

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 609 760**

51 Int. Cl.:

H02P 9/02 (2006.01)

H02J 3/16 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.09.2013 PCT/DK2013/050280**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO2014040601**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2013 E 13758735 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.11.2016 EP 2896099**

54 Título: **Método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación, y un controlador de planta de generación**

30 Prioridad:

17.09.2012 DK 201270571
09.10.2012 US 201261711468 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.04.2017

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 2 609 760 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

Método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación, y un controlador de planta de generación

5

Campo de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a un procedimiento de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional capaz de generar una producción eléctrica, un controlador de planta de generación eólica así como un medio de almacenamiento legible por ordenador que comprende instrucciones de código de programa que, cuando lo ejecuta un controlador de la planta de generación en una planta de generación eólica, provoca que el controlador de la planta de generación lleve a cabo el método de la invención.

10

15

Antecedentes de la invención

En los últimos años, se ha incrementado la atención sobre la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero generados por la combustión de combustibles fósiles. Una solución para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero es el desarrollo de fuentes de energía renovables. Particularmente, la energía derivada del viento ha demostrado ser una fuente de energía medioambientalmente 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 giratoria que convierte la energía cinética del viento en energía mecánica, y posteriormente la energía mecánica en potencia eléctrica. Pueden disponerse juntos una pluralidad de generadores de turbina eólica en un parque eólico, granja eólica o planta de generación eólica para generar energía suficiente como para dar soporte a una red eléctrica. Una planta de generación eólica puede localizarse en tierra o mar, y frecuentemente cubre grandes áreas geográficas. Cada generador de turbina eólica típicamente incluye, o se conecta a, un controlador de turbina eólica, y la planta de generación eólica típicamente incluye un controlador central, frecuentemente denominado controlador de planta de generación, controlador central o controlador maestro, acoplado operativamente a los controladores de turbina eólica de los generadores de turbina eólica individuales. El controlador de la planta de generación se dispone para recibir información de los controladores de turbina eólica, por ejemplo con relación a la producción de potencia y/o valores de medición desde los generadores de turbina eólica, y el controlador de la planta de generación se dispone para transmitir información a los generadores de turbina eólica, por ejemplo para obtener una producción requerida de los generadores de turbina eólica.

25

30

35

Estos factores hacen necesario proporcionar una variedad de tecnologías de intercomunicación y comunicación enlazadas en red para la supervisión y control de las instalaciones de generación eólica de energía eléctrica.

40

En una planta de generación eólica con una pluralidad de generadores de turbina eólica, la atención se ha desplazado de los puntos de conexión del generador de turbina eólica por separado al punto central de conexión de la planta de generación eólica, frecuentemente denominado el "punto de acoplamiento común", y el control de las turbinas eólicas individuales se suplementa con un control global llevado a cabo por un controlador de la planta de generación eólica o controlador maestro, dispuesto para controlar los componentes de la planta de generación eólica mediante la transmisión de puntos de consigna sobre, por ejemplo, potencia activa y reactiva a proporcionar en el punto de acoplamiento común. En plantas de generación eólica muy grandes, puede existir más de un punto de acoplamiento común, y puede existir más de un controlador de planta de generación.

45

La solicitud de patente publicada US2010/025994A1 divulga un sistema de control de generador de turbina eólica que comprende un controlador maestro tal como el que se ha descrito. El controlador maestro distribuye puntos de consigna a cada granja eólica de la red de granjas eólicas, y lo hace de acuerdo con un algoritmo de distribución que actúa para limitar el valor del punto de consigna de modo que no se supere la capacidad de cada granja eólica.

50

Un factor de limitación cuando se realiza el control central de una planta de generación eólica con varios generadores de turbina eólica es el tiempo que lleva recoger y acondicionar la información desde los generadores de turbina eólica individuales, transmitir la información al controlador central o controlador de la planta de generación y distribuir los datos de control, por ejemplo nuevos puntos de consigna de potencia activa o reactiva desde el controlador de la planta de generación a los controladores de la turbina eólica. La expresión "componentes de la planta de generación eólica" presente indicar los componentes de producción de energía o de generación de energía de la planta de generación eólica, en concreto, generadores de turbina eólica y opcionalmente, equipos de compensación capaces de generar una producción eléctrica.

60

Una tarea importante del controlador de la planta de generación consiste en proporcionar puntos de consigna óptimos sobre la potencia activa y reactiva a generar por cada uno de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación, si está incluido en la planta de generación eólica.

65

Sumario de la invención

Las realizaciones de la invención se refieren en general a la provisión de puntos de consigna mediante un controlador de planta de generación, a enviar a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional de la planta de generación eólica.

Una realización de la invención proporciona un método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende uno o más generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional capaz de generar una producción eléctrica, refiriéndose los puntos de consigna individuales a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada uno de los uno o más generadores de turbina eólica y desde el equipo de compensación opcional para el suministro de una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de: (a) recibir una solicitud de una potencia activa (P) y/o reactiva (Q) a suministrar a la red eléctrica externa; (b) determinar la potencia activa y reactiva disponibles desde el al menos un generador de turbina eólica y desde el equipo de compensación opcional; (c) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y (d) en caso de que la comparación en la etapa (c) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, determinar puntos de consigna individuales optimizados para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación basándose en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.

Otra realización de la invención proporciona un controlador de la planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación opcional, siendo capaces los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional de generar una producción eléctrica, estando dispuesto el controlador de la planta de generación eólica para controlar la planta de generación eólica mediante la transmisión de puntos de consigna individuales con relación a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, para el suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el controlador de la planta de generación eólica:

- un receptor para recibir señales de entrada con relación a una solicitud de una potencia activa y/o reactiva a generar por la planta de generación eólica;
- una unidad para la determinación de la potencia activa y reactiva disponibles desde el al menos un generador de turbina eólica y desde el equipo de compensación opcional;
- un comparador para la comparación de la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparación de la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y
- un optimizador para determinar los puntos de consigna individuales optimizados para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación, en caso de que el comparador detecte que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, en el que la determinación de dichos puntos de consigna individuales se basa en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.

Otra realización más de la invención proporciona un producto de programa informático que comprende: al menos un medio legible por ordenador; y señales legibles por ordenador, almacenadas en el al menos un medio legible por ordenador, que definen instrucciones que, como resultado de su ejecución por un ordenador, controlan el ordenador para realizar un método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende uno o más generadores de turbina eólica y un equipo de compensación opcional capaces de generar una producción eléctrica, refiriéndose los puntos de consigna individuales a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada una de las una o más turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional para el suministro de una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de: (a) recibir una solicitud de una potencia activa (P) y/o reactiva (Q) a suministrar a la red eléctrica externa; (b) determinar la potencia activa y reactiva disponibles desde el al menos un generador de turbina eólica y desde el equipo de compensación opcional; (c) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y (d) en caso de que la comparación en la etapa (c) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, determinar puntos de consigna individuales para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación, basándose en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.

Breve descripción de los dibujos

Se explican realizaciones de la presente invención, a modo de ejemplo, y con referencia a los dibujos adjuntos. Cabe destacar que los dibujos adjuntos ilustran solo ejemplos de realizaciones de la invención.

- 5 la Figura 1 ilustra una vista simplificada de una planta de generación eólica;
- las Figuras 2-4 ilustran vistas esquemáticas de un controlador de una planta de generación eólica de acuerdo con la invención; y
- 10 la Figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un método de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

15 En lo que sigue, se hace referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, se debe entender que la invención no está limitada a las realizaciones específicas descritas. En su lugar, se contempla la implementación y puesta en práctica de la invención con cualquier combinación de las siguientes características y elementos, ya estén relacionados o no con diferentes realizaciones.

20 Adicionalmente, en diversas realizaciones de la invención se proporcionan numerosas ventajas sobre la técnica anterior. Sin embargo, aunque las realizaciones de la invención pueden conseguir ventajas sobre otras posibles soluciones y/o sobre la técnica anterior, se consiga o no una ventaja particular con una realización dada no constituye una limitación de la invención. Por ello, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son meramente ilustrativos y no se consideran elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas excepto cuando se detalle explícitamente en una(s) reivindicación(es). De la misma manera, la referencia a “la invención” no deberá interpretarse como una generalización de cualquier materia objeto inventiva divulgada en el presente documento y no deberá considerarse que sea un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto cuando se detalle explícitamente en una(s) reivindicación(es).

30 Una realización de la invención proporciona un método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende uno o más generadores de turbina eólica y opcionalmente un equipo de compensación capaz de generar una producción eléctrica, refiriéndose los puntos de consigna individuales a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada una de las una o más turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional para el suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de:

- (a) recibir una solicitud de una potencia activa (P) y/o reactiva (Q) a suministrar a la red eléctrica externa;
- (b) determinar la potencia activa y reactiva disponibles desde el al menos un generador de turbina eólica y desde el equipo de compensación opcional;
- (c) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y
- (d) en caso de que la comparación en la etapa (c) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, determinar puntos de consigna individuales para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación, en el que la determinación de dichos puntos de consigna individuales es un cálculo combinado de los puntos de consigna individuales optimizados para la potencia activa y la potencia reactiva desde el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación mediante el uso de información de la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.

En general, hay dos etapas principales para producir una cantidad predefinida de potencia eléctrica, a saber potencia activa P y potencia reactiva Q, con una planta de generación eólica. La primera etapa consiste en fijar dos potencias de referencia, P_{ref} y Q_{ref} mediante un controlador de la planta de generación, en el que las dos potencias de referencia son las potencias totales desde las diferentes unidades de producción de potencia de la planta de generación eólica. La segunda etapa consiste en asignar/consignar una potencia solicitada a cada unidad de producción de potencia de la planta de generación eólica. Esto puede considerarse como el equivalente a indicar un conjunto de puntos de consigna individuales (P_{ref} , Q_{ref}) a cada unidad de producción eólica de la planta de generación eólica, en donde el conjunto de puntos de consigna individuales P_{ref} , Q_{ref} comprende dos puntos de consigna para la potencia activa y reactiva, respectivamente, desde cada generador de turbina eólica, así como puntos de consigna de potencia activa y/o reactiva desde el equipo de compensación. Por ello, los puntos de consigna P_{ref} , Q_{ref} pueden incluir dos puntos de consigna, $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$ para la potencia activa y reactiva, respectivamente, a solicitar del i-ésimo generador de turbina eólica así como uno o dos puntos de consigna $p_{ref,j}$, $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o potencia reactiva, respectivamente, a solicitar de la j-ésima pieza del equipo de compensación, en caso de que el equipo de compensación esté compuesto por más de una pieza o componente.

La expresión “cálculo combinado” pretende indicar que los puntos de consigna activa y reactiva están determinados por el controlador de la planta de generación eólica teniendo debidamente en cuenta factores relevantes que influyen en los puntos de consigna de potencia activa y reactiva. Por ello, la potencia activa y reactiva puede determinarse sustancialmente en la misma etapa. Más aún, se tienen en consideración factores similares para la determinación de los puntos de consigna para la potencia activa y reactiva. Los puntos de consigna activa y reactiva pueden estar determinados por la misma unidad del controlador de la planta de generación eólica. Mediante el cálculo combinado de los puntos de consigna individuales de potencia activa y reactiva para componentes de producción de potencia individuales de la planta de generación eólica, puede cambiarse el gráfico P-Q de la planta de generación eólica en su conjunto, de modo que pueda expandirse el intervalo de operación eléctrica de la planta de generación eólica.

El cálculo de dichos puntos de consigna individuales en la etapa (d) se basa adicionalmente en información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica. Dicha información sobre la red eléctrica interna puede incluir, por ejemplo, información sobre la topología de la red, incluyendo impedancia eléctrica, de modo que puedan tomarse en consideración las pérdidas entre un generador de turbina eólica o equipo de compensación y el punto de acoplamiento común.

Cabe destacar que se le han asignado a las etapas del método los signos de referencia (a) a (d) únicamente para facilitar la comprensión, y que las etapas del método puede llevarse a cabo en cualquier orden apropiado. Por ejemplo, la etapa (a) podría llevarse a cabo simultáneamente con o después de la etapa (b).

Al método le puede seguir una etapa de transmisión de los puntos de consigna individuales relacionados con la potencia activa y potencia reactiva a los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

Cabe destacar que la solicitud de potencia activa y/o reactiva no necesita recibirse desde el exterior del controlador de la planta de generación, porque el controlador de la planta de generación puede disponerse para determinar la potencia a suministrar, basándose en mediciones en el punto común de acoplamiento y cualesquiera códigos de red para la red eléctrica externa. Sin embargo, la solicitud de una potencia activa y/o reactiva puede recibirse también desde el exterior de la planta de generación eólica, por ejemplo desde un propietario de la planta de generación eólica u operador de la red de la compañía eléctrica.

El cálculo de dichos puntos de consigna utilizados en la etapa (d) puede basarse adicionalmente en información sobre si cada uno de los uno o más generadores de turbina eólica está activo o no activo.

La expresión “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 candidatos de entre los siguientes, pero sin estar limitado a los candidatos mencionados: bancos de condensadores conmutados, bancos de inductores conmutados, condensadores estáticos, condensadores síncronos y STAT-COM. La compensación de potencia reactiva se usa para controlar o bien el factor de potencia, o el nivel de potencia reactiva que fluye o para controlar el nivel de tensión del punto de acoplamiento común. El equipo de compensación de potencia activa puede comprender candidatos de entre los siguientes, pero sin estar limitado a los candidatos mencionados: almacenamientos de energía, por ejemplo en forma de una batería eléctrica, un volante de inercia, un ultra condensador, un condensador, plantas hidráulicas híbridas, células fotovoltaicas y células de combustible. La compensación de potencia activa se usa para controlar el factor de potencia, el nivel de potencia activa, la frecuencia o para el control del nivel de tensión en el punto de acoplamiento común. De ese modo, la compensación de potencia activa puede usarse para, por ejemplo, cumplimiento de la normativa de red, mejora de la calidad de la potencia, nivelación de la producción, permitir una sobreproducción, permitir el nivelado de la producción, obtener reserva de potencia. Todas estas medidas están relacionadas y son familiares para el experto en la materia de generación de potencia eléctrica. Se puede considerar por tanto que el equipo de compensación tiene distintas partes, en el que una parte puede ser de una clase de equipo de compensación activa o reactiva, y otras partes pueden ser otras unidades de la misma u otra clase de equipo de compensación activa y reactiva. Solo 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 STATCOM. En este ejemplo, se puede considerar que la compensación consta de tres partes, a saber la batería, la célula fotovoltaica y el STATCOM. Sin embargo, uno de estos componentes de compensación puede usarse para controlar los otros, en cuyo caso el controlador de la planta de generación puede considerar las tres partes del equipo de compensación como una.

La expresión “equipo de compensación opcional” pretende indicar que la planta de generación eólica puede incluir un equipo de compensación, pero no es obligatorio que la planta de generación eólica incluya dicho equipo de compensación. En caso de que no se incluya un equipo de compensación en la planta de generación eólica, el controlador de la planta de generación eólica actúa en consecuencia, y no se generará o transmitirá ninguna contribución en cuanto a puntos de consigna sobre la potencia activa o reactiva desde dicho equipo de compensación.

La expresión “puntos de consigna que se refieren a la potencia activa y/o reactiva” pretende indicar las referencias sobre la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada generador de turbina eólica de la pluralidad de turbinas

eólicas y el equipo de compensación opcional, y la expresión “puntos de consigna individuales” pretende indicar que el controlador de la planta de generación eólica se dispone para definir puntos de consigna a enviar a la pluralidad de generadores de turbina eólica y al equipo de compensación de la planta de generación eólica, donde estos puntos de consigna no son necesariamente idénticos. Por ello, el controlador de la planta de generación eólica se dispone para asignar puntos de consigna a los generadores de turbina eólica individuales y al equipo de compensación opcional de acuerdo con los factores de corrección, y los puntos de consigna enviados a diferentes generadores de turbina eólica típicamente serán diferentes entre sí. Sin embargo, debería tomarse nota de que en algunos casos podría ocurrir que los puntos de consigna fueran idénticos; sin embargo, se asignan a los generadores de turbina eólica individuales basándose en consideraciones individuales, tal como indican los factores de corrección. Los puntos de consigna que se refieren a la potencia activa y/o reactiva pueden ser puntos de consigna que indiquen una potencia activa y/o reactiva a proporcionar desde un generador de turbina eólica o equipo de compensación; sin embargo, los puntos de consigna que se refieren a la potencia activa y/o reactiva pueden indicar también un factor de potencia a generar o señales de corriente combinadas con señales de la tensión a generar desde la pluralidad de generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional.

La determinación de dichos puntos de consigna individuales en la etapa (d) se lleva a cabo mediante el uso de una técnica del Flujo de Carga Óptimo. Como alternativa o adicionalmente, la determinación de dichos puntos de consigna individuales en la etapa (d) se lleva a cabo mediante la optimización de una función de coste. Ambos de estos casos se refieren a técnicas de optimización ventajosas que pueden disponerse para tener en cuenta una variedad de factores.

La potencia activa disponible determinada a partir de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional es la suma de las potencias activas disponibles reales de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, y la potencia reactiva disponible determinada a partir de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional es la suma de las potencias reactivas disponibles reales de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. En este caso, la potencia activa y reactiva disponible, respectivamente, de la planta de generación eólica es la suma de la potencia activa y reactiva disponible real, respectivamente, de los componentes individuales de la planta de generación eólica.

La potencia activa disponible determinada a partir de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional es la suma de las potencias activas disponibles modificadas de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, y la potencia reactiva disponible determinada a partir de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y equipo de compensación opcional es la suma de las potencias reactivas disponibles modificadas de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, en el que se determina un valor modificado de una potencia activa o reactiva, respectivamente, mediante la corrección de la potencia activa o reactiva disponible real mediante factores de corrección que se refieren a información de condición sobre cada una de las turbinas eólicas y el equipo de compensación. En este caso, la potencia activa y reactiva disponible, respectivamente, de la planta de generación eólica es la suma de la potencia activa y reactiva disponible modificada, respectivamente, de los componentes individuales de la planta de generación eólica.

Mediante la determinación de factores de corrección en el nivel de los generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional y el uso de dichos factores de corrección en el controlador de la planta de generación eólica en la determinación de los puntos de consigna individuales a enviar a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional, puede tenerse en cuenta un intervalo de factores que influyen en el rendimiento de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación a corto plazo así como a largo plazo. Cuando la producción eléctrica total a generar por la pluralidad de generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional es menor que la capacidad total, el controlador de la planta de generación eólica se dispone para determinar puntos de consigna de manera flexible mediante el uso de los factores de corrección. Esta flexibilidad puede incrementar la vida útil de los generadores de turbina eólica individuales, y/o puede ayudar a planificar el mantenimiento.

Los factores de corrección se determinan basándose en uno o más de los siguientes: condiciones del viento; características operativas; condiciones del componente; topología de la planta de generación eólica; envejecimiento de los generadores de turbina eólica individuales de la planta de generación eólica; envejecimiento del equipo de compensación opcional; y consideraciones sobre el precio de la energía.

Así, se puede tener en cuenta el estado de salud de los generadores de turbina eólica y del equipo de compensación opcional, así como su distancia desde el punto de acoplamiento común, las cargas de los generadores de turbina eólica y otros factores para la consignación de los puntos de consigna de los componentes individuales de la planta de generación eólica.

Las condiciones del viento pueden comprender uno o más de los siguientes factores: dirección del viento, velocidad del viento, nivel de turbulencia y cizallamiento. Las condiciones del viento pueden comprender uno o más de los siguientes factores: dirección del viento, velocidad del viento, nivel de turbulencia y cizallamiento. Dichas

condiciones del viento pueden determinarse de cualquier forma apropiada, por ejemplo mediante anemómetros o LIDAR, mediante sensores en los generadores de turbina eólica, etc. Los niveles de turbulencia podrían ser muy diferentes a lo largo de toda la planta de generación eólica. El envío de puntos de consigna relativamente más bajos a los generadores de turbina eólica que experimenten la turbulencia más intensa ahorra vida útil de 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 operativas comprenden uno o más de los siguientes factores: punto de operación óptimo de los generadores de turbina eólica individuales; punto de operación óptimo del equipo de compensación opcional; intervalo operacional eléctrico de los generadores de turbina eólica individuales, intervalo operacional eléctrico del equipo de compensación opcional; histórico de operación de los generadores de turbina eólica individuales; histórico de operación del equipo de compensación opcional; estado de producción de cada uno de los generadores de turbina eólica; y estado de producción del equipo de compensación opcional. Dichas características operativas son por tanto características de los generadores de turbina eólica y/o equipo de compensación tal como se determinan en estas unidades de producción de potencia. Las características operativas pueden transmitirse directamente desde las unidades de producción de potencia al controlador de la planta de generación eólica para contribuir a la determinación de los factores de corrección en el controlador de la planta de generación eólica.

Las condiciones del componente pueden comprender uno o más de los siguientes: mediciones de sensores de componentes en los generadores de turbina eólica; la edad de los generadores de turbina eólica individuales; la edad del equipo de compensación opcional; informes de servicio sobre los generadores de turbina eólica individuales; informe de servicio sobre el equipo de compensación opcional. De ese modo, las condiciones del componente pueden referirse a las condiciones de componentes específicos de las unidades de producción de potencia, tal como, por ejemplo, el generador eléctrico de un generador de turbina eólica, la temperatura de componentes críticos en un generador de turbina eólica, tal como el generador eléctrico y/o las condiciones del componente puede referirse a valores globales de las unidades de producción de potencia individuales, tales como la edad. Los informes de servicio de todos los elementos de producción de potencia de la planta de generación eólica pueden influir así en el factor de corrección. El controlador de la planta de generación puede tener en cuenta información de dichos informes de servicio cuando determina los puntos de consigna para los generadores de turbina eólica individuales y al equipo de compensación, si está comprendido en la planta de generación eólica, de modo que por ejemplo, se le pide a un STATCOM y a algunos de los generadores de turbina eólica que proporcionen potencia reactiva de acuerdo con el estado de salud de cada uno de estos elementos y no de acuerdo con valores de reparto predefinidos.

La topología de la planta de generación eólica puede incluir uno o más de los siguientes factores: entradas sobre sombreado potencial de un generador de turbina eólica por otro, dependiendo de la dirección del viento; e introducción de pérdidas eléctricas desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional hasta un punto de acoplamiento común de la planta de generación eólica a una red eléctrica externa.

En caso de que unos generadores de turbina eólica la hagan sombra a otros, tal como cuando un generador de turbina eólica viento arriba reduce la velocidad del viento local para uno o más generadores de turbina eólica viento abajo, se puede considerar la producción de estos generadores de turbina eólica ventajosamente en combinación por dos razones;

- los generadores de turbina eólica viento arriba restan energía del viento provocando una producción eléctrica disponible potencial reducida de los generadores de turbina eólica viento abajo.
- Los generadores de turbina eólica viento arriba provocan una turbulencia adicional en las turbinas eólicas viento abajo, dando como resultado mayores esfuerzos y por ello una vida útil más corta, y potencialmente menor producción por lo que los generadores de turbina eólica viento abajo pueden reducir su capacidad para protegerlas contra la turbulencia.

Restringir un generador de turbina eólica viento arriba más que el generador de turbina eólica viento abajo podría conllevar una mejor carga global de los generadores de turbina eólica. Naturalmente, esta es una característica dependiente de la dirección del viento, dado que la interacción se traslada con el viento, de modo que dependiendo de la dirección del viento diferentes generadores de turbina eólica pueden ser generadores de turbina eólica viento arriba o viento abajo.

El envejecimiento del generador de turbina eólica comprende uno o más de los siguientes factores: la edad real de uno o más componentes de los generadores de turbina eólica; puntos de consigna previos enviados a los generadores de turbina eólica; y el número de veces que los generadores de turbina eólica se han parado o detenido. El envejecimiento del equipo de compensación opcional comprende uno o más de los siguientes factores: la edad real del equipo de compensación; los puntos de consigna previos enviados al equipo de compensación y el número de veces que el equipo de compensación se ha desconectado o desactivado.

Los cambios en los puntos de consigna de potencia pueden tener un impacto sobre los generadores de turbina eólica, de modo que la frecuencia y las amplitudes de los cambios en el punto de consigna procedentes del

- controlador de la planta de generación eólica a las turbinas individuales podrían incluirse ventajosamente en la determinación de los puntos de consigna individuales. Más aún, la edad real de los componentes de los generadores de turbina eólica y/o equipo de compensación puede influir en la determinación de los puntos de consigna por parte del controlador de la planta de generación eólica. Por ejemplo, si el generador de una turbina eólica dada o una batería de un equipo de compensación basado en batería se han sustituido recientemente, se puede solicitar de esta turbina eólica o equipo de compensación específicos más producción para ahorrar el uso de componentes de otras turbinas eólicas.
- Las mediciones de sensores de componentes en los generadores de turbina eólica pueden comprender mediciones de sensores de la temperatura de los generadores.
- El controlador de la planta de generación eólica y el producto de programa informático de la invención implican características y ventajas similares a las descritas en conexión con el método.
- Lo que sigue es una descripción detallada de realizaciones de la invención representadas en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos y están en un detalle tal que comunican claramente la invención. Sin embargo, la cantidad de detalle ofrecido no se pretende que limite las variaciones anticipadas de las realizaciones.
- La figura 1 ilustra una vista simplificada de una planta de generación eólica 10. El parque eólico de ejemplo o la planta de generación eólica 10 de la figura 1 tiene una pluralidad de generadores de turbina eólica 1; sin embargo, debido a la simplicidad de la figura solo se muestran tres generadores de turbina eólica en la figura 1. El número de generadores de turbina eólica 1 en la planta de generación eólica puede ser cualquier número apropiado, por ejemplo cualquier número entre 2 y centenares, por ejemplo 10, 20, 50 o 100 generadores de turbina eólica. Incluso aunque los tres generadores de turbina eólica 1 mostrados en la figura 1 se muestran próximos entre sí, cabe destacar que los generadores de turbina eólica 1 de la planta de generación eólica 10 pueden distribuirse sobre un gran área; esto puede implicar que la velocidad del viento, el cizallamiento 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 generación eólica 10.
- La planta de generación eólica 1 puede comprender opcionalmente un equipo de compensación 2 dispuesto para proporcionar potencia activa y/o reactiva. Este equipo de compensación opcional puede ser así un equipo de compensación de potencia activa, un equipo de compensación de potencia reactiva o una combinación de ambos. En la figura 1 el equipo de compensación opcional 2 se muestra como una unidad; sin embargo, debería tomarse nota de que el equipo de compensación opcional 2 puede ser más de una unidad. El equipo de compensación de potencia reactiva puede comprender candidatos de entre los siguientes, pero sin estar limitado a los candidatos mencionados: bancos de condensadores conmutados, bancos de inductores conmutados, condensadores estáticos, condensadores síncronos y STATCOM. La compensación de potencia reactiva se usa para controlar o bien el factor de potencia, o el nivel de potencia reactiva que fluye o para controlar el nivel de tensión en el punto de acoplamiento común. El equipo de compensación de potencia activa puede comprender candidatos de entre los siguientes, pero sin estar limitado a los candidatos mencionados: almacenamientos de energía, por ejemplo en forma de una batería eléctrica, un volante de inercia, un ultra condensador, un condensador, plantas hidráulicas híbridas, células fotovoltaicas y células de combustible. La compensación de potencia activa se usa para controlar el factor de potencia, el nivel de potencia activa, la frecuencia o para el control del nivel de tensión del punto de acoplamiento común.
- Cada generador de turbina eólica 1 tiene un rotor con palas de rotor soportadas giratoriamente en una góndola que se monta sobre una torre. El rotor se dispone para accionar un generador. La corriente eléctrica producida por el generador puede convertirse mediante un convertidor a una corriente adaptada para la frecuencia fija de la red, por ejemplo, mediante un convertidor a plena escala o un convertidor de un generador de inducción de doble alimentación (DFIG). El convertidor permite que se produzca la corriente con una fase arbitraria, según se desee, con relación a la tensión de red, permitiendo de ese modo que se produzca una 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 ordena al generador de turbina eólica producir electricidad con una fase y tensión específicas.
- Cada generador de turbina eólica 1 tiene terminales en los que el generador de turbina eólica produce la salida de la potencia eléctrica. Los generadores de turbina eólica 1 del parque eólico 10 se conectan eléctricamente a 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, los terminales de los generadores de turbina eólica individuales, forman las hojas de un árbol, y el punto de acoplamiento común (PCC) 17 forma la raíz del árbol. La red interna es típicamente una red de media tensión, y la salida eléctrica desde los generadores de turbina eólica 1 se transforma en alta tensión mediante el transformador 12 localizado aguas abajo del punto de acoplamiento común (PCC) 17.
- El punto de acoplamiento común PCC 17 es el punto en donde el parque eólico se conecta eléctricamente a la red de la compañía eléctrica (no mostrada en la figura 1), más específicamente a una línea de ramificación externa que

conduce a la red de la compañía eléctrica. Para un parque eólico marino, la línea de ramificación externa puede ser una línea submarina que conecta el parque eólico 10 a la red de la compañía eléctrica en tierra. Cabe destacar que puede existir más de un punto de acoplamiento común para conectar una planta de energía eólica a una o más redes externas. Este podría ser el caso, por ejemplo, de plantas de generación eólica muy grandes.

El parque eólico 10 está equipado con un controlador 15 de la planta de generación eólica. El controlador 15 de la planta de generación eólica comunica con los controladores del generador de turbina eólica 1 individuales a través de la red de control 23. La red de control 23 se implementa, por ejemplo, como un sistema de bus, es decir un bus CAN o un bus Ethernet. En la figura 1, las líneas de control 23 y las líneas de medición 13 se trazan como líneas discontinuas para distinguirlas de las líneas de la red eléctrica 11 dibujadas como líneas continuas.

El controlador 15 de la planta de generación eólica tiene varias entradas, dos de las cuales se ilustran en la figura 1. Una de las entradas es una entrada de control externa 19 adicional a través de la cual una entidad externa, por ejemplo, un operador de la red de la compañía eléctrica puede proporcionar una descripción o solicitar información que pertenezca a la electricidad a suministrar por la planta de generación eólica 10. Por ejemplo, el operador de la red de la compañía eléctrica puede solicitar que la planta de generación eólica 10 suministre una cierta tensión V o una cantidad de potencia reactiva Q en el PCC 17. Otras demandas por parte del operador de la red de compañía eléctrica puede ser un límite superior sobre la potencia activa producida por el parque eólico 10, por ejemplo en caso de una alta frecuencia en la red de la compañía eléctrica. La señal de información para la entrada de control externa 19 no es necesariamente una señal de demanda; en algunas realizaciones es un parámetro funcional que define la respuesta del controlador central a parámetros medidos en el parque eólico 10. Por ejemplo, en algunas realizaciones es la pendiente de una función de caída que define un mapeado de la tensión medida a potencia reactiva a producir. Más aún, puede recibirse una entrada de control externa desde un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) 16.

La segunda entrada al controlador 15 de la planta de generación eólica ilustrado en la figura 1 es una entrada de medición central obtenida desde un punto de medición 14 y transmitida por líneas de medición 13. La señal de la segunda entrada es, por ejemplo, una señal que representa la tensión y/o potencia reactiva medida en el punto de medición 14, que puede ser, por ejemplo, en el PCC 17. Como alternativa, el punto de medición 14 donde se miden la tensión y/o potencia reactiva puede estar aguas arriba del PCC 17 en la red interna, o aguas abajo del PCC 17.

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

Los controladores de los generadores de turbina eólica locales 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 una tensión y/o potencia reactiva medida en los terminales de la turbina eólica 1 asociada.

Tanto el controlador 15 de la planta de generación eólica como los controladores de los generadores de turbina eólica locales pueden ser controladores de realimentación que comparan dos entradas y producen una señal de control basándose en la diferencia entre las dos entradas.

La red de control 23 puede ser una red bidireccional que permite una comunicación en dos direcciones entre el controlador 15 de la planta de generación eólica y los controladores de los generadores de turbina eólica 1 individuales. Por ejemplo, la dirección del enlace descendente (es decir la dirección desde el controlador 15 de la planta de generación eólica a los controladores del generador de turbina eólica 1 individuales) pueden usarse para enviar valores de referencia, por ejemplo, para tensión y/o potencia reactiva, desde el controlador 15 de la planta de generación eólica a los generadores de turbina eólica 1 individuales. Los generadores de turbina eólica 1 pueden usar la dirección del enlace ascendente para devolver información acerca de su estado de operación actual, por ejemplo acerca de la cantidad de potencia activa actualmente producida, al controlador 15 de la planta de generación eólica.

La salida de referencia por parte del controlador 15 de la planta de generación eólica podría ser, en algunas plantas de generación eólica, un valor de referencia común a todos los generadores de turbina eólica 1. En esas plantas de generación 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 generación eólica que comprenda un controlador de planta de generación de acuerdo con la invención, los generadores de turbina eólica 1 reciben valores de referencia individuales desde el controlador 15 de la planta de generación eólica. Por ejemplo, cuando algunos de los generadores de turbina eólica 1 han informado al controlador 15 de la planta de generación eólica que están operando a potencia nominal, mientras que otras turbinas eólicas 1 han informado al controlador 15 de la planta de generación eólica que están operando a carga parcial (es decir por debajo de la potencia nominal) el controlador 15 de la planta de generación eólica puede hacer uso de un margen de corriente que aún queda en el convertidor de los generadores de turbina eólica 1 a carga parcial solicitándoles, por ejemplo, que produzcan más potencia reactiva que los generadores de turbina eólica que operan a potencia nominal. Sin embargo, el método no está limitado a generadores de turbina eólica que operen en o por debajo de la potencia nominal. El método es aplicable también a una situación en donde los generadores de turbina eólica son capaces de producir más de su

límite de potencia nominal. Por ejemplo, bajo condiciones de viento adecuadas algunos de los generadores de turbina eólica pueden producir voluntariamente hasta por ejemplo un 10 % más de su potencia nominal sin exceder sus cargas nominales. En este caso el controlador de la planta de generación puede solicitar que estos generadores de turbina eólica produzcan 5 - 10 % más por razones de ahorro de vida útil de los generadores de turbina eólica restantes que tienen peores condiciones. En consecuencia, el punto de consigna individual variaría de generador de turbina eólica a generador de turbina eólica basándose en el factor de corrección.

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

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

La figura 2 ilustra una vista esquemática de un controlador 15 de planta de generación eólica de acuerdo con la invención. La figura 3 muestra también una pluralidad de generadores de turbina eólica 1 y un equipo de compensación 2. Como se ha descrito en conexión con la figura 1, el equipo de compensación 2 puede comprender un equipo de compensación de la potencia activa así como de la reactiva.

El controlador 15 de la planta de generación eólica comprende receptores para la recepción de señales, tal como desde los generadores de turbina eólica 1 así como desde el equipo de compensación opcional 2.

Las señales recibidas desde el controlador 15 de la planta de generación incluyen una señal 37 sobre la potencia activa y reactiva disponible para producción en los generadores de turbina eólica 1 individuales enviadas desde los generadores de turbina eólica 1 al controlador 15 de la planta de generación. El equipo de compensación 2, si está presente en la planta de generación eólica, se dispone también para transmitir una señal 38 de su potencia activa y reactiva disponibles al controlador 15 de la planta de generación eólica.

El controlador de la planta de generación 15 también contiene un receptor para la recepción de una solicitud 40 de potencia activa y/o reactiva a generar por los componentes 1, 2 de la planta de generación eólica para el suministro en el punto de acoplamiento común. Este receptor no se muestra específicamente en la figura 2.

Como se indica en la figura 2, se puede introducir una señal adicional 41 en el controlador 15 de la planta de generación. Esta señal adicional 41 comprende información sobre la red eléctrica interna de la planta de generación eólica que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional al punto de acoplamiento, tal como información sobre las impedancias entre los componentes individuales de la planta de generación eólica y el punto de acoplamiento común en el que se conectan los componentes a una red externa. La señal adicional 41 también puede comprender información sobre si los generadores de turbina eólica están activos o no activos. El controlador 15 de la planta de generación puede usar la señal adicional 41 en la determinación de los puntos de consigna a asignar a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10.

El controlador de la planta de generación se dispone para asignar o consignar puntos de consigna individuales sobre la potencia activa y/o reactiva a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10 basándose en las señales de entrada 37, 38, 40 y 41. Cabe destacar que el del término "consignar" pretende indicar que cubre la acción de asignación de una potencia solicitada a los componentes individuales de la planta de generación eólica, a saber, los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, por ejemplo mediante el envío de puntos de consigna a los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional sobre potencia reactiva, potencia activa, factor de potencia, tensión, corriente u otras características eléctricas de una salida de potencia eléctrica a generar por los componentes para su suministro en el punto de acoplamiento común.

El controlador 15 de la planta de generación comprende una unidad comparadora (no mostrada en la figura 2) dispuesta para comparar las potencias solicitadas en la señal 40 y las potencias disponibles tal como se indica en las señales 37 y 38. Por ello, la unidad comparadora puede comparar la potencia activa solicitada desde la planta de generación eólica 10 con la potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de generación eólica; y la unidad comparadora puede adicional o alternativamente comparar 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 generación eólica. En caso de que la comparación de la unidad comparadora 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 generación 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 generación eólica, el controlador 15 de la planta de generación calcula puntos de consigna individuales, P_{ref} , Q_{ref} , en relación con la potencia activa (en el caso de P_{ref}) y/o potencia reactiva (en el caso de Q_{ref}) basándose en la potencia activa y en la potencia reactiva disponibles indicadas desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional así como la información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica. Los puntos de consigna individuales P_{ref} , Q_{ref} enviados desde el

controlador 15 de la planta de generación a las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica 10, contienen un intervalo de puntos de consigna individuales, típicamente dos puntos de consigna $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$ para la potencia activa y reactiva, respectivamente, a solicitar del i -ésimo generador de turbina eólica así como uno o dos puntos de consigna $p_{ref,j}$, $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o la potencia reactiva, respectivamente solicitada desde la j -ésima parte del equipo de compensación 2.

La figura 3 ilustra una vista esquemática de un controlador 15' de planta de generación eólica de acuerdo con otra realización de la invención. La figura 3 muestra también una pluralidad de generadores de turbina eólica 1 y un equipo de compensación 2. Tal como se ha descrito en conexión con las figuras 1 y 2, el equipo de compensación 2 puede comprender un equipo de compensación tanto de potencia activa como de reactiva.

El controlador 15' de la planta de generación eólica comprende una primera unidad 15a y una segunda unidad 15b, así como un receptor para la recepción de las señales 30-37 desde los generadores de turbina eólica 1 así como desde el equipo de compensación opcional 2. Incluso aunque se muestra que el controlador 15' de la planta de generación comprende dos unidades distintas, 15a y 15b, se debería tomar nota de que estas dos unidades pueden combinarse o integrarse en una unidad.

La primera unidad puede considerarse 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 usar información de 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 comprende información de reparación y/o servicio sobre los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 31 sobre el histórico de consignaciones previas de puntos de consigna a los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 32 sobre datos de viento en la ubicación de cada una de las turbinas eólicas 1 individuales, en donde dichos datos de viento pueden incluir por ejemplo dirección del viento, velocidad del viento, nivel de turbulencia, cizallamiento del viento, etc., para los generadores de turbina eólica 1 individuales; y el precio de la energía, tal como el precio de la energía a la que es posible vender la energía producida por los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Las señales 30-32 se refieren así a factores que son específicos para los generadores de turbina eólica individuales y por ello pueden diferir entre los generadores de turbina eólica individuales, mientras que la información sobre el precio de la energía de la señal 33 sería la misma independientemente de qué componente del parque eólico proporcionara la producción eléctrica.

Debería tomarse nota de que el término "consignar" pretende indicar que cubre la acción de asignación de una potencia solicitada a los componentes individuales de la planta de generación eólica, concretamente los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, por ejemplo mediante el envío de puntos de consigna a los generadores de turbina eólica y al equipo de compensación opcional sobre potencia reactiva, potencia activa, factor de potencia, tensión, corriente u otras características eléctricas de una producción de potencia eléctrica a generar por los componentes para el suministro en el punto de acoplamiento común.

Las señales recibidas por el controlador 15' de la planta de generación o la unidad de corrección 15a incluyen también una señal 34 que indica la condición o estado del generador de turbina eólica individual, tal como la vida útil restante de los generadores de turbina eólica individuales o los componentes de los mismos, información de sensores o de estado de los generadores de turbina eólica 1 individuales, información sobre el punto de operación óptimo de los generadores de turbina eólica 1 individuales, entrada sobre si los generadores de turbina eólica 1 individuales están activos o no son productivos, y otra información relevante sobre los generadores de turbina eólica 1 individuales. Más aún, la localización relativa de los generadores de turbina eólica 1 individuales en la planta de generación eólica puede enviarse en una señal 35. Esta información puede ser relevante para el cálculo de efectos de estela o sombra entre los generadores de turbina eólica 1 individuales en la planta de generación eólica. Adicionalmente, se envía una señal 37 sobre la potencia activa y reactiva disponibles para producción en los generadores de turbina eólica 1 individuales desde los generadores de turbina eólica 1 al controlador 15 de la planta de generación.

El equipo de compensación 2, si está presente en la planta de generación eólica, se dispone también para transmitir una señal 38 sobre su potencia activa y reactiva disponibles al controlador 15' de la planta de generación eólica o la unidad de corrección 15a del mismo. Más aún, el equipo de compensación, si está presente en la planta de generación eólica, se dispone para transmitir una señal 36 que indica el estado o condición del mismo al controlador 15' de la planta de generación eólica o a la unidad 15a del mismo. Dicha información de estado 36 puede referirse al punto de operación óptimo del equipo de compensación 2, estado de carga en caso de que el equipo de compensación sea una batería, nivel de energía de una batería u otra información de estado relevante.

La unidad de corrección 15a se dispone 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 generación eólica 10, en donde estos factores de corrección tienen en cuenta algunas o todas las señales 30-36.

La unidad de corrección 15a se dispone para transmitir una señal 39 a la segunda unidad 15b sobre los factores de corrección y/o la potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de 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 sobre la potencia activa y reactiva disponible desde los generadores de turbina eólica 1 individuales y la señal 38 sobre la potencia activa y reactiva disponibles del equipo de compensación 2 a una señal 39 que indica una potencia activa y reactiva disponible modificada desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional por medio de los factores de corrección. Esta señal 39 de potencia disponible modificada o indicada, indica así la potencia disponible total desde los componentes de producción de energía de la planta de generación eólica modificada para tener en consideración otras perspectivas además de la cantidad de energía que puede generarse actualmente, tal como perspectivas a largo plazo, formas óptimas de control de los componentes individuales comparadas con los componentes de producción de energía restantes, etc.

Los factores de corrección son típicamente 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. Cada factor de corrección para cada generador de turbina eólica y cada parte del equipo de compensación puede ser un número más pequeño que 1, igual a 1 o mayor que 1. La señal 37 enviada desde cada generador de turbina eólica 1 al controlador 15' de la planta de generación eólica sobre su potencia activa y reactiva disponible puede corregirse así mediante los factores de corrección para los generadores de turbina eólica 1 individuales para obtener una señal modificada sobre la potencia activa y reactiva disponible. Debería tomarse nota de que la señal 37 puede contener señales separadas para las potencias activa y reactiva desde 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 es típicamente una señal de suma obtenida a partir de las señales 37 enviadas desde generadores de turbina eólica individuales sobre su potencia activa y reactiva disponible corregida mediante los factores de corrección apropiados para la potencia activa y reactiva para cada generador de turbina eólica 1 individual, así como a partir de las señales 38 enviadas desde las partes individuales del equipo de compensación 2 sobre su potencia activa y reactiva disponible, corregida mediante los factores de corrección apropiados para la potencia activa y reactiva para cada parte del equipo de compensación 2 individualmente.

El controlador 15' de la planta de generación también contiene un receptor para recibir una solicitud 40 de potencia activa y/o reactiva a generar por los componentes 1, 2 de la planta de generación eólica para su suministro en el punto de acoplamiento común. Este receptor no se muestra específicamente en la figura 3. La segunda unidad 15b del controlador 15' de la planta de generación puede denominarse "unidad de consignación 15b" porque se dispone para asignar puntos de consigna individuales sobre potencia activa y/o reactiva a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10.

La unidad de consignación comprende una unidad comparadora (no mostrada en la figura 3) dispuesta para comparar las potencias solicitadas en la señal 40 y las potencias disponibles modificadas, tal como se indica en la señal 39. Por ello, la unidad comparadora puede comparar la potencia activa solicitada desde la planta de generación eólica 10 con la potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de generación eólica; y la unidad comparadora puede adicional o alternativamente comparar 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 generación eólica, tal como se indica en la señal 39. En caso de que la comparación de la unidad comparadora 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 generación 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 generación eólica, la unidad de consignación 15b calcula puntos de consigna individuales, P_{ref} , Q_{ref} , en relación con la potencia activa (en el caso de P_{ref}) y/o potencia reactiva (en el caso de Q_{ref}) basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y en la potencia reactiva disponibles indicadas desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Los puntos de consigna individuales P_{ref} , Q_{ref} enviados desde el controlador 15' de la planta de generación a las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica 10, contienen un intervalo de puntos de consigna individuales, típicamente dos puntos de consigna $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$ para la potencia activa y reactiva, respectivamente, a solicitar del i-ésimo generador de turbina eólica así como uno o dos puntos de consigna $p_{ref,j}$, $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar de la j-ésima parte del equipo de compensación 2.

Como se ha indicado en la figura 3, se introduce una señal adicional 41 al controlador 15' de la planta de generación. Esta señal adicional 41 comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional al punto de acoplamiento, tal como información sobre las impedancias entre los componentes individuales de la planta de generación eólica y el punto de acoplamiento común en el que los componentes se conectan a una red externa. La señal adicional 41 puede comprender también información sobre si los generadores de turbina eólica están activos o no activos. La señal adicional 41 puede usarse por el controlador 15 de la planta de generación en la determinación de los puntos de consigna a asignar a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10.

La figura 4 ilustra una vista esquemática de un controlador 15'' de planta de generación eólica alternativo de acuerdo con la invención. El controlador 15'' de la planta de generación se muestra comprendiendo tres unidades distintas, 15c, 15d y 15e. Cabe destacar, sin embargo, de que estas tres unidades pueden combinarse o integrarse en una unidad.

5 La primera unidad puede verse como una unidad de corrección o unidad de determinación del factor de corrección 15c 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 usar información de 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 comprende información de reparación y/o servicio sobre los generadores de turbina individual 1; una señal 31 sobre el histórico de consignaciones previas de puntos de consigna a los generadores de turbina eólica 1 individuales; una señal 32 sobre datos de viento en la ubicación de cada uno de los generadores de turbina eólica 1 individuales, en donde dichos datos de viento pueden incluir por ejemplo dirección del viento, velocidad del viento, nivel de turbulencia, cizallamiento del viento, etc., para los generadores de turbina eólica 1 individuales; y precio de la energía, tal como el precio de la energía a la que es posible vender la energía producida por los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2. Las señales 30-32 se refieren así a factores que son específicos para los generadores de turbina eólica individuales y por ello pueden diferir entre los generadores de turbina eólica individuales, mientras que la información sobre el precio de la energía de la señal 33 sería la misma independientemente de qué componente del parque eólico proporciona la producción eléctrica.

Las señales recibidas por el controlador 15'' de la planta de generación o la unidad de corrección 15c incluyen también una señal 34 que indica la condición o estado del generador de turbina eólica individual, tal como la vida útil restante de los generadores de turbina eólica individuales o los componentes de los mismos, información de sensores o de estado desde los generadores de turbina eólica 1 individuales, información sobre el punto de operación óptimo de los generadores de turbina eólica 1 individuales, entrada sobre si los generadores de turbina eólica 1 individuales están activos o no son productivos, y otra información relevante sobre los generadores de turbina eólica 1 individuales. Más aún, la localización relativa de los generadores de turbina eólica 1 individuales en la planta de generación eólica puede enviarse en una señal 35. Esta información puede ser relevante para el cálculo de efectos de estela o sombra entre los generadores de turbina eólica 1 individuales en la planta de generación eólica.

Más aún, el equipo de compensación, si está presente en la planta de generación eólica, se dispone para transmitir una señal 36 que indica el estado o condición del mismo al controlador 15'' de la planta de generación eólica o a la unidad de corrección 15c del mismo. Dicha información de estado 36 puede referirse al punto de operación óptimo del equipo de compensación 2, estado de carga en caso de que el equipo de compensación sea una batería, u otra información de estado relevante.

La unidad de corrección 15c se dispone 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 generación eólica 10, en donde estos factores de corrección tienen en cuenta algunas o todas las señales 30-36. Los factores de corrección se envían como una señal de factor de corrección c desde la unidad de determinación del factor de corrección o de corrección 15c a la segunda unidad 15d del controlador 15'' de la planta de generación. Esta segunda unidad 15d puede también indicarse como unidad de parametrización 15d.

La unidad de parametrización 15d también recibe una señal 37 sobre la potencia activa y reactiva disponible para producción en los generadores de turbina eólica 1 individuales, enviada desde los generadores de turbina eólica 1 al controlador 15 de la planta de generación. El equipo de compensación 2, si está presente en la planta de generación eólica, se dispone también para transmitir una señal 38 sobre su potencia activa y reactiva disponible al controlador 15'' de la planta de generación eólica o a la unidad de parametrización 15d del mismo.

La unidad de parametrización 15d se dispone para usar los factores de corrección a partir de la señal de factor de corrección c así como las señales 37 y 38 sobre la potencia activa y reactiva disponible desde los generadores de turbina eólica 1 y el equipo de compensación opcional 2 para crear una señal 39 sobre la potencia disponible modificada desde las unidades de producción de energía 1, 2 de la planta de generación eólica 10.

Tal como se ha descrito en conexión con la figura 3, la señal 39 puede ser una señal obtenida mediante la corrección de la señal 37 sobre la potencia activa y reactiva disponible desde los generadores de turbina eólica 1 individuales y la señal 38 sobre la potencia activa y reactiva disponible del equipo de compensación 2 a una señal 39 que indique una potencia activa y reactiva disponible modificada desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional, por medio de los factores de corrección c . Esta señal 39 de potencia disponible modificada o indicada, indica así la potencia total disponible de los componentes de producción de energía de la planta de generación eólica modificada para tener en consideración otras perspectivas además de la cantidad de energía que puede generarse actualmente, tal como perspectivas a largo plazo, formas óptimas de control de los componentes individuales comparados con los componentes de producción de energía restantes, etc.

5 Los factores de corrección c son típicamente 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 desde cada turbina eólica y otro factor de corrección para la potencia reactiva desde cada turbina eólica. Más aún, los factores de corrección pueden contener un factor de corrección para la potencia activa desde cada parte del equipo de compensación así como un factor de corrección para la potencia reactiva desde cada parte del equipo de compensación. En caso de que una parte del equipo de compensación se disponga para proporcionar solo potencia reactiva, no es necesario ningún factor de corrección para la potencia activa del mismo y viceversa.

10 La señal 37 enviada desde cada generador de turbina eólica 1 al controlador 15" de la planta de generación eólica sobre su potencia activa y reactiva disponible puede corregirse así mediante los factores de corrección para los generadores de turbina eólica 1 individuales para obtener una señal modificada sobre la potencia activa y reactiva disponible, en la unidad de parametrización 15d. Debería tomarse nota de que la señal 37 puede contener señales separadas para las potencias activa y reactiva desde 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.

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

25 El controlador 15" de la planta de generación también contiene un receptor para recibir una solicitud 40 de potencia activa y/o reactiva a generar por los componentes 1, 2 de la planta de generación eólica para su suministro en el punto de acoplamiento común. Este receptor no se muestra específicamente en la figura 3. La segunda unidad 15e del controlador 15" de la planta de generación puede denominarse "unidad de consignación 15e" porque se dispone para asignar puntos de consigna individuales sobre potencia activa y/o reactiva a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10.

35 La unidad de consignación 15e comprende una unidad comparadora (no mostrada en la figura 3) dispuesta para comparar las potencias solicitadas en la señal 40 y las potencias disponibles modificadas tal como se indica en la señal 39. Por ello, la unidad comparadora puede comparar la potencia activa solicitada desde la planta de generación eólica 10 con la potencia activa disponible indicada desde la pluralidad de turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional de la planta de generación eólica; y la unidad comparadora puede adicional o alternativamente comparar 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 generación eólica, tal como se indica en la señal 39. En caso de que la comparación de la unidad comparadora 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 generación 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 generación eólica, la unidad de consignación 15e calcula puntos de consigna individuales en relación con la potencia activa y/o potencia reactiva basándose en los factores de corrección y la potencia activa y potencia reactiva disponible indicada desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Como se describe en conexión con la figura 3, la unidad de consignación 15e calcula puntos de consigna individuales, P_{ref} , Q_{ref} , en relación con la potencia activa (en el caso de P_{ref}) y/o potencia reactiva (en el caso de Q_{ref}) basándose en los factores de corrección y en la potencia activa y en la potencia reactiva disponibles indicadas desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional. Los puntos de consigna individuales P_{ref} , Q_{ref} enviados desde el controlador 15 de la planta de generación a las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica 10, contienen un intervalo de puntos de consigna individuales, típicamente dos puntos de consigna $p_{ref,i}$ y $q_{ref,i}$ para la potencia activa y reactiva, respectivamente, a solicitar del i -ésimo generador de turbina eólica así como uno o dos puntos de consigna $p_{ref,j}$, $q_{ref,j}$ para la potencia activa y/o la potencia reactiva, respectivamente, a solicitar de la j -ésima parte del equipo de compensación 2.

55 Como se indicada en la figura 4, se introduce una señal adicional 41 a la unidad de consignación 15e del controlador 15" de la planta de generación. Esta señal adicional 41 comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica que conecta los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional al punto de acoplamiento, tal como información sobre las impedancias entre los componentes individuales de la planta de generación eólica y el punto de acoplamiento común en el que los componentes se conectan a una red externa. La señal adicional 41 también puede comprender información sobre si los generadores de turbina eólica están activos o no activos. La unidad de consignación 15e puede usar la señal adicional 41 en la determinación de los puntos de consigna a asignar a los componentes individuales de la planta de generación eólica 10.

65 La figura 5 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 consigna individuales en un controlador 15 de planta de generación. El controlador 15

de la planta de generación se dispone para controlar una planta de generación 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 son capaces de generar producción eléctrica, en forma de, por ejemplo, potencia activa y/o reactiva. Los puntos de consigna individuales generados por el controlador 15 de la planta de generación se refieren a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada generador de turbina eólica 1 en la pluralidad de turbinas eólicas y desde el equipo de compensación opcional 2, si está presente en la planta de generación, para el suministro a una red eléctrica externa, concretamente a un punto de acoplamiento común 17 que conecta la red eléctrica interna de la planta de generación a una red eléctrica externa.

El método se inicia en la etapa 101 y continúa a la etapa 103, en la que el controlador de la planta de generación recibe una solicitud de una potencia activa y/o reactiva a suministrar a la red eléctrica externa. Cabe destacar, sin embargo, que la solicitud de potencia activa y/o reactiva no necesita recibirse desde el exterior del controlador de la planta de generación, porque el controlador de la planta de generación puede disponerse para determinar la potencia a suministrar basándose en mediciones en el punto de acoplamiento común y cualquier código de red para la red eléctrica externa.

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

Posteriormente, en la etapa 105, el controlador de la planta de generación compara la potencia activa solicitada con la potencia activa disponible determinada y/o compara la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada.

En caso de que la comparación en la etapa 105 muestre que el total de potencia activa disponible determinada de las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica, concretamente los generadores de turbina eólica y los diferentes equipos de compensación, es igual o menor que la potencia activa solicitada y que el total de potencia reactiva disponible de las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica es igual o menor que la potencia reactiva solicitada, el método acaba en la etapa 107. Sin embargo, En caso de que la etapa de comparación 105 muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, el método prosigue a la etapa 106.

En la etapa 106, el controlador de la planta de generación calcula los puntos de consigna individuales en relación con la potencia activa y/o potencia reactiva basándose en la potencia activa y la potencia reactiva disponible determinada de los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional así como la información sobre el uso de la información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica. De ese modo, para cada generador de turbina eólica se genera individualmente un punto de consigna sobre la potencia activa y un punto de consigna sobre la potencia reactiva en un cálculo combinado de los mismos. El punto de consigna para los diferentes generadores de turbina eólica puede ser igual o diferente de los puntos de consigna determinados para otros generadores de turbina eólica de la planta de generación eólica. Más aún, si existen en la planta de generación eólica una o más piezas del equipo de compensación, el controlador de la planta de generación calcula puntos de consigna sobre potencia activa y/o reactiva para cada una de dichas unidades del equipo de compensación en un cálculo combinado. Sin embargo, en el caso de un equipo de compensación puramente reactivo, el controlador de la planta de generación generaría un punto de consigna para la potencia activa que es igual a cero, o la planta de generación simplemente no generaría un punto de consigna para la potencia activa a generar desde el equipo de compensación puramente reactivo. De modo similar, en caso de un equipo de compensación puramente activo, el controlador de la planta de generación generaría un punto de consigna para la potencia reactiva que es igual a cero, o ningún punto de consigna sobre potencia reactiva en absoluto.

Debería tomarse nota de que las etapas del método 100 de la figura 5 pueden llevarse a cabo en cualquier orden apropiado. Por ejemplo, la etapa (103) podría llevarse a cabo simultáneamente con o después de la etapa (104), y el orden de las etapas (103) y (104) podría intercambiarse.

El método finaliza en la etapa 107. Sin embargo, como se ha indicado con la línea discontinua desde la etapa 107 a la etapa 101, el método puede repetirse. En una realización, el método 100 puede repetirse sustancialmente de modo continuo, de manera que el método se vuelve a iniciar cuando ha finalizado. Como alternativa, el método puede repetirse a ciertos intervalos de tiempo.

El método 100, acciones del mismo, y varias realizaciones y variaciones de este método y estas acciones, individualmente o combinados, pueden definirse mediante señales legibles por ordenador realizadas tangiblemente sobre uno o más medios legibles por ordenador, por ejemplo, medios de registro no volátiles, elementos de memoria en circuito integrado o una combinación de los mismos. Los medios legibles por ordenador puede ser cualquier medio disponible al que se pueda acceder desde un ordenador. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios

legibles por ordenador pueden comprender medios de almacenamiento de ordenador y medios de comunicación. Los medios de almacenamiento de ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para almacenamiento de información tal como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos. Los medios de almacenamiento de ordenador incluyen, pero sin limitarse a, RAM, ROM, EEPROM, memoria flash u otras tecnologías de memoria, CD-ROM, discos versátiles digitales (DVD) u otros almacenamientos ópticos, casetes magnéticos, cintas magnéticas, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, otros tipos de memoria volátil y no volátil, puede usarse cualquier otro medio para almacenar la información deseada y al que pueda accederse por ordenador, y cualquier combinación adecuada de los precedentes.

Los medios de comunicación típicamente incluyen 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 incluye cualquier medio de entrega de información. La expresión "señal de datos modulada" significa una señal que tiene una o más de sus características fijadas o cambiadas de tal manera que codifican información en la señal. A modo de ejemplo, y no de limitación, los medios de comunicación incluyen medios por cable tal como una red cableada o de conexión directa por cable, medios inalámbricos tales como acústicos, de RF, infrarrojos y otros medios inalámbricos, otros tipos de medios de comunicación y cualquier combinación adecuada de los precedentes.

Señales legibles por ordenador realizadas sobre uno o más medios legibles por ordenador pueden definir instrucciones, por ejemplo, como parte de uno o más programas que, como resultado de ser ejecutados por un ordenador, instruyen al ordenador para realizar una o más de las funciones descritas en el presente documento (por ejemplo, el método 100, o cualquier acción del mismo), y/o varias realizaciones, variaciones y combinaciones de las mismas. Dichas instrucciones pueden escribirse 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 una variedad de combinaciones de los mismos. Los medios legibles por ordenador sobre los que dichas instrucciones se realizan pueden residir en uno o más de los componentes del controlador 15, 15' de la planta de generación descrito en el presente documento, pueden distribuirse a través de uno o más de dichos componentes, y pueden estar en transición entre ellos.

Los medios legibles por ordenador pueden ser transportables de modo que las instrucciones almacenadas en los mismos pueden cargarse sobre cualquier recurso de sistema informático para implementar los aspectos de la presente invención explicados en el presente documento. Además, debería apreciarse que las instrucciones almacenadas en el medio legible por ordenador, descrito anteriormente, no están limitadas a instrucciones realizadas como parte de un programa de aplicación que se ejecute en un ordenador central. Por el contrario, las instrucciones pueden realizarse como cualquier tipo de código informático (por ejemplo, software o microcódigo) que puede emplearse para programar un procesador para implementar los aspectos anteriormente explicados de la presente invención.

Debería apreciarse que cualquier componente simple o colección de componentes múltiples de un sistema informático, por ejemplo, el controlador de la planta de generación descrita en relación con las figuras 1, 2 y 3, que realice las funciones descritas en el presente documento puede considerarse genéricamente como uno o más controladores que controlan dichas funciones. Los uno o más controladores pueden implementarse de numerosas formas, tal como con hardware y/o firmware dedicado, usando un procesador que se programa usando microcódigo o software para realizar las funciones enumeradas anteriormente o cualquier combinación adecuada de lo precedente.

Se pueden implementar varias realizaciones de acuerdo con la invención en uno o más sistemas informáticos. Estos sistemas informáticos, pueden ser, por ejemplo, ordenadores de propósito general, tal como los basados en un procesador de tipo Intel-PENTIUM, procesadores Motorola PowerPC, Sun UltraSPARC, Hewlett-Packard PA-RISC, cualquiera de una variedad de procesadores disponibles en Advanced Micro Devices (AMD) o cualquier otro tipo de procesador. Debería apreciarse que uno o más de cualquier tipo de sistema informático pueden usarse para implementar las diversas realizaciones de la invención.

En resumen, la invención se refiere a un método y a un controlador de planta de generación dispuesto para llevar a cabo el método. El método es sobre una consignación inteligente de la producción de potencia para turbinas eólicas y equipo de compensación opcional de una planta de generación eólica, tal como las unidades de producción de potencia de una planta de generación eólica. La invención se refiere a un caso en el que la potencia a producir solicitada es menor que la capacidad total de la planta de generación, y la invención se refiere a la utilización de esta situación para consignar puntos de consigna a las turbinas eólicas y al equipo de compensación de manera flexible. Esta flexibilidad puede incrementar la vida útil de las turbinas eólicas, ayudar a planificar el mantenimiento y extender el intervalo de operación eléctrica de la planta de generación eólica. La determinación de los puntos de consigna sobre la potencia activa y reactiva es una determinación combinada de ambos puntos de consigna para cada una de las unidades de producción de energía de la planta de generación eólica.

5 Aunque la invención se ha ilustrado mediante una descripción de diversas realizaciones y aunque estas realizaciones se han descrito con considerable detalle, no es intención del presente solicitante restringir o limitar en modo alguno el alcance de las reivindicaciones adjuntas a dichos detalles. Serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia ventajas y modificaciones adicionales. La invención en sus aspectos más amplios no está por lo tanto limitada a los detalles específicos, métodos representativos y ejemplos ilustrativos mostrados y descritos. En consecuencia, es posible desviarse con respecto a dichos detalles sin apartarse del alcance de la invención tal y como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) de determinación de puntos de consigna individuales (P_{ref} , Q_{ref}) en un controlador (15; 15'; 15'') de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica (10) que comprende uno o más generadores de turbina eólica (1) y un equipo de compensación (2) opcional capaz de generar una producción eléctrica, refiriéndose los puntos de consigna individuales (P_{ref} , Q_{ref}) a una potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada uno de los uno o más generadores de turbina eólica (1) y del equipo de compensación (2) opcional para el suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 a) recibir una solicitud de una potencia activa (P) y/o reactiva (Q) a suministrar a la red eléctrica externa;
- 10 b) determinar la potencia activa y reactiva disponibles del al menos un generador de turbina eólica (1) y del equipo de compensación (2) opcional;
- 15 c) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y
- 20 d) en caso de que la comparación en la etapa c) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, determinar puntos de consigna individuales optimizados (P_{ref} , Q_{ref}) para el al menos un generador de turbina eólica (1) y un equipo de compensación (2) basándose en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna de la planta de generación eólica (10).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el cálculo de dichos puntos de consigna optimizados (P_{ref} , Q_{ref}) en la etapa d) se basa adicionalmente en información sobre si cada uno de los uno o más generadores de turbina eólica (1) está activo o no activo.
- 25 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la potencia activa disponible determinada de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional es la suma de las potencias activas disponibles reales de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional, y la potencia reactiva disponible determinada de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional es la suma de las potencias reactivas disponibles reales de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional.
- 30 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la potencia activa disponible determinada de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional es la suma de las potencias activas disponibles modificadas de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional, y la potencia reactiva disponible determinada de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional es la suma de las potencias reactivas disponibles modificadas de cada uno de los al menos un generador de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2) opcional, en el que un valor modificado de una potencia activa o reactiva, respectivamente, se determina corrigiendo la potencia activa o reactiva disponible real mediante los factores de corrección respectivos con relación a la información de la situación en cada uno de los generadores de turbina eólica (1) y el equipo de compensación (2).
- 35 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que dichos factores de corrección se determinan basándose en uno o más de los siguientes: condiciones del viento; características operativas; condiciones del componente; topología de la planta de generación eólica; envejecimiento de los generadores de turbina eólica individuales de la planta de generación eólica; envejecimiento del equipo de compensación opcional; y consideraciones sobre el precio de la energía.
- 40 6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que las condiciones del viento comprenden uno o más de los siguientes factores: dirección del viento, velocidad del viento, nivel de turbulencia y cizallamiento del viento.
- 45 7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que dichas características operativas comprenden uno o más de los siguientes factores: punto de operación óptimo de los generadores de turbina eólica individuales; punto de operación óptimo del equipo de compensación opcional; intervalo de operación eléctrica de los generadores de turbina eólica individuales, intervalo de operación eléctrica del equipo de compensación opcional; histórico de operación de los generadores de turbina eólica individuales; histórico de operación del equipo de compensación opcional; estado de producción de cada uno de los generadores de turbina eólica; y estado de producción del equipo de compensación opcional.
- 50 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en el que dichas condiciones del componente comprenden una o más de las siguientes: la edad de los generadores de turbina eólica individuales; la edad del equipo de compensación opcional.
- 55 9. Un método de acuerdo con la reivindicación 8, en el que dichas mediciones de sensores de componentes en los generadores de turbina eólica comprenden mediciones de sensores de la temperatura de los generadores.
- 60 65

- 5 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 9, en el que dicha topología de la planta de generación eólica incluye uno o más de los siguientes factores: entrada sobre el sombreado potencial de un generador de turbina eólica por otro, dependiendo de la dirección del viento; entrada sobre pérdidas eléctricas desde los generadores de turbina eólica y el equipo de compensación opcional hasta un punto de acoplamiento común de la planta de generación eólica a una red eléctrica externa.
- 10 11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 10, en el que dicho envejecimiento de los generadores de turbina eólica comprende uno o más de los siguientes factores: la edad real de los uno o más componentes de los generadores de turbina eólica; los puntos de consigna previos enviados a los generadores de turbina eólica; y el número de veces que los generadores de turbina eólica se han parado.
- 15 12. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 11, en el que dicho envejecimiento del equipo de compensación opcional comprende uno o más de los siguientes factores:
 la edad real del equipo de compensación; los puntos de consigna previos enviados al equipo de compensación; y el número de veces que el equipo de compensación se ha desconectado o desactivado.
- 20 13. Un controlador (15; 15'; 15'') de la planta de generación eólica dispuesto para controlar una planta de generación eólica que comprende al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación opcional, siendo capaces los generadores de turbina eólica (1) y el equipo de compensación opcional (2) de generar una producción eléctrica, estando dispuesto el controlador de la planta de generación eólica para controlar la planta de generación eólica mediante la transmisión de puntos de consigna individuales con relación a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de las turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional, para el suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el controlador de la planta de generación eólica:
 25 - un receptor para recibir señales de entrada (19) con relación a una solicitud de una potencia activa y/o reactiva a generar por la planta de generación eólica;
 - una unidad para la determinación de la potencia activa y reactiva disponibles del al menos un generador de turbina eólica y del equipo de compensación opcional;
 30 - un comparador para la comparación de la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o la comparación de la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y
 - un optimizador para determinar los puntos de consigna individuales optimizados para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación, en caso de que el comparador detecte que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, en el que la determinación de dichos puntos de consigna individuales se basa en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.
- 35 14. Un producto de programa informático que comprende: al menos un medio legible por ordenador; y señales legibles por ordenador, almacenadas en el al menos un medio legible por ordenador, que definen instrucciones que, como resultado de ser ejecutadas por un ordenador, controlan el ordenador para realizar un método de determinación de puntos de consigna individuales en un controlador (15; 15'; 15'') de planta de generación dispuesto para controlar una planta de generación eólica (10) que comprende uno o más generadores de turbina eólica (1) y un equipo de compensación (2) opcional capaces de generar una producción eléctrica, refiriéndose los puntos de consigna individuales a la potencia activa y/o reactiva a solicitar de cada una de las una o más turbinas eólicas y el equipo de compensación opcional para el suministro a una red eléctrica externa, comprendiendo el método las etapas de:
 40 a) recibir una solicitud de una potencia activa y/o reactiva a suministrar a la red eléctrica externa;
 b) determinar la potencia activa y reactiva disponibles del al menos un generador de turbina eólica y del equipo de compensación opcional;
 c) comparar la potencia activa solicitada con dicha potencia activa disponible determinada y/o comparar la potencia reactiva solicitada con dicha potencia reactiva disponible determinada; y
 45 d) en caso de que la comparación en la etapa c) muestre que la potencia activa solicitada es menor que la potencia activa disponible determinada y/o la potencia reactiva solicitada es menor que la potencia reactiva disponible determinada, determinar puntos de consigna individuales para el al menos un generador de turbina eólica y un equipo de compensación, basándose en una señal que comprende información sobre la red eléctrica interna en la planta de generación eólica.
- 50
55
60

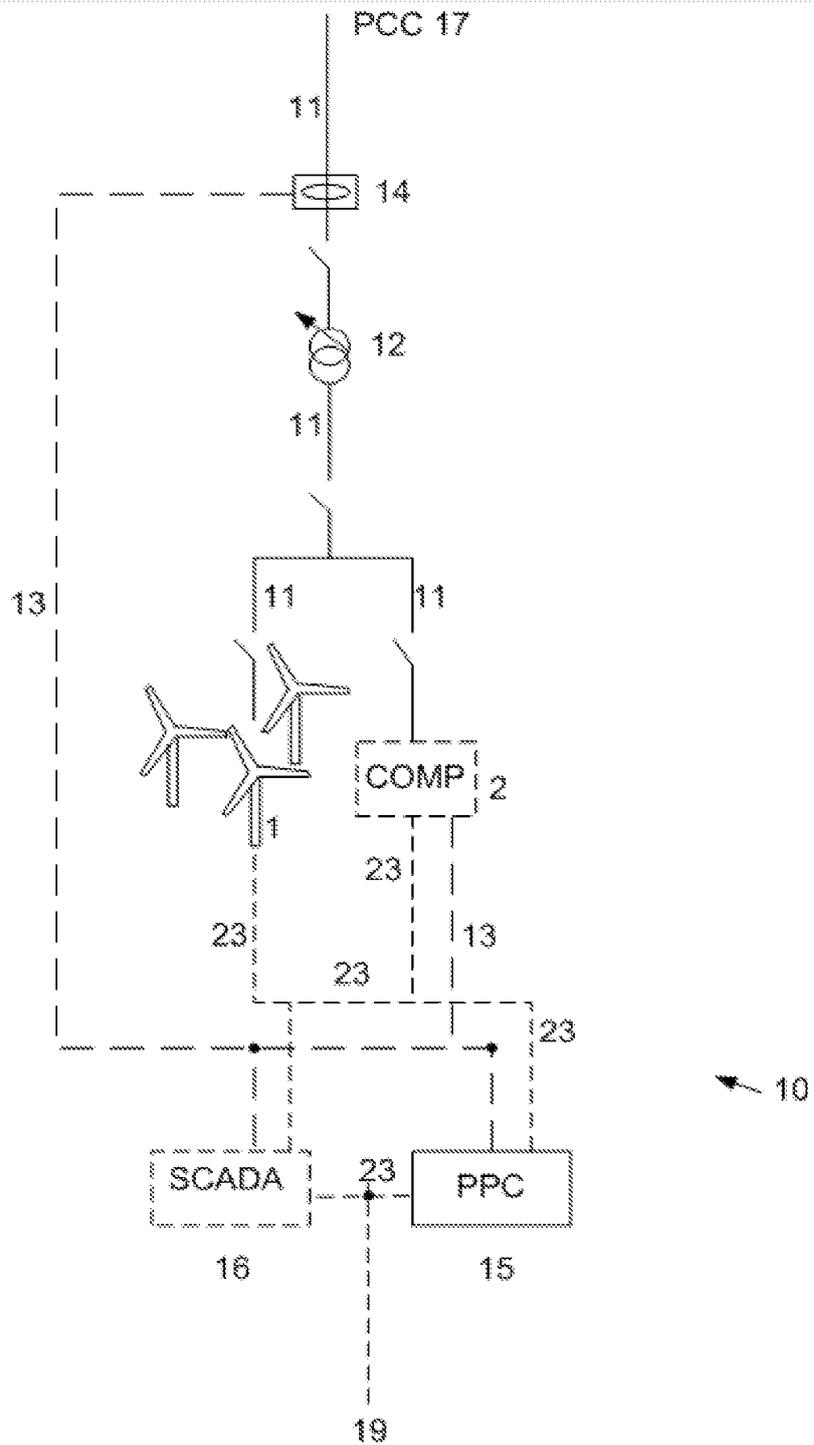


FIG. 1

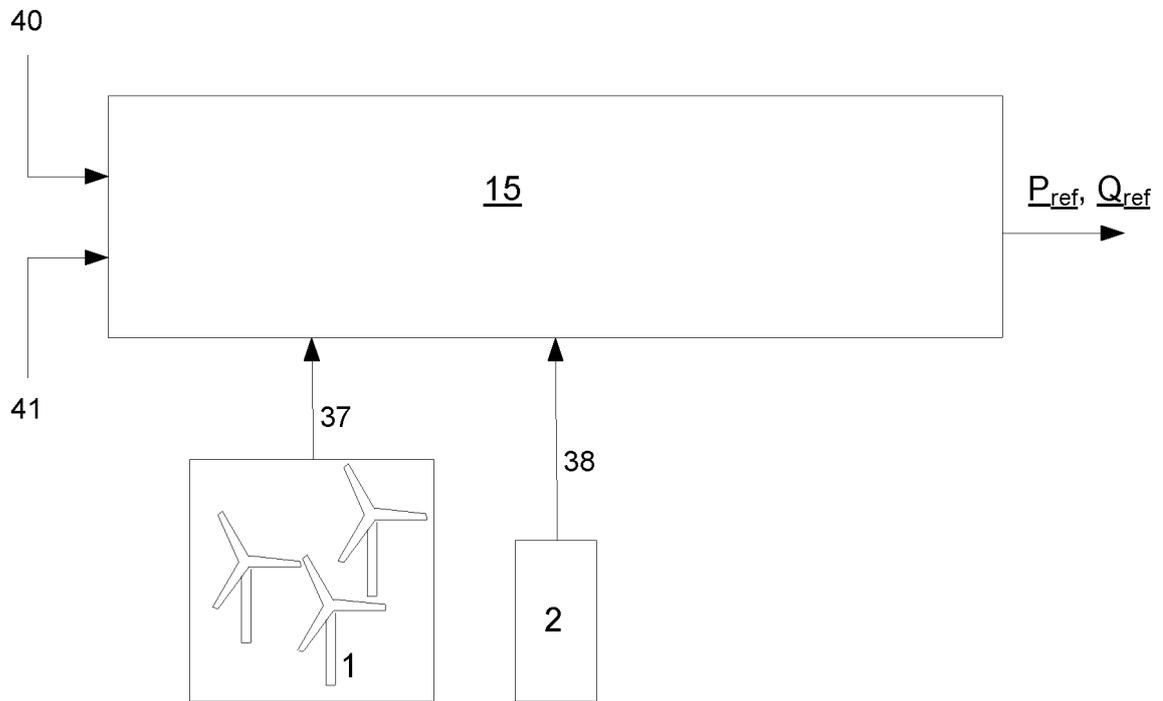


FIG. 2

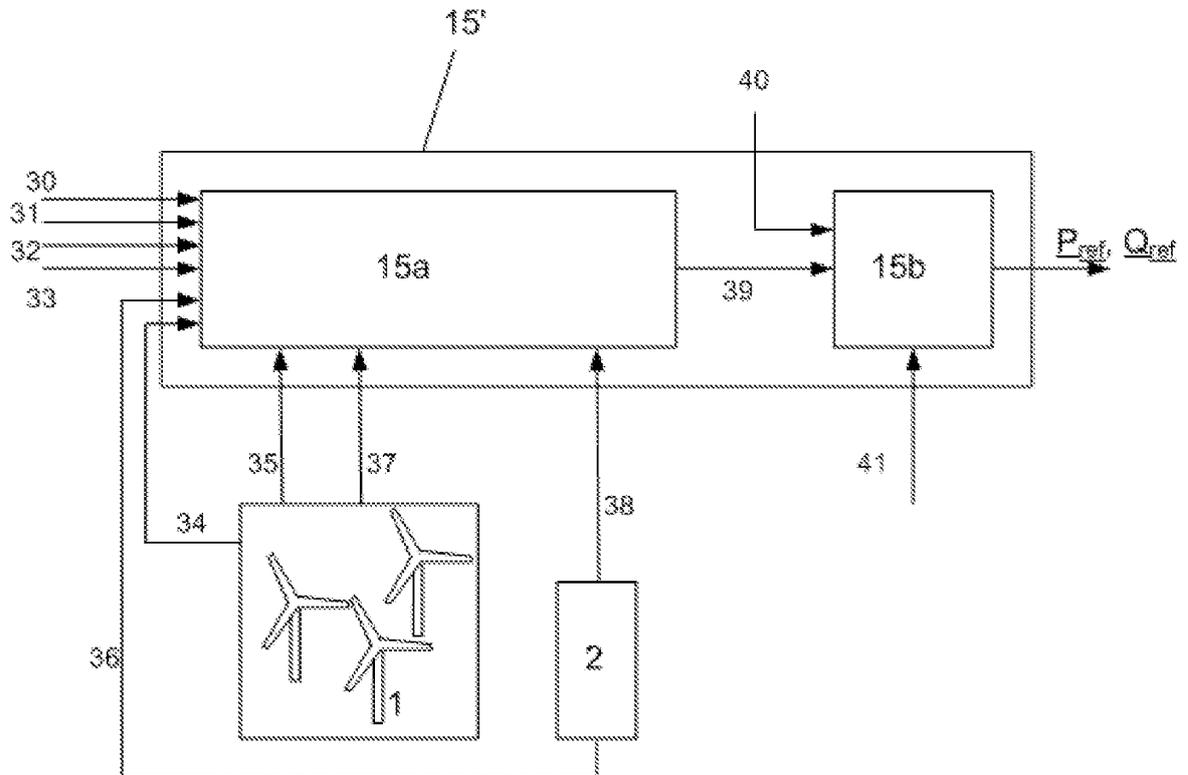


FIG. 3

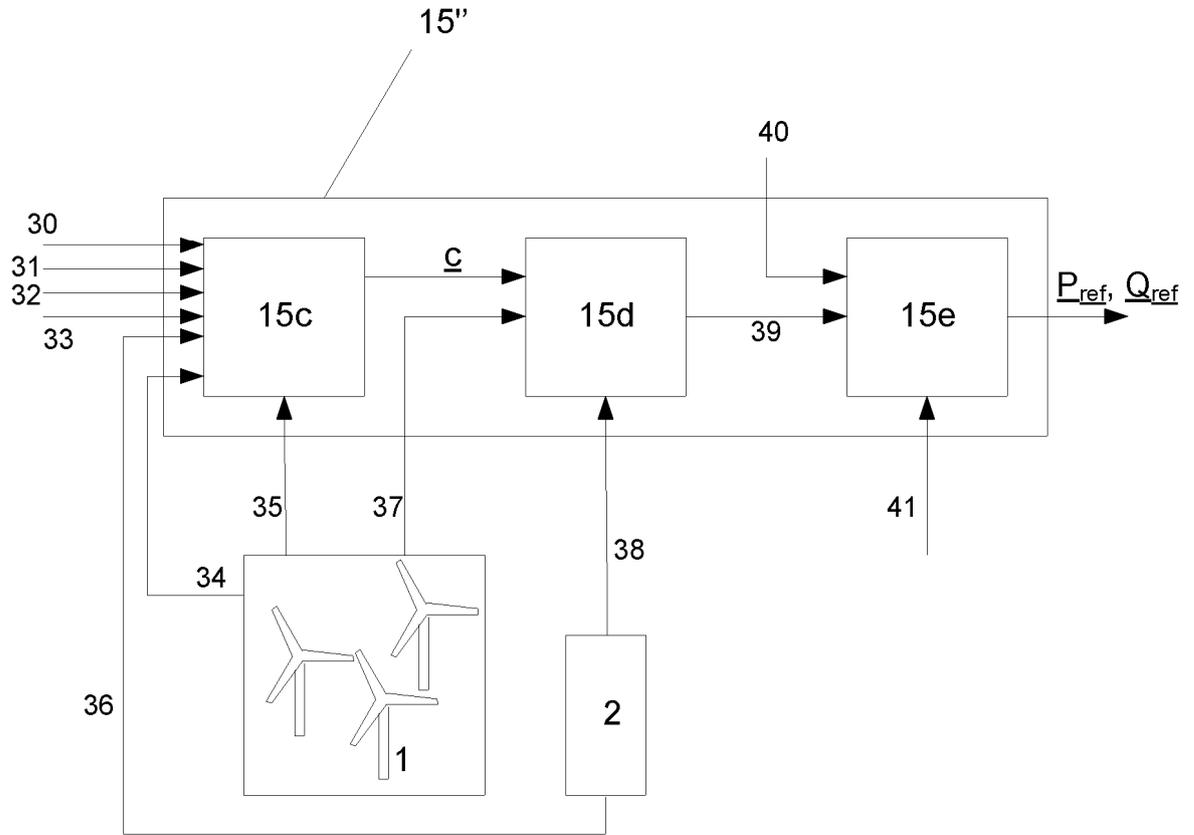


FIG. 4

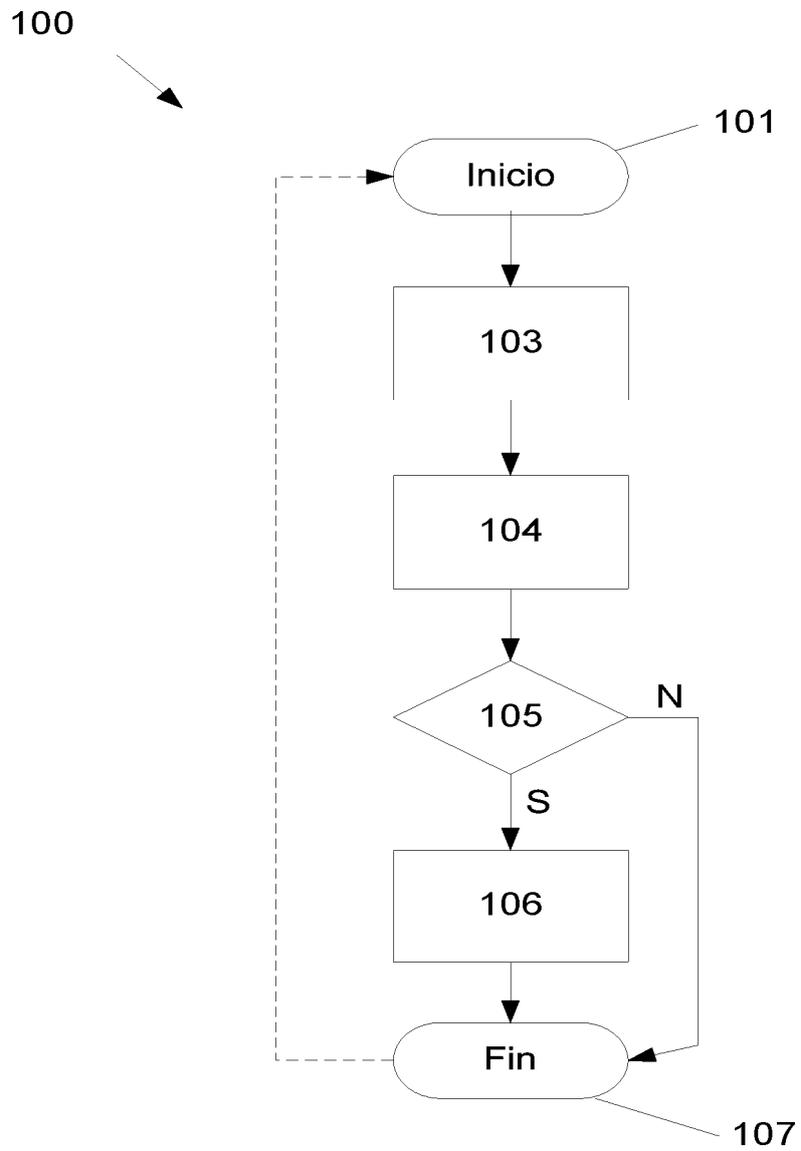


FIG. 5