

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 437**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38	(2006.01)
H02J 3/18	(2006.01)
H02J 3/46	(2006.01)
F03D 7/04	(2006.01)
F03D 9/00	(2006.01)
H02J 3/48	(2006.01)
H02J 3/50	(2006.01)
H02J 3/28	(2006.01)
H02J 3/30	(2006.01)
H02J 3/32	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.09.2013 PCT/DK2013/050276**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **15.05.2014 WO2014071948**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.09.2013 E 13758734 (1)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2896102**

54 Título: **Un método para determinar los puntos de ajuste individuales en un controlador de una planta de energía, y un controlador de planta de energía**

30 Prioridad:

17.09.2012 DK 201270570
09.10.2012 US 201261711474 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.07.2017

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BABAZADEH, MEHRDAD;
EHSANI, SAED;
KJÆR, MARTIN ANSBJERG y
MØLLER, HENRIK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 623 437 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

Un método para determinar los puntos de ajuste individuales en un controlador de una planta de energía, y un controlador de planta de energía

5

Campo de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren, en general, a un método para determinar puntos de ajuste individuales en un controlador de una planta de energía, dispuesto para controlar una planta de energía eólica que comprenda una pluralidad de generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional, capaces de generar una salida eléctrica, a un controlador de planta de energía eólica, así como a un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprenda instrucciones de código de programa que, al ser ejecutadas por un controlador de planta de energía en una planta de energía eólica, hagan que el controlador de la planta de energía lleve a cabo el método de la invención.

10

15

Antecedentes

En los últimos años, se ha producido una mayor atención a la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero, generados por la quema de combustibles fósiles. Una solución para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero es desarrollar fuentes renovables de energía. En particular, la energía derivada del viento ha demostrado ser una fuente de energía ambientalmente segura y fiable, que puede reducir la dependencia de los combustibles fósiles.

20

La energía del viento puede capturarse mediante una turbina eólica, que es una máquina rotativa que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y posteriormente la energía mecánica en energía eléctrica. Pueden disponerse múltiples generadores de turbina eólica juntos en un parque eólico, granja eólica o planta de energía eólica, para generar energía suficiente para soportar una red eléctrica. Una planta de energía eólica puede situarse en tierra o en el mar, y a menudo abarca grandes áreas geográficas. Cada generador de turbina eólica normalmente incluye, o está conectado a, un controlador de turbina eólica, y la planta de energía eólica normalmente incluye un controlador central, a menudo denominado controlador de planta de energía, controlador central o controlador maestro, acoplado operativamente a los controladores de turbina eólica de los generadores de turbina eólica individuales. El controlador de planta de energía está dispuesto para recibir información de los controladores de turbina eólica, por ejemplo en relación con la potencia de salida y/o unos valores de medición de los generadores de turbina eólica, y el controlador de la planta de energía está dispuesto para transmitir información a los generadores de turbina eólica, por ejemplo con el fin de obtener una potencia solicitada de los generadores de turbina eólica.

25

30

35

Estos factores por lo general hacen que sea necesario proporcionar diversas interconexiones en red, y tecnologías de comunicación, para monitorizar y controlar las instalaciones de generación eléctrica de energía eólica.

40

En una planta de energía eólica con una pluralidad de generadores de turbina eólica, la atención se ha desplazado desde los puntos de conexión separados de generador de turbina eólica a un punto de conexión central de planta de energía eólica, a menudo denominado "punto de acoplamiento común", y el control de las turbinas eólicas individuales se complementa con un control global llevado a cabo por un controlador de planta de energía eólica o controlador maestro, dispuesto para controlar los componentes de la planta de energía eólica mediante la transmisión de puntos de ajuste, por ejemplo sobre la potencia activa y reactiva a aplicar en el punto de acoplamiento común. En las plantas de energía eólica muy grandes, puede existir más de un punto de acoplamiento común, y puede existir más de un controlador de planta de energía. Un factor limitante a la hora de efectuar el control central de una planta de energía eólica con varios generadores de turbina eólica es el tiempo necesario para reunir, y acondicionar, la información de los generadores de turbina eólica individuales, transmitir la información al controlador central o controlador de planta de energía y distribuir datos de control, por ejemplo nuevos puntos de ajuste de potencia activa o reactiva desde el controlador de planta de energía hasta los controladores de turbina eólica.

45

50

El término "componentes de la planta de energía eólica" pretende denotar los componentes de producción de energía o de generación de energía de la planta de energía eólica, a saber, los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional capaces de generar potencia eléctrica.

55

Una tarea importante del controlador de planta de energía es proporcionar puntos de ajuste óptimos sobre la potencia activa y reactiva a generar por cada uno de los generadores de turbina eólica y equipo de compensación, si es que la planta de energía eólica comprende el mismo.

60

Sumario de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren, en general, a la provisión de puntos de ajuste por parte de un controlador de planta de energía, para su envío a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica.

65

Una realización de la invención proporciona un método para determinar puntos de ajuste individuales en un controlador de planta de energía, dispuesto para controlar una planta de energía eólica que comprenda una pluralidad de generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional capaz de generar una salida eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales con una potencia activa y/o reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional, para su suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de: (a) recibir una solicitud de potencia activa y/o reactiva para su suministro a la red eléctrica externa; (b) determinar factores de corrección para cada uno de los generadores de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional, estando relacionados dichos factores de corrección con información de condición referente a la pluralidad de generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional; (c) recibir señales indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica, así como desde el equipo de compensación opcional; (d) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la central eólica, y comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada desde las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional; (e) en caso de que la comparación de la etapa (d) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, llevar a cabo la etapa (f) de calcular dichos puntos de ajuste individuales relacionados con la potencia activa y/o la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección y en las señales recibidas indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

Debe tenerse en cuenta que los términos "potencia activa disponible" y "potencia reactiva disponible", respectivamente, en relación con un generador de turbina eólica, pretenden indicar una potencia activa y una potencia reactiva, respectivamente, disponibles para su producción por parte del generador de turbina eólica en vista de la velocidad del viento experimentada por el generador de turbina eólica. La potencia total disponible de una planta de energía eólica suele ser una señal acumulada obtenida a partir de las señales enviadas desde los generadores de turbina eólica individuales sobre su potencia activa y reactiva disponibles. Esta potencia activa y potencia reactiva disponibles de un generador de turbina eólica pueden ser diferentes de la potencia nominal del generador de turbina eólica, debido a la velocidad del viento. La potencia activa y la potencia reactiva disponibles del generador de energía eólica puede ser incluso mayor que la potencia nominal activa y la potencia reactiva, respectivamente, del generador de turbina eólica, por ejemplo un 5 % más elevada. Sin embargo, la operación de un generador de turbina eólica a una potencia por encima de la potencia nominal puede verse limitada por las cargas reales del generador de turbina eólica, y/o podrá llevarse a cabo solo durante un tiempo especificado o limitado.

Otra realización de la invención proporciona un controlador de planta de energía eólica, dispuesto para determinar puntos de ajuste individuales para su envío a una pluralidad de generadores de turbina eólica y a un equipo de compensación opcional dispuestos para generar potencia eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales con una potencia activa y/o una potencia reactiva a solicitar a cada una de las turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional, para su suministro a un punto de acoplamiento común de la planta de energía eólica a una red externa, en el que el controlador de planta de energía comprende un receptor para recibir una solicitud de potencia activa y/o potencia reactiva desde el exterior de la planta de energía eólica. El controlador de planta de energía eólica comprende adicionalmente una unidad de determinación de factores de corrección, dispuesta para determinar factores de corrección para cada uno de los generadores de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional, estando relacionados dichos factores de corrección con una información de condición sobre cada uno de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Adicionalmente, el controlador de planta de energía eólica comprende un receptor para recibir señales, indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible de cada uno de dichos generadores de turbina eólica, así como del equipo de compensación opcional. El controlador de planta de energía eólica también comprende una unidad de comparación, dispuesta para comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada de la pluralidad de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y para comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación de la planta de energía eólica, así como una unidad de cálculo dispuesta para calcular, en caso de que el comparador indique que la potencia activa solicitada sea menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, y/o que la potencia reactiva solicitada sea menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, puntos de ajuste individuales relativos a la potencia activa y/o la potencia reactiva basándose en los factores de corrección y en la potencia activa disponible y la potencia reactiva indicadas de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

Otra realización más de la invención proporciona un medio de almacenamiento legible por ordenador, que comprende unas instrucciones de código de programa que, cuando se ejecutan mediante un controlador de planta de energía de una planta de energía eólica, hacen que el controlador de planta de energía lleve a cabo el método de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Se explican las realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos. Cabe observar que los dibujos adjuntos solo ilustran ejemplos de realizaciones de la presente invención y que, por lo tanto, no deben considerarse limitantes de su alcance, dado que la invención está definida por las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 ilustra una vista simplificada de una planta de energía eólica; las Figuras 2 y 3 ilustran vistas esquemáticas de un controlador de planta de energía eólica de acuerdo con la invención; y la Figura 4 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

En lo que sigue, se hace referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, debe comprenderse que la invención no está limitada a las realizaciones específicas descritas. En lugar de ello, se contempla cualquier combinación de las siguientes características y elementos, ya sea en relación o no a diferentes realizaciones, para implementar y poner en práctica la invención.

Adicionalmente, en diversas realizaciones, la invención proporciona numerosas ventajas sobre la técnica anterior. Sin embargo, aunque las realizaciones de la invención pueden lograr ventajas sobre otras posibles soluciones y/o sobre la técnica anterior, el hecho de que una realización determinada obtenga o no una ventaja particular no es limitativo de la invención. Así, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son meramente ilustrativos y no se consideran elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas, excepto cuando se mencione de manera explícita en alguna/s reivindicación/reivindicaciones. Del mismo modo, la referencia a "la invención" no se interpretará como una generalización de cualquier objeto inventivo dado a conocer en el presente documento, y no se considerará como un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto cuando se mencione de manera explícita en alguna/s reivindicación/reivindicaciones. En todas las figuras, las entidades similares se designan con números de referencia similares.

Una realización de la invención proporciona un método para determinar puntos de ajuste individuales en un controlador de planta de energía, dispuesto para controlar una planta de energía eólica que comprenda una pluralidad de generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional capaz de generar una salida eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales con una potencia activa y/o reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional, para su suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de: (a) recibir una solicitud de potencia activa y/o reactiva para su suministro a la red eléctrica externa; (b) determinar factores de corrección para cada uno de los generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional, estando relacionados dichos factores de corrección con información de condición referente a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional; (c) recibir señales indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica, así como desde el equipo de compensación opcional; (d) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la central eólica, y comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada desde las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional; (e) en caso de que la comparación de la etapa (d) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, llevar a cabo la etapa (f) de calcular dichos puntos de ajuste individuales relacionados con la potencia activa y/o la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección y en las señales recibidas indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

Al determinar los factores de corrección al nivel de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, y al usar dichos factores de corrección en el controlador de planta de energía eólica para determinar los puntos de ajuste individuales para su envío a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional, pueden tenerse en cuenta una serie de factores que influyen a corto plazo en el rendimiento de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación, así como a largo plazo. Cuando la potencia eléctrica total a generar por la pluralidad de generadores de turbina eólica y por el equipo opcional de compensación es menor que la capacidad total, el controlador de planta de energía eólica está dispuesto para determinar puntos de ajuste de manera flexible, mediante el uso de los factores de corrección. Esta flexibilidad puede aumentar el tiempo de vida útil de los generadores de turbina eólica individuales, y/o puede ayudar en la programación de mantenimiento.

Cabe señalar que se han otorgado unos signos de referencia (a) a (f) a las etapas del método, solamente en pos de la facilidad de comprensión, y que las etapas del método pueden llevarse a cabo en cualquier orden apropiado. Por ejemplo, la etapa (a) puede llevarse a cabo simultáneamente con la etapa (b) o la etapa (c), o después de las

mismas, y se puede intercambiar el orden de las etapas (b) y (c).

Sin embargo, cabe señalar adicionalmente que no es necesario recibir la solicitud de la potencia activa y/o reactiva desde el exterior del controlador de planta de energía, en tanto que el controlador de planta de energía puede estar
5 dispuesto para determinar la potencia a suministrar, basándose en mediciones en el punto de acoplamiento común y en cualesquiera códigos de red para la red eléctrica externa. Sin embargo, la solicitud de potencia activa y/o reactiva también puede recibirse desde el exterior de la planta de energía eólica, por ejemplo puede recibirse del propietario de la planta de energía eólica o de un operario de la red de suministro eléctrico.

El término "equipo de compensación" pretende indicar cualquier equipo de compensación de potencia activa y/o reactiva apropiado. El equipo de compensación de potencia reactiva puede comprender opciones de entre las siguientes, pero no se limita a las opciones mencionadas: bancos de condensadores conmutados, bancos de inductores estáticos, condensadores estáticos, condensadores sincrónicos y dispositivos STATCOM. La compensación de potencia reactiva se utiliza para controlar ya sea el factor de potencia, el nivel de flujo de potencia reactiva, o para controlar el nivel de tensión del punto de acoplamiento común. El equipo de compensación de potencia activa puede comprender opciones de entre las siguientes, pero no se limita a las opciones mencionadas: almacenamientos de energía, por ejemplo en forma de una batería eléctrica, un volante de inercia, un ultra-condensador, un condensador, centrales hidroeléctricas híbridas, células fotovoltaicas y células de combustible. La compensación de potencia activa se utiliza para controlar el factor de potencia, el nivel de potencia activa, la frecuencia o el nivel de tensión de control del punto de acoplamiento común. Así, la compensación de potencia activa se puede usar, por ejemplo, para el cumplimiento de los códigos de red, la mejora de calidad de la energía, la nivelación de producción, para habilitar la sobreproducción, habilitar la nivelación de producción, obtener reservas de potencia. Todas estas medidas están relacionadas con la materia de generación de energía eléctrica, y son familiares para los expertos en la misma. Así, puede interpretarse que el equipo de compensación presenta partes distintas, siendo una parte un tipo de equipo de compensación activa o reactiva, y pudiendo ser otras partes unidades del mismo u otro tipo de equipo de compensación activa y reactiva. A modo de ejemplo, el equipo de compensación podría comprender un almacenamiento de energía en forma de una batería, una célula fotovoltaica, así como un dispositivo STATCOM. En este ejemplo, puede interpretarse que el equipo de compensación tiene tres partes, a saber, la batería, la célula fotovoltaica y el dispositivo STATCOM. Sin embargo, uno de estos componentes de compensación puede utilizarse para controlar el otro, en cuyo caso pueden interpretarse como una las tres partes del controlador de planta de energía del equipo de compensación.

El término "equipo de compensación opcional" pretende indicar que la planta de energía eólica puede incluir un equipo de compensación, pero que no es obligatorio que la planta de energía eólica incluya tal equipo de compensación. En caso de que no se incluya un equipo de compensación en la planta de energía eólica, el controlador de planta de energía eólica actuará en consecuencia, y no se generarán o transmitirán puntos de ajuste de la potencia activa o la potencia reactiva para tal equipo de compensación.

El término "puntos de ajuste relacionados con la potencia activa y/o reactiva" pretende denotar las referencias sobre la potencia activa y/o reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional, y el término "puntos de ajuste individuales" pretende denotar que el controlador de planta de energía eólica está dispuesto para definir puntos de ajuste a enviar a la pluralidad de generadores de turbina eólica y al equipo de compensación de la planta de energía eólica, sin ser estos puntos de ajuste necesariamente idénticos. Así, el controlador de planta de energía eólica está dispuesto para asignar puntos de ajuste a los generadores de turbina eólica individuales y al equipo de compensación opcional de acuerdo con los factores de corrección, y los puntos de ajuste enviados a diferentes generadores de turbina eólica normalmente serán diferentes entre sí. Sin embargo, cabe señalar que, en algunos casos, podría ser que los puntos de ajuste sean idénticos; sin embargo, se asignan a los generadores de turbina eólica individuales basándose en consideraciones individuales de acuerdo con lo que indican los factores de corrección. Los puntos de ajuste relacionados con la potencia activa y/o reactiva pueden ser puntos de ajuste indicativos de una potencia activa y/o reactiva a proporcionar mediante un generador de turbina eólica o un equipo de compensación; sin embargo, los puntos de ajuste relativos a la potencia activa y/o reactiva también pueden indicar un factor de potencia a generar, o señales de corriente combinadas con señales de tensión a generar desde la pluralidad de generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

En general, existen dos grandes etapas para producir una cantidad predefinida de potencia (P y Q) mediante una planta de energía eólica. La primera etapa es establecer dos potencias de referencia (P_{ref} & Q_{ref}) mediante un Controlador de Planta Eléctrica, siendo las dos potencias de referencia las potencias totales de las diferentes unidades de producción de energía de la planta de energía eólica. La segunda etapa consiste en asignar/Enviar una potencia solicitada a cada unidad de producción de energía de la planta de energía eólica. Esto puede interpretarse como equivalente a indicar un conjunto de puntos de ajuste individuales (P_{ref} , Q_{ref}) a cada unidad de producción de potencia de la planta de energía eólica, comprendiendo el conjunto de puntos de ajuste individuales P_{ref} , Q_{ref} dos puntos de ajuste para la potencia activa y reactiva, respectivamente, de cada generador de turbina eólica, así como puntos de ajuste de la potencia activa y/o reactiva del equipo de compensación. Así, los puntos de ajuste P_{ref} , Q_{ref} pueden incluir dos puntos de ajuste $p_{ref,j}$ y $q_{ref,j}$ para la potencia activa y reactiva, respectivamente, que se solicitarán al i-ésimo generador de turbina eólica, así como uno o dos puntos de ajuste $p_{ref,j}$ y $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o la

potencia reactiva, respectivamente, que se solicitarán a la j -ésima pieza del equipo de compensación.

Los factores de corrección pueden ser factores de priorización que indiquen la capacidad de la pluralidad de generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, en relación con otros generadores de turbina eólica y equipo de compensación opcional. De este modo, los factores de corrección pueden indicar una capacidad de los generadores de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional para asumir una porción relativamente mayor de la producción, en relación con otros generadores de turbina eólica y equipo de compensación opcional. Sin embargo, cabe señalar que puede asignarse a más de un generador de turbina eólica el mismo factor de corrección indicativo de la misma priorización.

Cuando los factores de corrección son factores de priorización indicativos de la capacidad de la pluralidad de generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, con respecto a otros generadores de turbina eólica y equipo de compensación opcional, el controlador de planta de energía eólica puede determinar los puntos de ajuste individuales de manera flexible, teniendo en cuenta las capacidades relativas de las unidades de producción de energía de la planta de energía eólica. Los factores de priorización indican qué unidades productoras de energía van a asumir una mayor parte de la producción de energía que otras unidades de producción de energía. De este modo, se puede asignar a aquellas unidades de producción de energía que presenten un estado relativamente mejor que el resto de las unidades de producción de energía una porción relativamente grande de la producción, en comparación con una situación en la que se asigne a todos los generadores de turbina eólica porciones idénticas de la producción. Esta flexibilidad puede aumentar el tiempo de vida útil de los generadores de turbina eólica individuales, y/o puede ayudar a programar el mantenimiento. "Unidades de producción de energía" es un término que pretende incluir generadores de turbina eólica, así como un equipo de compensación en caso de que la planta de energía eólica comprenda el mismo.

Los factores de corrección se determinan basándose en uno o más de los siguientes: las condiciones del viento, las características de funcionamiento, las condiciones de los componentes, la topología de la planta de energía eólica, el envejecimiento de los generadores de turbina eólica individuales de la planta de energía eólica y el envejecimiento del equipo de compensación opcional. Por otra parte, los factores de corrección también se determinan basándose en consideraciones del precio de la energía. Así, puede tenerse en cuenta el estado de los generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional, así como su distancia desde el punto de acoplamiento común, las cargas sobre los generadores de turbina eólica y otros factores, a la hora de enviar puntos de ajuste a los componentes individuales de la planta de energía eólica.

Las condiciones del viento pueden comprender uno o más de los siguientes factores: la dirección del viento, la velocidad del viento, el nivel de turbulencia y la cizalladura del viento. Tales condiciones del viento pueden determinarse por cualquier medio adecuado, por ejemplo mediante anemómetros o dispositivos LIDAR, mediante sensores en los generadores de turbina eólica, etc. Los niveles de turbulencia pueden ser muy diferentes a través de la planta de energía eólica. Enviar puntos de ajuste relativamente más bajos a los generadores de turbina eólica que presenten la turbulencia más dura añade vida útil a los generadores de turbina eólica. El nivel de turbulencia puede medirse, por ejemplo, con sensores de carga de pala en los generadores de turbina eólica individuales.

Las características de funcionamiento pueden comprender uno o más de los siguientes factores: el punto óptimo de funcionamiento de los generadores de turbina eólica individuales; el punto óptimo de funcionamiento del equipo de compensación opcional; el intervalo de acción operativa eléctrica de los generadores de turbina eólica individuales, el intervalo de acción operativa eléctrica del equipo de compensación opcional; el historial operativo de los generadores de turbina eólica individuales; el historial operativo del equipo de compensación opcional; el estado de producción de cada uno de los generadores de turbina eólica; y el estado de producción del equipo de compensación opcional. Tales características operativas son, pues, características de los generadores de turbina eólica y/o del equipo de compensación de acuerdo con lo determinado en estas unidades de producción de energía. Las características de funcionamiento pueden transmitirse directamente desde las unidades de producción de energía al controlador de planta de energía eólica, con el fin de contribuir a determinar los factores de corrección en el controlador de planta de energía eólica.

Las condiciones de los componentes pueden comprender uno o más de los siguientes: mediciones de sensor de los componentes en los generadores de turbina eólica; la antigüedad de los generadores de turbina eólica individuales; la antigüedad del equipo de compensación opcional; informes de servicio de los generadores de turbina eólica individuales; informes de servicio del equipo de compensación opcional. Así, las condiciones de los componentes pueden referirse a las condiciones de los componentes específicos de las unidades de producción de energía, como por ejemplo el generador eléctrico de un generador de turbina eólica, la temperatura de los componentes críticos de un generador de turbina eólica, tales como el generador eléctrico, y/o las condiciones de los componentes pueden referirse a valores totales de las unidades de producción de energía individuales, tales como la antigüedad. Así, los informes de servicio de todos los elementos de producción de energía de la planta de energía eólica pueden influir en el factor de corrección. El controlador de planta de energía puede tener en cuenta la información de dichos informes de servicio para determinar los puntos de ajuste de los generadores de turbina eólica individuales y del equipo de compensación, si la planta de energía eólica comprende el mismo, de modo que, por ejemplo, se solicite a un dispositivo STATCOM y a algunos de los generadores de turbina eólica que proporcionen potencia reactiva de

acuerdo con el estado de cada uno de estos elementos, y no de acuerdo a los valores predefinidos de uso compartido.

5 La topología de la planta de energía eólica puede incluir uno o más de los siguientes factores: datos de entrada acerca del apantallamiento potencial de un generador de turbina eólica con respecto a otro, en dependencia de la dirección del viento; y datos de entrada sobre pérdidas eléctricas de los generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional a un punto de acoplamiento común de la planta de energía eólica a una red eléctrica externa.

10 En caso de que un generador de turbina eólica apantalle a otro, de tal manera que un generador de turbina eólica situado a barlovento reduzca la velocidad del viento local de uno o más generadores de turbina situados a sotavento, las producciones de estos generadores de turbina eólica pueden combinarse ventajosamente por dos razones:

15 - los generadores de turbina eólica situados a barlovento restan energía al viento, lo que causa una potencial salida eléctrica reducida disponible de los generadores de turbina eólica situados a sotavento.

20 - los generadores de turbina eólica situados a barlovento causan una turbulencia adicional en las turbinas situadas a sotavento, lo que resulta en mayores esfuerzos y, por lo tanto, en una vida útil más corta y potencialmente en una menor producción en tanto que deberán rebajarse los generadores de turbina eólica a sotavento, para protegerlos contra la turbulencia.

25 Limitar un generador de turbina eólica situado a barlovento más que el generador de turbina eólica situado a sotavento puede conllevar una mejor carga general de los generadores de turbina eólica. Por supuesto, esta es una característica dependiente de la dirección del viento dado que la interacción depende de la ruta del viento por lo que, dependiendo de la dirección del viento, diferentes generadores de turbina eólica pueden pasar a ser generadores de turbina eólica situados a barlovento o a sotavento.

30 El envejecimiento de los generadores de turbina eólica comprende uno o más de los siguientes factores: la antigüedad real del uno o más componentes de los generadores de turbina eólica; los anteriores puntos de ajuste enviados a los generadores de turbina eólica; y el número de veces que se han parado o pausado los generadores de turbina eólica. El envejecimiento del equipo de compensación opcional comprende uno o más de los siguientes factores: la antigüedad real del equipo de compensación; los anteriores puntos de ajuste enviados al equipo de compensación; y el número de veces que se desconectado o desactivado el equipo de compensación.

35 Los cambios en los puntos de ajuste de potencia pueden tener un impacto en los generadores de turbina eólica, por lo que la frecuencia y la amplitud de los cambios de puntos de ajuste emitidos desde el controlador de planta de energía eólica a las turbinas individuales podrían incluirse, ventajosamente, en la determinación de los puntos de ajuste individuales. Por otra parte, la antigüedad real de los componentes de los generadores de turbina eólica y/o del equipo de compensación puede tener una influencia en la determinación de los puntos de ajuste, por parte del controlador de planta de energía eólica. Por ejemplo, si se ha reemplazado recientemente el generador de una turbina eólica o la batería de un equipo de compensación con batería determinados, puede solicitarse una mayor producción a tal turbina eólica o equipo de compensación específicos con el fin de lograr un menor uso de los componentes de otras turbinas eólicas.

45 El cálculo efectuado en la etapa (f) es un cálculo combinado de los puntos de ajuste individuales de la potencia activa y la potencia reactiva para los generadores de turbina eólica, de la pluralidad de generadores de turbina eólica de la planta de energía eólica y de la potencia reactiva del equipo de compensación opcional. El término "cálculo combinado" pretende indicar que el controlador de planta de energía eólica determina los puntos de ajuste, de la potencia activa y la potencia reactiva, teniendo debidamente en cuenta los factores relevantes que influyen en los puntos de ajuste de la potencia activa y la potencia reactiva. Así, la potencia activa y la potencia reactiva pueden determinarse sustancialmente en la misma etapa. Por otra parte, para determinar los puntos de ajuste para la potencia activa y la potencia reactiva se tienen en cuenta factores similares. Los puntos de ajuste de la potencia activa y la potencia reactiva se pueden determinar mediante la misma unidad del controlador de planta de energía eólica. Usando factores de corrección y el cálculo combinado de los respectivos puntos de ajuste de la potencia activa y la potencia reactiva para los componentes de producción de energía individuales de la planta de energía eólica, puede cambiarse en su conjunto el diagrama P-Q de la planta de energía eólica, en tanto que puede ampliarse el intervalo operacional eléctrico de la planta de energía eólica.

60 El cálculo de dichos puntos de ajuste individuales en la etapa (f) pueden estar basado adicionalmente en uno o más de los siguientes factores: información sobre una red eléctrica interna de la planta de energía eólica, que conecte los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional con el punto de acoplamiento común; e información sobre los generadores de turbina eólica referente a si están activos o no activos. La información sobre la red eléctrica interna puede incluir, por ejemplo, información sobre la topología de la red, incluyendo la impedancia eléctrica, de modo que puedan tenerse en cuenta las pérdidas entre un generador de turbina eólica o el equipo de compensación y el punto de acoplamiento común.

El cálculo de dichos puntos de ajuste individuales en la etapa (f) se lleva a cabo usando una técnica de flujo de carga óptima u optimización de una función de coste. Ambos casos se refieren a técnicas de optimización ventajosas, que pueden adaptarse para tener en cuenta diversos factores.

- 5 El controlador de planta de energía eólica y el producto de programa de ordenador de la invención implican características y ventajas similares, de acuerdo con lo descrito en relación con el método.

La siguiente es una descripción detallada de las realizaciones de la invención representada en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos, y presentan tal detalle para comunicar con claridad la invención.

10 La figura 1 ilustra una vista simplificada de una planta de energía eólica 10. La planta de energía eólica 10 o parque eólico ejemplar de la figura 1 presenta una pluralidad de generadores de turbina eólica 1; sin embargo, en pos de la simplicidad de la figura solo se muestran tres generadores de turbinas eólicas en la figura 1. El número de generadores de turbina eólica 1 de la planta de energía eólica puede ser cualquier número adecuado, por ejemplo cualquier número entre 2 y un centenar, por ejemplo 10, 20, 50 o 100 generadores de turbina eólica. A pesar de que en la figura 1 los tres generadores de turbina eólica 1 se muestran cercanos entre sí, cabe señalar que los generadores de turbina eólica 1 de la planta de energía eólica 10 pueden distribuirse sobre un área grande; esto puede implicar que la velocidad del viento, la cizalladura del viento, la turbulencia del viento, así como la impedancia eléctrica entre el generador de turbina eólica y un punto de acoplamiento común, pueden variar considerablemente entre los generadores de turbina eólica 1 de la planta de energía eólica 10.

La planta de energía eólica 1 puede comprender opcionalmente un equipo de compensación 2, dispuesto para proporcionar potencia activa y/o potencia reactiva. Este equipo de compensación opcional puede ser por tanto un equipo de compensación de potencia activa, un equipo de compensación de potencia reactiva, o una combinación de los dos. En la figura 1, el equipo de compensación opcional 2 se muestra como una unidad; sin embargo, cabe señalar que el equipo de compensación opcional 2 puede ser más de una unidad. Un equipo de compensación de potencia reactiva puede comprender opciones de entre las siguientes, pero no se limita a las opciones mencionadas: bancos de condensadores conmutados, bancos de inductores conmutados, condensadores estáticos, condensadores sincros y dispositivos STATCOM. La compensación de potencia reactiva se utiliza para controlar ya sea el factor de potencia, el nivel de flujo de potencia reactiva, o para controlar el nivel de tensión del punto de acoplamiento común. El equipo de compensación de potencia activa puede comprender opciones de entre las siguientes, pero no se limita a las opciones mencionadas: almacenamientos de energía, por ejemplo en forma de una batería eléctrica, un volante de inercia, un ultra-condensador, un condensador, centrales hidroeléctricas híbridas, células fotovoltaicas y células de combustible. La compensación de potencia activa se utiliza para controlar el factor de potencia, el nivel de potencia activa, la frecuencia o el nivel de tensión de control del punto de acoplamiento común.

Cada generador de turbina eólica 1 tiene un rotor con unas palas de rotor, soportado de forma giratoria en una góndola que está montada en una torre. El rotor está dispuesto para accionar un generador. La corriente eléctrica producida por el generador puede convertirse, mediante un convertidor, a una corriente adaptada a la frecuencia de la red fija, por ejemplo mediante un convertidor a gran escala o un convertidor de un generador de inducción alimentado por enlace doble (DFIG). El convertidor permite producir corriente con una fase arbitraria, de acuerdo con lo que se desee, con relación a la tensión de la red, permitiendo de ese modo producir potencia reactiva variable. El convertidor también permite variar la amplitud de la tensión producida, dentro de ciertos límites. Cada generador de turbina eólica tiene un controlador local que gobierna el generador de turbina eólica, para producir electricidad con una fase y un tensión específicas.

Cada generador de turbina eólica 1 tiene unas terminales, en las que el generador de turbina eólica emite la energía eléctrica producida. Los generadores de turbina eólica 1 del parque eólico 10 están conectados eléctricamente con un punto de acoplamiento común (PCC) 17, mediante una red interna 11 del parque eólico. La red interna tiene una estructura de tipo árbol en la que los generadores de turbina eólica 1 o, más específicamente, las terminales de los generadores de turbina eólica individuales, forman las hojas del árbol, y el punto de acoplamiento común (PCC) 17 forma la raíz del árbol. La red interna normalmente es una red de media tensión, y la salida eléctrica de los generadores de turbina eólica 1 se transforma a alta tensión mediante un transformador 12, situado aguas abajo del punto de acoplamiento común (PCC) 17.

El punto de acoplamiento común PCC 17 es el punto en el que el parque eólico está conectado eléctricamente a la red de suministro eléctrico (no mostrada en la figura 1), más específicamente a una línea de ramal externo que conduce a la red de suministro eléctrico. En un parque de energía eólica marino, el ramal externo puede ser una línea submarina, que conecte el parque eólico 10 a la red de suministro eléctrico terrestre. Debe tenerse en cuenta que puede haber más de un punto de acoplamiento común, para conectar una planta de energía eólica a una o más redes externas. Esto podría ser el caso, por ejemplo, en las plantas de energía eólica muy grandes.

El parque eólico 10 está equipado con un controlador 15 de planta de energía eólica. El controlador 15 de planta de energía eólica se comunica con los controladores de los generadores de turbina eólica 1 individuales a través de una red de control 23. La red de control 23 se implementa, por ejemplo, como un sistema de bus, es decir, un bus de tipo

CAN o un bus de Ethernet. En la figura 1, se han dibujado con líneas discontinuas las líneas de control 23 y las líneas de medición 13 para distinguirlas de las líneas de red de suministro eléctrico 11, dibujadas como líneas completas.

5 El controlador PPC 15 de planta de energía eólica tiene varias entradas, dos de las cuales se ilustran en la Figura 1. Una de las entradas es una entrada de control externo 19 a través de la cual una entidad externa, por ejemplo un operario de la red de suministro eléctrico, puede proporcionar una solicitud o demandar información pertinente a la electricidad a suministrar por la planta de energía eólica 10. Por ejemplo, el operario de la red de suministro eléctrico puede solicitar que la planta de energía eólica 10 suministre determinada tensión V, o determinada cantidad de potencia reactiva Q en el PCC 17. El operario de la red de suministro eléctrico también puede solicitar un límite superior de la potencia activa producida por el parque eólico 10, por ejemplo en el caso de sobrefrecuencia en la red de suministro eléctrico. La señal de información para la entrada de control externo 19 no es necesariamente una señal de demanda; en algunas realizaciones es un parámetro funcional que define la respuesta del controlador central a los parámetros medidos en el parque eólico 10. Por ejemplo, en algunas realizaciones es la pendiente de una función de caída que define un mapeo de la tensión medida para la potencia reactiva a producir. Por otra parte, puede recibirse una entrada de control externo desde un sistema 16 de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA).

20 La segunda entrada al controlador PPC 15 de planta de energía eólica ilustrado en la Figura 1 es una entrada de medición central, obtenida a partir de un punto de medición 14 y transmitida a través de unas líneas de medición 13. La señal de la segunda entrada es, por ejemplo, una señal representativa de la tensión y/o la potencia reactiva medida en el punto de medición 14 que puede ser, por ejemplo, el PCC 17. Alternativamente, el punto de medición 14 en el que se miden la tensión y/o la potencia reactiva puede estar aguas arriba del PCC 17 en la red interna, o aguas abajo del PCC 17.

25 El controlador PPC 15 de planta de energía eólica tiene una salida de referencia a la red de control 23.

30 Los controladores del generador de turbina eólica local tienen varias entradas. Una de las entradas es una entrada de referencia desde la red de control. La segunda entrada es una entrada de medición local. La señal que representa la entrada de medición local puede ser la tensión y/o la potencia reactiva, medidas en las terminales de la turbina eólica 1 asociada.

35 Tanto el controlador 15 de planta de energía eólica como los controladores del generador de turbina eólica local pueden ser controladores de retroalimentación, que comparen dos entradas y produzcan una señal de control en función de la diferencia entre las dos entradas.

40 La red de control 23 puede ser una red bidireccional que permita la comunicación en dos sentidos entre el controlador 15 de planta de energía eólica y los controladores del generador de turbina eólica 1 local. Por ejemplo, la dirección de enlace descendente (es decir, la dirección desde el controlador 15 de planta de energía eólica hasta los controladores del generador de turbina eólica 1 local) puede utilizarse para enviar valores de referencia, por ejemplo para tensión y/o potencia reactiva, desde el controlador 15 de planta de energía eólica hasta los controladores del generador de turbina eólica 1 local. Los generadores de turbina eólica 1 pueden utilizar la dirección de enlace ascendente para devolver información sobre su actual estado de funcionamiento, por ejemplo acerca de la cantidad de potencia activa producida actualmente, al controlador 15 de planta de energía eólica.

45 En algunas plantas de energía eólica, la salida de referencia por parte del controlador 15 de planta de energía eólica puede ser un valor de referencia común a todos los generadores de turbina eólica 1. En estas plantas de energía eólica, se solicita a todas las turbinas eólicas 1 del parque eólico 10 que produzcan la misma tensión o potencia reactiva, de acuerdo con el valor de referencia común. En una planta de energía eólica que comprenda un controlador de planta eléctrica de acuerdo con la invención, los generadores de turbina eólica 1 reciben los valores de referencia individuales desde el controlador 15 de planta de energía eólica. Por ejemplo, cuando algunos de los generadores de turbina eólica 1 han informado al controlador 15 de planta de energía eólica que están operando a potencia nominal, mientras que otras turbinas eólicas 1 han informado al controlador 15 de planta de energía eólica que están operando a carga parcial (es decir, por debajo de la potencia nominal), el controlador 15 de planta de energía eólica puede hacer uso de un margen de corriente que aún quede en el convertidor de los generadores de turbina eólica 1 de carga parcial, al solicitarles, por ejemplo, que produzcan más energía reactiva que los generadores de turbina eólica que estén operando a potencia nominal. Sin embargo, el método no se limita a generadores de turbina eólica que estén operando a o por debajo de la potencia nominal. El método también es aplicable a una situación en la que los generadores de turbina eólica puedan producir más de su límite de potencia nominal. Por ejemplo, en condiciones adecuadas de viento, algunos de los generadores de turbina eólica pueden ofrecer una producción de hasta un 10 % más de su potencia nominal, por ejemplo, sin exceder sus cargas nominales. En este caso, el controlador de la planta de energía puede solicitar que estos generadores de turbina eólica produzcan un 5-10 % más, en pos de lograr una mayor vida útil de los generadores de turbina eólica restantes que presenten peores condiciones. En consecuencia, el factor de corrección variaría entre generador de turbina eólica y generador de turbina viento en función del factor de corrección.

La planta de energía eólica 10 puede conectarse a un sistema SCADA (control de supervisión y adquisición de datos) 16 dispuesto para monitorizar y/o controlar la planta de energía eólica. El sistema SCADA puede proporcionar entradas al controlador 15 de planta de energía eólica, y puede recibir datos de entrada desde los generadores de turbina eólica 1.

5 En la figura 1, el sistema SCADA 16 y la unidad de compensación 2 se muestran en líneas discontinuas, con el fin de indicar que son opcionales.

10 La Figura 2 ilustra una vista esquemática de un controlador 15 de planta de energía eólica de acuerdo con la invención. La Figura 2 también muestra una pluralidad de generadores de turbina eólica 1 y un equipo de compensación 2. Como se describe en conexión con la figura 1, el equipo de compensación 2 puede comprender un equipo de compensación de potencia activa, así como reactiva.

15 El controlador 15' de planta de energía eólica comprende una primera unidad 15a y una segunda unidad 15b, así como un receptor para recibir unas señales 30-37 desde los generadores de turbina eólica 1, así como desde el equipo de compensación opcional 2. Aunque se muestra que el controlador 15' de planta de energía comprende dos unidades, 15a y 15b distintas, cabe señalar que estas dos unidades se pueden combinar o integrarse en una unidad.

20 La primera unidad puede interpretarse como una unidad de corrección 15a, dispuesta para recibir las señales 30-37 desde los generadores de turbina eólica 1, el equipo de compensación opcional 2, así como otras señales 30-33, y para utilizar la información en las señales 30-37 para generar factores de corrección en relación con los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Las señales recibidas por la unidad de corrección 15a pueden incluir una señal 30 que comprenda información de reparación y/o de mantenimiento acerca de los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 31 sobre el anterior historial de reparto de puntos de ajuste a los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 32 referente a datos del viento en la ubicación de cada uno de los generadores de turbina eólica 1 individuales, pudiendo incluir dichos datos del viento por ejemplo la dirección del viento, la velocidad del viento, el nivel de turbulencia, la cizalladura del viento, etc., de los generadores de turbina eólica 1 individuales; y el precio de la energía, a saber, el precio al que puede comercializarse la energía producida por los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Así, las señales 30-32 se refieren a factores que son específicos para los generadores de turbina eólica individuales y que, por lo tanto, pueden diferir entre los generadores de turbina eólica individuales, mientras que la información sobre los precios de la energía de la señal 33 será la misma independientemente de qué componente del parque eólico proporcione la potencia eléctrica. Cabe señalar que el término "repartir" pretende cubrir la acción de asignar una potencia solicitada a los componentes individuales de la planta de energía eólica, a saber, los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, por ejemplo mediante el envío de puntos de ajuste a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional en potencia reactiva, potencia activa, factores de potencia, tensión, corriente u otras características eléctricas de una potencia eléctrica de salida a generar por los componentes, para su suministro en el punto de acoplamiento común.

40 Las señales recibidas por el controlador 15' de planta de energía eólica y la unidad de corrección 15a también incluyen una señal 34, que indica la condición o estado de los generadores de turbina eólica individuales, tal como el tiempo de vida útil restante de los generadores de turbina eólica individuales o de los componentes de los mismos, información de sensores o de estado de los generadores de turbina eólica 1 individuales, información sobre el punto de funcionamiento óptimo de los generadores de turbina eólica 1 individuales, datos de entrada referentes a si los generadores de turbina eólica 1 individuales están activos o no son productivos, y otra información pertinente sobre los generadores de turbina eólica 1 individuales. Por otra parte, puede enviarse en una señal 35 la ubicación relativa de los generadores de turbina eólica 1 individuales, en la planta de energía eólica. Esta información puede ser relevante para calcular los efectos de estela o de apantallamiento entre los generadores de turbina eólica 1 individuales de la planta de energía eólica. Por otra parte, se envía una señal 37 referente a la potencia activa y la potencia reactiva disponibles para la producción en los generadores de turbina eólica 1 individuales, desde los generadores de turbina eólica 1 al controlador 15' de planta de energía.

55 El equipo de compensación 2, si está presente en la planta de energía eólica, también está dispuesto para transmitir una señal 38 referente a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles al controlador 15' de planta de energía eólica, o a la unidad de corrección 15a del mismo. Por otra parte, el equipo de compensación, si está presente en la planta de energía eólica, está dispuesto para transmitir una señal 36 indicativa del estado o condición del mismo al controlador 15' de planta de energía eólica, o a la unidad de corrección 15a del mismo. Tal información de estado 36 puede estar relacionada con el punto de funcionamiento óptimo del equipo de compensación 2, el estado de carga, en caso de que el equipo de compensación sea una batería, el nivel de energía de una batería, u otra información de estado relevante.

60 La unidad de corrección 15a está dispuesta para determinar factores de corrección para cada uno de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional, si está presente en la planta de energía eólica 10, y estos factores de corrección tienen en cuenta algunas de o todas las señales 30-36.

65 La unidad de corrección 15a está dispuesta para transmitir una señal 39 a la segunda unidad 15b, acerca de los

factores de corrección y/o la potencia activa disponible indicada, desde la pluralidad de los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Esta señal 39 puede ser una señal obtenida mediante la corrección de la señal 37, acerca de la potencia activa y la potencia reactiva disponibles de los generadores de turbinas eólicas 1 individuales, y la señal 38 acerca de la potencia activa y la potencia reactiva disponibles del equipo de compensación 2, para obtener una señal 39 indicativa de la potencia activa y la potencia reactiva modificadas disponibles de los generadores de turbina eólica y el equipo opcional de compensación, por medio de los factores de corrección. Esta señal 39 de potencia modificada o indicada disponible indica así la potencia total disponible de los componentes de producción de energía de la planta de energía eólica, modificada para tener en cuenta otras perspectivas además de la cantidad de energía que puede generarse en la actualidad, tales como perspectivas a largo plazo, formas óptimas de control de los componentes individuales en comparación con los componentes de producción de energía restantes, etc.

Los factores de corrección normalmente son un vector de factores numéricos, que contienen uno o más factores de corrección para cada generador de turbina eólica, y uno o más factores de corrección para cada parte del equipo de compensación. Cada factor de corrección para cada generador de turbina eólica y cada parte del equipo de compensación puede ser un número inferior a 1, igual a 1 o superior a 1. Así, la señal 37 enviada desde cada generador de turbina eólica 1 al controlador 15' de planta de energía eólica, referente a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, puede corregirse mediante los factores de corrección para los generadores de turbina eólica 1 individuales para obtener una señal modificada de potencia activa y potencia reactiva disponibles. Cabe señalar que la señal 37 puede contener señales separadas para las potencias activa y reactiva de los generadores de turbina eólica 1 individuales, y que el factor de corrección para la potencia activa para cualquier generador de turbina eólica 1 puede diferir del factor de corrección para la potencia reactiva para el generador de turbina eólica 1.

La señal 39 de potencia disponible modificada o indicada normalmente es una señal combinada, obtenida a partir de las señales 37 enviadas desde los generadores de turbinas eólicas individuales referentes a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, corregidas individualmente mediante los factores de corrección apropiados de la potencia activa y la potencia reactiva para cada generador de turbina eólica 1, así como a partir de las señales 38 enviadas desde las partes individuales del equipo de compensación 2 referentes a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, corregidas individualmente mediante los factores de corrección para la potencia activa y la potencia reactiva para cada parte del equipo de compensación 2.

El controlador 15' de planta de energía también contiene un receptor, para recibir una solicitud 40 para la potencia activa y/o la potencia reactiva a generar por los componentes 1, 2 de la planta de energía eólica, para su suministro en el punto de acoplamiento común. Este receptor no se muestra específicamente en la figura 2. La segunda unidad 15b del controlador 15' de planta de energía puede denominarse "unidad de reparto 15b", dado que está dispuesta para asignar puntos de ajuste individuales referentes a la potencia activa y/o la potencia reactiva a los componentes individuales de la planta de energía eólica 10.

La unidad de reparto comprende una unidad de comparación (que no se muestra en la figura 2), dispuesta para comparar las potencias solicitadas en la señal 40 y las potencias modificadas disponibles indicadas en la señal 39. Así, la unidad de comparación puede comparar la potencia activa solicitada de la planta de energía eólica 10 con la potencia activa disponible indicada, de la pluralidad de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica; y la unidad de comparación puede comparar adicional o alternativamente la potencia reactiva solicitada, indicada en la señal 40, con la potencia reactiva disponible de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación de la planta de energía eólica indicada en la señal 39. En caso de que la comparación de la unidad de comparación indique que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, la unidad de reparto 15b calcula unos puntos de ajuste individuales, $P_{ref,i}$, $Q_{ref,i}$, relativos a la potencia activa (en el caso de $P_{ref,i}$) y/o a la potencia reactiva (en el caso de $Q_{ref,i}$), basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y la potencia reactiva disponibles indicadas de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Los puntos de ajuste individuales $P_{ref,i}$, $Q_{ref,i}$ enviados desde el controlador 15' de planta de energía a las unidades de producción de energía de la planta de energía eólica 10 contienen un intervalo de puntos de ajuste individuales, por lo general dos puntos de ajuste $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$, para la potencia activa y la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar desde el i-ésimo generador de turbina eólica, así como uno o dos valores de ajuste, $p_{ref,j}$ y $q_{ref,j}$, para la potencia activa y/o la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar desde la j-ésima parte del equipo de compensación 2.

Como se indica en la figura 2, puede introducirse una señal adicional 41 en la unidad de reparto 15b del controlador 15' de planta de energía.

Esta señal adicional 41 es opcional, y comprende información sobre la red eléctrica interna de la planta de energía eólica, que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional con el punto de acoplamiento, tal como información sobre las impedancias entre los componentes individuales de la planta de energía eólica y el punto de acoplamiento común por el que los componentes están conectados a una red externa. La señal adicional 41 también puede comprender información sobre si los generadores de turbina eólica están

activos o no están activos. La unidad de reparto 15b puede utilizar la señal adicional 41 para determinar los puntos de ajuste a asignar a los componentes individuales de la planta de energía eólica 10.

5 La figura 3 muestra una vista esquemática de un controlador 15" de planta de energía eólica alternativo de acuerdo con la invención. Se muestra que el controlador 15" de planta de energía eólica comprende tres unidades 15c, 15d y 15e distintas. Sin embargo, cabe señalar que estas tres unidades pueden combinarse o integrarse en una unidad.

10 La primera unidad puede interpretarse como una unidad de corrección 15c o unidad de determinación de factores de corrección, dispuesta para recibir las señales 30-37 desde los generadores de turbina eólica 1, el equipo de compensación opcional 2, así como otras señales 30-33, y para utilizar la información en las señales 30-37 para generar factores de corrección en relación con los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Las señales recibidas por la unidad de corrección 15c pueden incluir una señal 30 que comprenda información de reparación y/o de mantenimiento acerca de los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 31 sobre el anterior historial de reparto de puntos de ajuste a los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 32 referente a datos del viento en la ubicación de cada uno de los generadores de turbina eólica 1 individuales, pudiendo incluir dichos datos del viento por ejemplo la dirección del viento, la velocidad del viento, el nivel de turbulencia, la cizalladura del viento, etc., de los generadores de turbina eólica 1 individuales; y el precio de la energía, a saber, el precio al que puede comercializarse la energía producida por los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Así, las señales 30-32 se refieren a factores que son específicos para los generadores de turbina eólica individuales y que, por lo tanto, pueden diferir entre los generadores de turbina eólica individuales, mientras que la información sobre los precios de la energía de la señal 33 será la misma independientemente de qué componente del parque eólico proporcione la potencia eléctrica.

25 Las señales recibidas por el controlador 15" de planta de energía eólica y la unidad de corrección 15c también incluyen una señal 34, que indica la condición o estado de los generadores de turbina eólica individuales, tal como el tiempo de vida útil restante de los generadores de turbina eólica individuales o de los componentes de los mismos, información de sensores o de estado de los generadores de turbina eólica 1 individuales, información sobre el punto de funcionamiento óptimo de los generadores de turbina eólica 1 individuales, datos de entrada referentes a si los generadores de turbina eólica 1 individuales están activos o no son productivos, y otra información pertinente sobre los generadores de turbina eólica 1 individuales. Por otra parte, puede enviarse en una señal 35 la ubicación relativa de los generadores de turbina eólica 1 individuales, en la planta de energía eólica. Esta información puede ser relevante para calcular los efectos de estela o de apantallamiento entre los generadores de turbina eólica 1 individuales de la planta de energía eólica.

35 Por otra parte, el equipo de compensación, si está presente en la planta de energía eólica, está dispuesto para transmitir una señal 36 indicativa del estado o condición del mismo al controlador 15" de planta de energía eólica, o a la unidad de corrección 15c del mismo. Tal información de estado 36 puede estar relacionada con el punto de funcionamiento óptimo del equipo de compensación 2, el estado de carga, en caso de que el equipo de compensación sea una batería, u otra información de estado relevante.

40 La unidad de corrección 15c está dispuesta para determinar factores de corrección para cada uno de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional, si está presente en la planta de energía eólica 10, y estos factores de corrección tienen en cuenta algunas de o todas las señales 30-36. Los factores de corrección se envían como una señal de factores de corrección c desde la unidad de corrección 15c o unidad de determinación de factores de corrección a la segunda unidad 15d del controlador 15" de planta de energía.

Esta segunda unidad 15d también puede denominarse unidad de parametrización 15d.

50 La unidad de parametrización 15d también recibe una señal 37 acerca de la potencia activa y la potencia reactiva disponibles para la producción en los generadores de turbina eólica 1 individuales, enviada desde los generadores de turbina eólica 1 al controlador 15" de planta de energía.

55 El equipo de compensación 2, si está presente en la planta de energía eólica, también está dispuesto para transmitir una señal 38 acerca de su potencia activa y su potencia reactiva al controlador 15" de planta de energía eólica, o a la unidad de parametrización 15d del mismo.

60 La unidad de parametrización 15d está dispuesta para usar los factores de corrección de la señal de factores de corrección c, así como las señales 37 y 38 referentes a la potencia activa y la potencia reactiva disponibles de los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2, para crear una señal 39 referente a la potencia modificada disponible de las unidades de producción de energía 1, 2 de la central de energía eólica 10.

65 Como se describe en conexión con la figura 2, la señal 39 puede ser una señal obtenida mediante la corrección de la señal 37, acerca de la potencia activa y la potencia reactiva disponibles de los generadores de turbinas eólicas 1 individuales, y la señal 38 referente a la potencia activa y la potencia reactiva disponibles del equipo de compensación 2, para obtener una señal 39 indicativa de la potencia activa y la potencia reactiva modificadas disponibles de los generadores de turbina eólica y el equipo opcional de compensación, por medio de los factores de

5 corrección c . Esta señal 39 de potencia modificada o indicada disponible indica así la potencia total disponible de los componentes de producción de energía de la planta de energía eólica, modificada para tener en cuenta otras perspectivas además de la cantidad de energía que puede generarse en la actualidad, tales como perspectivas a largo plazo, formas óptimas de control de los componentes individuales en comparación con los componentes de producción de energía restantes, etc.

10 Los factores de corrección c normalmente son un vector de factores numéricos, que contiene uno o más factores de corrección para cada generador de turbina eólica y uno o más factores de corrección para cada parte del equipo de compensación. Por ejemplo, los factores de corrección pueden contener un factor de corrección para la potencia activa de cada turbina eólica, y otro factor de corrección para la potencia reactiva de cada turbina eólica. Por otra parte, los factores de corrección pueden contener un factor de corrección para la potencia activa de cada parte del equipo de compensación, así como un factor de corrección para la potencia reactiva de cada parte del equipo de compensación. En caso de que una parte del equipo de compensación esté dispuesta para proporcionar únicamente potencia reactiva, no es necesario factor de corrección alguno para la potencia activa de la misma, y viceversa.

15 Así, la señal 37 enviada desde cada generador de turbina eólica 1 al controlador 15" de planta de energía eólica, referente a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, puede corregirse mediante los factores de corrección para los generadores de turbina eólica 1 individuales para obtener una señal modificada referente a la potencia activa y la potencia reactiva disponibles, en la unidad de parametrización 15d. Cabe señalar que la señal 37 puede contener señales separadas para la potencia activa y la potencia reactiva de los generadores de turbina eólica 1 individuales, y que el factor de corrección para la potencia activa para cualquier generador de turbina eólica 1 puede diferir del factor de corrección para la potencia reactiva para el generador de turbina eólica 1.

25 La señal 39 de potencia disponible modificada o indicada normalmente es una señal combinada, obtenida a partir de las señales 37 enviadas desde los generadores de turbina eólica individuales referentes a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, corregidas individualmente mediante los factores de corrección apropiados de la potencia activa y la potencia reactiva para cada generador de turbina eólica 1, así como a partir de las señales 38 enviadas desde las partes individuales del equipo de compensación 2 referentes a su potencia activa y su potencia reactiva disponibles, corregidas individualmente mediante los factores de corrección para la potencia activa y la potencia reactiva para cada parte del equipo de compensación 2.

30 El controlador 15" de planta de energía también contiene un receptor, para recibir una solicitud 40 para la potencia activa y/o la potencia reactiva a generar por los componentes 1, 2 de la planta de energía eólica, para su suministro en el punto de acoplamiento común. Este receptor no se muestra específicamente en la figura 2. La tercera unidad 15e del controlador 15" de planta de energía puede denominarse "unidad de reparto 15e", dado que está dispuesta para asignar puntos de ajuste individuales referentes a la potencia activa y/o la potencia reactiva a los componentes individuales de la planta de energía eólica 10.

35 La unidad de reparto 15e comprende una unidad de comparación (que no se muestra en la figura 2), dispuesta para comparar las potencias solicitadas en la señal 40 y las potencias modificadas disponibles indicadas en la señal 39. Así, la unidad de comparación puede comparar la potencia activa solicitada de la planta de energía eólica 10 con la potencia activa disponible indicada, de la pluralidad de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica; y la unidad de comparación puede comparar adicional o alternativamente la potencia reactiva solicitada, indicada en la señal 40, con la potencia reactiva disponible de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación de la planta de energía eólica indicada en la señal 39. En caso de que la comparación de la unidad de comparación indique que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, la unidad de reparto 15e calcula unos puntos de ajuste individuales referentes a la potencia activa y/o a la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y la potencia reactiva indicadas disponibles de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Como se ha descrito en conexión con la figura 2, la unidad de reparto 15e calcula unos puntos de ajuste individuales P_{ref} , Q_{ref} , relativos a la potencia activa (en el caso de P_{ref}) y/o a la potencia reactiva (en el caso de Q_{ref}), basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y la potencia reactiva disponibles indicadas de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Los puntos de ajuste individuales P_{ref} , Q_{ref} enviados desde el controlador 15 de planta de energía a las unidades de producción de energía de la planta de energía eólica 10 contienen un intervalo de puntos de ajuste individuales, por lo general dos puntos de ajuste $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$ para la potencia activa y la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar desde el i -ésimo generador de turbina eólica, así como uno o dos valores de ajuste, $p_{ref,j}$ y $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar desde la j -ésima parte del equipo de compensación 2.

Como se indica en la figura 3, puede introducirse una señal adicional 41 en la unidad de reparto 15e del controlador 15" de planta de energía.

65 Esta señal adicional 41 es opcional, y comprende información sobre la red eléctrica interna de la planta de energía eólica, que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional con el punto de

acoplamiento, tal como información sobre las impedancias entre los componentes individuales de la planta de energía eólica y el punto de acoplamiento común por el que los componentes están conectados a una red externa. La señal adicional 41 también puede comprender información sobre si los generadores de turbina eólica están activos o no están activos. La unidad de reparto 15e puede utilizar la señal adicional 41 para determinar los puntos de ajuste a asignar a los componentes individuales de la planta de energía eólica 10.

La figura 4 ilustra un diagrama de flujo de un método 100 de acuerdo con la invención. El método 100 se refiere a la determinación de puntos de ajuste individuales en un controlador 15 de planta de energía. El controlador 15 de planta de energía está dispuesto para controlar una planta de energía eólica 10 que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica 1 y un equipo de compensación opcional 2. Tanto los generadores de turbina eólica 1 como el equipo de compensación opcional 2 pueden generar una salida eléctrica, por ejemplo en forma de una potencia activa y/o una potencia reactiva. Los puntos de ajuste individuales generados por el controlador 15 de planta de energía se refieren a una potencia activa y/o una potencia reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica 1 de la pluralidad de turbinas eólicas, y al equipo de compensación opcional 2 si está presente en la planta de energía, para su suministro a una red eléctrica externa, a saber, en un punto de acoplamiento común 17 que conecta la red eléctrica interna de la planta de energía con una red eléctrica externa.

El método comienza en la etapa 101 y pasa a la etapa 102, en la que el controlador de planta de energía recibe una solicitud para suministrar una potencia activa (P) y/o una potencia reactiva (Q) a la red eléctrica externa. Sin embargo, cabe señalar que la solicitud de la potencia activa y/o la potencia reactiva no tiene por qué recibirse desde el exterior del controlador de planta de energía, en tanto que el controlador de planta de energía puede estar dispuesto para determinar la potencia a suministrar en función de unas mediciones en el punto de acoplamiento común, y de cualesquiera códigos de red para la red eléctrica externa.

En una etapa 103 posterior, el controlador 15 de planta de energía determina los factores de corrección para cada generador de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación, si está presente en la planta de energía eólica. Los factores de corrección se refieren a información de condición de la pluralidad de generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional.

En una etapa posterior, la etapa 104, el controlador de planta de energía recibe unas señales indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica, así como unas señales indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde el equipo de compensación opcional.

Posteriormente, en la etapa 105, el controlador de planta de energía compara la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, y compara la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional. En caso de que la comparación de la etapa 105 muestre que la potencia activa total disponible de las unidades de producción de energía de la planta de energía eólica, es decir los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación diferente, es igual o inferior a la potencia activa solicitada, y que la potencia reactiva total disponible de las unidades de producción de energía de la planta de energía eólica es igual o inferior a la potencia reactiva solicitada, el método termina en la etapa 107.

Sin embargo, en caso de que la comparación de la etapa 105 muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia disponible activa de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, el método pasa a la etapa 106.

En la etapa 106, el controlador de planta de energía calcula los puntos de ajuste individuales relativos a la potencia activa y/o a la potencia reactiva en función de los factores de corrección y las señales recibidas, indicativas de la potencia activa y la potencia reactiva disponibles de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Así, para cada generador de turbina eólica se genera de forma individual un punto de ajuste de la potencia activa y un punto de ajuste de la potencia reactiva, y el punto de ajuste para los diferentes generadores de turbina eólica puede ser igual o diferente a los puntos de ajuste determinados para otros generadores de turbina eólica de la planta de energía eólica. Por otra parte, si la planta de energía eólica cuenta con una o más piezas de equipo de compensación, el controlador de planta de energía calcula puntos de ajuste de potencia activa y/o potencia reactiva para dicha unidad de equipo de compensación. Por lo general, en el caso del equipo de compensación reactiva, el controlador de la planta de energía generará un punto de ajuste para la potencia activa que sea igual a cero, o la planta de energía simplemente no generará un punto de ajuste para la potencia activa a generar por un equipo de compensación puramente reactivo. Del mismo modo, en caso de un equipo de compensación puramente activo, el controlador de planta de energía generará un punto de ajuste para la potencia reactiva que sea igual a cero, o no generará punto de ajuste de potencia reactiva alguno.

Cabe señalar, que las etapas del método 100 de la figura 4 pueden llevarse a cabo en cualquier orden apropiado. Por ejemplo, la etapa (102) podría llevarse a cabo simultáneamente con, o después de, la etapa (103) o la etapa (104), y el orden de las etapas (103) y (104) podrá intercambiarse.

El método termina en la etapa 107. Sin embargo, como indica la línea discontinua desde la etapa 107 a la etapa 101, el método puede repetirse. En una realización, el método 100 puede repetirse de manera sustancialmente continua, por lo que el método se inicia de nuevo cada vez que se finaliza el mismo. Alternativamente, el método puede repetirse a intervalos de tiempo determinados.

5 El método 100, las acciones del mismo, y diversas realizaciones y variaciones del método y estas acciones, pueden estar definidos individual o combinadamente por señales legibles por ordenador, incorporadas de manera tangible en uno o más medios legibles por ordenador, por ejemplo medios de grabación no volátiles, elementos de memoria de circuito integrado, o una combinación de los mismos. Los medios legibles por ordenador pueden ser cualquier medio disponible al que pueda accederse con un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios legibles por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento informático y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento informático incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles, implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento informático incluyen, pero no se limitan a, RAM, ROM, EEPROM, memorias flash u otras tecnologías de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otros almacenamientos ópticos, casetes magnéticas, cintas magnéticas, discos de almacenamiento magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, otros tipos de memoria volátil y no volátil, cualquier otro medio que pueda utilizarse para almacenar la información deseada y al que pueda accederse por ordenador, y cualquier combinación adecuada de los anteriores.

10 Los medios de comunicación normalmente incorporan instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada, tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte, e incluyen cualquier medio de entrega de información. El término "señal de datos modulada" se refiere a una señal que tiene una o más de sus características ajustadas o cambiadas de tal manera que codifique información en la señal. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de comunicación incluyen medios cableados tales como una red cableada o una conexión directa por cable, medios inalámbricos tales como medios acústicos, de RF, infrarrojos y otros medios inalámbricos, otros tipos de medios de comunicación y cualquier combinación adecuada de los anteriores.

15 Las señales legibles por ordenador realizadas en uno o más medios legibles por ordenador pueden definir instrucciones, por ejemplo como parte de uno o más programas que, como resultado de su ejecución por parte de un ordenador, instruyan al ordenador para llevar a cabo una o más de las funciones descritas en el presente documento (por ejemplo, el método 100, o cualquiera de las acciones del mismo), y/o diversas realizaciones, variaciones y combinaciones de las mismas. Tales instrucciones pueden estar escritas en cualquiera de una pluralidad de lenguajes de programación, por ejemplo, Java, J#, Visual Basic, C, C# o C++, Fortran, Pascal, Eiffel, Basic, COBOL, etc., o cualquiera de diversas de combinaciones de los mismos. El medio legible por ordenador en el que se realizan tales instrucciones puede residir en uno o más de los componentes del controlador 15, 15' de planta de energía descrito en el presente documento, puede distribuirse a través de uno o más de tales componentes, y puede efectuar transiciones entre los mismos.

20 El medio legible por ordenador puede transportarse, de tal modo que las instrucciones almacenadas en el mismo puedan cargarse en cualquier recurso de sistema informático para poner en práctica los aspectos de la presente invención analizados en el presente documento. Adicionalmente, cabe observar que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador, descritas anteriormente, no se limitan a las instrucciones realizadas como parte de un programa de aplicación que se ejecute en un ordenador principal. Más bien, las instrucciones pueden realizarse como cualquier tipo de código informático (por ejemplo, software o microcódigo) que pueda emplearse para programar un procesador, para implementar los aspectos anteriormente analizados de la presente invención.

25 Cabe observar que cualquier componente individual o colección de múltiples componentes de un sistema informático, por ejemplo el controlador de planta de energía descrito en relación con las Figuras 1, 2 y 3, que lleve/n a cabo las funciones descritas en el presente documento, puede/n considerarse genéricamente como uno o más controladores que controle/n tales funciones. El uno o más controladores puede/n implementarse de muchas maneras, por ejemplo con hardware y/o firmware dedicados, utilizando un procesador que se programe utilizando microcódigo o software, para ejecutar las funciones mencionadas anteriormente o cualquier combinación adecuada de lo anterior.

30 Pueden implementarse diversas realizaciones de acuerdo con la invención en uno o más sistemas informáticos. Estos sistemas informáticos pueden ser, por ejemplo, ordenadores de uso general, tales como los basados en un procesador Intel de tipo PENTIUM, Motorola PowerPC, Sun UltraSPARC, procesadores PA-RISC de Hewlett-Packard, cualquiera de diversos procesadores comercializados por Advanced Micro Devices (AMD), o cualquier otro tipo de procesador. Cabe observar que puede utilizarse uno o más de cualquier tipo de sistema informático para implementar diversas realizaciones de la invención.

35 En resumen, la invención se refiere a un método y a un controlador de planta de energía, dispuesto para llevar a cabo el método. El método se refiere al reparto inteligente de la producción de energía a las turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional de una planta de energía eólica, como las unidades de producción de energía de

una planta de energía eólica. La invención se refiere a un caso en que la energía producida solicitada es menor que la capacidad total de la planta de energía, y la invención se refiere a aprovechar esta situación para repartir puntos de ajuste a las turbinas eólicas y al equipo de compensación de manera flexible. Esta flexibilidad puede aumentar el tiempo de vida útil de las turbinas eólicas, ayudar a programar el mantenimiento y ampliar el alcance operacional eléctrico de la planta de energía eólica.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) de determinación de puntos de ajuste individuales (Pref, Qref) en un controlador de planta de energía (15), dispuesto para controlar una planta de energía eólica (10) que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica (1) y un equipo de compensación opcional (2) capaces de generar una salida eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales (Pref, Qref) con una potencia activa y/o una potencia reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica (1) de la pluralidad de turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional (2), para su suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 a) recibir una solicitud de suministro de potencia activa (P) y/o potencia reactiva (Q) a la red eléctrica externa;
- 10 b) determinar unos factores de corrección (c) para cada generador de turbina eólica (1) de la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional (2), estando relacionados dichos factores de corrección (c) con información de condición referente a la pluralidad de generadores de turbina eólica (1) y al equipo de compensación opcional (2);
- 15 c) recibir unas señales (37, 38) indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica (1), así como desde el equipo de compensación opcional (2);
- 20 d) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas (1) y el equipo de compensación opcional (2) de la planta de energía eólica, y comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional;
- 25 e) en caso de que la comparación de la etapa d) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, llevar a cabo la siguiente etapa;
- f) calcular dichos puntos de ajuste individuales relacionados con la potencia activa y/o la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección (c) y en las señales recibidas (37, 38), indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dichos factores de corrección (c) son factores de priorización que indican la capacidad de la pluralidad de generadores de turbina eólica (1) y del equipo de compensación opcional (2), con respecto a los otros generadores de turbina eólica (1) y equipo de compensación opcional (2).
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que dichos factores de corrección (c) se determinan basándose en uno o más de las siguientes: las condiciones del viento, las características de funcionamiento, las condiciones de los componentes, la topología de la planta de energía eólica, la antigüedad de los generadores de turbina eólica individuales de la planta de energía eólica y la antigüedad del equipo de compensación opcional.
4. Un método de acuerdo con la reivindicación 2 o 3, en el que los factores de corrección (c) también se determinan sobre la base de consideraciones del precio de la energía.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 4, en el que las condiciones del viento comprenden uno o más de los siguientes factores: la dirección del viento, la velocidad del viento, el nivel de turbulencia y la cizalladura del viento.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que dichas características de funcionamiento comprenden uno o más de los siguientes factores: el punto de funcionamiento óptimo de los generadores de turbina eólica individuales; el punto de funcionamiento óptimo del equipo de compensación opcional; el intervalo operacional eléctrico de los generadores de turbina eólica individuales; el intervalo operacional eléctrico del equipo de compensación opcional; el historial de operación de las turbinas eólicas individuales; el historial de operación del equipo de compensación opcional; el estado de producción de cada uno de los generadores de turbina eólica; y el estado de producción del equipo de compensación opcional.
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 6, en el que dichas condiciones de los componentes comprenden una o más de las siguientes: mediciones de sensores de los componentes de los generadores de turbina eólica; la antigüedad de los generadores de turbina eólica individuales; la antigüedad del equipo de compensación opcional; informes de servicio sobre los generadores de turbina eólica individuales; informes de servicio sobre el equipo de compensación opcional.
8. Un método de acuerdo con la reivindicación 7, en el que dichas mediciones de sensores de los componentes de los generadores de turbina eólica comprenden mediciones de sensores de la temperatura de los generadores.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 8, en el que dicha topología de planta de energía eólica incluye uno o más de los siguientes factores: datos de entrada sobre el apantallamiento potencial de un generador de turbina eólica con respecto a otro, dependiendo de la dirección del viento; y datos de entrada sobre pérdidas eléctricas desde los generadores de turbina eólica, y del equipo de compensación opcional, a un punto de

acoplamiento común de la planta de energía eólica con una red eléctrica externa.

- 5 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que dicha antigüedad de los generadores de turbina eólica comprende uno o más de los siguientes factores: la antigüedad real del uno o más componentes de los generadores de turbina eólica; los puntos de ajuste previos enviados a los generadores de turbina eólica; y el número de veces que se han apagado los generadores de turbina eólica.
- 10 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3 a 10, en el que dicha antigüedad del equipo de compensación opcional comprende uno o más de los siguientes factores: la antigüedad real del equipo de compensación; los puntos de ajuste previos enviados al equipo de compensación; y el número de veces que se ha desconectado o desactivado el equipo de compensación.
- 15 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que el cálculo efectuado en la etapa f) es un cálculo combinado de los puntos de ajuste individuales de la potencia activa y la potencia reactiva para los generadores de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica de la planta de energía eólica, y de la potencia reactiva del equipo de compensación opcional.
- 20 13. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, en el que el cálculo de dichos puntos de ajuste individuales en la etapa f) se basa adicionalmente en uno o más de los siguientes factores: información sobre una red eléctrica interna de la planta de energía eólica, que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional con el punto de acoplamiento; e información sobre los generadores de turbina eólica referente a si están activos o no están activos.
- 25 14. Un controlador (15) de planta de energía eólica, dispuesto para determinar puntos de ajuste individuales para su envío a una pluralidad de generadores de turbina eólica y a un equipo de compensación opcional, dispuestos para generar una salida eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales con una potencia activa y/o una potencia reactiva a solicitar a cada una de las turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional, para su suministro a un punto de acoplamiento común (PCC) de la planta de energía eólica con una red externa, en el que el controlador de planta de energía comprende:
- 30 - un receptor para recibir una solicitud de generación de potencia activa (P) y/o potencia reactiva (Q) por parte de la planta de energía eólica;
- 35 - una unidad de corrección, dispuesta para determinar unos factores de corrección (c) para cada generador de turbina eólica de la pluralidad de generadores de turbina eólica, y para el equipo de compensación opcional, estando relacionados dichos factores de corrección con información de condición referente a cada uno de los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional;
- 40 - un receptor para recibir unas señales (30-38) desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica, así como desde el equipo de compensación opcional,
- 45 - una unidad de comparación (15b; 15e), dispuesta para comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o para comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica;
- 50 - una unidad de cálculo (15b; 15e) dispuesta para, en caso de que la unidad de comparación indique que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de energía eólica, calcular unos puntos de ajuste individuales relacionados con la potencia activa y/o la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y la potencia reactiva disponibles de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.
- 55 15. Un producto de programa informático, que comprende: al menos un medio legible por ordenador; y señales legibles por ordenador, almacenadas en al menos un medio legible por ordenador, que definen unas instrucciones que, como resultado de su ejecución en un ordenador, controlan el ordenador para llevar a cabo un método de determinación de puntos de ajuste individuales (Pref, Qref) en un controlador (15) de planta de energía, dispuesto para controlar una planta de energía eólica (10) que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica (1) y un equipo de compensación opcional (2) capaces de generar una salida eléctrica, estando relacionados los puntos de ajuste individuales (Pref, Qref) con la potencia activa y/o la potencia reactiva a solicitar a cada generador de turbina eólica (1) de la pluralidad de turbinas eólicas y al equipo de compensación opcional (2), para su suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de: a) recibir una solicitud de suministro de potencia activa (P) y/o potencia reactiva (Q) a la red eléctrica externa; b) determinar unos factores de corrección (c) para cada generador de turbina eólica (1) en la pluralidad de generadores de turbina eólica y para el equipo de compensación opcional (2), estando relacionados dichos factores de corrección (c) con información de condición referente a la pluralidad de generadores de turbina eólica (1) y al equipo de compensación opcional (2); c) recibir unas señales (37, 38) indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva disponible desde cada uno de dichos generadores de turbina eólica (1), así como desde el equipo de compensación opcional (2); d) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible indicada de la pluralidad de turbinas eólicas (1) y el equipo de
- 60 65

compensación opcional (2) de la planta de energía eólica, y comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible indicada de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional; e) en caso de que la comparación de la etapa d) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, y/o que la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, llevar a cabo la siguiente etapa; f) calcular dichos puntos de ajuste individuales relacionados con la potencia activa y/o la potencia reactiva, basándose en los factores de corrección (c) y en las señales recibidas (37, 38), indicativas de la potencia activa disponible y la potencia reactiva de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

5

10

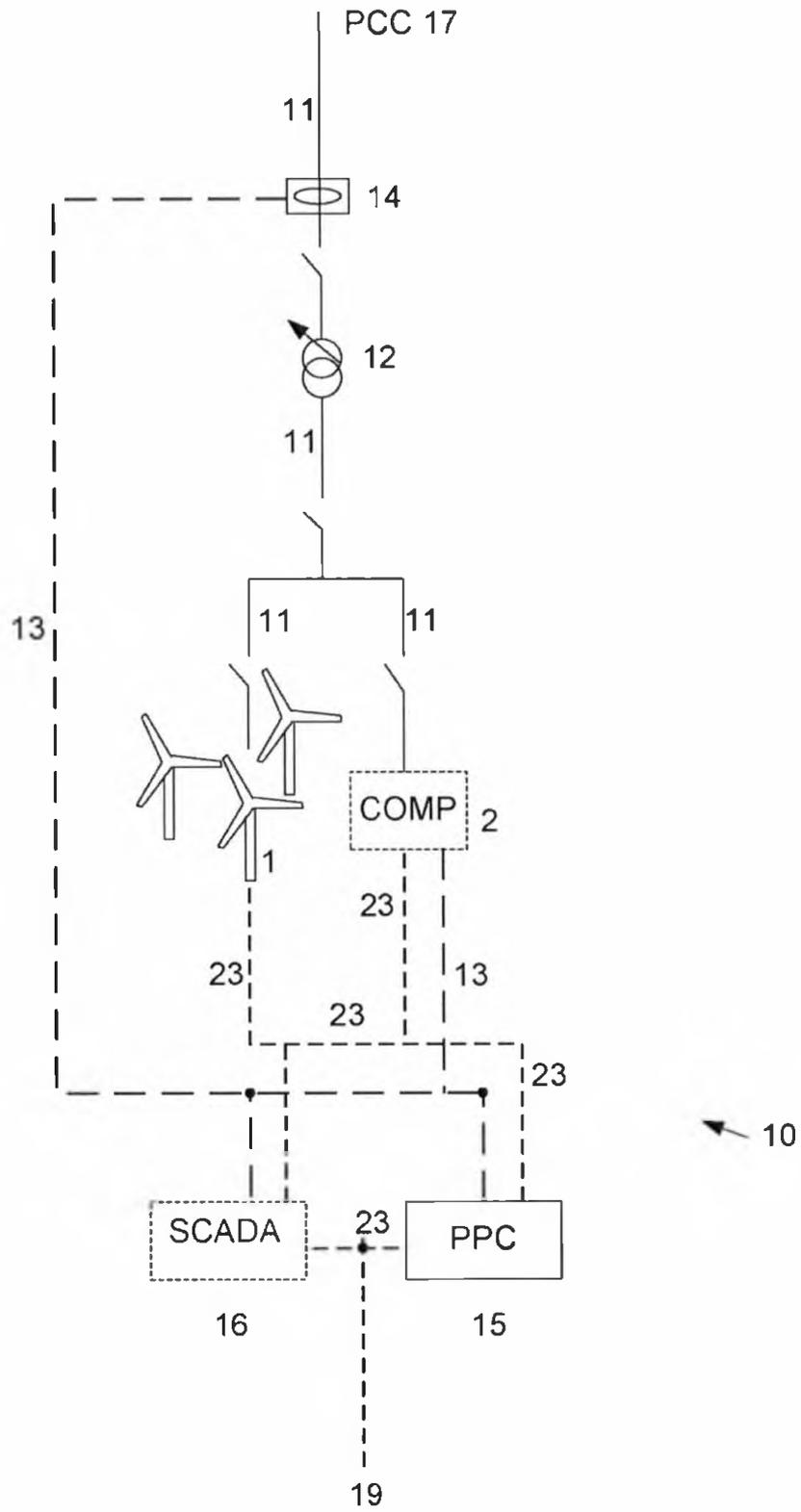


FIG. 1

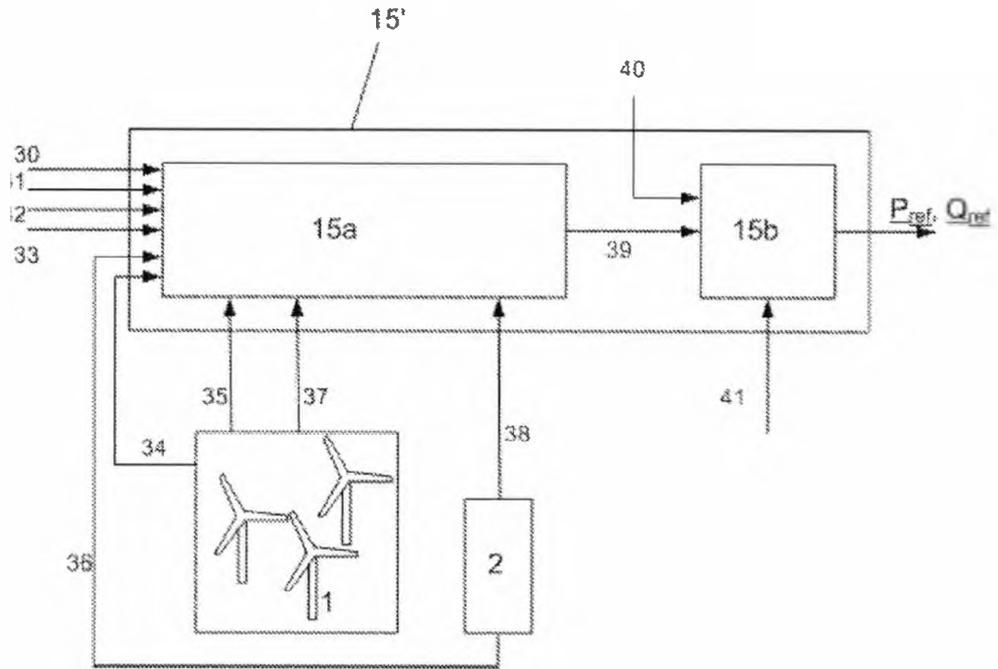


FIG. 2

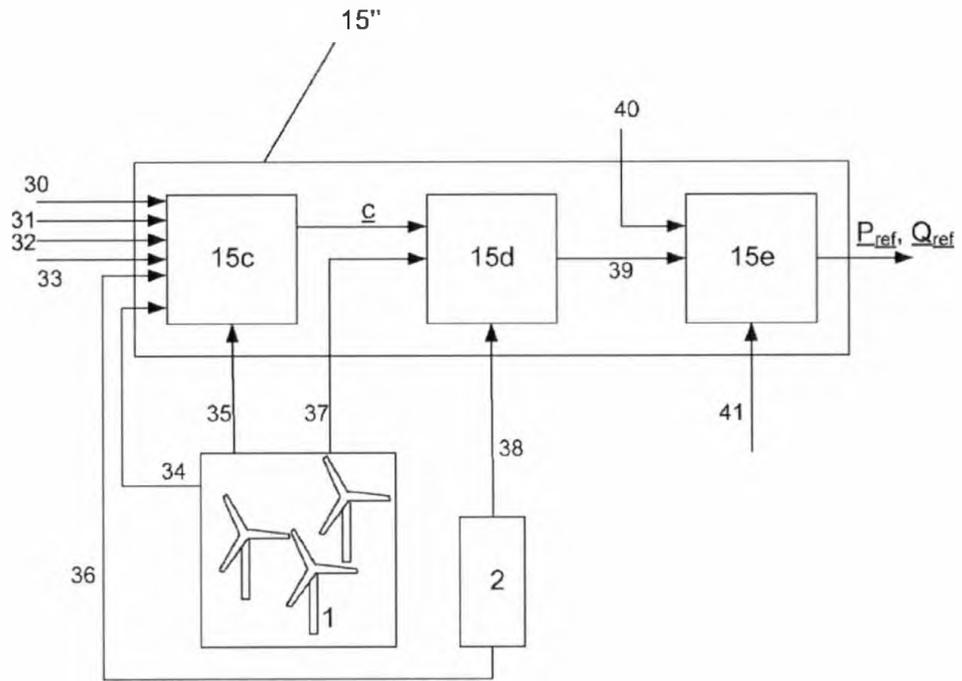


FIG. 3

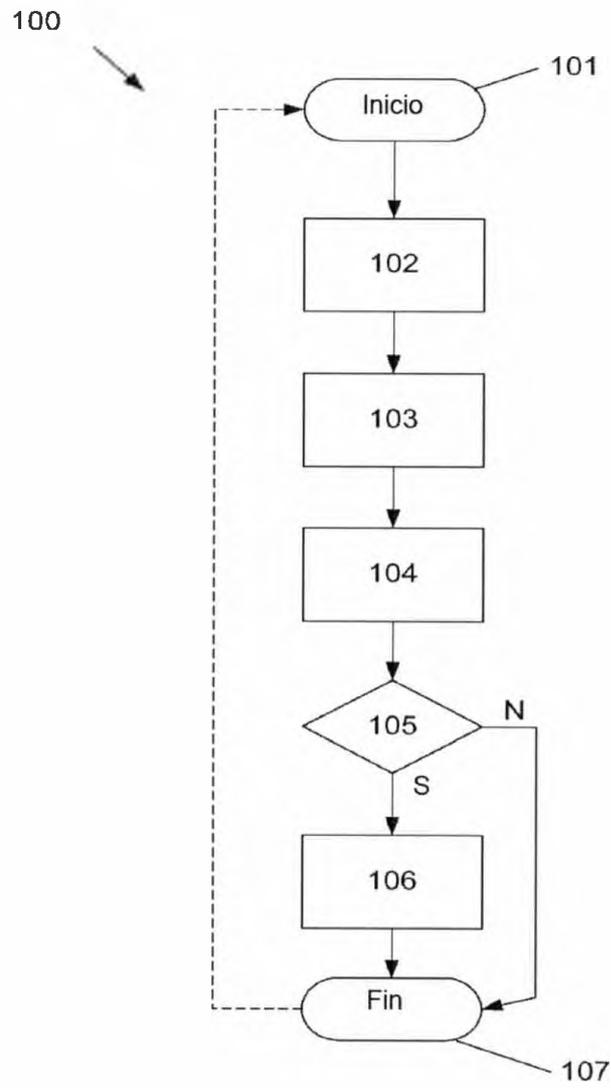


FIG. 4