

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 445**

51 Int. Cl.:

H02J 3/24 (2006.01)

H02P 9/48 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.01.2011 E 11700442 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2015 EP 2594004**

54 Título: **Amortiguamiento de oscilación de potencia mediante un dispositivo de generación de potencia basado en convertidor**

30 Prioridad:

28.09.2010 EP 10181108

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

08.06.2015

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München , DE**

72 Inventor/es:

**ANDRESEN, BJÖRN;
FRYDENBJERG, MICHAEL NOERTOFT y
KNÜPPEL, THYGE**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 537 445 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).

AMORTIGUAMIENTO DE OSCILACIÓN DE POTENCIA MEDIANTE UN DISPOSITIVO DE GENERACIÓN DE POTENCIA BASADO EN CONVERTIDOR

DESCRIPCIÓN

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere al campo de los dispositivos de generación de potencia basados en convertidor, es decir dispositivos de generación de potencia que incluyen un convertidor. En particular, la presente invención se refiere al campo de los dispositivos de turbina eólica.

10

Antecedentes de la técnica

Las oscilaciones de potencia se producen normalmente en grandes sistemas de potencia interconectados, en los que dos o más áreas están interconectadas a través de líneas de transmisión de corriente alterna (CA) relativamente débiles. Estas oscilaciones de potencia también se denominan oscilaciones entre áreas. El que una oscilación sea estable o inestable es una propiedad del sistema. Por tanto, no es la contingencia que inicia la oscilación la que determina el nivel necesario de amortiguamiento. Más bien, el nivel necesario de amortiguamiento depende del estado del sistema de potencia, es decir la condición de funcionamiento, el ajuste del controlador, las líneas de transmisión, los generadores en servicio, etc.

15

20

25

30

Si se excita una oscilación de potencia entre dos áreas de un sistema de potencia, los ángulos de rotor de máquinas síncronas en un área comenzarán a oscilar en contrafase con las máquinas síncronas en la otra área y así forzarán un flujo de potencia activa en un sentido y en otro entre las áreas. Si la oscilación se amortigua en una medida suficiente, la oscilación desaparecerá y los ángulos de rotor volverán a un régimen permanente. Sin embargo, si se produce un amortiguamiento insuficiente en el sistema de potencia para esta oscilación particular se intercambia una cantidad de potencia activa cada vez mayor entre las dos áreas hasta que otros dispositivos de seguridad, como por ejemplo equipos de protección de líneas de transmisión o máquinas síncronas, desconectan la unidad o el componente. La consecuencia puede ser un efecto en cascada de desconexión de equipos y finalmente una interrupción del sistema.

35

En las redes de electricidad conocidas, la mayor parte del par de amortiguamiento necesario se proporciona por máquinas síncronas equipadas con estabilizadores del sistema de potencia (PSS). Como se conoce por la práctica, tales controladores de estabilización se instalan cuando se construye una nueva planta eléctrica. Un PSS también puede instalarse posteriormente en centrales eléctricas existentes. Un concepto básico de un PSS conocido es sumar una señal auxiliar a la referencia de tensión del excitador y así modular la tensión de excitación de la máquina síncrona para amortiguar las oscilaciones de potencia.

40

45

50

55

60

El documento EP 2 182 207 A2 se refiere en general al control de estabilidad de sistemas de centrales eólicas eléctricas dentro de un sistema de potencia eléctrico y más específicamente al control de la estabilidad de la tensión y dinámica de un sistema de potencia eléctrico controlando sistemas de centrales eólicas eléctricas. Los modos de oscilación electromecánica que pueden producirse pueden ser entre áreas, donde grupos de generadores oscilan sobre un sistema de larga distancia (0,2 a 1,0 Hz). Para controlar la potencia reactiva de salida de las turbinas eólicas locales se utiliza la capacidad de un controlador de central eólica local. Esto es posible debido a convertidores electrónicos de potencia usados en las turbinas eólicas y su capacidad para suministrar potencia reactiva incluso a velocidades del viento igual a cero. Según un aspecto de la invención, a una o más centrales eólicas en una red de distribución pueden suministrarse mediciones de área amplia del sistema de transmisión. Las mediciones de área amplia se introducen en un controlador coordinado. El controlador coordinado puede proporcionar una regulación para una única central eólica o múltiples centrales eólicas. La regulación realizada por el controlador coordinado puede ayudar a mantener la tensión en la red de distribución e impedir un colapso de tensión, puede ayudar a proporcionar amortiguamiento para oscilaciones en la red de distribución o proporcionar una combinación de amortiguamiento y control de tensión. La utilidad de los controles de potencia en centrales eólicas puede aprovecharse haciendo uso de mediciones de área amplia y redes de comunicación de gran ancho de banda. Considerando un único ejemplo de una central eólica, la capacidad de proporcionar potencia reactiva en el momento de la interconexión usando el convertidor electrónico de potencia de cada turbina, puede mejorar el rendimiento de tensión y amortiguamiento. Se usa un término adicional respecto a estos controladores que incorpora mediciones de área amplia para mejorar la estabilidad del sistema. Un conjunto de centrales eólicas con un conjunto coordinado de ajustes de controlador, suministrando a cada central eólica un pequeño número de mediciones de área amplia posiblemente diferentes podría mejorar adicionalmente el rendimiento global del sistema. Un enfoque alternativo incluye un controlador centralizado con acceso a mediciones en toda la red y un controlador con gran ancho de banda para las comunicaciones de centrales eólicas para señales de accionamiento.

65

En vista de la situación descrita anteriormente existe la necesidad de una técnica mejorada que permita amortiguar oscilaciones de potencia en una red de electricidad.

Sumario de la invención

Esta necesidad puede satisfacerse con el contenido según las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes describen realizaciones ventajosas del contenido dado a conocer en el presente documento.

5 Según un primer aspecto del contenido dado a conocer en el presente documento, se proporciona un dispositivo de generación de potencia, comprendiendo el dispositivo de generación de potencia: un generador de potencia; un dispositivo convertidor que tiene una salida de potencia para proporcionar potencia de salida eléctrica a una red de electricidad; estando configurado el dispositivo convertidor para recibir potencia de entrada desde el generador de potencia y proporcionar, en respuesta a ello, la potencia de salida eléctrica en la salida de potencia; estando configurado el dispositivo convertidor para modular la potencia de salida eléctrica en respuesta a una señal de control de amortiguamiento para así amortiguar la oscilación de potencia en la red de electricidad.

15 Este aspecto se basa en la idea de que modificando un dispositivo de generación de potencia basado en convertidor para el amortiguamiento de oscilaciones de potencia en una red de electricidad pueden conseguirse características de amortiguamiento mejoradas respecto a las oscilaciones de potencia en una red de electricidad. Un dispositivo de generación de potencia basado en convertidor tiene la ventaja de que la potencia activa y reactiva pueden controlarse independientemente y por tanto, un controlador según el contenido dado a conocer en el presente documento, según una realización, puede usar ambos, el control de la potencia activa y el control de la potencia reactiva para un mejor rendimiento del amortiguamiento. Generalmente, la potencia activa se proporciona mediante la energía de rotación del sistema mecánico de la turbina eólica que a su vez se proporciona mediante las fuerzas del viento que actúan sobre las palas de la turbina eólica.

20 Como se usa en el presente documento, un dispositivo convertidor es un dispositivo para convertir potencia de entrada eléctrica en una potencia de salida eléctrica. Por ejemplo, en una realización el convertidor está configurado para cambiar una característica eléctrica de la potencia de entrada eléctrica, generando así la potencia de salida eléctrica. En una realización, el convertidor está configurado para convertir potencia de corriente continua (CC) eléctrica en potencia de corriente alterna (CA) eléctrica.

25 Según una realización “estando configurado el dispositivo convertidor para modular la potencia de salida eléctrica en respuesta a la señal de control de amortiguamiento” significa que el dispositivo convertidor está configurado para proporcionar la potencia de salida eléctrica de una forma modulada, dependiendo la modulación de la señal de control de amortiguamiento.

30 Según una realización, la señal de control de amortiguamiento incluye una señal de control de componente activa para controlar una componente activa de la potencia de salida eléctrica. Por consiguiente, en una realización el dispositivo convertidor está configurado para controlar la componente activa de la potencia de salida eléctrica. Según una realización, la componente activa de la potencia de salida eléctrica es la potencia activa de la potencia de salida eléctrica. Según una realización adicional, la componente activa es la corriente activa de la potencia de salida eléctrica.

35 Según una realización adicional, la señal de control de amortiguamiento incluye una señal de control de componente reactiva para controlar una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica. Por consiguiente, en una realización el dispositivo convertidor está configurado para controlar la componente reactiva de la potencia de salida eléctrica. Según una realización, la componente reactiva de la potencia de salida eléctrica es la potencia reactiva de la potencia de salida eléctrica. Según una realización adicional, la componente reactiva es la corriente reactiva de la potencia de salida eléctrica.

40 Como se indicó a modo de ejemplo en los párrafos anteriores, en general en el presente documento cualquier referencia a una potencia activa puede sustituirse por una referencia a la respectiva corriente activa, dando así como resultado una realización modificada respectivamente. Del mismo modo, en general en el presente documento cualquier referencia a una potencia reactiva puede sustituirse por una referencia a la respectiva corriente reactiva, dando así como resultado una realización modificada respectivamente.

45 En una realización, el controlador está configurado para proporcionar tanto la señal de control para controlar la componente activa como la señal de control para controlar la componente reactiva de la potencia eléctrica. Por consiguiente, el dispositivo convertidor puede estar configurado para controlar ambas, la potencia activa y la reactiva.

50 Según una realización, el dispositivo de generación de potencia comprende un controlador que está configurado para recibir una señal de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red de electricidad, estando configurado además el controlador para proporcionar la señal de control de amortiguamiento en respuesta a la señal de indicación de oscilación. Según otras realizaciones, el controlador no forma parte del dispositivo de generación de potencia.

55 Según una realización del contenido dado a conocer en el presente documento, el controlador comprende un primer subcontrolador para controlar una componente activa de la potencia de salida eléctrica y un segundo subcontrolador

para controlar una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica. Dos controladores paralelos, de los cuales uno está previsto para controlar la componente activa y el otro está previsto para controlar la componente reactiva de la potencia de salida eléctrica, tienen la ventaja de que el control de la componente activa y la componente reactiva puede realizarse independientemente. Sin embargo, se entenderá que es posible cualquier control sólo dentro de los diversos límites de los componentes del dispositivo de generación de potencia.

Sin embargo, algunos dispositivos de generación de potencia según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento funcionan con una fuente de energía libre de carga, por ejemplo energía solar o eólica. Al menos en tal caso el dispositivo de generación de potencia se hace funcionar preferiblemente para proporcionar así la máxima potencia disponible. Dicho de otro modo, al menos en tal caso puede ser deseable minimizar cualquier pérdida de producción de potencia provocada al proporcionar potencia de amortiguamiento para amortiguar las oscilaciones de potencia en la red de electricidad.

Según una realización, el controlador está configurado para disminuir, en respuesta a la señal de indicación de oscilación, un valor de referencia de la potencia activa que va a proporcionar el convertidor. El valor de referencia reducido de la potencia activa proporciona la posibilidad de modular la potencia de salida eléctrica sin superar la potencia activa nominal del generador de potencia. Por ejemplo, si el generador de potencia es una máquina rotatoria, una realización tal, en la que el valor de referencia de la potencia activa se disminuye en respuesta a la señal de indicación de oscilación, no es necesario cambiar el control de velocidad de la máquina rotatoria.

En una realización del contenido dado a conocer en el presente documento el dispositivo de generación de potencia comprende una máquina rotatoria, teniendo la máquina rotatoria un elemento de rotación; y el dispositivo convertidor está configurado para modular la potencia de salida eléctrica en respuesta a la señal de control de amortiguamiento para cambiar así la energía de rotación del elemento de rotación. Por ejemplo, en una realización, se usa la rotación del elemento de rotación como almacenamiento desde el que puede extraerse potencia y al que puede proporcionarse potencia. En una realización adicional, el controlador está configurado para proporcionar una señal de control de amortiguamiento que está configurada para hacer así que el dispositivo convertidor intercambie potencia entre la red de electricidad y la máquina rotatoria cambiando la energía de rotación del elemento de rotación de la máquina rotatoria.

Según una realización adicional el controlador comprende una entrada para recibir la señal de indicación de oscilación. Además, puede proporcionarse un sensor, estando configurado el sensor para detectar oscilaciones de potencia en la red de electricidad y proporcionar en respuesta a ello la señal de indicación de oscilación. Según una realización, la señal de indicación de oscilación puede ser una señal local que se genera localmente en el dispositivo de generación de potencia o en el área de un parque de generación de potencia que comprende dos o más dispositivos de generación de potencia. En una realización tal, el sensor de oscilación está ubicado localmente en el dispositivo de generación de potencia o en el área del parque de generación de potencia. Según otra realización, la señal de indicación de oscilación es una señal externa que se recibe desde el exterior del dispositivo de generación de potencia o desde el exterior del parque de generación de potencia. Por ejemplo, en una realización el sensor de oscilación está ubicado en la red de electricidad (tal como una red de distribución externa) para proporcionar la señal de indicación de oscilación externa. Según una realización adicional, se proporcionan dos o más sensores de oscilación, que alternativa o simultáneamente pueden estar conectadas al controlador. Según una realización, el sensor de oscilación proporciona una señal de entrada sin procesar que se acondiciona adicionalmente, por ejemplo mediante al menos un filtro apropiado, para así proporcionar la señal de indicación de oscilación. Tal(es) filtro(s) puede(n) estar ubicado(s) en el dispositivo de generación de potencia o en el controlador. Según otras realizaciones, tal(es) filtro(s) está(n) ubicado(s) fuera del dispositivo de generación de potencia o fuera del parque de generación de potencia.

Según una realización, el dispositivo de generación de potencia es un dispositivo de turbina eólica. Por ejemplo, en una realización el dispositivo de turbina eólica comprende un generador de potencia en forma de una máquina rotatoria eléctrica.

Según una realización, se proporciona un método para hacer funcionar un dispositivo de generación de potencia que tiene un convertidor, comprendiendo el método recibir potencia de entrada desde un generador de potencia y proporcionar, en respuesta a ello, potencia de salida eléctrica a una red de electricidad; recibir una señal de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red de electricidad; y modular selectivamente al menos una de una componente activa y una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica por medio del convertidor dependiendo de la señal de indicación de oscilación para así amortiguar la oscilación de potencia en la red de electricidad.

Según un segundo aspecto del contenido dado a conocer en el presente documento, se proporciona un parque de generación de potencia, teniendo el parque de generación de potencia al menos dos dispositivos de generación de potencia. Según una realización, al menos un dispositivo de generación de potencia del parque de generación de potencia está configurado según el primer aspecto o una realización o ejemplo del mismo.

Según una realización, el parque de generación de potencia comprende además: un controlador que está

configurado para recibir una señal de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red de electricidad, estando configurado además el controlador para proporcionar la señal de control de amortiguamiento en respuesta a la señal de indicación de oscilación. Por tanto, a diferencia de una realización descrita respecto al primer aspecto, en la que el controlador forma parte del dispositivo de generación de potencia, en la realización mencionada anteriormente del parque de generación de potencia el controlador forma parte del parque de generación de potencia. Sin embargo, el controlador puede estar configurado según cualquier realización descrita en el presente documento. Además, según una realización, el controlador está configurado para proporcionar la señal de control de amortiguamiento a un único dispositivo de generación de potencia, o, en otra realización, a dos o más dispositivos de generación de potencia.

Según un tercer aspecto del contenido dado a conocer en el presente documento, se proporciona un controlador para un dispositivo de generación de potencia, comprendiendo el controlador: una entrada para recibir una señal de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en una red de electricidad; una salida para proporcionar una señal de control de amortiguamiento a un dispositivo convertidor en respuesta a la señal de indicación de oscilación; estando configurada la señal de control de amortiguamiento para hacer así que el dispositivo convertidor module una potencia de salida eléctrica del dispositivo de generación de potencia y así amortiguar la oscilación de potencia y la red de electricidad. Según las realizaciones del tercer aspecto, el controlador está configurado como se describió respecto al primer aspecto o un ejemplo del mismo.

Según una realización, el controlador está asociado con un único dispositivo de generación de potencia. Según otra realización, el controlador está asociado con al menos dos dispositivos de generación de potencia. En ambas realizaciones, las realizaciones primera y segunda, el controlador puede formar parte de un parque de generación de potencia. Además, el controlador también puede formar parte de un dispositivo de generación de potencia, también en ambas realizaciones.

Según un cuarto aspecto, se proporciona un método para hacer funcionar un controlador de un dispositivo convertidor configurado para proporcionar una potencia de salida eléctrica a una red de electricidad, comprendiendo el método: recibir una señal de indicación de oscilación, indicativa de una oscilación de potencia en la red de electricidad; proporcionar una señal de control de amortiguamiento al dispositivo convertidor en respuesta a la señal de indicación de oscilación; estando configurada la señal de control de amortiguamiento para hacer así que el dispositivo convertidor module la potencia de salida eléctrica del dispositivo convertidor y así amortiguar la oscilación de potencia en la red de electricidad.

Según una realización, el método comprende además disminuir, en respuesta a la señal de indicación de oscilación, un valor de referencia de una potencia activa que va a proporcionar el convertidor.

Según una realización adicional, la señal de control de amortiguamiento se proporciona para hacer así que el dispositivo convertidor intercambie potencia entre la red de electricidad y una máquina rotatoria del dispositivo de generación de potencia cambiando la energía de rotación de un elemento de rotación de la máquina rotatoria.

Según realizaciones adicionales del cuarto aspecto, se realizan funciones tales como las dadas a conocer respecto al primer aspecto. Sin embargo, se entenderá que según las realizaciones del cuarto aspecto, tales funciones no están limitadas a las características del dispositivo junto con las cuales se han dado a conocer las funciones respecto al primer aspecto.

Según un quinto aspecto del contenido dado a conocer en el presente documento, se proporciona un programa informático para procesar un objeto físico, concretamente una señal de indicación de oscilación, estando adaptado el programa informático, cuando se ejecuta mediante un dispositivo procesador de datos, para controlar el método según el cuarto aspecto o una realización o ejemplo del mismo.

Según una realización ilustrativa, el dispositivo de generación de potencia es un dispositivo de energía eólica. A continuación, se describen aspectos y realizaciones a modo de ejemplo respecto a un sistema de energía eólica. Se observará que aunque se hace referencia a un sistema de energía eólica o un dispositivo de turbina eólica, las respectivas funciones y características del dispositivo también son aplicables a otros dispositivos de generación de potencia.

Según un aspecto del contenido dado a conocer en el presente documento, se proporciona un dispositivo de energía eólica, estando dispuesto el dispositivo de energía eólica para amortiguar oscilaciones de potencia en una red de electricidad, comprendiendo el dispositivo de energía eólica: un generador de turbina eólica que puede hacerse funcionar para suministrar potencia de salida eléctrica procedente de la potencia del viento a una red de distribución al menos parcialmente a través de un convertidor; un dispositivo de medición configurado para una medición, por ejemplo una medición continua, de oscilaciones de potencia, en el que las oscilaciones de potencia son el resultado de un intercambio de potencia entre dos o más máquinas síncronas de generación de potencia conectadas a una red de distribución; y un controlador, denominado a continuación en el presente documento controlador de amortiguamiento, conectado al dispositivo de medición y dispuesto para modular la potencia de salida (por ejemplo, según una realización, potencia activa y/o reactiva) del generador de turbina eólica, en el que la potencia de salida

- 5 se modula en respuesta a las oscilaciones del sistema de potencia medidas para amortiguar las oscilaciones de potencia. Según una realización, el controlador está integrado en el convertidor. Según una realización adicional, el parque de turbinas eólicas comprende una pluralidad de dispositivos de turbina eólica, por ejemplo dispuestos en un parque eólico (a veces denominado también central eólica), en el que el controlador de amortiguamiento está dispuesto para calcular una señal de amortiguamiento auxiliar y transmitir la señal de amortiguamiento auxiliar a controladores de dispositivos individuales de cada uno de los dispositivos de turbina eólica individuales; y en el que el controlador está dispuesto para controlar la potencia de salida del generador de turbina eólica en respuesta a la señal de amortiguamiento auxiliar.
- 10 Según una realización, el controlador de amortiguamiento está configurado para aumentar y/o disminuir la velocidad de rotación del generador de turbina eólica para utilizar la energía de rotación que se almacena en el sistema mecánico para amortiguar las oscilaciones del sistema de potencia.
- 15 Según una realización adicional, el controlador de amortiguamiento comprende dos controladores paralelos de los cuales un primer controlador está configurado para calcular una señal de modulación de potencia activa y el segundo controlador está configurado para calcular una señal de modulación de potencia reactiva para un control de amortiguamiento paralelo e independiente de la potencia activa y reactiva.
- 20 Según una realización adicional, el dispositivo de medición es uno de un sensor rotacional (por ejemplo un sensor de RPM), un detector de corriente, un detector de tensión, un detector de frecuencia, un detector de potencia activa, un detector de potencia reactiva, etc.
- 25 Según una realización adicional, el parque eólico comprende una pluralidad de dispositivos de medición que están ubicados en la red de electricidad (por ejemplo la red de distribución).
- Según una realización adicional, el dispositivo de medición está ubicado cerca de una de las máquinas síncronas de generación de potencia y/o en un punto de conexión común del parque eólico.
- 30 Según una realización adicional, el dispositivo de medición y el controlador de amortiguamiento están conectados entre sí, por ejemplo mediante un enlace de comunicación de alta velocidad.
- 35 Según una realización adicional, la turbina eólica es una turbina eólica de velocidad variable que comprende un generador síncrono o asíncrono que está conectado a la red de electricidad a través del convertidor. Según una realización, el convertidor es un convertidor a gran escala. La configuración del convertidor a gran escala no requiere un generador síncrono.
- 40 Según una realización adicional, el dispositivo de turbina eólica es un dispositivo de turbina eólica de velocidad variable que comprende un generador de inducción de doble alimentación (DFIG) que está conectado a la red de electricidad a través de una solución de convertidor parcial. Por ejemplo, en una realización, una primera parte de la potencia de salida del generador de inducción de doble alimentación se proporciona a la red de electricidad directamente y una segunda parte de la potencia de salida del generador de inducción de doble alimentación se proporciona a la red de electricidad a través de un convertidor. Esto permite el uso de un generador de inducción de doble alimentación mientras que todavía permite implementar aspectos y realizaciones y ejemplos del contenido dado a conocer en el presente documento.
- 45 Según una realización, un método para amortiguar oscilaciones de potencia en un sistema de potencia que comprende al menos un dispositivo de turbina eólica comprende: determinar oscilaciones de potencia en el sistema de potencia; controlar y/o modificar la potencia de salida de al menos un dispositivo de turbina eólica según las oscilaciones de potencia determinadas en la red de electricidad (es decir según la señal de indicación de oscilación en una realización) de modo que las oscilaciones de potencia en el sistema de potencia se amortigüen activamente.
- 50 Según una realización, el método para amortiguar oscilaciones de potencia comprende: calcular una señal de amortiguamiento auxiliar basándose en las oscilaciones de potencia determinadas en la red de electricidad usando al menos una de las operaciones de filtrado, compensación de fase, ajuste a escala. Según una realización adicional, el método para amortiguar oscilaciones de potencia comprende sumar la señal de amortiguamiento auxiliar a una señal de referencia, señal de referencia que usa un controlador del dispositivo de turbina eólica para controlar la potencia de salida del dispositivo de turbina eólica.
- 55 Según una realización adicional, la señal de referencia es una de referencia de velocidad de rotor, referencia de velocidad de generador, referencia de potencia, referencia de tensión, referencia de corriente, referencia de potencia activa, referencia de potencia reactiva, referencia de par.
- 60 Según una realización, el controlador está configurado para amortiguar oscilaciones de potencia en una condición sin carga del dispositivo de turbina eólica. Según una realización, el método para amortiguar oscilaciones de potencia comprende determinar oscilaciones de potencia en un sistema de potencia; y controlar y modular la potencia de salida reactiva de un dispositivo de turbina eólica usando un convertidor (por ejemplo un inversor de red
- 65

en una realización) según las oscilaciones de potencia determinadas de modo que las oscilaciones de potencia se amortiguan activamente cuando el dispositivo de turbina eólica no está produciendo ni proporcionando potencia activa a la red de electricidad.

5 Como se usa en el presente documento, la referencia a un programa informático pretende ser equivalente a la referencia a un elemento de programa y/o un medio legible por ordenador que contiene instrucciones para controlar un sistema informático para coordinar el rendimiento del método descrito anteriormente.

10 El programa informático puede implementarse como código de instrucción legible por ordenador mediante el uso de cualquier lenguaje de programación adecuado, tal como, por ejemplo, JAVA, C++, y puede almacenarse en un medio legible por ordenador (disco extraíble, memoria volátil o no volátil, memoria/procesador integrado, etc.). El código de instrucción puede ejecutarse para programar un ordenador o cualquier otro dispositivo programable para llevar a cabo las funciones previstas. El programa informático puede estar disponible desde una red, tal como la World Wide Web, de la que puede descargarse.

15 Las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento pueden implementarse mediante un programa informático o un software. Sin embargo, las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento también pueden implementarse por medio de uno o más circuitos electrónicos específicos o hardware. Además, las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento también pueden implementarse de forma híbrida, es decir, en una combinación de módulos de software y módulos de hardware.

20 Anteriormente se han descrito y a continuación se describirán realizaciones a modo de ejemplo del contenido dado a conocer en el presente documento con referencia a un dispositivo de generación de potencia, un parque de generación de potencia, un controlador de un dispositivo de generación de potencia, un método para hacer funcionar un dispositivo de generación de potencia, un dispositivo de energía eólica y un método para amortiguar oscilaciones de potencia. Ha de puntualizarse que, evidentemente, también es posible cualquier combinación de características en relación con diferentes aspectos del contenido dado a conocer en el presente documento. En particular, se han descrito algunas realizaciones con referencia a reivindicaciones de tipo aparato mientras que se han descrito otras realizaciones con referencia a reivindicaciones de tipo método. Sin embargo, un experto en la técnica deducirá a partir de lo anterior y de la siguiente descripción que, a menos que se indique de otro modo, además de cualquier combinación de características pertenecientes a un aspecto también se considera que con esta solicitud se da a conocer cualquier combinación entre características en relación con diferentes aspectos o realizaciones, por ejemplo incluso entre características de las reivindicaciones de tipo aparato y características de las reivindicaciones de tipo método.

35 Los aspectos y realizaciones definidos anteriormente y aspectos y realizaciones adicionales de la presente invención resultarán evidentes a partir de los ejemplos que van a describirse a continuación en el presente documento y se explican con referencia a los dibujos, aunque la invención no está limitada a los mismos.

40 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra un parque 100 de generación de potencia según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

45 La figura 2 muestra un dispositivo de generación de potencia según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

La figura 3 muestra un parque 200 eólico adicional que es según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

50 La figura 4 muestra el controlador 122 de la figura 1 y la figura 2 en más detalle.

La figura 5 muestra el subcontrolador 162 de la figura 4 en más detalle.

55 La figura 6 muestra la potencia activa ΔP_d por unidad (pu) para una operación de amortiguamiento de un dispositivo de turbina eólica según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

La figura 7 muestra la velocidad de rotación $\Delta\omega_r$ del elemento de rotación del generador de potencia por unidad (pu) $\times 10^{-3}$ para la operación de amortiguamiento mostrada en la figura 6.

60 La figura 8 muestra una realización, en la que la velocidad de rotación del sistema mecánico del dispositivo de turbina eólica no se cambia debido a la modulación de la potencia de salida eléctrica proporcionada por el dispositivo de turbina eólica.

65 **Descripción detallada**

La ilustración en los dibujos es esquemática. Se indica que en diferentes figuras, se proporcionan elementos similares o idénticos con los mismos símbolos de referencia o con símbolos de referencia que son diferentes de los correspondientes símbolos de referencia sólo en el primer dígito o un carácter adjunto.

5 La figura 1 muestra un parque 100 de generación de potencia según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

10 El parque 100 de generación de potencia comprende al menos dos, por ejemplo n dispositivos 102a, 102b, 102c ... 102n de generación de potencia. Al menos uno de los dispositivos 102a-102n de generación de potencia está configurado según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento. Por ejemplo, en una realización todos los dispositivos 102a-102n de generación de potencia están configurados según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

15 El parque 100 de generación de potencia en la figura 1 es, según una realización, un parque eólico y los dispositivos 102a-102n de generación de potencia son dispositivos de turbina eólica. Cada dispositivo 102a-102n de turbina eólica comprende un generador 104 de potencia que recibe energía mecánica desde las palas de turbina eólica (no mostradas en la figura 1) y genera energía eléctrica en respuesta a la energía mecánica recibida. A continuación se alimenta la energía eléctrica a un dispositivo 106 convertidor como potencia de entrada. Para ello, el generador 104 de potencia puede estar acoplado eléctricamente al dispositivo 106 convertidor. El dispositivo 106 convertidor proporciona en respuesta a la potencia de entrada recibida desde el generador 104 de potencia una potencia 150 de salida eléctrica que va a proporcionarse a una salida 108 de potencia del parque eólico. La potencia 150 de salida eléctrica se transforma mediante un transformador 114 de dispositivo del dispositivo 102a-102n de turbina eólica. En una realización, el dispositivo 106 convertidor está acoplado eléctricamente a la salida 108 de potencia del parque 100 eólico a través de un trayecto 110 de acoplamiento. Según una realización, la salida 108 de potencia del parque eólico es el punto de conexión común del parque eólico. Según una realización adicional, se cambia una característica eléctrica de la potencia 150 de salida proporcionada por el dispositivo 106 convertidor antes de que la potencia de salida se alimente a la salida 108 de potencia. Por ejemplo, según una realización se proporcionan uno o más transformadores en el trayecto 110 de acoplamiento eléctrico que acopla una salida 112 del dispositivo 106 convertidor a la salida 108 de potencia. Por ejemplo, según una realización mostrada en la figura 1, un transformador 114 de dispositivo está acoplado eléctricamente entre la salida 112 del dispositivo 106 convertidor y una barra 116 colectora que a su vez está acoplada a un transformador 118 de parque. El transformador de parque está acoplado a la salida 108 de potencia del parque 100 eólico. En lugar de una barra 116 colectora, puede usarse cualquier otra disposición de conexión de potencia adecuada. Según una realización, el transformador 114 de dispositivo forma parte del dispositivo de turbina eólica. En otras realizaciones, el transformador de dispositivo está separado del dispositivo de turbina eólica.

20 Cabe mencionar que pueden incluirse otros elementos en el trayecto de acoplamiento eléctrico y que el término "acoplamiento eléctrico" no excluye entidades intermedias entre las entidades acopladas. Por ejemplo, en una realización el trayecto 110 de acoplamiento eléctrico incluye un disyuntor (no mostrado).

25 Según una realización, el acoplamiento eléctrico entre el dispositivo 106 convertidor y la barra 116 colectora se realiza mediante interfaces, generalmente indicadas en 120 en la figura 1. Según una realización, las interfaces 120 son líneas eléctricas.

30 Según una realización, el parque 100 eólico comprende un controlador 122, teniendo el controlador 122 una entrada 124 para recibir una señal 126 de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en una red de electricidad, por ejemplo una red 128 de distribución externa. El controlador comprende además una salida 130 para proporcionar una señal 132 de control de amortiguamiento a al menos uno de los dispositivos 106 convertidores en el parque eólico, por ejemplo a todos los dispositivos convertidores del parque eólico como se muestra en la figura 1. La señal 132 de control de amortiguamiento se proporciona en respuesta a la señal 126 de indicación de oscilación. Además, la señal 132 de control de amortiguamiento está configurada para hacer así que el dispositivo 106 convertidor module una potencia de salida eléctrica del dispositivo de generación de potencia y así amortiguar la oscilación de potencia en la red 128 de electricidad. El dispositivo 106 convertidor está configurado para modular la potencia de salida eléctrica en respuesta a la señal 132 de control de amortiguamiento para así amortiguar la oscilación de potencia en la red 128 de electricidad.

35 Según una realización, se proporciona un dispositivo 134 de medición, estando configurado el dispositivo 134 de medición para proporcionar la señal 126 de indicación de oscilación o una señal precursora de la misma.

40 En la figura 1, se proporciona la misma señal de control de amortiguamiento a cada uno de los dispositivos de turbina eólica. Según otras realizaciones no mostradas en la figura 1, el controlador 122 proporciona una señal de control de amortiguamiento individual a cada dispositivo de turbina eólica.

45 La figura 2 muestra un dispositivo 102 de generación de potencia según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento. En particular, la figura 2 muestra una parte del dispositivo 102a de turbina eólica de la figura 1 en más detalle. Se entenderá que en las realizaciones, uno o más de los otros dispositivos 102b-102n

de turbina eólica están configurados de manera similar o idéntica al dispositivo 102a de turbina eólica.

El dispositivo 102a de turbina eólica comprende un rotor 136 que está acoplado o puede acoplarse mecánicamente al generador 104 de potencia, por ejemplo por medio de un árbol 138 o una unidad de transmisión (no mostrada). Según una realización, el dispositivo 104 de generación de potencia comprende, por ejemplo consiste en, una máquina rotatoria que tiene un elemento 140 de rotación. El árbol 138 está acoplado o puede acoplarse al elemento 140 de rotación para hacer rotar el elemento 140 de rotación y así permitir que el dispositivo 104 de generación de potencia genere potencia 142 eléctrica en una salida 144 del mismo. Según una realización, el dispositivo 106 convertidor tiene una entrada 146 para recibir la potencia 142 eléctrica desde el generador 104 de potencia. Además, el dispositivo 106 convertidor comprende la salida 112 para proporcionar la potencia 150 de salida eléctrica.

Según una realización, el dispositivo 106 convertidor comprende un controlador 152 de dispositivo que recibe la señal 132 de control de amortiguamiento y controla en respuesta a ello elementos, por ejemplo elementos semiconductores, del dispositivo 106 convertidor. Según una realización, el controlador 152 de dispositivo también está configurado para controlar el generador 104 de potencia. Aunque el controlador 152 de dispositivo se muestra incluido en el dispositivo 106 convertidor en la figura 2, se observará que es sólo a modo de ejemplo y que en otras realizaciones el controlador 152 de dispositivo es un controlador independiente que proporciona todavía las funciones dadas a conocer en el presente documento. Por tanto, independientemente de dónde esté ubicado el controlador 152 de dispositivo espacialmente, puede considerarse incluido funcionalmente en y/o asociado con el dispositivo 106 convertidor. Sin embargo, esto no excluye que el controlador 152 de dispositivo controle otros elementos del dispositivo de turbina eólica. Más bien, en una realización, el controlador 152 de dispositivo controla además la referencia de velocidad del elemento 140 de rotación como se describirá más abajo con respecto a la figura 6 y la figura 7.

Según una realización mostrada en la figura 1, el controlador 122 (que también puede denominarse controlador de amortiguamiento) forma parte del parque eólico y proporciona al menos una turbina eólica del parque eólico con la señal de control de amortiguamiento.

En otra realización, el controlador 122 de amortiguamiento está incluido en un único dispositivo de turbina eólica. Por ejemplo, en una realización, la funcionalidad del controlador 122 de amortiguamiento está incluida en el controlador 152 de dispositivo.

La figura 3 muestra un parque 200 eólico que es según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento.

El parque 200 eólico es similar al parque 100 eólico de la figura 1 excepto porque la señal 126 de indicación de oscilación es una señal de indicación de oscilación externa que se recibe desde la red 128 de electricidad. Los demás componentes del parque 200 eólico están configurados de manera similar o idéntica a los respectivos componentes del parque 100 eólico en la figura 1 y se omite una descripción repetida de los mismos.

Según otra realización (no mostrada), se proporcionan dos o más dispositivos de medición (configurados por ejemplo como el dispositivo 134 de medición). En una realización, se proporciona un conmutador para conmutar selectivamente uno de los dispositivos 134 de medición con respecto a la entrada 124 del controlador 122. Según una realización, al menos un dispositivo de medición está ubicado en el parque eólico, como se muestra en la figura 1, mientras que al menos un dispositivo de medición adicional está ubicado en la red 128 de electricidad.

La figura 4 muestra el controlador 122 de la figura 1 y la figura 2 en más detalle.

Según una realización, el controlador 122 comprende una entrada 124 para recibir la señal 126 de indicación de oscilación. La señal de indicación de oscilación se proporciona a una unidad 154 de acondicionamiento de entrada que tiene una entrada 156 para recibir la señal 126 de indicación de oscilación y una salida 157 para proporcionar una señal 158 de indicación de oscilación acondicionada. Según una realización, la unidad 154 de acondicionamiento de entrada comprende una salida 159 de marca para proporcionar una marca 160 de oscilación en la salida 130 del controlador 122, por ejemplo a un terminal 161 de marca del controlador 122. Según una realización, la marca 160 de oscilación se proporciona para indicar así al dispositivo 102a, 102b, 102c, ..., 102n de generación de potencia si hay o no una oscilación de potencia en la red de electricidad.

Según una realización, el controlador 122 comprende un primer subcontrolador 162 y un segundo subcontrolador 164, estando configurado el primer subcontrolador 162 para controlar una componente activa de la potencia de salida eléctrica y estando configurado el segundo subcontrolador 164 para controlar una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica. Según una realización, el primer subcontrolador 162 comprende un filtro y/o un limitador para la estabilización de la potencia activa. Según una realización adicional, el segundo subcontrolador 164 comprende un filtro y/o un limitador para la estabilización de la potencia reactiva.

Dependiendo de la ubicación física del dispositivo de amortiguamiento, es decir la ubicación eléctrica en cuanto a la

oscilación crítica, puede obtenerse el mejor rendimiento de amortiguamiento con una combinación de modulación de potencia activa y reactiva. Un parque eólico tiene la ventaja de un control independiente de la potencia activa y reactiva y por tanto un controlador de amortiguamiento de oscilación en un parque eólico puede usar ambas para un mejor rendimiento de amortiguamiento. Según una realización, se usa un controlador 122 general para comparar la acción de estabilización entre modulación de potencia activa y reactiva. El controlador 122 puede estar a nivel de parque eólico o a nivel de turbina eólica. Si el controlador 122 está a nivel de parque eólico, distribuye las señales de referencia para potencia activa y reactiva a las turbinas eólicas, como se muestra en la figura 1 y la figura 3. A nivel de turbina eólica, el controlador proporciona las señales de referencia para potencia activa y reactiva sólo al dispositivo de turbina eólica asociado con el controlador.

Según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento, los límites impuestos por el primer subcontrolador 162 y el segundo subcontrolador 164 están predefinidos de manera fija. Según otra realización, los límites se calculan dinámicamente basándose en el funcionamiento de la turbina eólica. Según otras realizaciones, los límites son variables y pueden establecerse por ejemplo mediante una unidad 166 de limitación. Según una realización, la unidad 166 de limitación proporciona al menos un primer límite 167 al primer subcontrolador 162 y al menos un segundo límite 168 al segundo subcontrolador 164.

Se entenderá que el primer límite 167 y el segundo límite 168 se muestran sólo a modo de ejemplo y que pueden establecerse dos o más límites mediante la unidad 166 de limitación para cada subcontrolador 162, 164.

En respuesta al al menos un límite 167 y la señal 158 de indicación de oscilación acondicionada, el primer subcontrolador proporciona una primera señal 170 de respuesta que indica un punto de referencia para la modulación de la potencia de salida eléctrica, siendo adecuada la modulación para amortiguar la oscilación de potencia indicada por la señal 126 de indicación de oscilación en la red 128 de electricidad. Según las realizaciones mostradas en la figura 4, la primera señal 170 de respuesta proporciona un punto de referencia de modulación para la potencia activa. Del mismo modo, una segunda señal 171 de respuesta correspondiente, que indica un punto de referencia de modulación para la potencia reactiva se proporciona mediante el segundo subcontrolador 164.

En una realización, las señales 170, 171 de respuesta de los subcontroladores 162, 164 primero y segundo corresponden a (o están incluidas en) la señal 132 de control de amortiguamiento. En otras realizaciones, las señales 170, 171 de respuesta generadas por el primer subcontrolador 162 y el segundo subcontrolador 164 se procesan adicionalmente para obtener la señal 132 de control de amortiguamiento. A este respecto cabe mencionar que generalmente en el presente documento la señal 132 de control de amortiguamiento no es necesariamente una única señal aunque puede incluir en una realización dos o más señales proporcionadas en paralelo.

Según una realización, las señales 170 y 171 de respuesta de los subcontroladores 162, 164 se reciben por una unidad 172 de ponderación que realiza una función de ponderación en cada una de la señal 170 de respuesta de potencia activa y la señal 171 de respuesta de potencia reactiva. Un resultado de la función de ponderación es una señal 174 de respuesta ponderada para la potencia activa (P) y una señal 175 de respuesta ponderada para la potencia reactiva (Q). Por ejemplo, en una realización la función de ponderación para la potencia activa P tiene en cuenta la señal 171 de respuesta para la potencia reactiva Q. Del mismo modo, en una realización respectiva la función de ponderación para la potencia reactiva Q tiene en cuenta la señal 170 de respuesta de la potencia activa P. La función de ponderación es un manera conveniente de cambiar entre potencia de amortiguamiento activa y reactiva sin modificar los bucles 162, 164 de control. Esto también se realiza en relación a la contribución de amortiguamiento total (tanto P como Q), que se refiere a la corriente total en el convertidor.

Así, si la generación de la potencia de amortiguamiento da como resultado una corriente admisible máxima, la función de ponderación (unidad 172 de ponderación) permite seleccionar la ponderación entre potencia activa y reactiva.

Según una realización, la función 174, 175 de respuesta ponderada para la potencia activa P y la potencia reactiva Q, respectivamente, se usan como señal 132 de control de amortiguamiento. Según otra realización, las señales 174, 175 de respuesta ponderadas de la potencia activa y reactiva P, Q se modifican adicionalmente para dar la señal 132 de control de amortiguamiento. Por ejemplo, en una realización se proporciona una unidad 176 de control de supervisión que proporciona señales de control adicionales respecto a la potencia activa P y la potencia reactiva Q. Las señales de control adicionales pueden combinarse con las señales 170, 171 de respuesta de los subcontroladores 162, 164 primero y segundo, o con una señal de respuesta modificada respectiva, 174, 175. Por ejemplo, en una realización, se proporciona un primer punto 177 de suma, que recibe como entrada la señal 174 de respuesta modificada para la potencia activa P y una señal 178 de control adicional para la potencia activa P, proporcionándose la señal 178 de control adicional por la unidad 176 de control de supervisión. En respuesta a las señales 174, 178 de entrada recibidas, el primer punto 177 de suma proporciona una señal 132a de control de amortiguamiento para la potencia activa P. Por consiguiente, la unidad 176 de control de supervisión proporciona una señal 179 de control adicional para la potencia reactiva Q. Se proporciona un segundo punto 180 de suma para recibir la señal 179 de control adicional para la potencia reactiva así como la señal 175 de respuesta modificada para la potencia reactiva y proporciona en respuesta a ello, una señal 132b de control de amortiguamiento para la potencia reactiva Q. Las señales 132a, 132b de control de amortiguamiento así como la marca 160 de oscilación

pueden proporcionarse en terminales 181a, 181b, 161 respectivos, formando los terminales la salida 130 del controlador 122.

5 Teniendo en cuenta el funcionamiento global del controlador 122, según las realizaciones la señal 126 de entrada puede o bien ser una señal local del parque 100, 200 de energía eólica o bien proporcionarse desde una ubicación remota, por ejemplo de la red 128 de electricidad con un enlace de comunicación respectivo, por ejemplo un enlace de comunicación de alta velocidad. Por ejemplo, la señal 126 de entrada puede ser indicativa de al menos una de: una frecuencia de barra colectora, una corriente de línea, una potencia de línea, etc. Según una realización, una
10 señal 126 de entrada remota puede incluir una o más de las siguientes: velocidad de generador, potencia activa en un interconector, etc. La señal 126 de entrada se hace pasar en primer lugar a través de una unidad 154 de acondicionamiento, cuyo diseño depende de la señal de entrada. La unidad 154 de acondicionamiento elimina ruido de medición y extrae la oscilación de potencia de la señal de entrada.

15 Los dos subcontroladores 162, 164 paralelos se usan para determinar independientemente la modulación de potencia activa y la reactiva. El control independiente de potencia activa y reactiva tiene la ventaja de que estas señales pueden calcularse independientemente, evidentemente dentro de los diversos límites de los componentes en la turbina eólica. Después de una operación de ponderación y/o combinación opcional, la señal se proporciona como señal de control de amortiguamiento a los dispositivos de turbina eólica individuales que están configurados para recibir una señal de control de amortiguamiento de este tipo y controlar por consiguiente un convertidor de los
20 mismos.

La figura 5 muestra el primer subcontrolador 162 de la figura 4 en más detalle. Se entenderá que en una realización el segundo subcontrolador 164 en la figura 4 podría estar configurado de manera correspondiente.

25 Según una realización, el subcontrolador 162 tiene una entrada 182 para recibir la señal 158 de indicación de oscilación acondicionada. La señal 158 de indicación de oscilación acondicionada se recibe por un amplificador 183 que proporciona en respuesta a ello una señal 184 de indicación de oscilación amplificada. La señal 184 de indicación de oscilación amplificada se recibe por un circuito 185 de depuración que proporciona en respuesta a ello una señal 186 de indicación de oscilación preacondicionada. En una realización, el filtro de depuración está
30 configurado para eliminar cualquier componente de CC (régimen permanente) que pudiera estar presente en la señal de entrada. El controlador de amortiguamiento sólo responderá a oscilaciones, por tanto, todas las componentes de CC se eliminan de la señal de entrada en esta realización. La señal 186 de indicación de oscilación preacondicionada se recibe, en una realización, por una etapa 187 de filtro de compensación de fase que comprende al menos un filtro de compensación de fase. En una realización, el filtro de compensación de fase es un
35 filtro de avance/retraso. En una realización, el filtro de compensación de fase está configurado para garantizar que la diferencia de fase entre la señal de entrada, es decir la señal 158 de indicación de oscilación y la señal 188 de salida es tal que la Delta P y/o Delta Q resultante aumenta el amortiguamiento de la oscilación.

40 Se proporciona un filtro 189 adicional, manteniendo el filtro 189 adicional la señal 188 de salida que es indicativa de la potencia de amortiguamiento que va a proporcionarse, dentro de un límite superior up y un límite inferior lo . Los límites superior e inferior se establecen mediante señales 190, 191 de punto de referencia de límite respectivas, que se extraen de la señal 167 de limitación. El filtro 189 adicional proporciona, en respuesta a las señales 190, 191 de punto de referencia de límite y la señal 188 de salida, la señal 170 de respuesta ya comentada con respecto a la
45 figura 4. Esta señal 170 de respuesta puede proporcionarse en un terminal 192 de salida de la unidad 162 de acondicionamiento. Para recibir las señales de entrada, concretamente la señal 158 de indicación de oscilación acondicionada y la señal 167 de limitación en una realización, pueden proporcionarse terminales 193, 194 de entrada respectivos.

50 Teniendo en cuenta ahora de nuevo la figura 4, los cambios en los puntos de referencia de la potencia debidos a la acción de amortiguamiento, ΔP y ΔQ , que se proporcionan por las señales 132a, 132b de control de amortiguamiento respectivas, en una realización, se transmiten al controlador 152 de dispositivo (véase la figura 2) de las turbinas eólicas individuales que por consiguiente regula la salida de potencia activa y reactiva. El par de amortiguamiento/potencia de amortiguamiento de la modulación de potencia reactiva, ΔQ , se gestiona directamente por el convertidor de lado de red en una realización. Este convertidor de lado de red se indica en 106 en la figura 1 y
55 la figura 2. Se indicará que según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento, los dispositivos de turbina eólica pueden incluir convertidores adicionales que están acoplados en el trayecto de potencia entre el generador 104 de potencia y el convertidor 106 de lado de red. En otras realizaciones, se omiten tales convertidores adicionales. Se entenderá que la regulación de la potencia activa P y la potencia reactiva Q está sujeta a la capacidad de potencia de la potencia activa P y la potencia reactiva Q del convertidor y su punto de
60 funcionamiento actual.

En general, preferiblemente no se hace funcionar una turbina eólica de modo que pueda proporcionarse potencia activa adicional, puesto que no se desea una producción restringida ya que el combustible de la turbina eólica, es decir el viento, está libre de carga.

65 Sin embargo, el hecho de proporcionar par de amortiguamiento/potencia de amortiguamiento a partir de la

modulación de potencia activa por el dispositivo 106 convertidor está asociado solamente con el hecho de proporcionar potencia activa cuando el sistema de potencia presenta una perturbación con respecto a su régimen permanente. En el régimen permanente, cuando no tiene lugar oscilación de potencia alguna en la red de electricidad, no se proporciona potencia activa adicional alguna debido a un funcionamiento del controlador 122 de amortiguamiento. En una realización sencilla esto se consigue de hecho haciendo funcionar el dispositivo de turbina eólica o el parque de energía eólica con una producción de potencia restringida y por tanto está disponible una cantidad predeterminada de potencia activa para el controlador 122. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto puede no ser deseable. Por tanto, en otra realización la referencia de velocidad de rotación del sistema mecánico del generador 104 se cambia por el controlador 152 de dispositivo para extraer o depositar energía de la acción de control, es decir de la modulación de la potencia de salida eléctrica del dispositivo 106 convertidor. Por tanto, en esta realización el controlador 122 utiliza la energía de rotación almacenada en el sistema mecánico del generador 104 de potencia, en particular la energía almacenada en la rotación del elemento 140 de rotación, como almacenamiento a partir del cual puede intercambiarse la potencia de amortiguamiento. La naturaleza oscilatoria de la modulación de la potencia de salida eléctrica significa que la energía neta en la potencia activa modulada será baja o incluso negativa. Cuando se requiere potencia activa positiva, se extrae energía del sistema de rotación, por ejemplo del elemento 140 de rotación, mientras que la velocidad de rotación del sistema mecánico, por ejemplo del elemento 140 de rotación, se aumenta en el semiciclo en el que se inyecta potencia de amortiguamiento negativa.

La figura 6 muestra la potencia activa ΔP_d por unidad (pu) para una operación de amortiguamiento típica de un dispositivo de turbina eólica según las realizaciones del contenido dado a conocer en el presente documento. Como puede observarse, la oscilación de amortiguamiento de la potencia activa tiene una amplitud de aproximadamente 0,1 por unidad, es decir aproximadamente el 10% de la potencia activa nominal del dispositivo de turbina eólica. Como puede observarse adicionalmente en la figura 6, la amplitud disminuye con el tiempo, lo que significa que disminuye la oscilación de potencia en la red de electricidad y por tanto también disminuye la amplitud de la modulación de la potencia de salida eléctrica para amortiguar la oscilación de potencia.

La figura 7 muestra la velocidad de rotación $\Delta \omega_r$ del elemento 140 de rotación del generador de potencia por unidad (pu) $\times 10^{-3}$. Como puede observarse, según una realización la velocidad de rotación se encuentra a la velocidad nominal y la desviación es 0. Tras iniciar una modulación de la potencia de salida eléctrica, la velocidad de rotación del elemento 140 de rotación y por tanto del rotor 136 (véase la figura 2) del dispositivo de turbina eólica se disminuye con el fin de permitir que la potencia adicional entre los dos estados de rotación se alimente al dispositivo 106 convertidor y por tanto se emita en la salida 108 de potencia para proporcionar la modulación de potencia activa mostrada en la figura 6. Según la amplitud decreciente de la modulación de potencia activa ΔP_d en la figura 6, también disminuye la amplitud de las diferencias de velocidad de rotación con el tiempo como se muestra en la figura 7. Además, la diferencia en la velocidad de rotación entre la velocidad de rotación real y la velocidad de rotación nominal tiende a desaparecer con el tiempo en la misma medida en que desaparece la oscilación de potencia en la red de electricidad. En una realización, la velocidad de rotación real se controla por el control de turbina eólica. La desviación de velocidad en la figura 7 se reducirá hasta un valor de régimen permanente, que representa la cantidad neta de energía que se extrae del rotor. Y esta desviación de régimen permanente con respecto a la velocidad nominal se elimina con el control.

La figura 8 muestra una realización en la que la velocidad de rotación del sistema mecánico del dispositivo de turbina eólica, es decir la velocidad de rotación del rotor 136 y el elemento 140 de rotación no se cambia debido a la modulación de la potencia de salida eléctrica proporcionada por el dispositivo de turbina eólica. No obstante, para permitir la modulación de la potencia de salida eléctrica, el valor de referencia (es decir, el punto de referencia) para la potencia activa, indicado en 196 en la figura 8, se disminuye tras la detección de una oscilación de potencia en la red de electricidad desde la potencia activa nominal (1 pu, indicada en 195 en la figura 8) hasta aproximadamente 0,92 en la realización a modo de ejemplo. Esta reducción de la referencia 196 de potencia activa en la figura 8 se realiza en la fase inicial de la respuesta, es decir en la fase inicial de la modulación de potencia activa. La potencia de salida resultante (modulada), que se proporciona en la salida 108 de potencia, se indica en 197 en la figura 8. Es decir, en esta fase inicial, hasta aproximadamente 2 segundos en la realización a modo de ejemplo, se proporciona principalmente una respuesta negativa. Como puede observarse por la figura 8, el par de amortiguamiento/potencia de amortiguamiento inicial que se proporciona por este enfoque sería menor puesto que sólo se utiliza la respuesta negativa en el estado inicial. Sin embargo, después de 2 segundos en la realización respectiva la modulación de la potencia de salida, indicada en 197, está disponible para el semiciclo tanto positivo como negativo. De nuevo, como ya se comentó con la figura 6 la amplitud de la modulación de la potencia de salida, indicada en 197 en la figura 8, disminuye con el tiempo puesto que la oscilación de potencia en la red de electricidad también disminuye. La referencia 196 de la potencia activa así como la potencia 197 activa emitida realmente se proporciona por unidad (pu) en la figura 8. La potencia nominal del dispositivo de turbina eólica tiene un valor de 1 por unidad (pu).

Según las realizaciones de la invención, se proporciona cualquier componente adecuado del dispositivo de turbina eólica o el parque eólico, por ejemplo el controlador 122 o el controlador 152 de dispositivo en forma de productos de programa informático respectivos que permiten que un dispositivo procesador proporcione la funcionalidad de los elementos respectivos como se da a conocer en el presente documento. Según otras realizaciones, cualquier componente del dispositivo de turbina eólica o el parque eólico, por ejemplo el controlador 122 o el controlador 152 de dispositivo puede proporcionarse en hardware. Según otras realizaciones, mixtas, algunos componentes pueden

proporcionarse en software mientras que otros componentes se proporcionan en hardware. Además, se observará que puede proporcionarse un componente independiente (por ejemplo un módulo) para cada una de las funciones dadas a conocer en el presente documento. Según otras realizaciones, al menos un componente (por ejemplo un módulo) está configurado para proporcionar dos o más funciones como se da a conocer en el presente documento.

5 Se observará que el término “comprender” no excluye otros elementos o etapas y que “un” o “una” no excluyen una pluralidad. También pueden combinarse los elementos descritos en asociación con diferentes realizaciones. También se observará que los símbolos de referencia en las reivindicaciones no deberán interpretarse como limitativos del alcance de las reivindicaciones.

10 Para recapitular las realizaciones descritas anteriormente de la presente invención puede indicarse que:

15 Se proporciona un parque de generación de potencia que comprende una salida de potencia para proporcionar potencia de salida eléctrica a una red de electricidad. Un dispositivo de generación de potencia comprende un dispositivo convertidor configurado para recibir potencia de entrada desde un generador de potencia y proporcionar, en respuesta a ello, la potencia de salida eléctrica a la salida de potencia. El parque de generación de potencia comprende además un controlador que está configurado para recibir una señal de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red de electricidad, estando configurado además el controlador para proporcionar una señal de control de amortiguamiento en respuesta a la señal de indicación de oscilación; estando configurado el dispositivo convertidor para modular la potencia de salida eléctrica en respuesta a la señal de control de amortiguamiento para así amortiguar la oscilación de potencia en la red de electricidad. En una realización, la potencia activa y la potencia reactiva se modulan independientemente. Según una realización adicional, el controlador forma parte del dispositivo de generación de potencia.

25 **Lista de símbolos de referencia:**

100, 200	parque de generación de potencia (por ejemplo parque eólico)
102a, ... 102n	dispositivo de generación de potencia (por ejemplo dispositivo de turbina eólica)
104	generador de potencia
30 106	dispositivo convertidor
108	salida de potencia
110	trayecto de acoplamiento
112	salida de 106
114	transformador de dispositivo
35 116	barra colectora
118	transformador de parque
120	interfaz
122	controlador
124	entrada de 122
40 126	señal de indicación de oscilación
128	red de electricidad (por ejemplo red de distribución externa)
130	salida de 122
132	señal de control de amortiguamiento
134	dispositivo de medición
45 136	rotor
138	árbol
140	elemento de rotación
142	potencia eléctrica
144	salida de 104
50 146	entrada de 106
112	salida de 106
150	potencia de salida eléctrica
152	controlador de dispositivo
154	unidad de acondicionamiento de entrada
55 156	entrada de 154
157	salida de 154
158	señal de indicación de oscilación acondicionada
159	salida de marca
160	marca de oscilación
60 161	terminal de marca
162	primer subcontrolador
164	segundo subcontrolador
166	unidad de limitación
167	primer límite
65 168	segundo límite
170	primera señal de respuesta

ES 2 537 445 T3

	171	segunda señal de respuesta
	172	unidad de ponderación
	174	señal de respuesta ponderada para la potencia activa (P)
	175	señal de respuesta ponderada para la potencia reactiva (Q)
5	176	unidad de control de supervisión
	177	primer punto de suma
	178	señal de control adicional
	179	señal de control adicional
	180	segundo punto de suma
10	181a	terminal para señal de respuesta para la potencia activa
	181b	terminal para señal de respuesta para la potencia reactiva
	182	entrada de 162
	183	amplificador
	184	señal de indicación de oscilación amplificada
15	185	circuito de depuración
	186	señal de indicación de oscilación preacondicionada
	187	etapa de filtro de compensación de fase
	188	señal de salida de 187, indicativa de potencia de amortiguamiento que va a proporcionarse
	189	filtro adicional
20	190, 191	señal de punto de referencia
	192	terminal de salida
	193, 194	terminal de entrada de 189
	195	potencia activa nominal de dispositivo 106 convertidor
	196	punto de referencia para potencia activa
25	197	potencia de salida modulada proporcionada en la salida 108 de potencia

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de generación de potencia que comprende:
- 5 - un generador (104) de potencia;
- un dispositivo (106) convertidor que tiene una salida (112) de potencia para proporcionar potencia (150) de salida eléctrica a una red (128) de electricidad;
- 10 - estando configurado el dispositivo convertidor para recibir potencia (142) de entrada desde el generador (104) de potencia y proporcionar, en respuesta a ello, la potencia (150) de salida eléctrica en la salida (128) de potencia;
- 15 - estando configurado el dispositivo (106) convertidor para modular la potencia (150) de salida eléctrica en respuesta a una señal (132) de control de amortiguamiento para así amortiguar una oscilación de potencia en la red (128) de electricidad; caracterizado porque
- 20 - el dispositivo (106) convertidor comprende un controlador (152) de dispositivo para recibir la señal de control de amortiguamiento y controlar en respuesta a ello elementos del dispositivo convertidor;
- cambiando el controlador (152) de dispositivo la referencia de velocidad de rotación del sistema mecánico del generador (104) de potencia para extraer o depositar energía de la modulación de la potencia de salida eléctrica del dispositivo (106) convertidor.
- 25 2. Dispositivo de generación de potencia según la reivindicación 1, en el que
- la señal (132) de control de amortiguamiento incluye una señal (132a) de control para controlar una componente activa de la potencia de salida eléctrica.
- 30 3. Dispositivo de generación de potencia según la reivindicación 1 ó 2, en el que
- la señal (132) de control de amortiguamiento incluye una señal (132b) de control para controlar una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica.
- 35 4. Dispositivo de generación de potencia según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo (102a, ... 102n) de generación de potencia es un dispositivo de turbina eólica.
5. Dispositivo de generación de potencia según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende además
- 40 - un controlador (122) que está configurado para recibir una señal (126) de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red (128) de electricidad, estando configurado además el controlador (122) para proporcionar la señal (132) de control de amortiguamiento en respuesta a la señal (126) de indicación de oscilación.
- 45 6. Dispositivo de generación de potencia según la reivindicación anterior, comprendiendo el controlador:
- una entrada (124) para recibir la señal (126) de indicación de oscilación indicativa de la oscilación de potencia en una red (128) de electricidad;
- 50 - una salida (130) para proporcionar la señal (132) de control de amortiguamiento al dispositivo convertidor en respuesta a la señal (126) de indicación de oscilación;
- estando configurada la señal (132) de control de amortiguamiento para hacer así que el dispositivo convertidor module una potencia de salida eléctrica del dispositivo (102a, ... 102n) de generación de potencia y así amortiguar la oscilación de potencia en la red de electricidad.
- 55 7. Dispositivo de generación de potencia según la reivindicación 6, en el que el controlador comprende
- 60 - un primer subcontrolador (162) para controlar una componente activa de la potencia de salida eléctrica; y
- un segundo subcontrolador (164) para controlar una componente reactiva de la potencia de salida eléctrica.
- 65 8. Dispositivo de generación de potencia según una de las reivindicaciones 6 ó 7, estando configurado el controlador (122) para disminuir, en respuesta a la señal de indicación de oscilación, un valor (196) de

referencia de la potencia activa que va a proporcionar el convertidor (106).

- 5 9. Parque de generación de potencia, que tiene al menos dos dispositivos de generación de potencia de los que al menos un dispositivo (102a, ... 102n) de generación de potencia está configurado según una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 10 10. Parque de generación de potencia, que tiene al menos dos dispositivos de generación de potencia de los que al menos un dispositivo (102a, ... 102n) de generación de potencia está configurado según una de las reivindicaciones 1 a 4, comprendiendo además el parque de generación de potencia:
- 15 - un controlador (122) que está configurado para recibir una señal (126) de indicación de oscilación indicativa de una oscilación de potencia en la red (128) de electricidad, estando configurado además el controlador (122) para proporcionar la señal (132) de control de amortiguamiento en respuesta a la señal (126) de indicación de oscilación.
- 20 11. Método para hacer funcionar un controlador de un dispositivo (106) convertidor configurado para proporcionar una potencia de salida eléctrica a una red de electricidad, comprendiendo el método:
- recibir una señal (126) de indicación de oscilación, indicativa de una oscilación de potencia en la red (128) de electricidad;
- 25 - proporcionar una señal (132) de control de amortiguamiento al dispositivo (106) convertidor en respuesta a la señal (126) de indicación de oscilación;
- estando configurada la señal (132) de control de amortiguamiento para hacer así que el dispositivo (106) convertidor module la potencia de salida eléctrica del dispositivo (106) convertidor y así amortiguar la oscilación de potencia en la red (128) de electricidad;
- 30 - estando configurada la señal (132) de control de amortiguamiento para hacer así que el dispositivo (106) convertidor intercambie potencia entre la red (128) de electricidad y una máquina (104) rotatoria de un dispositivo (102a, ... 102n) de generación de potencia cambiando la energía de rotación de un elemento (140) de rotación de la máquina (104) rotatoria;
- 35 - cambiar la referencia de velocidad de rotación del sistema mecánico del generador (104) de potencia para extraer o depositar energía de la modulación de la potencia de salida eléctrica del dispositivo (106) convertidor.
- 40 12. Método según la reivindicación 11, que comprende además:
- disminuir, en respuesta a la señal (126) de indicación de oscilación, un valor (196) de referencia de una potencia activa que va a proporcionar el convertidor (106).
- 45 13. Programa informático para procesar un objeto físico, concretamente una señal de indicación de oscilación, estando adaptado el programa informático, cuando se ejecuta mediante un dispositivo procesador de datos, para controlar el método tal como se expone en una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12.

FIG 1

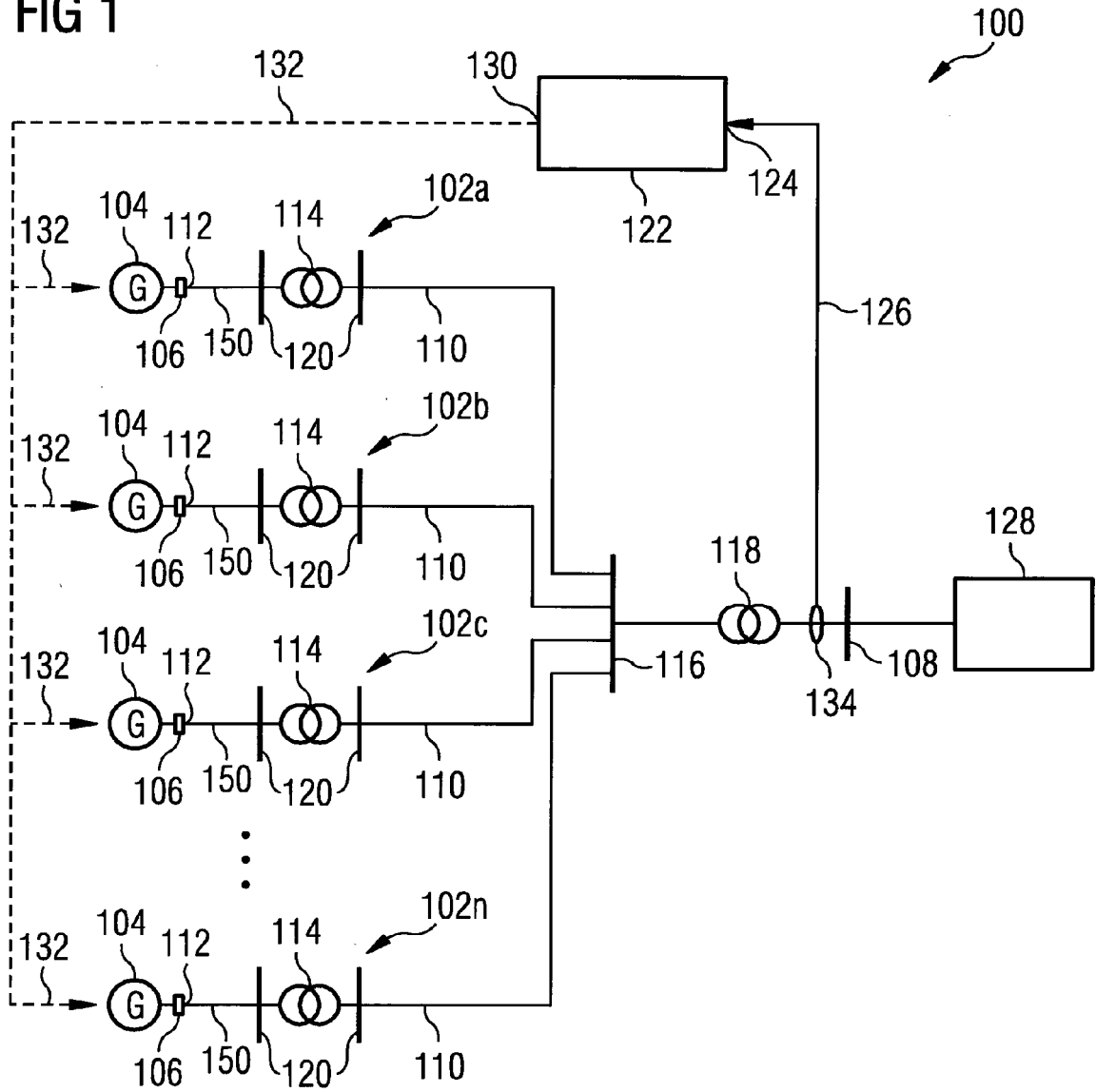


FIG 2

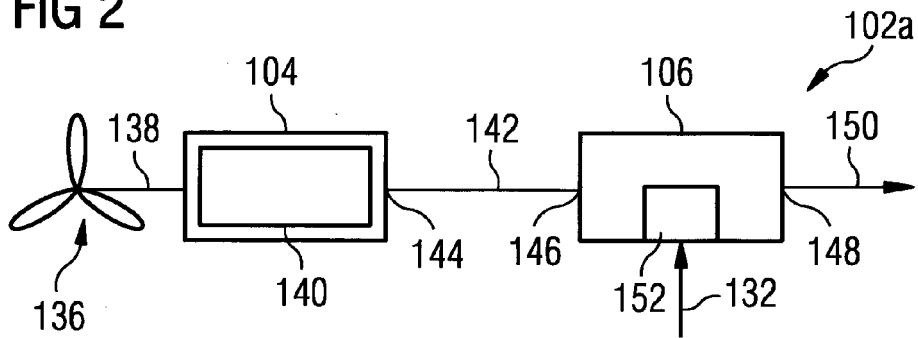


FIG 3

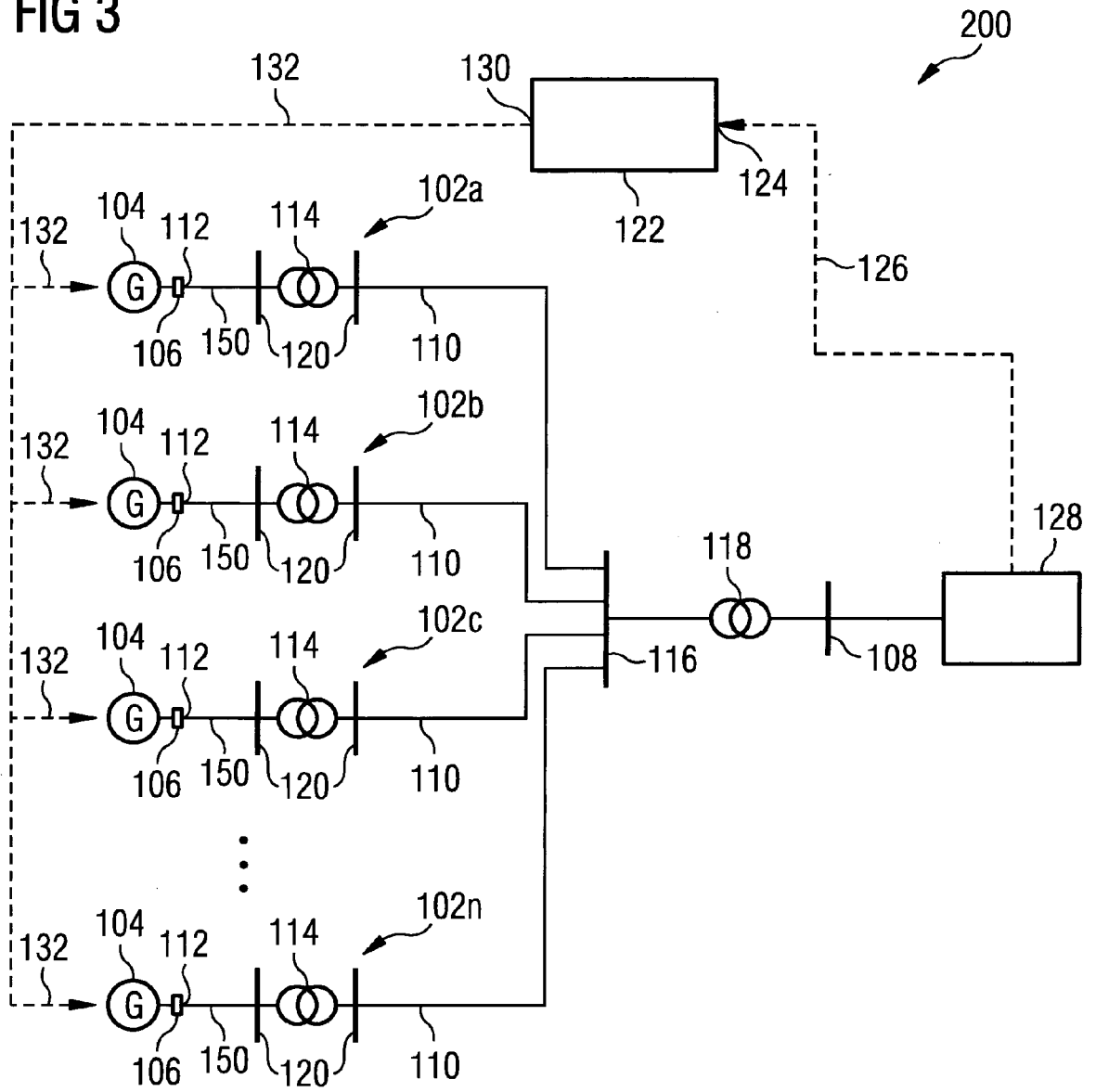


FIG 4

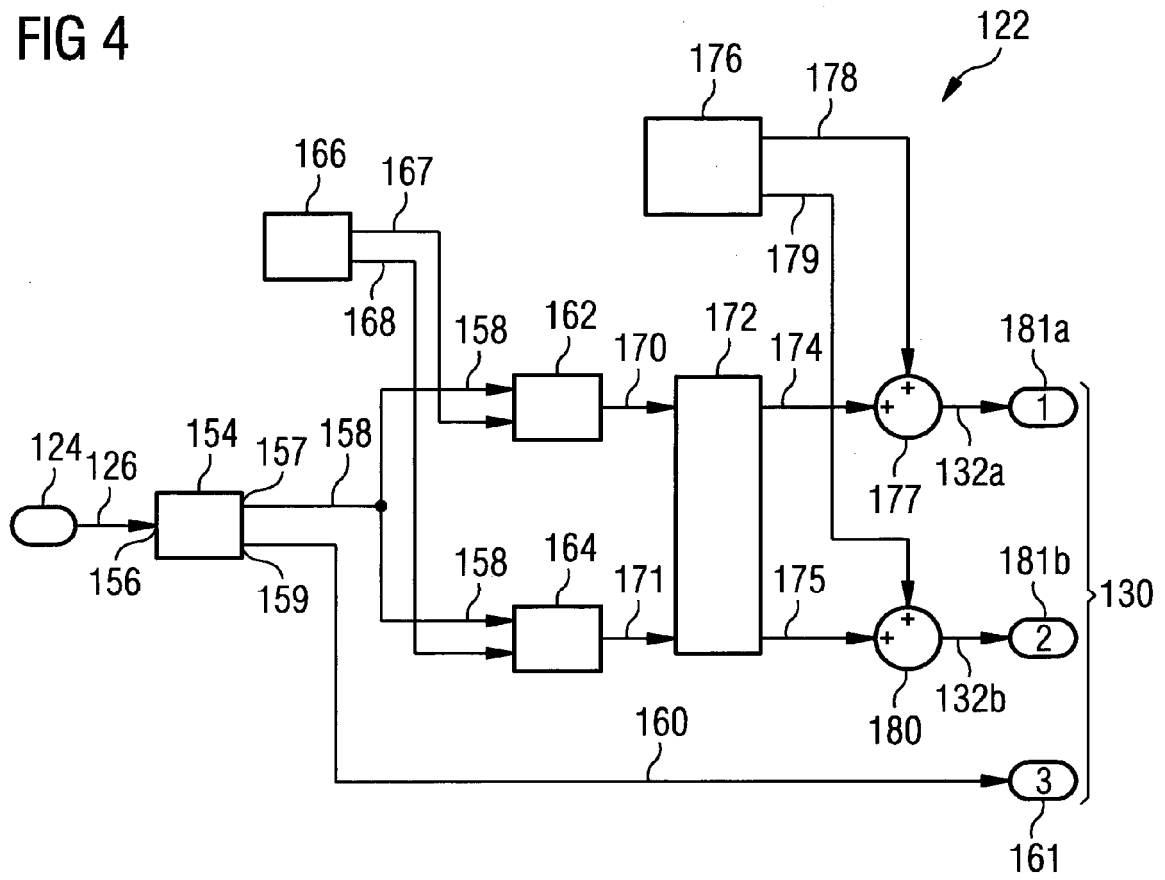


FIG 5

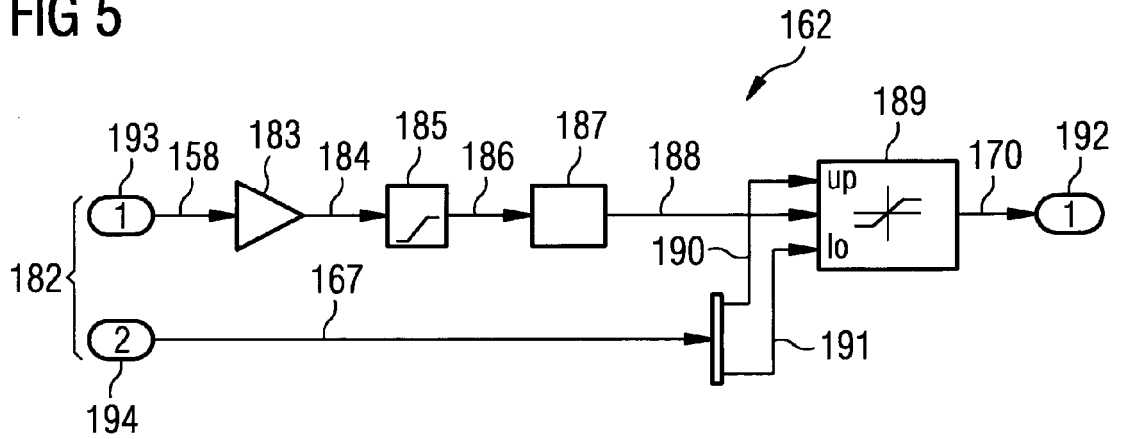


FIG 6

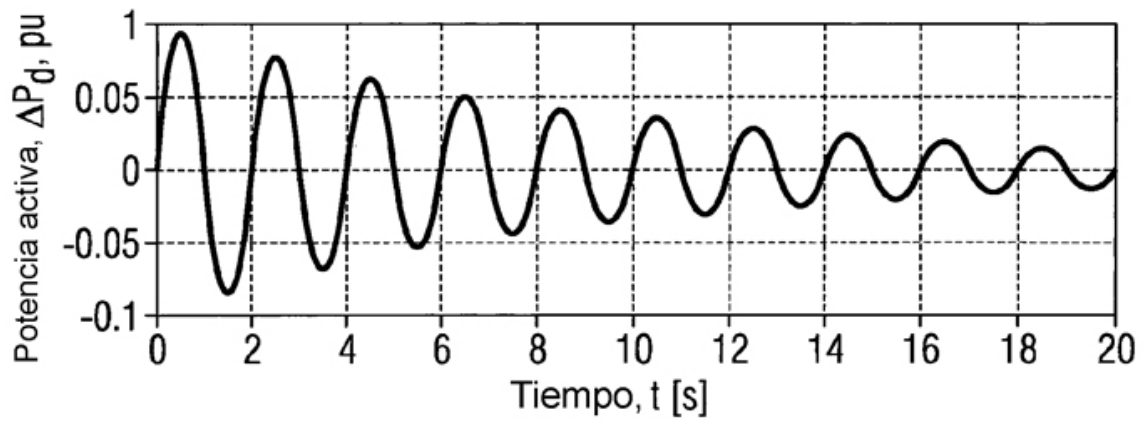


FIG 7

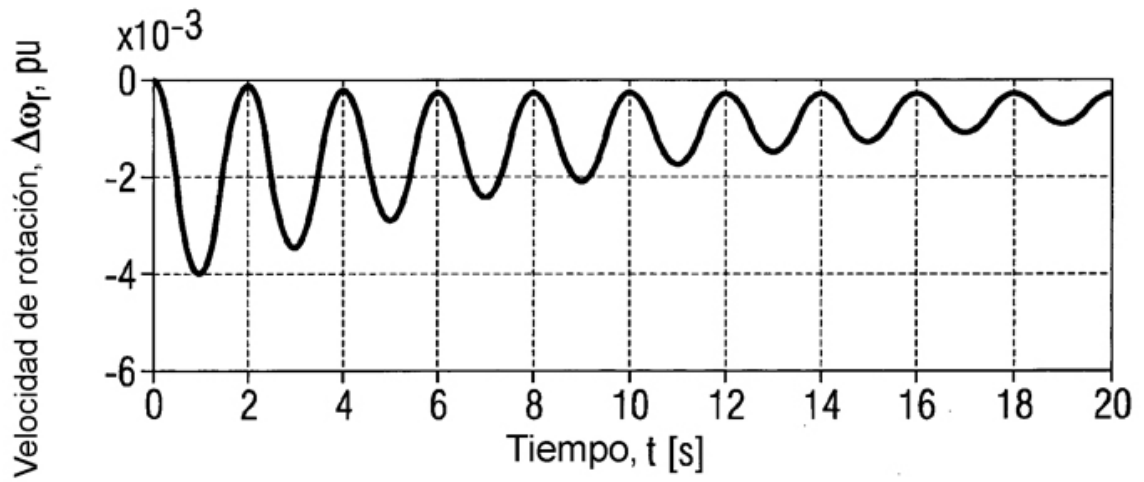


FIG 8

