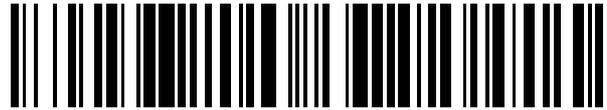


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 562 655**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2012 E 12778224 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.01.2016 EP 2761171**

54 Título: **Control de retroceso rápido que incluye pérdidas de planta**

30 Prioridad:

**30.09.2011 US 201161541137 P**  
**29.12.2011 DK 201170763 P**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**07.03.2016**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MAYER, PETER FREDERICK**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 562 655 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**

Control de retroceso rápido que incluye pérdidas de planta

**CAMPO DE LA INVENCION**

5 La presente invención se refiere generalmente a una planta de potencia eólica y, en particular, a un procedimiento para el funcionamiento de una reducción rápida en la producción de potencia de una planta de potencia eólica.

**ANTECEDENTES DE LA INVENCION**

10 Una turbina eólica es un sistema de conversión de energía que convierte energía eólica cinética en energía eléctrica para redes de suministro eléctrico. Específicamente, el viento incidente en las palas del generador de turbina eólica provoca que rote un rotor del generador de turbina eólica. La energía mecánica del rotor en rotación es convertida a su vez en energía eléctrica por un generador eléctrico. Como la velocidad del viento fluctúa, la fuerza aplicada a las palas de WTG y por tanto la velocidad rotacional del rotor/generador pueden variar. Sin embargo, las redes eléctricas requieren que el generador de turbina eólica genere una potencia eléctrica de frecuencia constante.

15 Una planta de potencia eólica se denomina a menudo como grupo de generadores de turbinas eólicas que comúnmente se conectan a una red eléctrica a través de un punto de conexión común, también conocido como punto de conexión común (PCC, del inglés Point of Common Coupling). Adicionalmente, la planta de potencia eólica puede comprender un controlador de planta de potencia y/o algún tipo de equipo de compensación de potencia reactiva, tal como STATCOM o condensadores de conmutación, u otros.

20 Se puede solicitar que una o más turbinas eólicas de la planta de potencia eólica se apaguen, por ejemplo debido a un fallo en la red eléctrica, fallo de componente en el generador de turbina eólica, el parque eólico o se puede solicitar por el operador de la red eléctrica. El generador de turbina eólica reduce su potencia durante la parada, la potencia producida por la turbina eólica disminuye a cero con una tasa especificada. La tasa de disminución de potencia, denominada comúnmente la tasa de descenso de potencia, depende de la tasa de descenso de potencia del generador. La rapidez con la que la potencia de turbina puede disminuir durante una parada normalmente está limitada por la tasa de descenso máxima del generador, p. ej., 0,2 pu/s.

25 Sin embargo, ciertos servicios públicos/códigos de red eléctrica pueden requerir que la turbina descienda con una tasa más rápida que la tasa de descenso máxima de la turbina/generador, p. ej. 0,4 pu/s. También se prevé que algunos países puedan especificar en sus requisitos de código de red eléctrica una tasa de descenso mínima de las turbinas durante la parada.

30 Algunas redes eléctricas de transmisión pueden requerir una disminución rápida en la potencia de salida de las plantas de potencia eólica (WPP, del inglés *Wind Power Plants*); a menudo dicha disminución rápida se denomina "retroceso rápido". Esto puede ser activado por oscilaciones de sobrefrecuencia u otras situaciones de la red eléctrica.

35 Una rápida reducción de potencia se puede lograr de diferentes maneras, diversos tipos de turbina se pueden realizar, debido a cargas mecánicas con libertad restringida para realizar reducciones rápidas de potencia, parando totalmente la turbina o con el paso de pala.

Por tanto es deseable proporcionar un procedimiento de funcionamiento de una turbina eólica para proporcionar un descenso de potencia que provoque cargas mecánicas limitadas en el generador de turbina eólica y sus componentes.

40 El documento US2010/276930-A1 divulga un módulo de perturbación de red para un dispositivo de control de una instalación de energía eólica que tiene un generador impulsado por un rotor y un convertidor.

**SUMARIO DE LA INVENCION**

45 Este resumen se proporciona para introducir una selección de conceptos de una forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. Este resumen no pretende identificar las características clave o características esenciales del tema de asunto reivindicado, ni pretende ser utilizado como una ayuda a la hora de determinar el alcance del tema de asunto reivindicado. La presente invención proporciona una solución novedosa al problema mencionado anteriormente, a saber, cómo reducir la salida de potencia activa de una planta de potencia eólica sin provocar cargas mecánicas en los generadores de turbina eólica.

En un aspecto, la presente invención se refiere al funcionamiento de una planta de potencia eólica, con al menos un generador de turbina eólica y un controlador de planta de potencia, el procedimiento comprende las etapas de:

- 50
- recibir una solicitud de reducir la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica,
  - enviar un punto de consigna de referencia a el al menos un generador de turbina eólica para bajar un nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica,

- el al menos un generador de turbina eólica controla dicho nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, a un nuevo punto de consigna más bajo, el nuevo punto de consigna más bajo de dicho nivel de tensión provoca un aumento de las pérdidas de potencia activa en la planta de potencia eólica para reducir de ese modo la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica.

5 Una ventaja del primer aspecto es principalmente que aumentarán las pérdidas en los cables y otros equipos de subestación. Esto disminuirá muy rápidamente la salida de la planta de potencia eólica sin añadir ningún esfuerzo mecánico a los generadores de turbina eólica. En segundo lugar, si el retroceso rápido es activado por una situación de sobrefrecuencia, la disminución de la tensión en la red eléctrica beneficiará a todo el sistema de red eléctrica.

10 Una ventaja adicional del primer aspecto es que el controlador es fácil de implementar. Se aprovecha de la física básica y del equipo físico existente para disminuir las cargas mecánicas en los generadores de turbina eólica y hacer que la planta de potencia eólica según la presente invención sea más respetuosa con la red eléctrica.

15 Según un modo de realización de la invención, la solicitud para reducir la potencia se debe a una situación de retroceso. Una situación de retroceso de este tipo puede ser la recepción de una solicitud de disminuir rápidamente la potencia de salida de las plantas de potencia eólica (WPP). Una ventaja de este modo de realización es que la presente invención proporciona una manera rápida para reducir la potencia activa suministrada a una red eléctrica, y las situaciones de retroceso requieren rápidas reducciones de potencia activa.

Según un modo de realización de la invención, el punto de consigna de referencia enviado es un punto de consigna de potencia reactiva,  $Q_{ref}$ .

20 Una ventaja de este modo de realización es que la presente invención está pensada también para implementarse en plantas de potencia eólica ya construidas, en las que el punto de consigna de referencia enviado con el fin de controlar el nivel de tensión en el punto de conexión común ya es una referencia de potencia reactiva.

Según un modo de realización de la invención, el punto de consigna de referencia es un punto de consigna del nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica.

25 Una ventaja de este modo de realización es similar a la descrita en relación al modo de realización anterior, pero en relación a plantas de potencia eólica que pueden funcionar con un punto de consigna de referencia de tensión enviado a cada generador de turbina eólica.

Según un modo de realización de la invención, el punto de consigna de referencia se calcula sobre la base de una impedancia en un punto de conexión del al menos un generador de turbina eólica.

30 Una ventaja de este modo de realización es que como la presente invención tiene en cuenta la impedancia da un mejor efecto de las pérdidas de potencia activa, pero también asegura que el nivel de tensión en cada generador de turbina eólica no baja de un nivel mínimo, que hará que la turbina se active.

Según un modo de realización de la invención, la impedancia se calcula sobre la base de valores de parámetros eléctricos para los componentes en la planta de potencia eólica.

35 Una ventaja de este modo de realización es que como la presente invención conoce los parámetros eléctricos de los componentes en la red eléctrica se facilita el cálculo de la impedancia y así se envía un punto de consigna correcto sin activar las turbinas.

Según un modo de realización de la invención, la impedancia se mide durante el funcionamiento de la planta de potencia eólica.

40 Una ventaja de este modo de realización es que con la presente invención los puntos de consigna de potencia reactiva,  $Q_{ref}$ , y/o el punto de consigna del nivel de tensión,  $V_{ref}$ , se pueden calcular de muchas maneras diferentes. Una opción es un circuito de realimentación que disminuye la tensión (o potencia reactiva) siempre que el error de potencia sea negativo. Al conocer la construcción de la WPP por adelantado se puede crear una tabla de consulta para proporcionar el aumento correcto de potencia reactiva  $Q$  o tensión  $V$  para que cada generador de turbina eólica individual cumpla el cambio de potencia exacto. Esto también se podría calcular en tiempo real si se introducen  
45 datos por cable de WPP en un programa informático. Otra posibilidad es el uso de un algoritmo de aprendizaje que determine las mejores referencias basándose en observaciones del pasado.

50 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un controlador de planta de potencia para controlar una planta de potencia eólica con al menos un generador de turbina eólica, en el que el controlador de planta de potencia se dispone para enviar una señal de referencia a el al menos un generador de turbina eólica tras una solicitud de reducir la potencia activa de la planta de potencia eólica, dicha señal de referencia se dispone para proporcionar una disminución en el nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, y en el que el nivel de tensión disminuido provoca un aumento de pérdidas de potencia activa en la planta de potencia eólica para reducir de ese modo la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica.

Las ventajas del segundo aspecto y sus modos de realización son equivalentes a las ventajas para el primer aspecto

de la presente invención.

5 Cualquiera de las características presentes será apreciada más fácilmente a medida que las mismas se entiendan mejor por referencia a la siguiente descripción detallada considerada en conexión con los dibujos adjuntos. Las características preferentes se pueden combinar según sea apropiado, como será evidente para un experto, y se pueden combinar con cualquiera de los aspectos de la invención.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se entenderá mejor con referencia a la descripción detallada cuando se considere junto con los ejemplos no limitativos y los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra una estructura general de una turbina eólica.

10 La figura 2 muestra una planta de potencia eólica según la presente invención.

La figura 3 muestra las fuentes de impedancia de una planta de potencia eólica.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para proporcionar retroceso rápido según un modo de realización.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

15 La presente invención se explicará ahora con más detalles. Si bien la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han divulgado modos de realización específicos por medio de ejemplos. Se debe entender, sin embargo, que no se pretende que la invención se limite a las formas particulares divulgadas. En cambio, la invención cubre todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que entran dentro del espíritu y alcance de la invención, como se define por las reivindicaciones anexas.

20 Algunas redes eléctricas de transmisión pueden requerir una disminución rápida en la salida de potencia activa de las plantas de potencia eólica (WPP), a menudo dicha disminución rápida se denomina "retroceso rápido". Esto se puede activar por oscilaciones de sobrefrecuencia u otras situaciones de la red eléctrica.

25 Esta tasa de descenso de potencia requerida en la salida de turbina se puede basar en requisitos de códigos de red eléctrica. También se puede definir o especificar por un usuario u operario. Por ejemplo, un código de red eléctrica puede requerir que una WPP pueda descender su potencia a 0,4 pu/s. La potencia de turbina deseada puede ser una salida de potencia de turbina instantánea del perfil de potencia deseado de la turbina.

La potencia eléctrica, conocida por el experto en la técnica, se puede dividir en un componente de potencia activa y un componente de potencia reactiva. Para el retroceso será necesario reducir el componente de potencia activa.

30 La presente invención proporciona una solución novedosa para reducir la salida de potencia activa de una planta de potencia eólica sin provocar cargas mecánicas en los generadores de turbina eólica. Esto permite un retroceso rápido cuando se necesita una reducción rápida de potencia.

La invención comprende un controlador de planta de potencia y un procedimiento de funcionamiento del mismo, que disminuye el nivel de tensión dentro de la planta de potencia eólica durante situaciones de retroceso rápido.

35 La tensión se debe disminuir al nivel mínimo, sin violar el acuerdo de conexión o sin activar generadores de turbina eólica.

El nivel de tensión más bajo de la planta de potencia eólica tendrá dos beneficios:

- aumentarán las pérdidas en los cables y otros equipos de subestación. Esto disminuirá muy rápidamente la salida de la WPP sin añadir ningún esfuerzo mecánico a los generadores de turbina eólica.
  - En segundo lugar, si el retroceso rápido es activado por una situación de sobrefrecuencia, la disminución de la tensión en la red eléctrica beneficiará a todo el sistema.
- 40

Los presentes controladores de planta de potencia eólica a menudo envían una referencia de potencia a cada turbina eólica. Con la presente invención el controlador de planta de potencia puede ya sea bajar el nivel de tensión en cada generador de turbina eólica al bajar la referencia de potencia reactiva o enviar un punto de referencia de tensión aparte.

45 Una situación de retroceso puede empezar cuando el controlador de planta de potencia detecta un error de potencia negativa ( $P_{requerida} - P_{entregada}$ ) de un superávit de potencia y el controlador de planta de potencia inicia entonces una situación de retroceso, que empieza con el envío de una referencia de tensión o una referencia de potencia reactiva ( $Q_{ref}$ ), que es menor que el valor presente ya sea de tensión o Q para cada generador de turbina eólica dentro de la planta de potencia eólica. Hay varios parámetros de activación aparte del desequilibrio de potencia para iniciar una situación de retroceso; esto podría ser alta frecuencia, una alta tasa de cambio de la frecuencia, o una señal de

50

retroceso exclusiva desde el Operador de Sistema de Transmisión, etc.

La  $Q_{ref}$  o  $V_{ref}$  se pueden calcular de muchas maneras diferentes. Una opción es un circuito de realimentación que disminuya la tensión (o  $Q$ ) siempre que el error de potencia sea negativo. Del conocimiento de la construcción de la planta de potencia eólica y así la impedancia, se puede crear una tabla de consulta para proporcionar el aumento correcto de potencia reactiva ( $Q$ ) o nivel de tensión para que cada WTG individual cumpla el cambio de potencia exacto. Esto también se podría calcular en tiempo real si se introducen datos por cable de planta de potencia eólica en algún código informático. También podría ser un tipo de algoritmo de aprendizaje que determine las mejores referencias basándose en observaciones del pasado.

En un modo de realización preferente se utiliza una referencia de  $Q$  como parámetro, que se cree que es lo más rápido en tiempo de respuesta.

En un modo de realización, la  $Q_{ref}$  enviada puede ser diferente entre turbinas. La  $Q_{ref}$  para cada turbina se puede calcular sobre la base de impedancias medidas para cada turbina, o sobre la base de retroinformación, o como alternativa sobre la base de un algoritmo de aprendizaje cuando el controlador de planta de potencia mide/aprende el nivel de impedancia de cada turbina basándose en una pequeña respuesta de señal o captura de datos durante el funcionamiento normal.

En un modo de realización, la  $V_{ref}$  enviada puede ser diferente entre turbinas. La  $V_{ref}$  para cada turbina se puede calcular sobre la base de impedancias medidas para cada turbina, o sobre la base de retroinformación, o como alternativa sobre la base de un algoritmo de aprendizaje cuando el controlador de planta de potencia aprende el nivel de impedancia de cada turbina basándose en una pequeña respuesta de señal o captura de datos durante el funcionamiento normal. Una  $V_{ref}$  diferente para cada generador de turbina eólica debe tener en consideración el hecho de que el nivel de tensión a lo largo de una línea/cable eléctrico cae debido a la impedancia de la línea/cable.

Un modo de realización de la presente invención es tener en cuenta la impedancia, lo que da un mejor efecto de las pérdidas de potencia activa, pero también asegura que el nivel de tensión en cada generador de turbina eólica no baje de un nivel mínimo, lo que provocará que la turbina se active.

Como ejemplo, la planta de potencia eólica puede alimentar energía eléctrica a una red eléctrica de suministro de potencia de 110 kV. Así, la tensión en un punto de conexión común (PCC),  $V_{pcc}$ , es igual a 110 kV. La tensión de planta de potencia eólica,  $V_{pp}$ , puede ser, por ejemplo, del orden de alrededor de 30 kV. Así, se necesita un transformador de potencia con el fin de hacer coincidir  $V_{pp}$  con  $V_{pcc}$ . Sin embargo, cabe señalar que dado que la  $V_{pcc}$  es fija y como un transformador de potencia tiene una impedancia intrínseca no insignificante que varía con la cantidad de potencia inyectada a la red de suministro de potencia, la tensión de planta de potencia eólica,  $V_{pp}$ , tiene que ser variada con la cantidad de potencia inyectada a la red de suministro de potencia. Así, la tensión de planta de potencia,  $V_{pp}$ , se subirá y bajará dependiendo de la cantidad de potencia inyectada a la red de suministro de potencia.

La figura 1 muestra una configuración general de un generador de turbina eólica 1. El generador de turbina eólica 1 incluye una torre 2 que tiene varias secciones de torre, una góndola 3 colocada encima de la torre 2, y un rotor 4 que se extiende desde la góndola 3. La torre 2 se erige sobre una cimentación 7 construida en el suelo. El rotor 4 es rotatorio con respecto a la góndola 3, e incluye un buje 5 y una o más palas 6. El viento incidente en las palas 6 provoca que el rotor 4 rote con respecto a la góndola 3. La energía mecánica de la rotación del rotor 4 se convierte en energía eléctrica por un generador (no mostrado) en la góndola 3. La energía eléctrica se convierte posteriormente en energía eléctrica de frecuencia fija por un convertidor de potencia para que se suministre a una red eléctrica. El generador de turbina eólica también puede formar parte de un parque eólico o una planta de potencia eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas. Toda la potencia eléctrica generada por los generadores de turbinas eólicas individuales en el parque eólico se consolida y suministra a la red eléctrica a través de un punto de conexión común (PCC).

Aunque la turbina eólica 1 mostrada en la figura 1 tiene tres palas 6, cabe señalar que una turbina eólica puede tener diferente número de palas. Es común encontrar turbinas eólicas que tienen de dos a cuatro palas. El generador de turbina eólica 1 mostrado en la figura 1 es una turbina eólica de eje horizontal (HAWT, del inglés *Horizontal Axis Wind Turbine*) ya que el rotor 4 rota alrededor de un eje horizontal. Cabe señalar que el rotor 4 puede rotar alrededor de un eje vertical. Los generadores de turbina eólica de este tipo que tienen su rotor rotando alrededor del eje vertical se conocen como turbina eólica de eje vertical (VAWT, del inglés *Vertical Axis Wind Turbine*). Los modos de realización descritos a partir de ahora no se limitan a HAWT con 3 palas. Se pueden implementar tanto en HAWT como en VAWT, y con cualquier número de palas 6 en el rotor 4.

La figura 2 muestra una planta de potencia eólica 200, con dos generadores de turbina eólica 201a, 201b. El número dos es solo por simplicidad; la planta de potencia eólica 200 podría incluir cualquier número apropiado mayor que dos. El generador de turbina eólica 201a tiene una señal de salida 204a, en este ejemplo es la tensión, (pero también se podría entender como un vector de salida con información acerca de tensión, frecuencia, potencia activa y reactiva). La señal de salida 204a, 204b, respectivamente, se mide 205a, 205b, respectivamente, por un sensor de tensión (no mostrado) y se introduce a un controlador de tensión 202a, 202b, respectivamente, del generador de

turbina eólica. El controlador 202a, 202b, respectivamente, genera un punto de consigna de tensión 206a, 206b, respectivamente, que se compara con una referencia de tensión  $V_{ref}$  203a, 203b, respectivamente, del controlador de planta de potencia 213 en un bloque de suma 207a, 207b, respectivamente. El error de controlador 208a, 208b se utiliza como parámetro de controlador en los generadores de turbina eólica 201a. El controlador de planta de potencia 210 realiza mediciones 214 de la tensión en el punto de conexión común (PCC) 220, obtenido por otro sensor de tensión (no mostrado). La medición 214 se compara con una referencia de tensión 212 en el bloque de suma 211, esta referencia 212 se puede haber generado dentro del controlador de planta de potencia (PPC) 210 o se puede haber suministrado externamente. La salida del bloque de suma 211 se introduce en un controlador de tensión PPC 213, que envía referencias de tensión individuales 203a, 203b a los generadores de turbina eólica individuales 201.

Aunque la figura 2 muestra que los generadores de turbina eólica 201a, 201b reciben una  $V_{ref}$  203a, 203b, algunos modos de realización pueden no tener la señal de  $V_{ref}$  203a, 203b, es decir, no hay señal del PPC 210 al controlador de turbina 202, 207, el controlador de tensión en el nivel de turbina 202 controla el nivel de tensión en sus propios terminales eléctricos 204.

Las referencias de tensión 203a, 203b pueden ser en cambio, en un modo de realización, una referencia de potencia reactiva. Incluso si la señal de referencia es una referencia de potencia reactiva, la señal de salida que se va a medir puede ser una señal de tensión, en otros modos de realización puede ser una señal de potencia reactiva.

Como se ha mencionado en relación a los vectores de salida 204a, 204b, observaciones similares son válidas para las referencias enviadas de planta de potencia 203a, 203b, por que estas también pueden ser vectores con información de referencia de tensión, referencia de frecuencia, referencia de potencia activa y reactiva. La señal enviada puede ser únicamente un valor o una selección de las referencias mencionadas anteriormente. Cuando la referencia es un vector con n valores, el controlador 202 se debe entender como n controladores, cada uno un circuito de realimentación para su señal de referencia respectiva.

De esta manera, es bastante simple enviar un valor de referencia extra con el fin de bajar las salidas de tensión 204a, 204b de los WTG 201a, 201b.

Como se ilustra en la figura 3, y se explica con mayor detalle más adelante, el generador de turbina eólica que experimenta la mayor impedancia en el punto de conexión común tiene que generar el mayor nivel de tensión de turbina eólica con el fin de compensar caídas de tensión en la red eléctrica interna.

Sin embargo, siguiendo este planteamiento, el mayor nivel de tensión de turbina eólica dentro de la planta puede acercarse peligrosamente o incluso superar un nivel de tensión superior con el riesgo de dañar la red eléctrica interna. Además, un tiempo de exposición largo al nivel de tensión que es inferior al nivel de tensión nominal podría resultar en daños a los equipos. Esto se debe a corrientes más altas con el fin de mantener constante el nivel de potencia. Los perfiles de tensión de las turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica interna dependen de los valores de impedancia y de la potencia aparente que fluye a través de la red eléctrica interna. Esto también significa que los WTG más alejados del punto de conexión común corren el mayor riesgo de entrar en un modo de baja tensión cuando se aplica la presente invención.

La figura 3 muestra una distribución esquemática de la planta de potencia eólica 300 según un modo de realización. La distribución esquemática de la figura 3 ilustra las impedancias que se introducen en la planta de potencia eólica 300. En aras de la claridad, en la figura 3 únicamente se ilustra un generador de turbina eólica 301. Cabe señalar que la planta de potencia eólica 300 puede incluir más de un generador de turbina eólica 301. También se asume que las corrientes tanto reactiva como activa se generan por el generador de turbina eólica 301. El generador de turbina eólica 301 está conectado a un transformador de turbina eólica 302. El transformador de turbina eólica 302 está conectado a su vez al transformador de planta de potencia eólica 304 a través de cables de potencia 305. La impedancia de los cables de potencia 305 se representa mediante la impedancia de cable 303. La planta de potencia eólica 300 está conectada a un sistema de servicio público o red eléctrica 311 utilizando líneas elevadas (OVL, del inglés *overhead lines*) 310. La impedancia de las OVL 310 se representa mediante la impedancia de OVL 306. La planta de potencia eólica 300 se conecta con la red eléctrica 311 a través del PCC 312. La red eléctrica 311 suministra potencia a una carga, por ejemplo una unidad doméstica 320. Plantas eléctricas adicionales, por ejemplo una planta de potencia de carbón convencional 321, también pueden suministrar potencia a la red eléctrica 311. Según un modo de realización, la impedancia de cable 303 y la impedancia de OVL 306 se tienen en cuenta cuando se determinan las corrientes activa y reactiva que se van a generar, para proporcionar la corriente reactiva óptima en el PCC 312.

La presente invención puede contribuir a la reducción de la potencia total de una planta de potencia eólica en el área de un 0-10 % de la potencia nominal.

Una alternativa a la presente invención es desconectar los generadores de turbina eólica o incluso los WTG de activación rápida lo que puede provocar altas cargas mecánicas en la estructura de WTG y el tren de impulso.

En un modo de realización, los generadores de turbina eólica 201a, 201b (figura 2) tienen una señal de habilitación (no mostrada) que habilita los controladores 202a, 202b para tener en cuenta la señal de referencia de retroceso

5 únicamente cuando se ha detectado la señal de habilitación. Esta señal de habilitación puede ser generada únicamente con la detección de una señal de parada de generador de turbina eólica. Cuando esta señal de habilitación no es detectada por el controlador 202a, 202b, respectivamente, del generador de turbina eólica 201a, 201b, respectivamente, la señal de referencia de retroceso es ignorada por los controladores 202a, 202b. Esto aumenta la robustez del algoritmo de control llevado a cabo por los controladores 202a, 202b.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento para controlar una planta de potencia eólica, con al menos un generador de turbina eólica y un controlador de planta de potencia, según un modo de realización. La etapa 401 incluye una etapa en la que la planta de potencia recibe una solicitud para reducir la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica.

10 La etapa posterior 402 incluye el envío de un punto de consigna de referencia a un generador de turbina para bajar un nivel de tensión del generador de turbina eólica.

La etapa posterior y final 403 incluye el circuito de control del controlador de turbina eólica para regular el nivel de tensión del generador de turbina eólica, a un nuevo punto de consigna más bajo.

15 En resumen, la invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica, con al menos un generador de turbina eólica y un controlador de planta de potencia, el procedimiento incluye las etapas de recibir una solicitud para reducir la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica, enviar un punto de consigna de referencia a el al menos un generador de turbina eólica para bajar un nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, y el al menos un generador de turbina eólica controla el nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, a un nuevo punto de consigna más bajo. La presente invención también se refiere a una  
20 planta de potencia eólica en la que se implementa el procedimiento.

Cualquier intervalo o valor de dispositivo dado en el presente documento se puede extender o alterar sin perder el efecto buscado, como será evidente para un experto en la técnica.

25 Se entenderá que los beneficios y ventajas descritos anteriormente se pueden relacionar con un modo de realización o se pueden relacionar con varios modos de realización. Se entenderá además que la referencia a 'un' elemento se refiere a uno o más de esos elementos.

Se entenderá que la descripción anterior de un modo de realización preferente se da únicamente a modo de ejemplo y que los expertos en la técnica pueden hacer diversas modificaciones. La memoria descriptiva, ejemplos y datos anteriores proporcionan una descripción completa de la estructura y uso de modos de realización ejemplares de la  
30 invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200), con al menos un generador de turbina eólica (1; 201a, 201b) y un controlador de planta de potencia (210), comprendiendo el procedimiento la etapa de:
- 5 - recibir (401) una solicitud para reducir la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica,
- el procedimiento se caracteriza por la etapa de
- enviar (402) un punto de consigna de referencia a el al menos un generador de turbina eólica para bajar un nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, y por que
- 10 - el al menos un generador de turbina eólica controla (403) dicho nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, a un nuevo punto de consigna más bajo, el nuevo punto de consigna más bajo de dicho nivel de tensión provoca un aumento de las pérdidas de potencia activa en la planta de potencia eólica para reducir de ese modo la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica.
2. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 1, en el que la solicitud para reducir la potencia se debe a una situación de retroceso.
- 15 3. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 1 a 2, en el que dicho punto de consigna de referencia enviado es un punto de consigna de potencia reactiva,  $Q_{ref}$ .
4. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 1 a 3, en el que dicho punto de consigna de referencia es un punto de consigna del nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica (201a, 201b).
- 20 5. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 1 a 4, en el que el punto de consigna de referencia se calcula sobre la base de una impedancia en un punto de conexión del al menos un generador de turbina eólica (201a, 201b).
6. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 5, en el que la impedancia se calcula sobre la base de valores de parámetros eléctricos para los componentes en la planta de potencia eólica.
- 25 7. Un procedimiento para el funcionamiento de una planta de potencia eólica (200) según la reivindicación 5, en el que la impedancia se mide durante el funcionamiento de la planta de potencia eólica.
8. Un controlador de planta de potencia (210) para controlar una planta de potencia eólica (200) con al menos un generador de turbina eólica (201a, 201b), estando dispuesto el controlador de planta de potencia para enviar una señal de referencia a el al menos un generador de turbina eólica tras una solicitud de reducir la potencia activa de la planta de potencia eólica, caracterizado por que dicha señal de referencia proporciona una disminución en el nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica, y por que el nivel de tensión disminuido provoca un aumento de pérdidas de potencia activa en la planta de potencia eólica para reducir de ese modo la salida de potencia activa de la planta de potencia eólica.
- 30 9. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 8, en el que la solicitud de reducir la potencia activa se debe a una situación de retroceso.
10. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 8 o 9, en el que dicho punto de consigna de referencia enviado es un punto de consigna de potencia reactiva,  $Q_{ref}$ .
- 40 11. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 8 a 10, en el que dicho punto de consigna de referencia es un punto de consigna del nivel de tensión del al menos un generador de turbina eólica (201a, 201b).
12. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 8 a 11, en el que el punto de consigna de referencia se calcula sobre la base de una impedancia en un punto de conexión del al menos un generador de turbina eólica (201a, 201b).
- 45 13. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 12, en el que la impedancia se calcula sobre la base de valores de parámetros eléctricos para los componentes en la planta de potencia eólica (200).
14. Un controlador de planta de potencia (210) según la reivindicación 12, en el que la impedancia se mide durante el funcionamiento de la planta de potencia eólica (200).

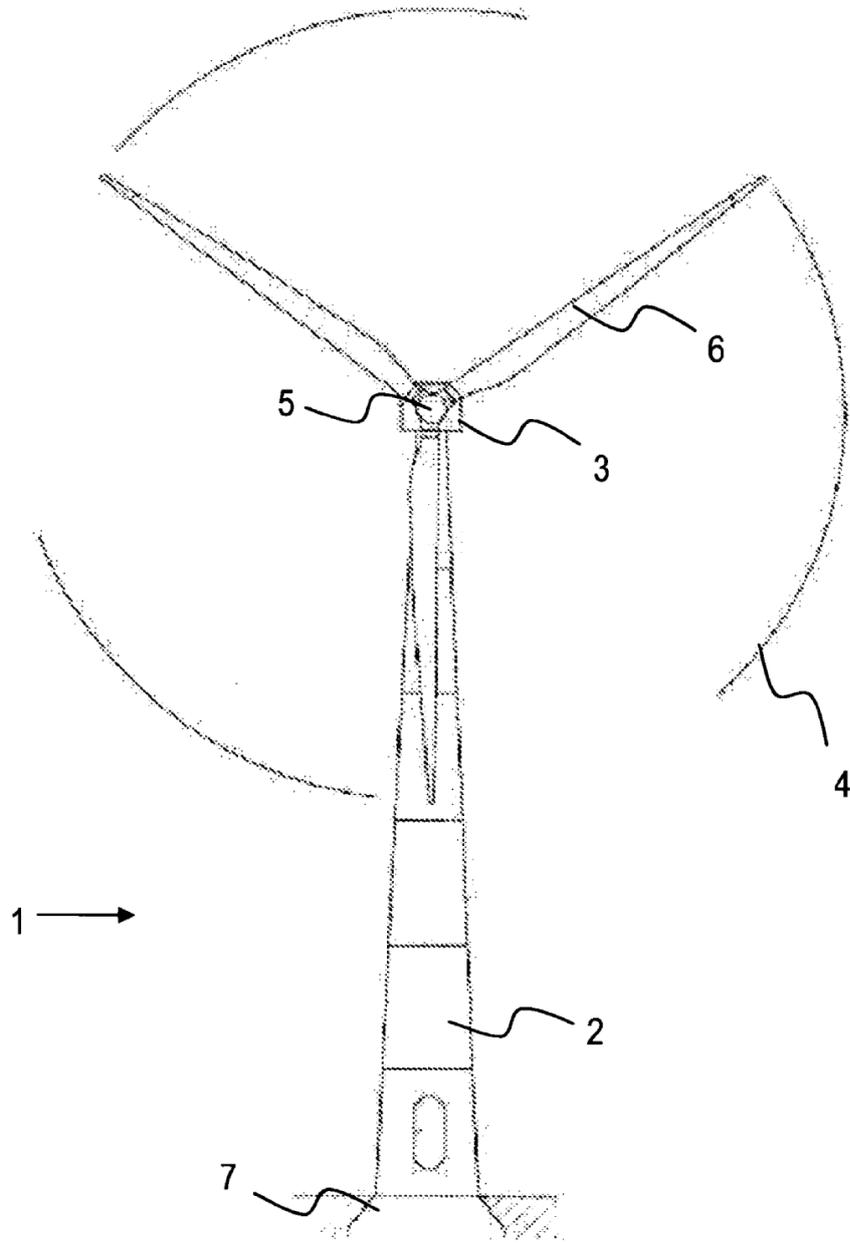


Figura 1

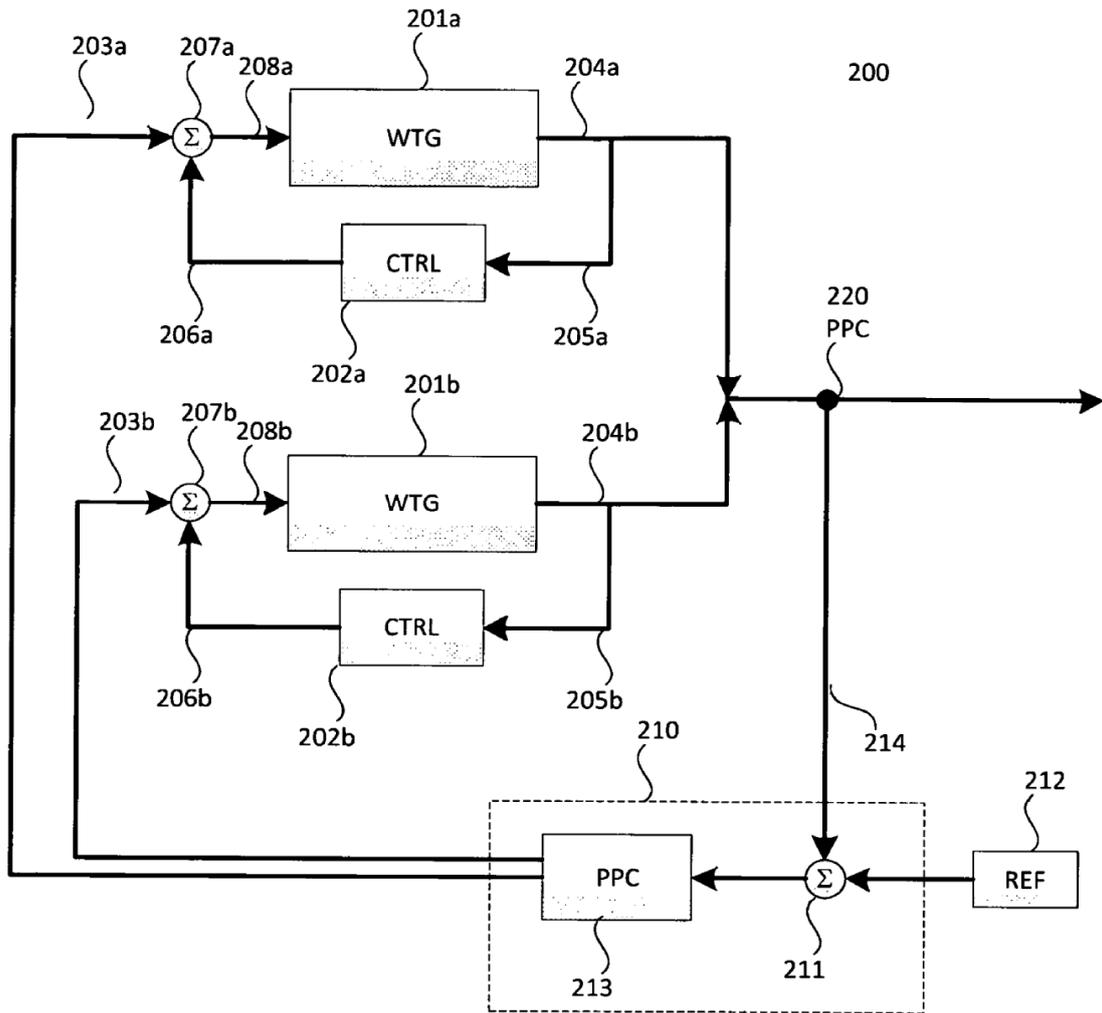


Figura 2

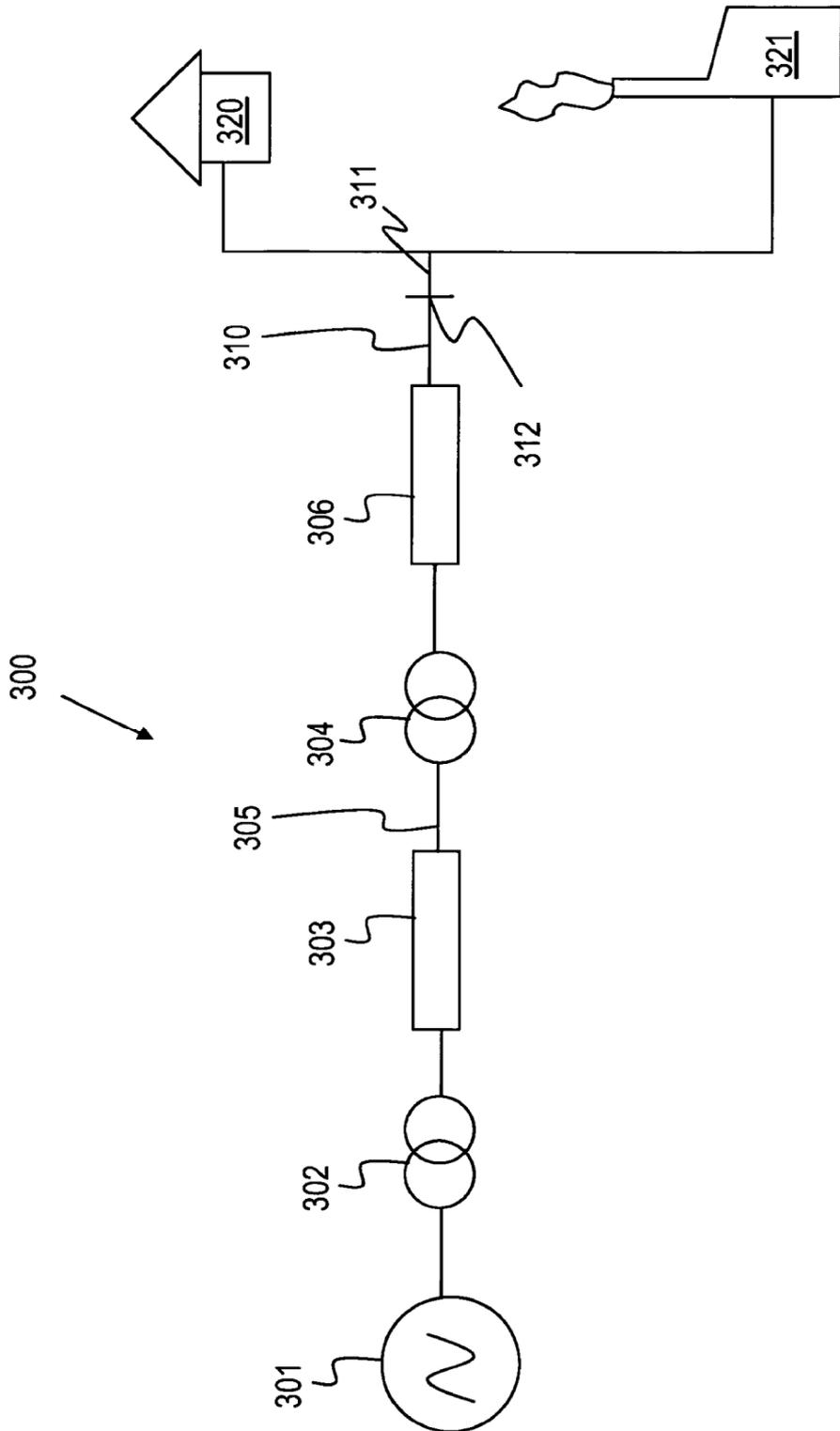


Figura 3

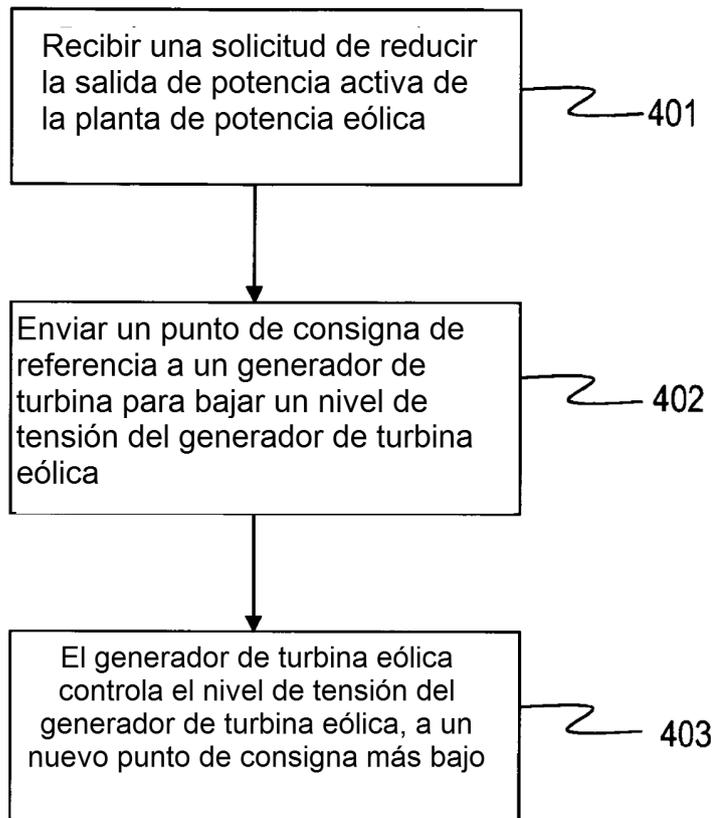


Figura 4