñar o sugerir en el presente documento.
- 5
- 10 **[0074]** Esta descripción escrita usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica practique la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar un parque eólico conectado a una red eléctrica, teniendo el parque eólico una pluralidad de turbinas eólicas, comprendiendo el procedimiento:

5

recibir, con un controlador a nivel de parque del parque eólico, una señal de demanda de la red eléctrica;

10

recibir, con el controlador a nivel de parque, una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, la pluralidad de medidas de capacidad incluyen al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y una capacidad de respuesta de cada turbina eólica;

15

determinar, con el controlador a nivel de parque, un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;

20

determinar, con el controlador a nivel de parque, la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos una parte de la señal de demanda en base a los perfiles de capacidad de producción de potencia;

25

determinar, con el controlador a nivel de parque, qué parte de la señal de demanda debe ser satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que determinar qué parte de la señal de demanda a satisfacer por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas comprende:

30

determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la disponibilidad de potencia en estado estable para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;

35

determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la característica de potencia transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y

40

determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte restante de la señal de demanda que será satisfecha por un cambio en un estado de funcionamiento de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;

45

generar, con el controlador a nivel de parque, una instrucción de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y

transmitir las instrucciones de producción de potencia a la pluralidad de turbinas eólicas para controlar una potencia de salida de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

50

recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición ambiental que actúa sobre el parque eólico;

55

recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición operativa de la red eléctrica;

60

determinar, con el controlador a nivel de parque, un estado de funcionamiento deseado del parque eólico en base a la condición ambiental y la condición operativa de la red eléctrica; y

determinar, con el controlador a nivel de parque, un factor de ponderación para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad recibidas de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base al estado de funcionamiento deseado del parque eólico, en el que determinar además el perfil de capacidad de producción de potencia para cada turbina eólica comprende aplicar el factor de ponderación a la pluralidad recibida de medidas de capacidad.

3. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-2, que comprende además: filtrar, con el controlador a nivel de parque, al menos una medida de capacidad de la pluralidad de medidas de capacidad para al menos un estado de funcionamiento del parque eólico para impedir la consideración de la al menos una medida de capacidad durante estados de funcionamiento no aplicables del parque eólico.

65

4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que determinar la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos la parte de la señal de demanda comprende además:
- 5
- determinar, con el controlador a nivel de parque, un límite de medida de capacidad para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y
- 10
- verificar, con el controlador a nivel de parque, que la instrucción de producción de potencia cumpla con cada uno de los límites de medida de capacidad correspondientes.
- 15
5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el cambio en el estado de funcionamiento se basa en una capacidad de tiempo de subida de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que determinar el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas comprende además considerar simultáneamente la pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 20
7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la característica de potencia transitoria se basa al menos en una disponibilidad de potencia transitoria y una disponibilidad de energía transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 25
8. El procedimiento de la reivindicación 7, en el que la disponibilidad de energía transitoria es una cantidad de energía cinética de un rotor de cada turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas.
9. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la característica de potencia transitoria comprende además una eficiencia de descarga de energía transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 30
10. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, que comprende además:
- 35
- recibir, con un controlador de turbina, la instrucción de producción de potencia transmitida para una turbina eólica respectiva de la pluralidad de turbinas eólicas;
- filtrar, con el controlador de turbina, la instrucción de producción de potencia recibida en base a una priorización interna, en el que la instrucción de potencia recibida define una producción de potencia requerida para la turbina eólica;
- 40
- determinar, con el controlador de turbina, una parte de la producción de potencia requerida que será satisfecha por cada una de una pluralidad de capacidades de turbina eólica, en el que la pluralidad de capacidades de turbina eólica incluyen al menos la disponibilidad de potencia en estado estable, la característica de potencia transitoria, y la capacidad de respuesta de la turbina eólica; y
- 45
- cambiar al menos un estado de funcionamiento de turbina eólica para satisfacer la producción de potencia requerida.
11. Un sistema para controlar un parque eólico, comprendiendo el sistema:
- 50
- una pluralidad de turbinas eólicas acopladas de forma operativa a una red eléctrica; y
- un controlador a nivel de parque acoplado de forma comunicativa a la pluralidad de turbinas eólicas y a la red eléctrica, comprendiendo el controlador a nivel de parque al menos un procesador configurado para realizar una pluralidad de operaciones, comprendiendo la pluralidad de operaciones:
- 55
- recibir, con un controlador a nivel de parque del parque eólico, una señal de demanda de la red eléctrica,
- 60
- recibir, con el controlador a nivel de parque, una pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, la pluralidad de medidas de capacidad incluyen al menos una disponibilidad de potencia en estado estable, una característica de potencia transitoria y una capacidad de respuesta de cada turbina eólica;
- 65
- determinar, con el controlador a nivel de parque, un perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas analizando la pluralidad de medidas de capacidad para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;

- 5 determinar, con el controlador a nivel de parque, la disponibilidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas para satisfacer al menos una parte de la señal de demanda en base a los perfiles de capacidad de producción de potencia;
- 10 determinar, con el controlador a nivel de parque, qué parte de la señal de demanda debe ser satisfecha por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base a la disponibilidad y el perfil de capacidad de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas, en el que determinar qué parte de la señal de demanda a satisfacer por cada una de la pluralidad de turbinas eólicas comprende:
- 15 determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la disponibilidad de potencia en estado estable para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;
- 20 determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte anticipada de la señal de demanda que será satisfecha por la característica de potencia transitoria para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y
- 25 determinar, con el controlador a nivel de parque, una parte restante de la señal de demanda que será satisfecha por un cambio en un estado de funcionamiento de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas;
- 30 generar, con el controlador a nivel de parque, una instrucción de producción de potencia para cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y
- 35 transmitir las instrucciones de producción de potencia a la pluralidad de turbinas eólicas para controlar una potencia de salida de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas.
- 30 12. El sistema de la reivindicación 11, en el que el sistema comprende además al menos un sensor ambiental y en el que la pluralidad de operaciones comprende además:
- 35 recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición ambiental que actúa sobre el parque eólico;
- 40 recibir, con el controlador a nivel de parque, datos indicativos de una condición operativa de la red eléctrica;
- 45 determinar, con el controlador a nivel de parque, un estado de funcionamiento deseado del parque eólico en base a la condición ambiental y la condición operativa de la red eléctrica; y
- 50 determinar, con el controlador a nivel de parque, un factor de ponderación para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad recibidas de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas en base al estado de funcionamiento deseado del parque eólico, en el que determinar además el perfil de capacidad de producción de potencia para cada turbina eólica comprende aplicar el factor de ponderación a la pluralidad recibida de medidas de capacidad.
- 55 13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en el que la pluralidad de operaciones comprende además:
- 50 determinar, con el controlador a nivel de parque, un límite de medida de capacidad para cada una de la pluralidad de medidas de capacidad de cada una de la pluralidad de turbinas eólicas; y
- 55 verificar, con el controlador a nivel de parque, que la instrucción de producción de potencia cumpla con cada uno de los límites de medida de capacidad correspondientes.

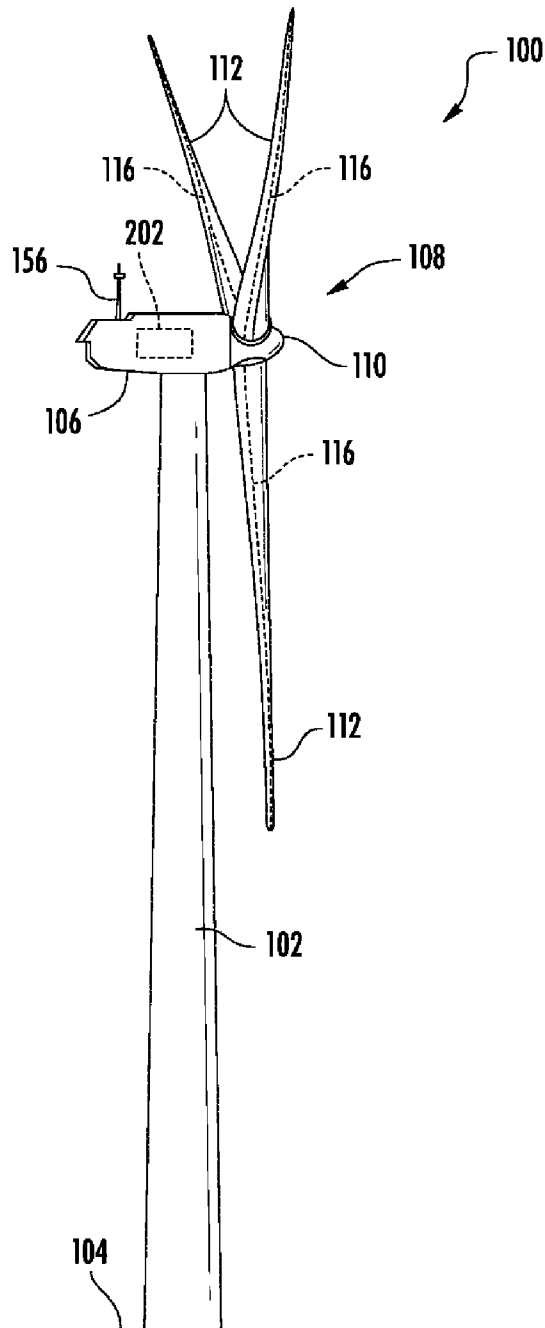


FIG. 1

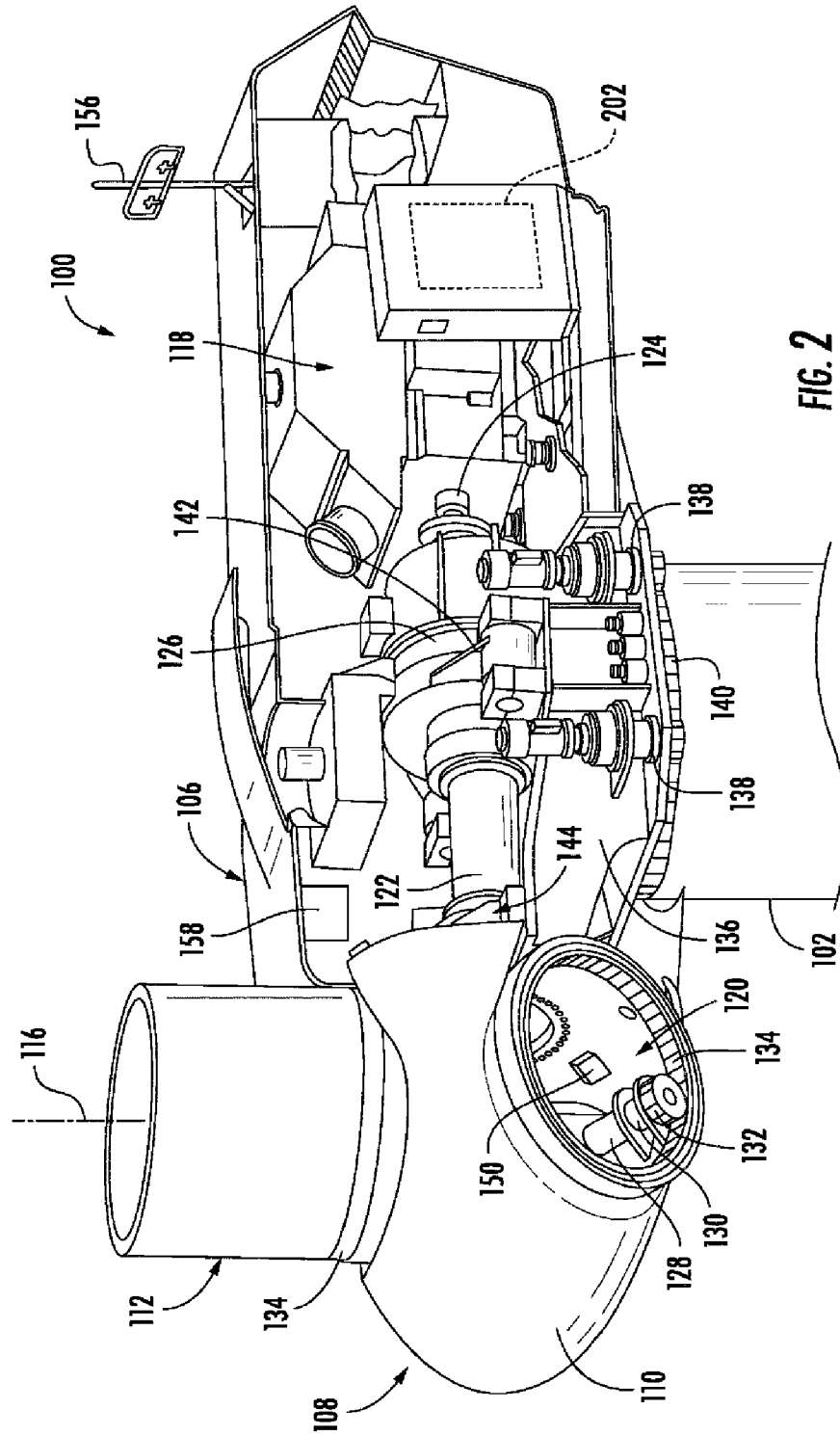


FIG. 2

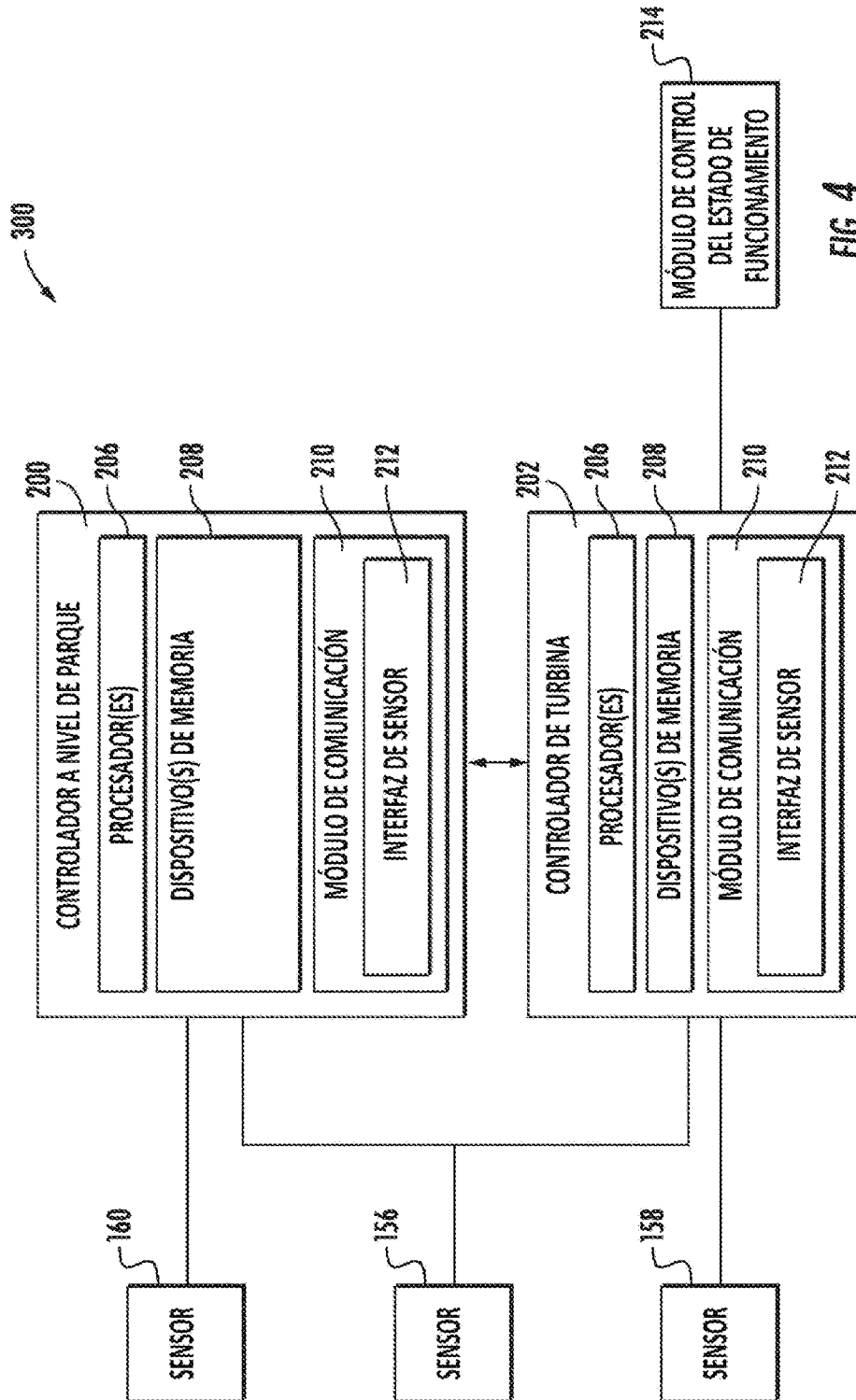


FIG. 4

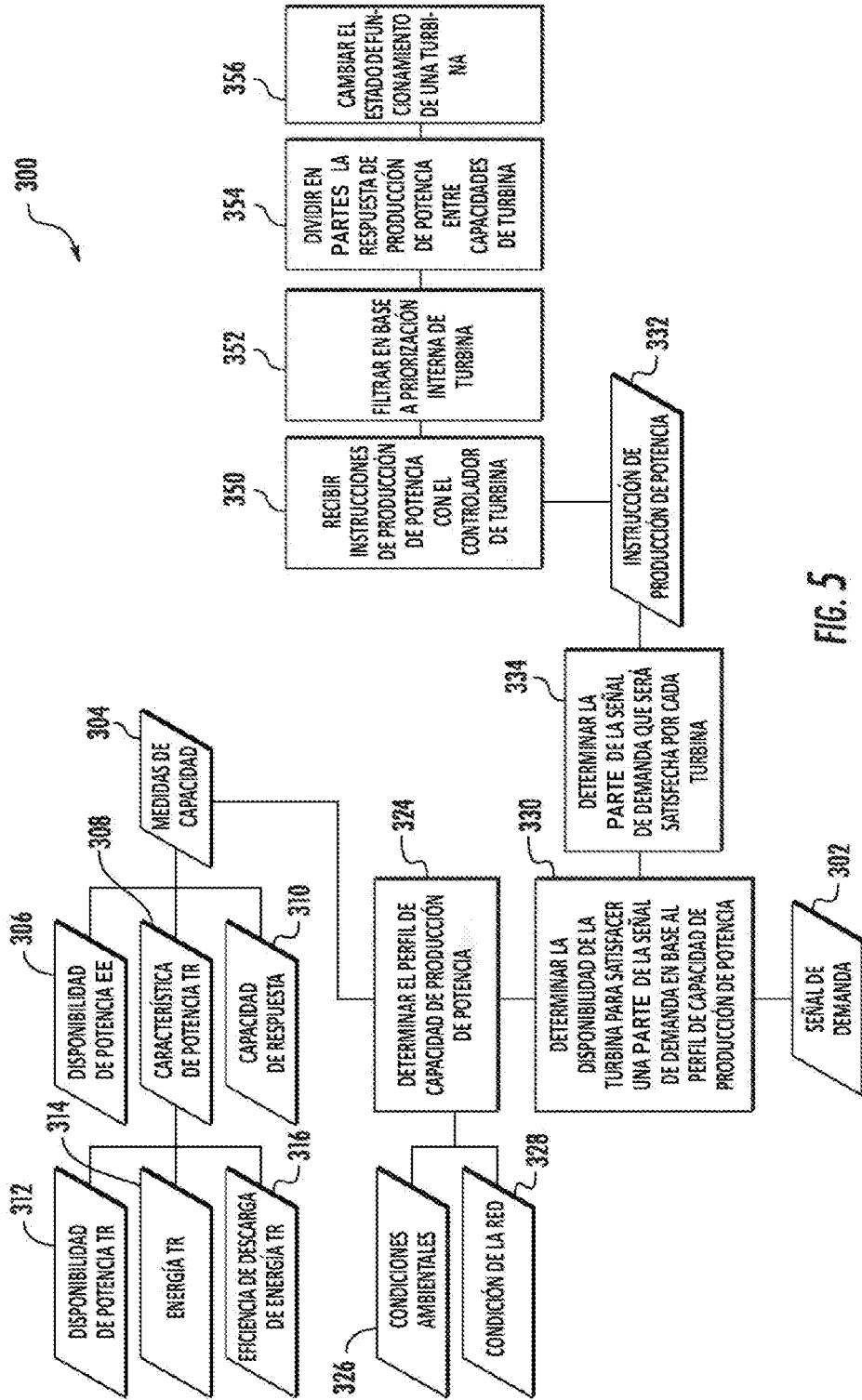


FIG. 5

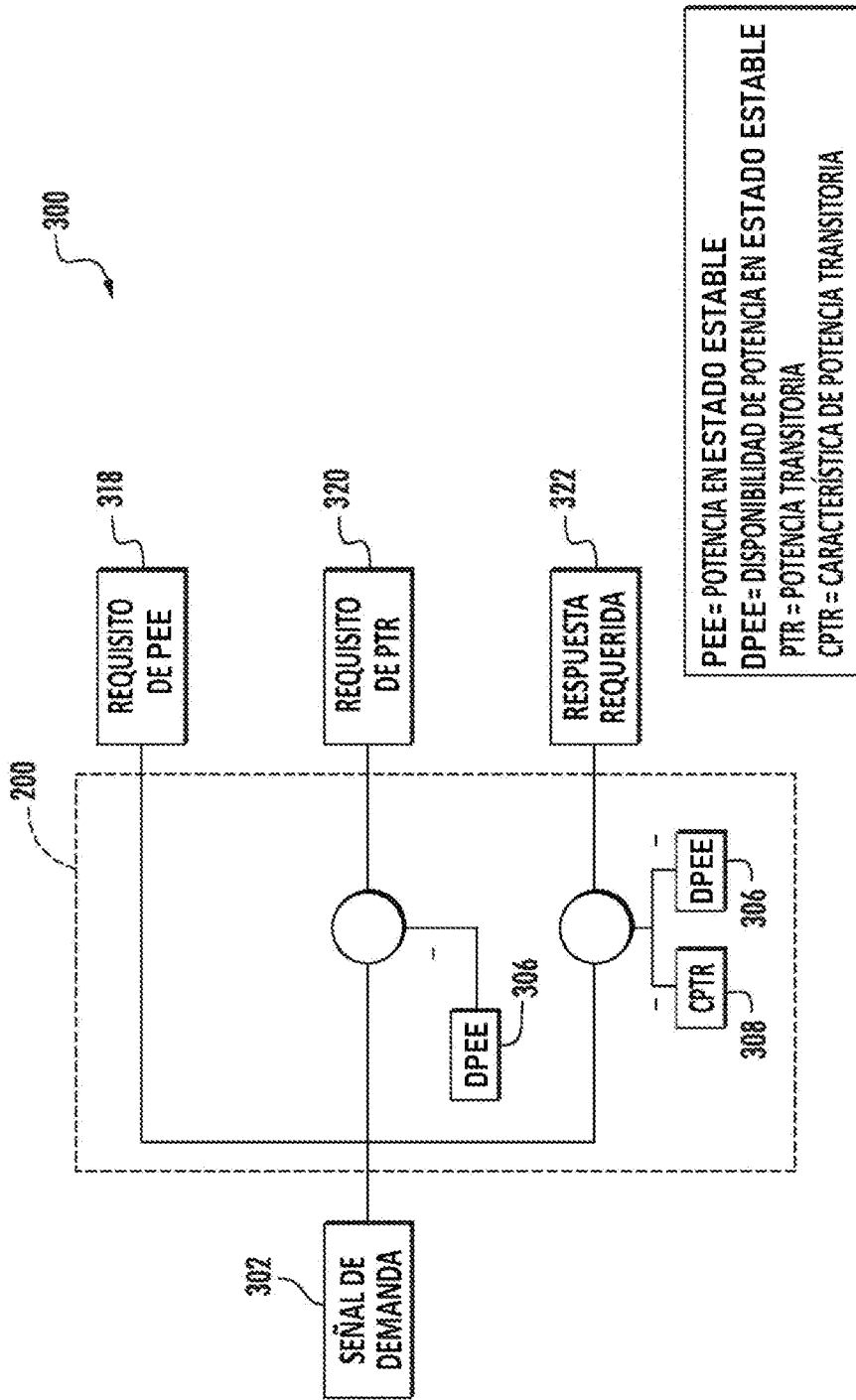


FIG. 6

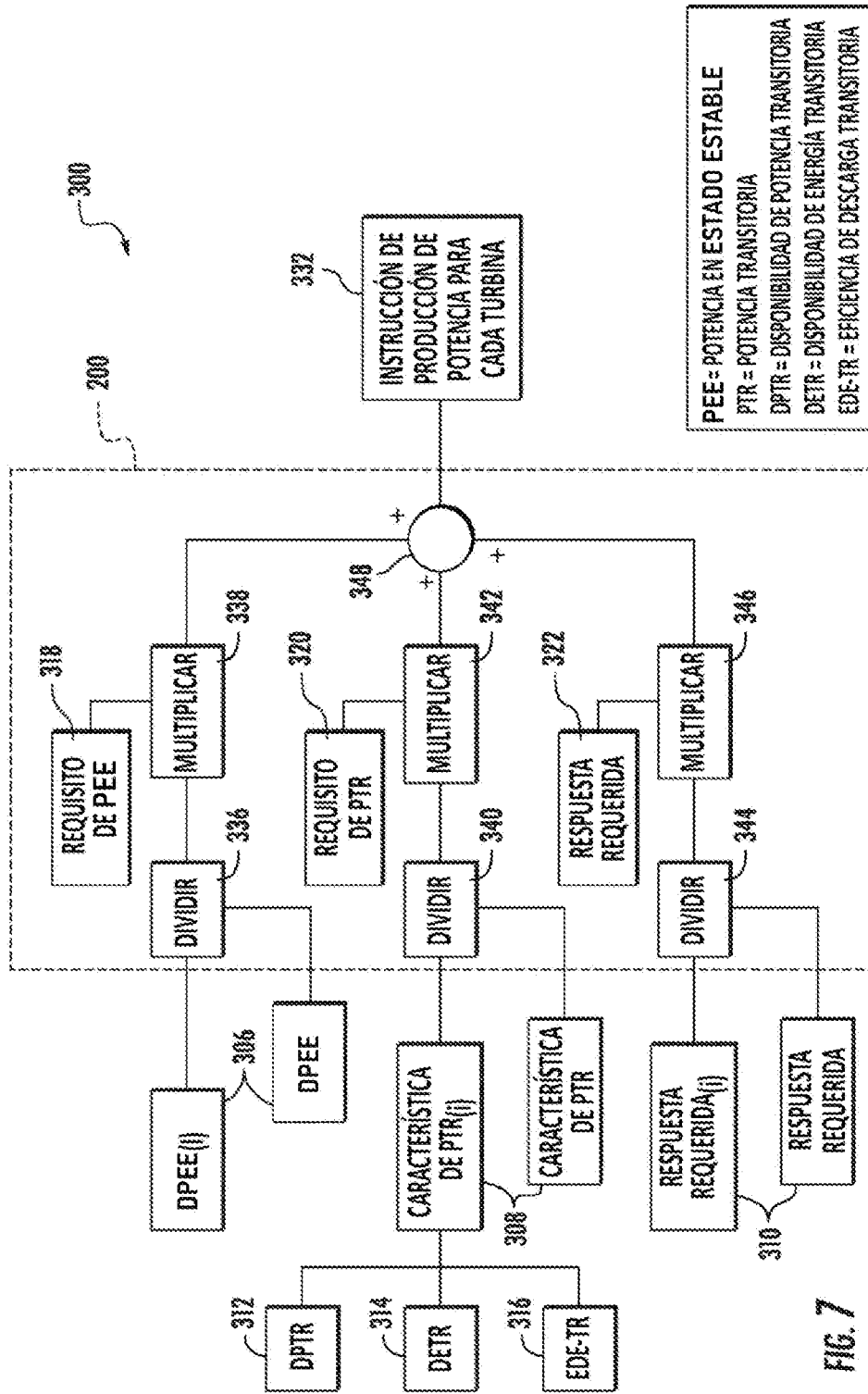


FIG. 7

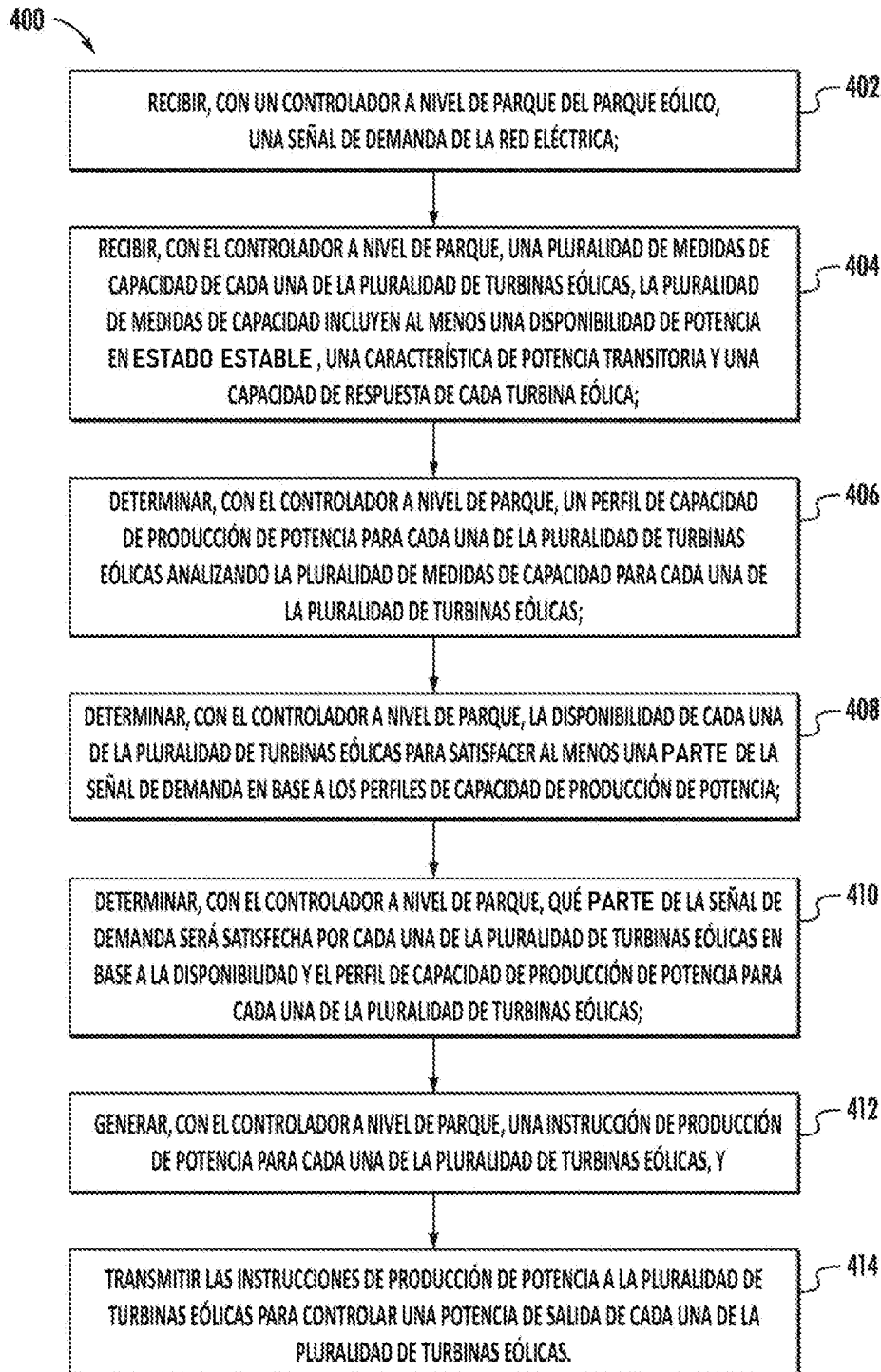


FIG. 8