

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 607 479**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.08.2013 PCT/DK2013/050271**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.03.2014 WO14040600**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.08.2013 E 13755944 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.11.2016 EP 2896101**

54 Título: **Control de parque durante un evento de baja tensión o de alta tensión**

30 Prioridad:

**14.09.2012 DK 201270568**

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

**31.03.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GARCIA, JORGE MARTINEZ;  
WEI, MU y  
NAYEBI, KOUROUSH**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 607 479 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 parque durante un evento de baja tensión o de alta tensión

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar un parque eólico, que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica conectados a una red eléctrica, y a un controlador de parque que tiene un modo de funcionamiento, en el que el controlador de parque está dispuesto para controlar parámetros eléctricos, la invención se refiere también a un controlador de parque.

**Antecedentes de la invención**

10 Las redes eléctricas internas de parques eólicos conectan generadores de turbina eólica individuales de un parque eólico a un punto de acoplamiento común (siendo el último el punto en el que se alimenta potencia sobre una red de alimentación eléctrica desde el parque eólico). Con el fin de realizar esto correctamente, debe considerarse la impedancia de la red eléctrica interna entre cada una de las turbinas eólicas del parque y el punto de acoplamiento común.

15 La turbina eólica que experimenta la impedancia más alta con respecto al punto de acoplamiento común necesita generar el nivel de tensión de turbina eólica más alto con el fin de compensar las caídas de tensión en la red eléctrica interna. Sin embargo, siguiendo este enfoque, el nivel de tensión de turbina eólica más alto dentro del parque puede acercarse peligrosamente a, o incluso superar, un nivel de tensión superior con el riesgo de dañar la red interna.

20 Además, una exposición durante mucho tiempo a un nivel de tensión bajo, que es inferior al nivel de tensión nominal podría dar como resultado daños a los equipos. Esto es debido a corrientes más altas con el fin de mantener el nivel de potencia constante.

Los perfiles de tensión de turbinas eólicas conectadas a la red eléctrica interna dependen de los valores de impedancia y la potencia aparente que fluye a través de la red eléctrica interna.

25 Documento de técnica anterior WO2010085987: En el presente documento, se proporcionan sistemas y métodos para configurar y/o hacer funcionar una turbina eólica para controlar de manera adaptativa una tensión de una red eléctrica. En una o más realizaciones, se proporcionan un procedimiento y sistema para reconocer la condición de una red eléctrica (por ejemplo, fluctuaciones provocadas por cargas de consumo variables en una red débil), y ajustar de manera adaptativa un esquema de tensión de control para "ignorar" cambios de tensión provocados por la condición. Adicionalmente, otras características de la presente invención incluyen un control de tensión con  
30 reducción de potencia activa para turbinas eólicas y un control de factor de potencia con reducción de potencia activa para turbinas eólicas. Las características de reducción de potencia activa de la presente invención pueden depender de las características físicas de un generador síncrono asociado con la turbina eólica. Al contrario que la presente invención, el documento de técnica anterior WO 2010085987 A2 no se refiere a un parque eólico con una pluralidad de generadores de turbina eólica y a un controlador de parque, sino a un generador de turbina eólica  
35 individual.

Puede verse como un objeto de realizaciones de la invención proporcionar un procedimiento que garantiza que:

- no se provoca ningún daño a los equipos de una manera mejorada cuando se compara con la tecnología existente.
- no se supera un nivel de tensión predeterminado dentro del parque eólico. Puede verse como un objeto adicional de realizaciones de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado que garantiza que no se supera  
40 un nivel de sobretensión y/o un nivel de subtensión dentro del parque de turbinas eólicas.

**Sumario de la invención**

45 Este sumario se proporciona para introducir una selección de conceptos de forma simplificada que se describen adicionalmente a continuación en la descripción detallada. No se pretende que este sumario identifique características clave o características esenciales del contenido reivindicado, ni se pretende que se use como ayuda a la hora de determinar el alcance del contenido reivindicado.

La invención se define mediante las características de las reivindicaciones independientes. Realizaciones preferidas se definen en las reivindicaciones dependientes.

50 Por tanto, se pretende que el objeto descrito anteriormente y varios otros objetos se obtengan en un primer aspecto de la invención proporcionando un procedimiento para controlar un parque eólico, que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica conectados a una red eléctrica, y un controlador de parque que tiene un modo de funcionamiento, en el que el controlador de parque está dispuesto para controlar parámetros eléctricos, en el que el procedimiento comprende:

- determinar una primera tensión en los terminales de uno o más generador(es) de turbina eólica,

- determinar si el primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica está fuera de un primer intervalo predeterminado, en caso de que el primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica esté fuera de un primer intervalo predeterminado,

- 5 - cambiar entonces el modo de funcionamiento del controlador de parque entre unos modos de funcionamiento primero y segundo, en el que el controlador de parque en el primer modo de funcionamiento está controlando un primer parámetro eléctrico, y en el que el controlador de parque en el segundo modo de funcionamiento está controlando un segundo parámetro eléctrico, siendo diferentes los parámetros primero y segundo.

10 La invención es particularmente, pero no de manera exclusiva, ventajosa para obtener un parque eólico que ofrece una producción de energía estable y robusta, ya que la invención impide la desconexión de un generador de turbina eólica individual, esto se obtiene proporcionando un cambio en el control hacia un esquema de control que ayuda al nivel de tensión en el terminal del generador de turbina eólica individual para cambiar hacia una ventana de funcionamiento seguro.

15 Todavía según la invención, en la que después del cambio del modo de funcionamiento del controlador de parque, el procedimiento comprende además la etapa de:

- despachar un punto de ajuste según el segundo modo de funcionamiento al uno o más generador(es) de turbina eólica.

20 Una ventaja de esta característica es que, siempre que se haya cambiado el modo de control, se despacha un nuevo punto de ajuste, y por consiguiente los generadores de turbina eólica individuales cambiarán su producción y por tanto cambian el nivel de tensión en los terminales.

Según una realización de la invención, en la que después del cambio del modo de funcionamiento del controlador de parque, el procedimiento comprende además la etapa de:

- despachar un punto de ajuste provisional tal como se determina según el primer modo de funcionamiento al uno o más generador(es) de turbina eólica y,

- 25 - reajustar mediante función rampa el punto de ajuste provisional a un punto de ajuste tal como se determina según el segundo modo de funcionamiento, con un valor de pendiente de la función rampa, hasta que el punto de ajuste provisional iguale el punto de ajuste según el segundo modo de funcionamiento

30 Una ventaja de esta realización es que el reajuste mediante función rampa del punto de ajuste provisional permite una transición suave desde el primero al segundo modo de funcionamiento, es decir una transferencia sin perturbaciones. La transferencia sin perturbaciones garantiza una estabilidad en la red eléctrica del parque eólico.

Según una realización de la invención, el primer modo de funcionamiento está controlando un factor de potencia y el segundo modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión o una potencia reactiva.

35 Una ventaja de esta realización es que, cuando se produce un evento de alta tensión, puede haber un modo de producción en el que un aumento natural en la producción de potencia activa requeriría también un aumento en la potencia reactiva, lo que conduciría a un incremento de tensión adicional, y por tanto empuja al generador de turbina eólica adicionalmente en la dirección de un evento de tensión más alta. En su lugar, el cambio de modo hacia un control de nivel de tensión o potencia reactiva directo desacopla la producción de potencia activa de la producción de potencia reactiva.

40 Según una realización de la invención, el primer modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión y el segundo modo de funcionamiento está controlando un factor de potencia o una potencia reactiva.

Según una realización de la invención, el primer modo de funcionamiento está controlando una potencia reactiva y el segundo modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión o un factor de potencia.

Una ventaja de estas realizaciones es que diversos modos de producción pueden requerir un cambio en el modo de funcionamiento con el fin de superar la situación.

- 45 Según una realización de la invención, el nivel de tensión se determina basándose en una parte de secuencia positiva de un nivel de tensión determinado.

Una ventaja de esta realización es que la parte de secuencia negativa del nivel de tensión determinado comprende partes de la señal que contiene distorsiones y armónicos, tener en cuenta la secuencia negativa puede conducir a un control inestable.

50 Según una realización de la invención, la etapa de determinar si el primer nivel de tensión está fuera de un primer intervalo predeterminado se lleva a cabo en un controlador de turbina eólica dentro del generador de turbina eólica, y

el resultado se comunica al controlador de parque.

Una ventaja de esta realización es que, cuando la determinación se lleva a cabo en la turbina eólica, la cantidad de datos que necesitan comunicarse al controlador de parque es muy limitada, ya que un indicador de un único bit es suficiente para señalar que se ha producido un evento en el generador de turbina eólica específico.

- 5 Según una realización de la invención, en la que hacer funcionar el parque eólico según el segundo modo de funcionamiento comprende además las etapas de:

- determinar un segundo nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica,

- determinar si el segundo nivel de tensión está dentro de un primer intervalo predeterminado, si el segundo nivel de tensión está dentro de un primer intervalo predeterminado,

- 10 - cambiar entonces el modo de funcionamiento del controlador de parque del segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.

Una ventaja de esta realización es que, cuando haya finalizado el evento de alta o baja tensión, es necesario volver a modo normal.

- 15 Según una realización de la invención, el cambio del modo de funcionamiento se basa en un algoritmo de control con histéresis y/o un temporizador.

Una ventaja de esta realización es que, usando un control por histéresis o un temporizador, se impide que el controlador de parque alterne varias veces entre los modos primero y segundo.

Según una realización de la invención, la etapa de determinar el primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión se lleva a cabo mediante una estimación basándose en parámetros eléctricos en el parque eólico.

- 20 Una ventaja de esta realización es que no tiene que tomarse ninguna medición real, y por tanto el procedimiento no depende de la comunicación entre el controlador de parque y el generador de turbina eólica individual. Este procedimiento puede establecer además los límites para el despachador de Q, basándose en la estimación de un(a) aumento/disminución de tensión máximo(a)/mínimo(a) posible. Estos límites garantizarán que no se envía un Q más alto a los WTG para evitar la desconexión.

- 25 Según una realización de la invención, la etapa de determinar el primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión se lleva a cabo mediante la medición del primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión respectivamente.

Una ventaja de esta realización es que se toma una medición real, y por tanto se obtiene un valor más preciso del nivel de tensión.

- 30 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a un parque eólico dispuesto para hacerse funcionar según un procedimiento del primer aspecto.

En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un código programable por ordenador implementado por medio de hardware, software, firmware dispuesto para realizar el procedimiento del primer aspecto. Alternativamente, en un tercer aspecto, la presente invención proporciona al menos un producto de programa de ordenador que puede cargarse directamente en la memoria interna de al menos un ordenador digital, que comprende partes de código de software para realizar las etapas del procedimiento del primer aspecto cuando dicho al menos un producto se ejecuta(n) en dicho al menos un ordenador.

- 40 El primer, segundo y tercer aspecto de la presente invención pueden combinarse con cualquiera de los otros aspectos. Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y se explicarán con referencia a las realizaciones descritas a continuación en el presente documento.

### Breve descripción de los dibujos

- 45 El controlador de parque y el procedimiento de controlar un parque según la invención se describirá ahora en más detalle en relación con los dibujos adjuntos. Los dibujos muestran una forma de implementar la presente invención y no debe interpretarse que limite a otras posibles realizaciones que se encuentran dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjuntas.

La figura 1 muestra una realización del generador de turbina eólica según la presente invención;

la figura 2 muestra una realización de un controlador de parque conectado a un parque eólico; y

la Figura 3 muestra un diagrama de flujo de una realización del procedimiento según la presente invención.

### Descripción detallada de realizaciones

La presente invención se explicará ahora en más detalle. Mientras que la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han dado a conocer realizaciones específicas a modo de ejemplos. Sin embargo, debe entenderse que no se pretende que la invención se limite a las formas particulares dadas a conocer. En su lugar, la invención cubrirá todas las modificaciones, equivalencias, y alternativas que se encuentran dentro del alcance de la invención tal como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

Los elementos individuales de una realización de la invención pueden implementarse de manera física, funcional y lógica en cualquier forma adecuada tal como en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de unidades funcionales independientes. La invención puede implementarse en una única unidad, o distribuirse de manera tanto física como funcional entre diferentes unidades y procesadores.

Las realizaciones de la presente invención están relacionadas con un controlador de parque de un sistema de energía eólica con una pluralidad de generadores de turbina eólica. El controlador de parque busca cambiar su modo de control con anterioridad a la desconexión de generadores de turbina eólica individuales, debido a un evento de alta tensión o baja tensión en los terminales de los generadores de turbina eólica individuales.

El generador de turbina eólica que suministra potencia a una red eléctrica puede equiparse con una capacidad de regulación frente a fluctuaciones de nivel de tensión, frecuencia de red y potencia activa. "Red eléctrica" o "red" es una red de distribución de energía eléctrica fuera del lindero y punto de acoplamiento común de un parque eólico; cuando se hace referencia a la red dentro de un parque eólico se utiliza una expresión con una indicación explícita al parque eólico, por ejemplo, "red de parque eólico".

La potencia activa se denomina en el presente documento como "potencia", o "potencia de salida". Cuando se trata de la potencia reactiva, se denomina de manera explícita "potencia reactiva".

Un generador de turbina eólica de velocidad variable, que se usa en al menos una de las realizaciones descritas y que puede estar conectado a una red eléctrica 20, está equipado con el sistema de control descrito. Comprende un rotor con un buje 3 y al menos una pala 4 montada al rotor tal como se describió anteriormente. El rotor está conectado, por ejemplo, por medio de un árbol principal, a un generador para traducir el par motor del rotor a energía eléctrica. En algunas realizaciones, una caja de engranajes está interconectada entre el rotor y el generador con el fin de traducir la velocidad de rotación del rotor en una velocidad más alta para el generador.

La figura 1 muestra que un generador de turbina eólica (WT) 1 de velocidad variable a modo de ejemplo es uno de una pluralidad de generadores de turbina eólica de un parque eólico (WPP). Tiene un rotor 3 con un buje al que están montadas, por ejemplo, tres palas 4. El ángulo de paso de las palas 4 del rotor es variable por medio de actuadores de paso. El rotor 3 está soportado por una góndola 5 y acciona un generador 12 por medio de un árbol principal 8, una caja de engranajes 10, y un árbol de alta velocidad 11. Esta estructura es a modo de ejemplo; otras realizaciones, por ejemplo, usan un generador de accionamiento directo.

El generador 12 (por ejemplo generador de inducción o síncrono) produce potencia eléctrica de salida de una frecuencia relacionada con la velocidad de rotación del rotor 3, que se convierte en frecuencia de red (por ejemplo aproximadamente 50 ó 60 Hz) mediante un convertidor 19. La tensión de la potencia eléctrica producida de este modo se transforma por elevación mediante un transformador 9. La salida del transformador 9 es los terminales de generador de turbina eólica 9a. La potencia eléctrica del generador de turbina eólica 1 y de los otros generadores de turbina eólica del parque eólico se alimenta a una red de parque eólico 18 (indicada por "a" en la figura 1). La red de parque eólico 18 está conectada en un punto de acoplamiento común 21 y un transformador de elevación 22 adicional opcional a una red de distribución de energía eléctrica de parque eólico externa 20. La red 20 está dotada de una capacidad de regulación frente a fluctuaciones de frecuencia de la red, por ejemplo en forma de productores convencionales que puede aumentar y disminuir la producción en una escala a corto plazo para controlar la frecuencia.

Un sistema de control incluye un controlador de turbina eólica 13 y un controlador de parque 23. El controlador de parque 23 controla el funcionamiento del generador de turbina eólica 1 individual, por ejemplo selecciona el modo de funcionamiento de carga máxima o carga parcial, dependiendo entre otras cosas de la velocidad actual del viento, provoca, en el modo de carga parcial, el funcionamiento del generador de turbina eólica en el punto de funcionamiento óptimo ajustando el ángulo de pala y controlando la relación de velocidad de punta con respecto a la aerodinámica óptima en la velocidad actual del viento, y controla el convertidor 19 para producir electricidad según prescripciones del controlador de parque, por ejemplo una instrucción para proporcionar una determinada cantidad de potencia reactiva además de la potencia activa, etc. El controlador de parque 13 usa diferentes señales de entrada para realizar sus tareas de control, por ejemplo señales que representan condiciones de viento actuales (por ejemplo de un anemómetro 14 y una veleta 15 transmitidas por medio de una línea 16), señales de retroalimentación que representan ángulo de paso, posición de rotor, amplitudes y fases de la tensión y corriente en el generador 12 y los terminales 9a, etc., y señales de comando desde el controlador de parque 23. El controlador de parque 23 recibe señales representativas de la tensión, corriente y frecuencia en el punto de acoplamiento común 21 (parámetros que pueden considerarse para representar la tensión, corriente y frecuencia en la red de distribución de energía eléctrica 20) y, opcionalmente, recibe información o señales de comando del proveedor de la red de distribución de energía eléctrica (en "c" en la figura 1). Basándose en algunos de estos (y, opcionalmente, adicionales) parámetros de

entrada, el controlador de parque 23 monitoriza la estabilidad de la red y, tras la detección de una reducción de la estabilidad de la red de suministro eléctrico, ordena que los controladores de turbina eólica del generador de turbina eólica 1 y los otros generadores de turbina eólica del parque eólico 2 (en "b" en la figura 1) cambien el funcionamiento limitando las fluctuaciones de la potencia de salida suministrada. Tras la recepción de un comando de este tipo, el controlador de turbina eólica 13, tras el aumento de la velocidad del viento, corta el pico de salida alta que se produciría entonces en el funcionamiento de carga parcial normal con eficiencia máxima, por ejemplo, ajustando el ángulo de paso de pala hacia la posición de indicador, para cumplir con el comando de fluctuación límite del controlador de parque. Por tanto, en la realización a modo de ejemplo de la figura 1, la tarea de control del sistema de control para limitar las fluctuaciones de salida se comparte por el controlador de parque 23 y el controlador de turbina eólica 13. En otras realizaciones, esta tarea de control la realiza únicamente el controlador de turbina eólica 13; en estas realizaciones, el "sistema de control" se representa simplemente mediante el controlador de turbina eólica 13, sin un controlador de parque 23.

Aunque se espera que el generador de turbina eólica 1 mostrado en la figura 1 tenga tres palas 4, debe observarse que un generador de turbina eólica puede tener un número diferente de palas. Es común encontrar generadores de turbina eólica 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) ya que el rotor 4 rota alrededor de un eje horizontal. Debe observarse que el rotor 4 puede rotar alrededor de un eje vertical. 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). Las realizaciones descritas a continuación no se limitan a HAWT que tienen 3 palas. Pueden implementarse tanto en HAWT como VAWT, y tener cualquier número de palas 4 en el rotor 4.

Algunas realizaciones están relacionadas con un sistema de control dispuesto para controlar al menos un generador de turbina eólica 1 que puede incluir algunas, o todas, de las turbinas eólicas de un parque eólico completo, de la manera descrita anteriormente. El sistema de control puede distribuirse, por ejemplo incluir controladores en el parque eólico y el nivel de generador de turbina eólica o nivel de red de distribución de energía eléctrica.

Un generador de turbina eólica está diseñado para funcionar dentro de unas condiciones de red específicas, tales como un intervalo de frecuencia y especialmente un intervalo de tensión. El intervalo de frecuencia es normalmente una banda de frecuencias alrededor de una frecuencia nominal, que es o bien 50 Hz o bien 60 Hz en la mayoría de los casos. La anchura de la banda de frecuencias varía en función del tiempo expuesta a la frecuencia fuera de la nominal, lo que quiere decir que el generador de turbina eólica deberá poder funcionar durante mucho tiempo con pequeña variación de frecuencia, y poco tiempo con gran variación de frecuencia.

La misma situación es válida para el intervalo de tensión, aunque un nivel de tensión alto puede ser destructivo para diversos componentes en el circuito eléctrico. El generador de turbina eólica está diseñado para un nivel de sobretensión pico, que no puede superarse, por debajo del cual puede estar varias bandas de tensión asimétricas con diferente límite de tiempo, asimétricas ya que una banda de tensión superior o inferior pueden ser diferentes, pero pueden tener el mismo límite de tiempo.

Los límites superiores son normalmente 1,1 pu para funcionamiento permanente, y puede permitirse 1,15 pu durante 300 ms y cuanto más alta la tensión más corto el tiempo, tal como para 1,3 pu es 5 ms.

Las tensiones bajas no son tan peligrosas o perjudiciales para la red; sin embargo, la corriente aumenta, con lo que esto puede conducir a una situación peligrosa, tal como corrientes altas lo que provoca sobrecalentamiento, que en casos graves puede conducir a un incendio. Para el funcionamiento permanente, la tensión inferior se establece normalmente a 0,9 pu, y el perfil de desconexión para tensiones bajas es similar al LVRT pero con un temporizador extendido.

En una realización, el controlador de parque cambia de modo cuando los generadores de turbina eólica se van fuera de un intervalo de tensión de funcionamiento seguro de 1,1-0,9 pu. Los valores de tensión reales en otros lugares en el parque eólico, tal como en el punto de acoplamiento común pueden ser bastante diferentes, debido a variadores de toma de transformador.

Es importante que la turbina 1 individual no alcance su límite de tensión superior o inferior pico, ya que la consecuencia puede ser la desconexión de la red, y una conexión de nuevo puede llevar varios segundos o incluso minutos.

La presente invención pretende impedir la desconexión de generadores de turbina eólica 1 de la red 20. Esto se consigue cambiando el/la estrategia/modo de control en el nivel de parque eólico de una estrategia a otra. En la que la nueva estrategia se centra más en el nivel de tensión presente que en otros factores, tales como factor de potencia.

La figura 2 muestra un controlador de parque 23 según una realización de la invención. La figura 2 muestra únicamente un generador de turbina eólica 1 que comprende elementos similares tal como se describe en la figura 1. En la figura 2, la figura muestra únicamente un generador 12 conectado a, y alimentando potencia a un rectificador 19b, que convierte potencia de CA de frecuencia variable en potencia de CC, un inversor 19a convierte la potencia de CC en potencia de CA de frecuencia fija, la potencia de CA es la que se transforma a un nivel de

5 tensión más alto en un transformador 9, la potencia de CA de tensión más alta se alimenta a la red de parque eólico 18. Un vector de señales 31 que contiene información de producción de potencia acerca del generador de turbina eólica 1 individual, se comunica a una unidad lógica 28 que recibe vectores de señales similares 31 de todos los otros generadores de turbina eólica 1 en el parque eólico. La señal 31 puede contener información acerca del nivel de tensión del generador de turbina eólica, en cualquier lado del transformador 9, siendo beneficioso a menudo medir el nivel de tensión en el lado de baja tensión del transformador, y traducir posiblemente la medición a un valor en el lado de alta tensión del transformador.

La unidad lógica 28 recoge la señal 31 de la turbina 1 y la envía al controlador de parque 23. La unidad lógica puede estar integrada en el controlador de parque 23.

10 El controlador de parque 23 recibe un punto de ajuste 30 a seguir de por ejemplo un operario de sistema de red, y, dependiendo del parque específico, los diferentes modos de control 25, 26, 27 entre los que puede escoger el controlador de parque. Esto puede ser control de tensión 25, control de factor de potencia 26, y control de Q (potencia reactiva) 27. Una máquina de estados del controlador de parque 23 cambia el modo si así se requiere. Cuando el controlador de parque 23 determina que se ha detectado un nivel de tensión bajo o un nivel de tensión alto y que la tensión está fuera del intervalo predeterminado, entonces la máquina de estados del controlador de parque cambia el modo de control. El despachador 24 despacha entonces un nuevo punto de ajuste 34 a cada uno de los generadores de turbina eólica 1 en el parque eólico. El despachador 24 despacha o comunica regularmente puntos de ajuste 34 a los generadores de turbina eólica 1, siempre que se requiera.

20 Alternativamente, antes del cambio de la estrategia de control, los puntos de ajuste de potencia activa y reactiva despachados 34 del controlador de parque 23 se ajustan para adaptarse a un nivel de tensión más bajo o más alto en el terminal de conexión 9a del generador de turbina eólica 1 individual.

25 Con el fin de garantizar una red eléctrica 20 estable, se han establecido diversos requisitos para la conexión a la red de generadores de turbina eólica 1. Los temas de los códigos de red pueden variar, pero a menudo hay requisitos de control de tensión y control de frecuencia. Diferentes códigos de red pueden requerir diferentes características de respuesta de frecuencia de energía eólica. Cada código de red puede tener pros y contras, dependiendo de las características y necesidades del sistema de potencia particular.

30 En una realización con un parque eólico en el que se implementa el procedimiento según la presente invención, normalmente comprende un punto de acoplamiento común 21, tal como se mencionó anteriormente, "detrás" del punto de acoplamiento común está al menos un generador de turbina eólica con un controlador de turbina eólica conectado al punto de acoplamiento común por medio de una longitud de cableado eléctrico (a menudo cable de puesta a tierra, pero no limitándose a este, podrían ser también líneas aéreas). El al menos un generador de turbina eólica se controla a partir de un controlador de parque 23. El controlador de parque calcula un punto de ajuste global 34 para todo el parque eólico. El punto de ajuste global puede ser un vector con varios valores, tales como tensión, potencia activa, potencia reactiva, corriente activa, corriente reactiva, etc. El punto de ajuste global se envía a un algoritmo de despachador 24 que traduce el punto de ajuste global para el parque eólico en una pluralidad de puntos de ajuste, para cada generador de turbina eólica 1 individual, y despacha la pluralidad de puntos de ajuste 34 a los generadores de turbina eólica individuales.

40 En una realización, el controlador de parque 23 usará una señal procedente de cada uno de los generadores de turbina eólica que indica la tensión en los terminales 9a de todos los generadores de turbina eólica 1 individuales. El parque eólico puede cambiar su estrategia de modo de control de funcionamiento para eventos de baja o alta tensión en los terminales de generador de turbina eólica 9a cuando conoce la tensión en los terminales 9a de los generadores de turbina eólica. Tras la recepción de estas señales 31, el control de parque modificará su estrategia de control y despacho normal para los generadores de turbina eólica que envían estas señales. Por ejemplo, el controlador de parque se hace funcionar en modo de control de factor de potencia con una referencia capacitiva y los generadores de turbina eólica experimentan una alta tensión en los terminales ( $V > 110\%$ ), entonces en este momento, el control de parque 23 puede cambiar su control de PF a control de tensión, o simplemente, dependiendo del número de WTG con problemas, puede modificar la estrategia de despacho para los mismos.

La transmisión del punto de ajuste real se comunica a los generadores de turbina eólica por medio de comunicación digital en fibras ópticas, cables de comunicación o comunicación por radio 32.

50 En una realización, una combinación entre tensión medida en el nivel de generador de turbina eólica y una estimación de la tensión, derivada usando los valores de impedancia entre punto de acoplamiento común 21 y un generador de turbina eólica específico 1, en este caso es posible calcular para cualquier escenario los valores de Q máxima y mínima (potencia reactiva) para el despachador para todos los generadores de turbina eólica para evitar la violación de los límites de tensión.

55 La estimación de impedancia (en principio, los datos de impedancia se basan en valores teóricos) puede calibrarse cuando se cumplen algunas condiciones, tales como el estado estable de las señales usadas en la ecuación, por tanto, la tensión de generador de turbina eólica puede usarse en combinación con las impedancias de sistema.

Una vez que se han definido los límites (inductivo y capacitivo) para la potencia reactiva, entonces, si los

generadores de turbina eólica están alcanzando su límite específico, entonces el parque puede cambiar el modo de control si es posible, usando la máquina de estados.

De este modo, la tensión medida recibida se usa en un flujo bajo con todos los valores medidos tales como potencia activa P y potencia reactiva Q junto con los datos de impedancia para calcular los límites de Q máximos permitidos.

- 5 Esto puede simplificarse y realizarse para un conjunto de generadores de turbina eólica, en lugar de para todos los generadores de turbina eólica individuales, en el que el peor caso se coge como representativo, tal como generadores de turbina eólica con la impedancia más alta.

10 En una realización, las tensiones estimadas de los generadores de turbina eólica se usan en lugar de las tensiones medidas, cuando se retrasa la comunicación, y por tanto no lo suficientemente rápido como para impedir la desconexión por la acción del controlador de parque.

En una realización, el parque eólico comprende también otros dispositivos, tales como dispositivos de compensación de potencia, es decir STATCOM o condensador de conmutación etc. Estos dispositivos reciben también comandos de punto de ajuste del despachador 24.

15 Una realización comprende un controlador de parque 23 que usará la tensión en terminales de generadores de turbina eólica para decidir la estrategia de control a seguir en el nivel de parque. La tensión en terminales de generadores de turbina eólica se monitoriza en el control de parque y, cuando alcanza algunas condiciones de activación, tales como un intervalo de tensión, el control de parque cambiará su control o despachador. La tensión puede tener un valor de activación bajo y un valor de activación alto.

20 La tensión que procede de cada generador de turbina eólica como una medición o bien real o bien estimada, se usa como entrada en el controlador de parque. La tensión consiste en una parte de secuencia positiva y una parte de secuencia negativa.

25 La detección de la componente de tensión de secuencia positiva en la frecuencia fundamental de la tensión de distribución de energía eléctrica en condiciones desequilibradas y distorsionadas y de fallos de red es esencial para mantener el control sobre el intercambio de potencia con la red, evitando por tanto desconectar los equipos de protección, y permitiendo de ese modo un denominado mantenimiento de conexión en caso de fallo transitorio.

En una realización, el nivel de tensión se determina basándose en una parte de secuencia positiva de una señal de tensión medida. Preferiblemente, se usa la secuencia positiva de frecuencia fundamental.

30 A menudo, cuando se hacen funcionar parques eólicos por medio de un controlador de parque, el nivel de tensión en el punto de acoplamiento común se controla mediante un operador de sistema enviando un punto de ajuste de factor de potencia (PF) al controlador de parque.

35 En una realización de la presente invención, el controlador de parque 23 lee el valor de nivel de tensión real del/de los generador(es) de turbina eólica 1 como un parámetro en el protocolo de comunicación 31, el valor de nivel de tensión se compara entonces con un valor umbral, si el valor de nivel de tensión es inferior a un valor umbral inferior, entonces se ha producido una situación de baja tensión (LV), y si el valor de nivel de tensión es más alto que un valor umbral más alto, entonces se ha producido una situación de alta tensión (HV).

En otra realización, el valor de nivel de tensión se compara con los valores umbral en el/los generador(es) de turbina eólica y se comunica una indicación 31 al controlador de parque que indica una situación de LV o situación de HV.

40 En una realización de la invención, antes de cambiar el modo de funcionamiento en el controlador de turbina eólica, el despachador aumentará o disminuirá el punto de ajuste de potencia reactiva, enviándolo a un generador de turbina eólica específico, que está cerca de una situación de LV o de HV. Un aumento en la potencia reactiva aumentará el nivel de tensión en los terminales de generador de turbina eólica, de modo que, estando cerca de una situación de HV, la producción de potencia reactiva necesita disminuirse, esto se consigue enviando un punto de ajuste de potencia reactiva con un valor de potencia reactiva disminuido. De manera similar, estando cerca de una situación de LV, el punto de ajuste de potencia reactiva debe aumentarse con el fin de subir el nivel de tensión en los terminales de generador de turbina eólica.

45 A menudo, los parques eólicos, en un modo de funcionamiento de estado estable, se controlan según un punto de ajuste de factor de potencia, esto implica que, para una producción de potencia activa dada, necesita estar presente una cantidad correspondiente de potencia reactiva, inductiva o capacitiva, ya que el factor de potencia de un sistema de potencia eléctrica de CA se define como la relación de la potencia real que fluye a la carga con respecto a la potencia aparente en el circuito.

50 Otro modo de funcionamiento puede ser el control de Q, en el que se controla la cantidad real de potencia reactiva, por tanto no con respecto a la producción de potencia activa. Todavía otro modo de control puede ser el control de tensión, en el que el nivel de tensión es el parámetro de control, este control se realiza inyectando potencia reactiva, inductiva o capacitiva en la red y aumentando o disminuyendo de ese modo el nivel de tensión.

En una realización, el control de Q podría ser también una predicción sencilla, que va directamente con las referencias externas directamente al despachador.

5 Los generadores de turbina eólica se hacen funcionar o bien en modo de corriente o bien en modo de potencia o en una combinación de ambos, por tanto recibirán o bien un punto de ajuste de corriente o un punto de ajuste de potencia respectivamente o ambos, comprendiendo el punto de ajuste de corriente o potencia una componente activa y una reactiva.

Algunos códigos de red requieren controlar el parque eólico en PF/Q/tensión (predicción de Q), por tanto si muchos generadores de turbina eólica alcanzan sobretensiones o subtensiones, el controlador de parque debe cambiar de modo, preferiblemente al control de tensión.

10 Adicionalmente, puede realizarse en su lugar un cambio de referencia para los controladores de Q de PF/Q/predicción, entonces el controlador de parque no seguirá durante esto las referencias de operador de red/cliente 30. El cambio en las referencias se activará con la máquina de estados, y la referencia usada será según: la tensión medida, Q, P y cuantos generadores de turbina eólica estén en sobretensión/subtensión (pueden usarse más señales, tal como referencias enviadas, estado de variador de toma).

15 En una realización, cuando el generador de turbina eólica pierde la comunicación, el controlador de parque 23 cambiará de modo, y normalmente cambian a PF=1, de esta manera son neutrales para el funcionamiento operación del parque.

Siempre que se cambia el modo de funcionamiento del controlador de parque, es importante determinar cuándo volver de nuevo al funcionamiento "normal".

20 En una realización, se implementa un temporizador, por tanto, después de que el nivel de tensión haya vuelto de nuevo a un intervalo normal, un temporizador comienza a contar y cuando el temporizador expira el modo de funcionamiento cambia de nuevo al modo normal.

25 En una realización, se implementa un algoritmo de histéresis junto con el nivel de tensión normal. La histéresis puede implementarse cuando entra en el modo cambiado con el fin de proteger los generadores de turbina eólica, pero más a menudo cuando vuelve del modo cambiado de nuevo al modo normal.

El nivel de histéresis puede seleccionarse según la impedancia de sistema (relación entre tensión y potencia reactiva), normalmente puede ser del 2%.

30 Cambiar el modo de funcionamiento provocará en la configuración básica una transición en la salida de controlador cuando se calcula la salida basándose en otros parámetros. Es posible conseguir una transferencia sin perturbaciones mientras se cambia sobre la marcha entre los diferentes controladores (factor de potencia, tensión y potencia reactiva). El modo de cambio sin perturbaciones es funcional para garantizar que los desplazamientos entre modo de potencia reactiva, modo de factor de potencia, modo de control de tensión se realizan sin problemas sin saltos en la potencia reactiva y tensiones. Cuando se realiza el cambio de modo, el bucle comienza ajustando la referencia igual a la producción de corriente de interés y tras ello, la referencia interna se reajusta lentamente mediante función rampa a la fuente de referencia seleccionada con un valor de la función rampa fijo predefinido. Cuando se realiza el reajuste mediante función rampa, el bucle entra en modo de bloqueo estable y entonces está disponible el ancho de banda completo de la dinámica.

40 En una realización, el controlador de parque determina si el nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica está fuera de un segundo intervalo predeterminado y dentro del primer intervalo predeterminado, siendo el segundo intervalo predeterminado más pequeño que el primer intervalo predeterminado, y si es así, el controlador de parque despacha un punto de ajuste de potencia reactiva ajustada o un punto de ajuste de corriente reactiva ajustada a dichos uno o más generador(es) de turbina eólica, teniendo el punto de ajuste de potencia reactiva ajustada o el punto de ajuste de corriente reactiva ajustada un valor que provoca que el nivel de tensión cambie a un valor dentro del segundo intervalo predeterminado. La figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento según la invención para controlar el nivel de tensión en un parque eólico, con uno o más generador(es) de turbina eólica conectado(s) a una red eléctrica, y que tiene un controlador de parque que tiene un modo de funcionamiento que controla parámetros eléctricos en la red eléctrica. La etapa 301 es determinar un primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica, la etapa 302 es determinar si el primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica está fuera de un primer intervalo predeterminado. En caso de que el primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica esté fuera de un primer intervalo predeterminado entonces, en la etapa 303, el modo de funcionamiento del controlador de parque se cambia entre los modos de funcionamiento primero y segundo, controlando el primer modo de funcionamiento un primer parámetro eléctrico, controlando el segundo modo de funcionamiento un segundo parámetro eléctrico, siendo diferentes los parámetros primero y segundo.

55 La realización de la invención presentada en este caso se refiere principalmente a un generador de turbina eólica, pero no se limita a energía eólica. También se consideran otras fuentes de producción de potencia. Siempre que se usa el término controlador, debe entenderse que tal controlador puede seleccionarse de controladores conocidos

para el experto en la técnica, tal como PID, PI, P o con lógica difusa, pero no se limita a la lista.

5 La invención puede implementarse por medio de hardware, software, firmware o cualquier combinación de estos. La invención o algunas de las características de la misma pueden implementarse también como software o código programable por ordenador que se ejecuta en uno o más procesadores de datos y/o procesadores de señales digitales, es decir ordenador.

Los elementos individuales de una realización de la invención pueden implementarse de manera física, funcional y lógica de cualquier manera adecuada tal como en una única unidad, en una pluralidad de unidades o como parte de unidades funcionales independientes. La invención puede implementarse en una única unidad, o distribuirse de manera tanto física como funcional entre diferentes unidades y procesadores.

10 Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con las realizaciones especificadas, no debe considerarse que se limita de cualquier manera a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se expone mediante el conjunto de reivindicaciones adjuntas. En el contexto de las reivindicaciones, los términos “que comprende” o “comprende” no excluyen otros posibles elementos o etapas. Además, no debe considerarse que la mención de referencias tales como “uno” o “una”, etc., excluye una pluralidad. No deberá considerarse que el uso de  
15 números de referencia en las reivindicaciones con respecto a elementos indicados en las figuras limita el alcance de la invención. Además, las características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones pueden combinarse posiblemente de manera ventajosa, y la mención de estas características en diferentes reivindicaciones no excluye que una combinación de características no sea posible y ventajosa.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para controlar un parque eólico, que comprende una pluralidad de generadores de turbina eólica (1) conectados a una red eléctrica (20), y un controlador de parque (23) que tiene un modo de funcionamiento, en el que el controlador de parque está dispuesto para controlar parámetros eléctricos, en el que el procedimiento comprende:
  - 5 - determinar un primer nivel de tensión en los terminales (9a) de uno o más generadores de turbina eólica (1),
  - determinar si el primer nivel de tensión de uno o más generadores de turbina eólica (1) está fuera de un primer intervalo predeterminado, en caso de que el primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica esté fuera de un primer intervalo predeterminado,
  - 10 - cambiar entonces el modo de funcionamiento del controlador de parque (23) entre unos modos de funcionamiento primero y segundo, en el que el controlador de parque en el primer modo de funcionamiento está controlando un primer parámetro eléctrico, y en el que el controlador de parque en el segundo modo de funcionamiento está controlando un segundo parámetro eléctrico, siendo diferentes los parámetros primero y segundo,
  - 15 - despachar un punto de ajuste según el segundo modo de funcionamiento al uno o más generadores de turbina eólica (1).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el despachador establece un límite superior y límites inferiores para el punto de ajuste basándose en una estimación de un aumento de tensión máxima posible o una disminución de tensión mínima posible.
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que después del cambio del modo de funcionamiento del controlador de parque (23), el procedimiento comprende además la etapa de:
  - despachar un punto de ajuste provisional tal como se determina según el primer modo de funcionamiento al uno o más generadores de turbina eólica (1) y,
  - 25 - reajustar mediante función rampa el punto de ajuste provisional a un punto de ajuste tal como se determina según el segundo modo de funcionamiento, con un valor de pendiente de la función rampa, hasta que el punto de ajuste provisional iguale el punto de ajuste según el segundo modo de funcionamiento.
4. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el controlador de parque (23) en el primer modo de funcionamiento está controlando un factor de potencia y el segundo modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión o una potencia reactiva.
- 30 5. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el controlador de parque (23) en el primer modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión y el segundo modo de funcionamiento está controlando un factor de potencia o una potencia reactiva.
6. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el controlador de parque (23) en el primer modo de funcionamiento está controlando una potencia reactiva y el segundo modo de funcionamiento está controlando un nivel de tensión o un factor de potencia.
- 35 7. Procedimiento según la reivindicación 1 a 6, en el que el nivel de tensión se determina basándose en una parte de secuencia positiva de un nivel de tensión determinado.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 6, en el que la etapa de determinar si el primer nivel de tensión está fuera de un primer intervalo predeterminado se lleva a cabo en un controlador de turbina eólica dentro del generador de turbina eólica, y el resultado se comunica al controlador de parque (23).
- 40 9. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 8, en el que hacer funcionar el parque eólico según el segundo modo de funcionamiento comprende además las etapas de:
  - 45 - determinar un segundo nivel de tensión de uno o más generadores de turbina eólica,
  - determinar si el segundo nivel de tensión está dentro de un primer intervalo predeterminado, si el segundo nivel de tensión está dentro de un primer intervalo predeterminado,
  - cambiar entonces el modo de funcionamiento del controlador de parque (23) del segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento.
- 50 10. Procedimiento según la reivindicación 9, en el que el cambio del modo de funcionamiento se basa en un

algoritmo de control con histéresis y/o un temporizador.

11. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, en el que la etapa de determinar el primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión se lleva a cabo mediante una estimación basándose en parámetros eléctricos en el parque eólico.
- 5 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 10, en el que la etapa de determinar el primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión se lleva a cabo mediante la medición del primer nivel de tensión o el segundo nivel de tensión respectivamente.
- 10 13. Controlador de parque (23), dispuesto para controlar parámetros eléctricos en un parque eólico, comprendiendo el parque eólico una pluralidad de generadores de turbina eólica (1), teniendo el controlador de parque al menos un primer modo de funcionamiento y un segundo modo de funcionamiento,
- 15 - dicho controlador de parque (23) está dispuesto para determinar un primer nivel de tensión de uno o más generador(es) de turbina eólica, y dispuesto para determinar si el primer nivel de tensión en los terminales (9a) de uno o más generadores de turbina eólica está fuera de un primer intervalo predeterminado, en caso de que el primer nivel de tensión de uno o más generadores de turbina eólica esté fuera de un primer intervalo predeterminado,
- 20 - dicho controlador de parque (23) está dispuesto entonces para cambiar el modo de funcionamiento del controlador de parque entre los modos de funcionamiento primero y segundo, en el que el controlador de parque en el primer modo de funcionamiento controla un primer parámetro eléctrico, y en el que el controlador de parque en el segundo modo de funcionamiento controla un segundo parámetro eléctrico, siendo diferentes los parámetros primero y segundo
- dicho controlador de parque (23) está dispuesto para despachar un punto de ajuste según el segundo modo de funcionamiento al uno o más generadores de turbina eólica.
- 25 14. Al menos un producto de programa de ordenador que puede cargarse directamente en la memoria interna de al menos un ordenador digital, comprendiendo partes de código de software para realizar las etapas de el procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12 cuando dicho al menos un producto se ejecuta(n) en dicho al menos un ordenador.

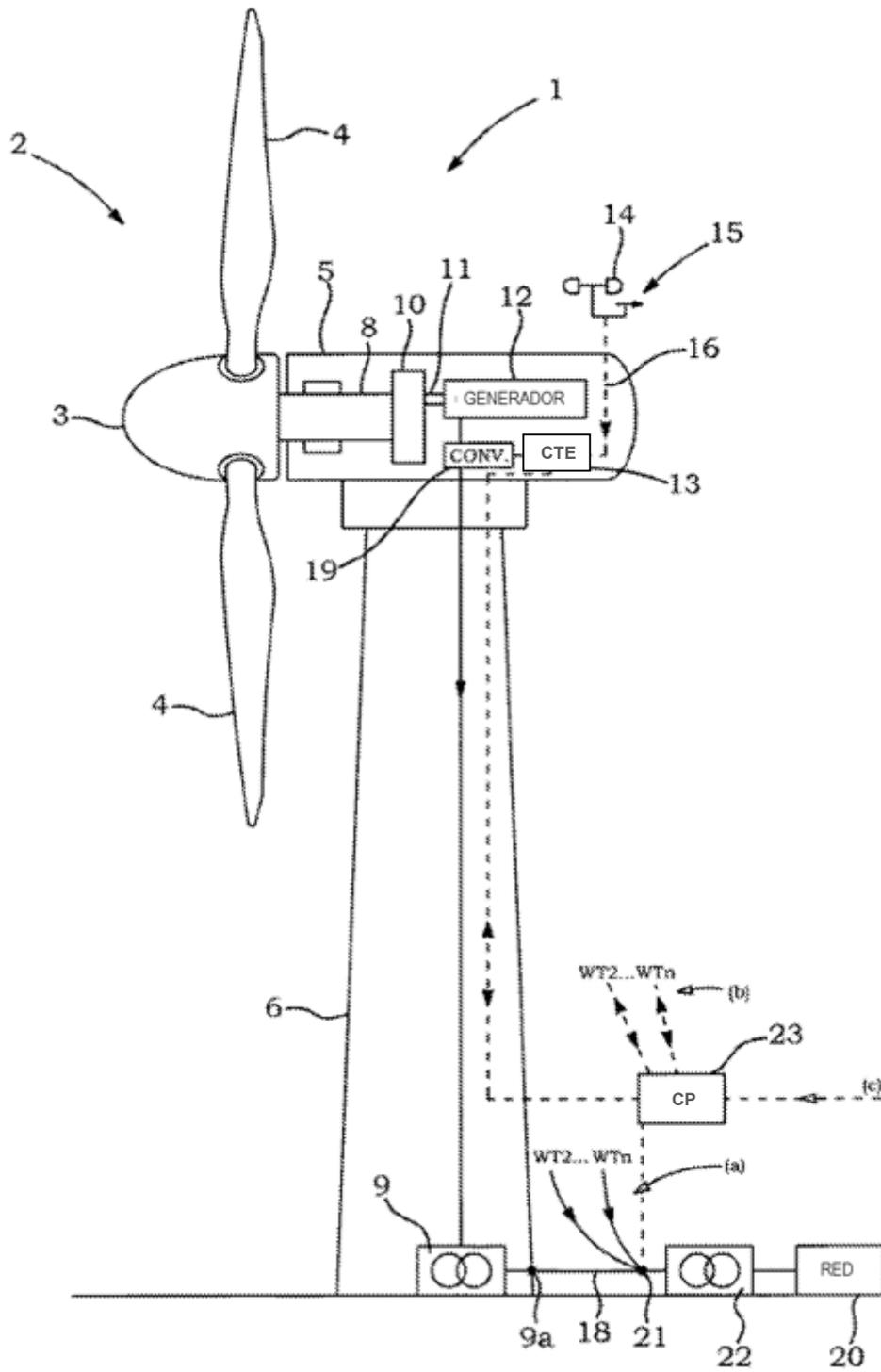


Fig. 1

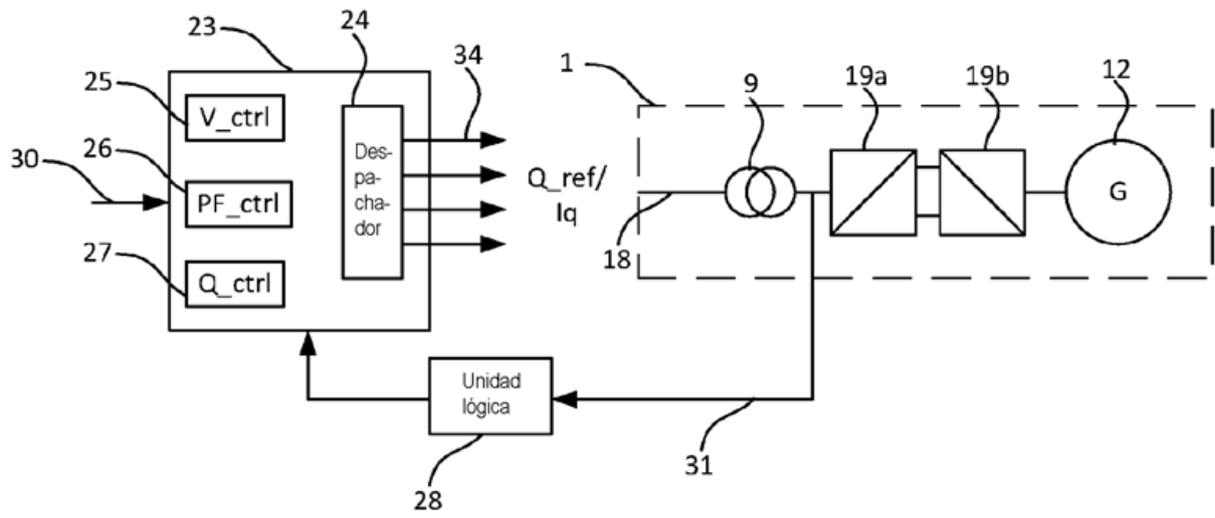


Fig. 2

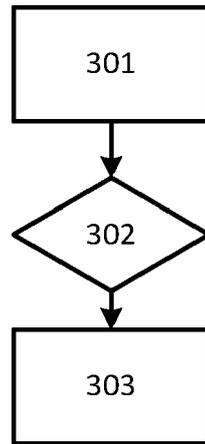


Fig. 3