

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 667 005**

51 Int. Cl.:

**F03D 9/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 9/11** (2006.01)

**F03D 9/22** (2006.01)

**F03D 9/28** (2006.01)

**F03D 9/25** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.02.2011** E 11156049 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.01.2018** EP 2492504

54 Título: **Turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**09.05.2018**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Werner-von-Siemens-Straße 1**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**OLESEN, HENRIK STEENGAARD**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 667 005 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

## Turbina eólica

La invención se refiere a un método para la operación de una turbina eólica, que comprende al menos un generador que genera una cantidad de energía eléctrica, y al menos dos unidades eléctricas de conversión, estando relacionada cada unidad eléctrica de conversión con el generador y con una red de compañía, y estando adaptada cada unidad eléctrica de conversión para convertir la potencia eléctrica hasta una capacidad máxima admisible definida. Dicha turbina eólica y método se divulgan por ejemplo en el documento WO2007/003183. Dado que la cantidad de energía eólica, es decir las condiciones aerodinámicas, pueden variar, se conocen conexiones indirectas a la red, mediante las que el generador de la turbina eólica funciona sobre su propia red, de corriente alterna (CA) separada. Esta red está normalmente controlada por un inversor, de modo que la frecuencia de la corriente alterna en el estator del generador puede adaptarse a la velocidad de rotación de corriente del buje del rotor de la turbina eólica, es decir la turbina eólica generará corriente alterna a exactamente la frecuencia variable aplicada al estator.

Dado que la corriente alterna con una frecuencia variable no puede aplicarse a la red de la compañía, necesita rectificarse o convertirse en una corriente continua (CC). La conversión desde la frecuencia de CA variable a CC puede ejecutarse por tiristores o transistores por ejemplo. Además, la corriente continua se reconvierte en corriente alterna que tiene una frecuencia aplicable a la red de la compañía. De nuevo, pueden usarse tanto tiristores como transistores para convertir la corriente continua en corriente alterna. De este modo, la corriente alterna obtenida normalmente necesita ser alisada antes de que se suministre a la red de la compañía. Por lo tanto, pueden usarse por ejemplo mecanismos de filtrado de CA que usan inductancias y condensadores apropiados.

Para mejorar la calidad de potencia de la potencia aplicada a la red, se han propuesto modernas turbinas eólicas que comprenden un generador y un número de unidades eléctricas de conversión dado que, mediante el uso de una pluralidad de unidades de conversión es factible un mejor control de la potencia reactiva.

También, es un inconveniente de la técnica anterior el uso de conexiones indirectas a la red, porque las tasas de disponibilidad de las turbinas eólicas son frecuente menores en comparación con turbinas eólicas que tengan una conexión directa a la red debido a fallos en la electrónica de potencia, es decir principalmente las unidades eléctricas de conversión.

De este modo, es el objeto de la presente invención proporcionar un método mejorado para la operación de una turbina eólica, particularmente con relación a su tasa de disponibilidad.

Esto se consigue mediante un método para la operación de una turbina eólica y una turbina eólica tal como se define por las características de la reivindicación 1 y la reivindicación 7, respectivamente. De acuerdo con la presente invención, la salida de potencia eléctrica actual del al menos un generador se distribuye en el número respectivo de unidades eléctricas de conversión de igual manera, de modo que generalmente todas las unidades eléctricas de conversión estén siempre funcionando durante la operación de la turbina eólica. Es decir, en el caso de dos unidades eléctricas de conversión, cada unidad eléctrica de conversión convierte la mitad de la potencia eléctrica actual generada por el generador, en caso de tres unidades eléctricas de conversión, cada unidad eléctrica de conversión convierte un tercio de la potencia eléctrica actual generada por el generador, etc. La potencia eléctrica absoluta convertida por las unidades eléctricas de conversión respectivas está limitada por sus capacidades de conversión máxima admisible respectivas. Es decir, cada unidad eléctrica de conversión está adaptada para convertir solamente una cierta o definida cantidad de potencia eléctrica suministrada desde el generador. La capacidad máxima admisible respectiva de una unidad eléctrica de conversión puede considerarse una cierta o definida capacidad de conversión máxima que asegure que se eviten los daños de las unidades eléctricas de conversión respectivas debido a una sobrecarga junto con áreas amortiguadoras respectivas o similares. Preferentemente, todas las unidades eléctricas de conversión tienen la misma capacidad máxima admisible.

En caso de un fallo de al menos una unidad eléctrica de conversión la turbina eólica actual, que es preferentemente una unidad de control central respectiva tal como un controlador de turbina eólica o similar redistribuye la potencia eléctrica actualmente generada por el generador entre el resto de las unidades eléctricas de conversión aún en operación, de modo que todavía se garantice la operación de la turbina eólica. Por ello, todas las unidades eléctricas de conversión operativas de la turbina eólica inventiva están siempre en operación, mediante lo que las unidades eléctricas de conversión defectuosas pueden detectarse y excluirse de la conversión de la potencia suministrada por el generador, es decir la turbina eólica o una unidad de control de turbina eólica respectiva está adaptada para aislar las unidades eléctricas de conversión defectuosas de la operación de las unidades eléctricas de conversión, de modo que la turbina eólica esté lista para funcionar hasta que falle la última unidad eléctrica de conversión.

Esto se explicará sobre la base del ejemplo siguiente de una turbina eólica que tiene un generador con una salida máxima de 1 MW y cuatro unidades eléctricas de conversión, cada una teniendo una capacidad de conversión máxima de 250 kW. Bajo condiciones aerodinámicas dadas, el generador producirá la salida de una cantidad de

500 kW, esto es la mitad de su salida máxima, de modo que cada una de las unidades eléctricas de conversión convertirá un cuarto de la salida de potencia eléctrica del generador, esto es 125 kW, de modo que cada una de las unidades eléctricas de conversión alcance el 50 % de su capacidad de conversión máxima respectiva. En caso de un fallo de una de las unidades eléctricas de conversión, la salida de 500 kW del generador se distribuye a las tres unidades eléctricas de conversión restantes, esto es cada unidad eléctrica de conversión está suministrando aproximadamente 166 kW, esto es cada una de las unidades eléctricas de conversión restantes alcanza aproximadamente el 66 % de la capacidad de conversión máxima respectiva.

En principio, si la turbina eólica comprende más de dos unidades eléctricas de conversión y al menos una de las unidades eléctricas de conversión respectiva falla, la potencia eléctrica generada por el generador se distribuye por igual entre las restantes unidades eléctricas de conversión aún operativas.

Por lo general, se pueden concebir los siguientes escenarios.

En una primera realización, la salida actual o posible actual de la potencia eléctrica del (de los) generador(es) está por debajo o iguala la capacidad o capacidades de conversión admisible máxima respectiva de las respectivas unidades eléctricas de conversión restantes, es decir el (los) generador(es) generará(n) las respectivas cantidades de potencia eléctrica que las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas pueden convertir como mucho, o menor potencia eléctrica que la que las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas pueden convertir. De este modo, la salida de potencia eléctrica del (de los) generador(es) se distribuye por igual a las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas de la forma anteriormente descrita. La capacidad de conversión admisible máxima respectiva de las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas se alcanza justamente o no se alcanza.

En una segunda realización, la salida actual o posible actual de la potencia eléctrica del (de los) generador(es) excede la suma de las capacidades de conversión admisible máximas respectivas de las respectivas unidades eléctricas de conversión restantes, es decir el (los) generador(es) generará(n) más potencia eléctrica que la que las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas pueden convertir. De nuevo, la salida de potencia eléctrica del (de los) generador(es) se distribuye por igual a las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas de la forma anteriormente descrita. En este caso la capacidad de conversión admisible máxima respectiva de las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas se alcanza, es decir las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas trabajan a plena carga.

En una tercera realización, la salida actual o posible actual de la potencia eléctrica del (de los) generador(es) también excede la suma de las capacidades de conversión admisible máximas respectivas de las respectivas unidades eléctricas de conversión restantes, es decir el (los) generador(es) generará(n) más potencia eléctrica que la que las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas pueden convertir. De nuevo, la salida de potencia eléctrica del (de los) generador(es) se distribuye por igual a las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas de la forma anteriormente descrita. Las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas trabajan a plena carga. También, en esta realización es posible que la salida de potencia del (de los) generador(es) pueda adaptarse a la cantidad posible máxima de potencia eléctrica convertible por las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas sumadas, esto es la salida de potencia del generador puede reducirse en consideración a la cantidad posible máxima de potencia eléctrica convertible por las unidades eléctricas de conversión restantes respectivas sumadas.

Se ha de entender que las tres realizaciones son aplicables también al caso en que queda meramente una unidad eléctrica de conversión operativa. Por ello, de acuerdo con la primera realización, la salida del generador estaría por debajo de la capacidad de conversión admisible máxima de la unidad eléctrica de conversión respectiva, de modo que la unidad eléctrica de conversión trabaja no totalmente cargada. De acuerdo con la segunda realización, la salida del generador excedería la capacidad de conversión admisible máxima de la unidad eléctrica de conversión respectiva, es decir la unidad eléctrica de conversión respectiva trabaja a plena carga. De acuerdo con la tercera realización, la salida del generador excedería también la capacidad de conversión permisible máxima de la unidad eléctrica de conversión respectiva, es decir la unidad eléctrica de conversión respectiva trabaja a plena carga. También, la salida de potencia del generador se adaptaría a la respectiva capacidad de conversión admisible máxima de la unidad eléctrica de conversión respectiva, esto es la salida del (de los) generador(es) corresponde a la capacidad de conversión admisible máxima de la unidad eléctrica de conversión respectiva.

La turbina eléctrica está adaptada de tal manera que en caso de que el generador opere a plena carga, las unidades eléctricas de conversión respectivas también trabajen a plena carga, es decir, la suma de las capacidades de conversión permisible máxima de todas las unidades eléctricas de conversión corresponde a la salida de potencia máxima del (de los) generador(es) respectivo(s).

55

Por ello, la turbina eólica presente está adaptada para ejecutar un método de operación novedoso como se describirá más adelante.

De acuerdo con una realización preferida de la invención, la capacidad máxima admisible de potencia eléctrica a ser convertida de cada unidad eléctrica de conversión respectiva está por debajo de la salida máxima de la potencia eléctrica generada por el generador. Por ello, el número respectivo de unidades eléctricas de conversión se ajusta a la salida de potencia máxima del al menos un generador. Por ello, como se ha descrito anteriormente, la capacidad de conversión máxima total de la unidad eléctrica de conversión respectiva (cada una teniendo una capacidad máxima admisible respectiva) sumadas corresponde a la salida de potencia máxima del al menos un generador. De este modo, si el generador trabaja a plena carga, las unidades eléctricas de conversión respectivas también trabajarán a plena carga.

Esto se explicará adicionalmente por medio del ejemplo siguiente de una turbina eólica que tiene un generador con una salida máxima de 1 MW y dos unidades eléctricas de conversión, cada una teniendo una capacidad de conversión máxima de 500 kW. Cuando el generador trabaja a plena carga genera 1 MW de potencia eléctrica. En consecuencia, cada unidad eléctrica de conversión convierte 500 kW del suministro de potencia eléctrica desde el generador. Por ello, ambas unidades eléctricas de conversión han alcanzado sus capacidades máximas admisibles respectivas en este caso. Si el generador genera meramente 500 kW de potencia eléctrica debido a las diferentes condiciones aerodinámicas, por ejemplo, cada unidad eléctrica de conversión convierte 250 kW de la potencia eléctrica suministrada por el generador. En ambos casos, toda la cantidad de potencia eléctrica generada por el generador se convierte en la potencia eléctrica respectiva aplicable a la red de la compañía.

Se prefiere que las unidades eléctricas de conversión respectivas estén adaptadas para comunicar entre sí. Además, se prefiere que cada unidad eléctrica de conversión esté adaptada para comunicar con una unidad de control del parque eólico. Por ello, las unidades eléctricas de conversión respectivas están listas para comunicar entre sí y/o con unidades de control externas respectivas tal como los controladores del parque eólico o similares que representan una parte de un dispositivo de control superior tal como un sistema SCADA (sistema de supervisión, control y adquisición de datos) de un parque eólico que comprende un número de turbinas eólicas por ejemplo.

En una realización adicional de la invención, la turbina eólica puede comprender una unidad de control central adaptada para comunicar con cada una de las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión se envía a todas las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que solamente una de las unidades eléctricas de conversión respectivas está adaptada para procesar la información con relación a la operación de la unidad eléctrica de conversión. Por ello, las unidades eléctricas de conversión respectivas se configuran en una estructura jerárquica, en la que una de las unidades eléctricas de conversión se considera como una maestra, mientras que las unidades eléctricas de conversión restantes se consideran como esclavas. Aunque, la unidad de control central, que es un controlador de turbina eólica o similar envía información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión de todas las unidades eléctricas de conversión por redundancia, únicamente la maestra es capaz de procesar la información, porque es únicamente la maestra la que es capaz de actuar sobre ella. Se entiende que al menos la unidad eléctrica de conversión respectiva considerada como la maestra comprende al menos una unidad de control en sí misma. En un caso de ejemplo, únicamente la maestra es capaz de recibir un punto de consigna de potencia desde la unidad de control central y/o un controlador del parque eólico. Por ello, únicamente la maestra puede calcular los vectores de corriente activa y reactiva necesarios por ejemplo.

De este modo, es práctico que la unidad eléctrica de conversión respectiva que procesa la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión esté adaptada para controlar las unidades eléctricas de conversión restantes en consideración a la información respectiva. Por ello, dependiendo de la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión, la unidad eléctrica de conversión respectiva considerada como la maestra envía señales de control respectivas a las restantes unidades eléctricas de conversión consideradas como esclavas. Es decir, la unidad de control de la unidad eléctrica de conversión considerada como la maestra envía señales de control respectivas a las unidades de control respectivas de las unidades eléctricas de conversión consideradas por ejemplo como esclavas.

Cada unidad eléctrica de conversión puede comprender al menos un interruptor eléctrico, al menos un rectificador del lado del generador, al menos un rectificador del lado de la red de compañía, al menos un inversor del lado del generador, al menos un inversor del lado de la red de compañía, al menos un enlace en CC, y al menos una unidad de control. Por ello, las unidades eléctricas de conversión respectivas están provistas con los componentes eléctricos esenciales requeridos para una conexión indirecta a la red, es decir las unidades eléctricas de conversión respectivas están listas para convertir CA con frecuencias variables suministradas desde el generador durante su operación a una CA con frecuencia fija aplicable a la red de la compañía. De la misma manera, las unidades eléctricas de conversión respectivas están listas para comunicar entre sí y/o con componentes externos tales como el controlador del parque eólico por ejemplo mediante las unidades de control respectivas o las unidades de comunicación respectivas.

Las unidades eléctricas de conversión se conectan favorablemente en paralelo. También, en casos excepcionales se puede concebir asimismo una conexión en serie de las unidades eléctricas de conversión respectivas, mediante lo que pueden ser necesarios puentes eléctricos para puentear las unidades eléctricas de conversión defectuosas si es necesario. Junto a ello, la presente invención se refiere a un método para la operación de una turbina eólica, particularmente la turbina eólica tal como se ha descrito anteriormente. La turbina eólica comprende al menos un generador que genera una cantidad de potencia eléctrica, y al menos dos unidades eléctricas de conversión relacionándose cada unidad eléctrica de conversión con el generador y con una red de compañía, y estando adaptada cada unidad eléctrica de conversión para convertir la potencia eléctrica hasta una capacidad máxima admisible definida. El método se caracteriza por los escalones de distribución por igual de la cantidad de potencia eléctrica generada por el generador a todas las unidades eléctricas de conversión, y si al menos una unidad eléctrica de conversión falla, distribuir la cantidad de potencia eléctrica generada por el generador a las unidades eléctricas de conversión restantes en operación, mediante lo que cada una de las unidades eléctricas de conversión restantes convierte una cantidad respectiva de potencia eléctrica hasta su capacidad máxima admisible respectiva.

De este modo, el método inventivo permite que la operación de la turbina eólica también se asegure incluso si al menos una de las unidades eléctricas de conversión de la turbina eólica falla, dado que la potencia eléctrica generada por el generador se distribuye por igual a las unidades eléctricas de conversión restantes que están aún operativas.

De este modo, las unidades eléctricas de conversión usadas pueden tener una capacidad máxima admisible de potencia eléctrica a ser convertida por debajo de la salida máxima de la potencia eléctrica generada por generador. De esa manera, la turbina eólica aún produce potencia eléctrica en el caso de un fallo de al menos una unidad eléctrica de conversión, aunque con una salida de potencia reducida. Por supuesto, la suma de las capacidades máximas admisibles respectivas de las unidades eléctricas de conversión respectivas corresponde a la salida de potencia máxima del (de los) generador(es), de modo que la cantidad de potencia eléctrica generada por el (los) generador(es) a plena carga puede convertirse en la potencia eléctrica respectiva aplicable a la red de la compañía.

Favorablemente, las unidades eléctricas de conversión respectivas comunican entre sí. Junto a ello, cada unidad eléctrica de conversión comunica prácticamente con una unidad de control del parque eólico. Es decir, la turbina eólica permite una comunicación interna de las unidades eléctricas de conversión respectivas y/o una comunicación externa de las unidades eléctricas de conversión respectivas con un dispositivo físicamente externo tal como una unidad de control del parque eólico por ejemplo.

Es posible que una unidad de control central comunique con cada una de las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión se envía a todas las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión se procesa solamente por una de las unidades eléctricas de conversión respectivas. De este modo, las unidades eléctricas de conversión respectivas se configuran en una estructura jerárquica, mediante lo que una unidad eléctrica de conversión puede considerarse como una maestra, mientras que las unidades eléctricas de conversión restantes se consideran como esclavas. De este modo, solo la maestra es capaz de procesar la información respectiva con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión, que en cualquier caso se envía a todas las unidades eléctricas de conversión respectivas por redundancia.

En una realización adicional se prefiere que la unidad eléctrica de conversión respectiva que procesa la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión controle la operación de las unidades eléctricas de conversión restantes en consideración a la información respectiva. De este modo, la unidad eléctrica de conversión respectiva considerada como la maestra sirve como el controlador de las unidades eléctricas de conversión restantes, es decir distribuye información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión consideradas como esclavas en términos de señales de control, con lo que las unidades eléctricas de conversión restantes pueden reaccionar.

A continuación, se describe la invención en detalle según se hace referencia a las figuras, por las que:

- la fig. 1 muestra una vista en sección de principio de una turbina eólica de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la fig. 2 muestra una vista en sección de principio de una turbina eólica de acuerdo con una realización de ejemplo de la presente invención;
- la fig. 3 muestra un diagrama que indica la salida de potencia de la turbina eólica durante operación normal; y
- la fig. 4 muestra un diagrama que indica la salida de potencia de la turbina eólica durante la operación con una unidad eléctrica de conversión defectuosa.

La fig. 1 muestra una vista en sección de principio de la turbina eólica 1 tal como se indica por el rectángulo, por lo que solo se representan componentes de la turbina eólica 1 que tienen relevancia en términos de la presente invención. La turbina eólica 1 comprende un generador 2 adaptado para generar potencia eléctrica durante la operación de la turbina eólica 1. El generador 2 se conecta mecánicamente a un buje del rotor (no mostrado) de la turbina eólica 1 de manera conocida.

La turbina eólica 1 comprende un cierto número de, es decir dos unidades eléctricas de conversión 3, 4 adaptadas para convertir la potencia eléctrica generada por el generador 2 en potencia eléctrica aplicable a la red de la compañía 5. Las unidades eléctricas de conversión 3, 4 tienen una configuración en paralelo, esto es están conectadas en paralelo. Cada unidad eléctrica de conversión 3, 4 se relaciona, de modo que está conectada eléctricamente al generador 2 y a la red de compañía 5. Dado que el generador 2 se construye preferentemente como un generador trifásico, el generador 2 se conecta a cada unidad eléctrica de conversión 3, 4 mediante tres líneas de salida respectivas.

La turbina eólica 1 se proporciona con una conexión a la red indirecta, esto es las unidades eléctricas de conversión 3, 4 comprenden componentes respectivos que permiten una conversión de la CA de frecuencia variable suministrada desde el generador 2 a CA con frecuencia fija aplicable a la red de la compañía 5. En consecuencia, cada unidad eléctrica de conversión 3, 4 comprende un interruptor eléctrico 6, un rectificador del lado del generador 7, un rectificador del lado de la red de compañía 8, un inversor del lado del lado del generador 9, un inversor del lado de la red de compañía 10, un enlace en CC 11, y una unidad de control 12.

Las respectivas unidades de control 12 comunican con los rectificadores 7, 8 respectivos, los convertidores 9, 10 respectivos y una unidad de control central 13 (controlador de la turbina eólica) de la turbina eólica 1. La unidad de control central 13 está adaptada para comunicar con una unidad de control del parque eólico 14 que se usa para la regulación de un parque eólico que comprende un cierto número de turbinas eólicas 1 respectivas, esto es la unidad de control del parque 14 permite el control de la potencia activa y reactiva de las turbinas eólicas individuales, tal como la turbina eólica 1 actual así como agrupaciones de turbinas eólicas dentro de un parque eólico. La unidad de control del parque 14 también comunica con las unidades de control respectivas 12 de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 por medio de un interruptor de red estándar 15 tal como un interruptor Ethernet. Además, las unidades de control respectivas 12 de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 están listas para comunicar entre sí.

Como también es discernible a partir de la fig. 2, la interfaz física entre ambas unidades eléctricas de conversión 3, 4 y la unidad de control central 13 así como la unidad de control del parque 14 está duplicada, es decir, ambas unidades eléctricas de conversión 3, 4 tienen una conexión o interfaz separada a la unidad de control central 13 así como a la unidad de control del parque eólico 14 que es parte de un sistema de control externo 19 tal como un sistema SCADA por ejemplo.

Se describirá en lo que sigue la operación de la turbina eólica 1.

Durante la operación normal de la turbina eólica 1, la potencia eléctrica generada por el generador 2 se distribuye por igual a todas las unidades eléctricas de conversión 3, 4, es decir, cada unidad eléctrica de conversión 3, 4 convierte la mitad de la salida de potencia eléctrica desde el generador 2 dentro de los límites de su capacidad máxima admisible respectiva. De este modo, se asegura que la cantidad total de potencia eléctrica convertible por las unidades eléctricas de conversión 3, 4 corresponde a la máxima salida de potencia del generador 2. A modo de ejemplo, el generador 2 puede tener una salida de potencia máxima de 1 MW, así pues, ambas unidades eléctricas de conversión 3, 4 son capaces de convertir una cantidad de potencia eléctrica de hasta 500 kW. Es decir, las unidades eléctricas de conversión 3, 4 tienen una capacidad máxima admisible de potencia eléctrica a ser convertida por debajo de la salida máxima de la potencia eléctrica generada por el generador 2.

Esto se representa en la fig. 3 que muestra un diagrama que indica la salida de potencia (eje y) de la turbina eólica 1 durante la operación normal dependiendo de la velocidad del viento (eje x). De este modo, la línea 16 representa la salida de potencia de toda la turbina eólica 1, mientras que la línea 17 representa a la salida de potencia de una de las unidades eléctricas de conversión 3, 4, que es la mitad de la salida de potencia de la turbina eólica 1 en todo momento.

Durante la operación normal de la turbina eólica 1, la unidad de control central 13 comunica con cada una de las unidades eléctricas de conversión 3, 4, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 se envía a ambas unidades eléctricas de conversión 3, 4 por redundancia. También, información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 solo se procesa por la unidad eléctrica de conversión 3 dado que las unidades eléctricas de conversión 3, 4 se configuran en una estructura jerárquica considerándose la unidad eléctrica de conversión 3 como una maestra, mientras se considerará la unidad eléctrica de conversión 4 como una esclava. De este modo, solo la unidad eléctrica de conversión 3 puede recibir y procesar señales de control de potencia tal como los puntos de consigna de potencia desde la unidad de control central 13 y/o el controlador del parque 14 por ejemplo. Es decir, aunque ambas unidades eléctricas de conversión

3, 4 están adaptadas para recibir señales de control respectivas solo la unidad eléctrica de conversión 3, es decir la maestra es capaz de actuar sobre ellas, esto es calculará los vectores de corriente activa y reactiva necesarios por ejemplo.

5 La unidad eléctrica de conversión respectiva 3 que procesa la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 controla además la operación de la unidad eléctrica de conversión 4 teniendo en consideración la información respectiva. Es decir, la unidad eléctrica de conversión 3 (maestra) distribuirá o compartirá los puntos de consigna de potencia o similares con la unidad eléctrica de conversión 4 (esclava), de modo que la unidad eléctrica de conversión 4 pueda reaccionar a ellas.

10 Si tiene lugar un fallo en una de las unidades eléctricas de conversión 3, 4, es decir la unidad eléctrica de conversión 4 por ejemplo, la unidad de control central 13 detectará el fallo y aislará la unidad eléctrica de conversión 4 defectuosa respectiva. En este caso, la turbina eólica 1 aún estará operativa. También, se reducirá la salida de potencia de la turbina eólica 1, es decir la salida es solo la mitad del valor original en el caso del generador 2 trabajando a plena carga.

15 Esto se representa en la fig. 4 que muestra un diagrama que indica la salida de potencia (eje y) de la turbina eólica 1 solamente con una unidad eléctrica de conversión operativa (la unidad eléctrica de conversión 3) dependiendo de la velocidad del viento (eje x) durante la operación de la turbina eólica 1. La turbina eólica 1 aún será capaz de suministrar potencia eléctrica a la red de la compañía 5, aunque la salida de potencia máxima de la turbina eólica 1 se reduce, es decir la salida máxima es la mitad del valor original por encima de velocidades del viento mayores que el valor crítico indicado como k. Para velocidades del viento más bajas que k la unidad de control 12 está lista para  
20 adaptar la curva de potencia (compárese con la línea 18) de la unidad eléctrica de conversión 3 para seguir la curva de potencia de la turbina eólica 1 trabajando con dos unidades eléctricas de conversión operativas 3, 4 (compárese con la fig. 3, línea 16). De esa manera, la cantidad de salida de potencia eléctrica por parte de la turbina eólica 1 puede utilizarse incluso en el caso de una unidad eléctrica de conversión 4 defectuosa.

25 Si la unidad eléctrica de conversión 3, que es la maestra se encuentra en fallo, la unidad de control central 13 es capaz de reconfigurar la estructura jerárquica de las unidades eléctricas de conversión 3, 4, es decir, la unidad eléctrica de conversión 4, originalmente considerada como la esclava cambiará su estado para convertirse en la maestra.

30 La presente invención proporciona una turbina eólica novedosa y un método novedoso para la operación de una turbina eólica respectivamente, permitiendo la operación de la turbina eólica 1 incluso en caso de un fallo de una de las unidades eléctricas de conversión 3, 4 respectivas. Esto se basa principalmente en el hecho de que, los sistemas eléctricos de conversión 3, 4 son redundantes, es decir un fallo en una unidad eléctrica de conversión 3, 4 no afecta negativamente a las unidades eléctricas de conversión 3, 4 restantes y a la operación de la turbina eólica 1 en su conjunto.

**REIVINDICACIONES**

1. Método para la operación de una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica al menos un generador que genera una cantidad de potencia eléctrica, y al menos dos unidades eléctricas de conversión relacionándose cada unidad eléctrica de conversión con el generador y con una red de compañía, y estando adaptada cada unidad eléctrica de conversión para convertir la potencia eléctrica hasta una capacidad máxima admisible definida, por lo que todas las unidades eléctricas de conversión están siempre funcionando durante la operación de la turbina eólica, que comprende las etapas de
- 5 - distribuir por igual la cantidad de potencia eléctrica generada por el generador a todas las unidades eléctricas de conversión, y
- 10 - si al menos una unidad eléctrica de conversión falla, distribuir por igual la cantidad de potencia eléctrica generada por el generador a las unidades eléctricas de conversión restantes, aún operativas en operación, mediante lo que cada una de las unidades eléctricas de conversión restantes convierte una cantidad respectiva de potencia eléctrica hasta su capacidad máxima admisible respectiva.
- 15 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las unidades eléctricas de conversión usadas tienen una capacidad máxima admisible de potencia eléctrica a ser convertida por debajo de la salida máxima de la potencia eléctrica generada por generador.
3. Método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que las unidades eléctricas de conversión respectivas comunican entre sí.
- 20 4. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que una unidad de control central comunica con cada una de las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión se envía a todas las unidades eléctricas de conversión, mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión se procesa solamente por una de las unidades eléctricas de conversión respectivas.
- 25 5. Método de acuerdo con las reivindicaciones 3 y 4, en el que la unidad eléctrica de conversión respectiva que procesa la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión controla la operación de las unidades eléctricas de conversión restantes en consideración a la información respectiva.
6. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que cada una de las unidades eléctricas de conversión comunica con una unidad de control del parque eólico.
- 30 7. Turbina eólica (1), que comprende al menos un generador (2) que genera una cantidad de energía eléctrica, y al menos dos unidades eléctricas de conversión (3, 4), estando relacionada cada unidad eléctrica de conversión (3, 4) con el generador (2) y con una red de compañía (5), y estando adaptada cada unidad eléctrica de conversión (3, 4) para convertir la potencia eléctrica hasta una capacidad máxima admisible definida, caracterizada por que la turbina eólica (1) está adaptada para ejecutar el método de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores.
- 35 8. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que la capacidad máxima admisible de potencia eléctrica a ser convertida de cada unidad eléctrica de conversión (3, 4) respectiva está por debajo de la salida máxima de la potencia eléctrica generada por el generador (2).
9. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en la que las unidades eléctricas de conversión (3, 4) respectivas están adaptadas para comunicar entre sí.
- 40 10. Turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, que comprende una unidad de control central (13) adaptada para comunicar con cada una de las unidades eléctricas de conversión (3, 4), mediante lo que la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión (3, 4) se envía a todas las unidades eléctricas de conversión (3, 4), mediante lo que solamente una de las unidades eléctricas de conversión (3) respectivas está adaptada para procesar la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión (3, 4).
- 45 11. Turbina eólica de acuerdo con las reivindicaciones 9 y 10, en la que la unidad eléctrica de conversión (3) respectiva que procesa la información con relación a la operación de las unidades eléctricas de conversión (3, 4) está adaptada para controlar las unidades eléctricas de conversión restantes (4) en consideración a la información respectiva.



12. Turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 11, en el que cada una de las unidades eléctricas de conversión (3, 4) está adaptada para comunicar con una unidad de control del parque eólico (14).

5 13. Turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 12, en el que cada unidad eléctrica de conversión (3, 4) comprende al menos un interruptor eléctrico (6), al menos un rectificador del lado del generador (7), al menos un rectificador del lado de la red de compañía (8), al menos un inversor del lado del generador (9), al menos un inversor del lado de la red de compañía (10), al menos un enlace en CC (11), y al menos una unidad de control (12).

14. Turbina eólica de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 13, en la que las unidades eléctricas de conversión (3, 4) se conectan en paralelo.

FIG 1

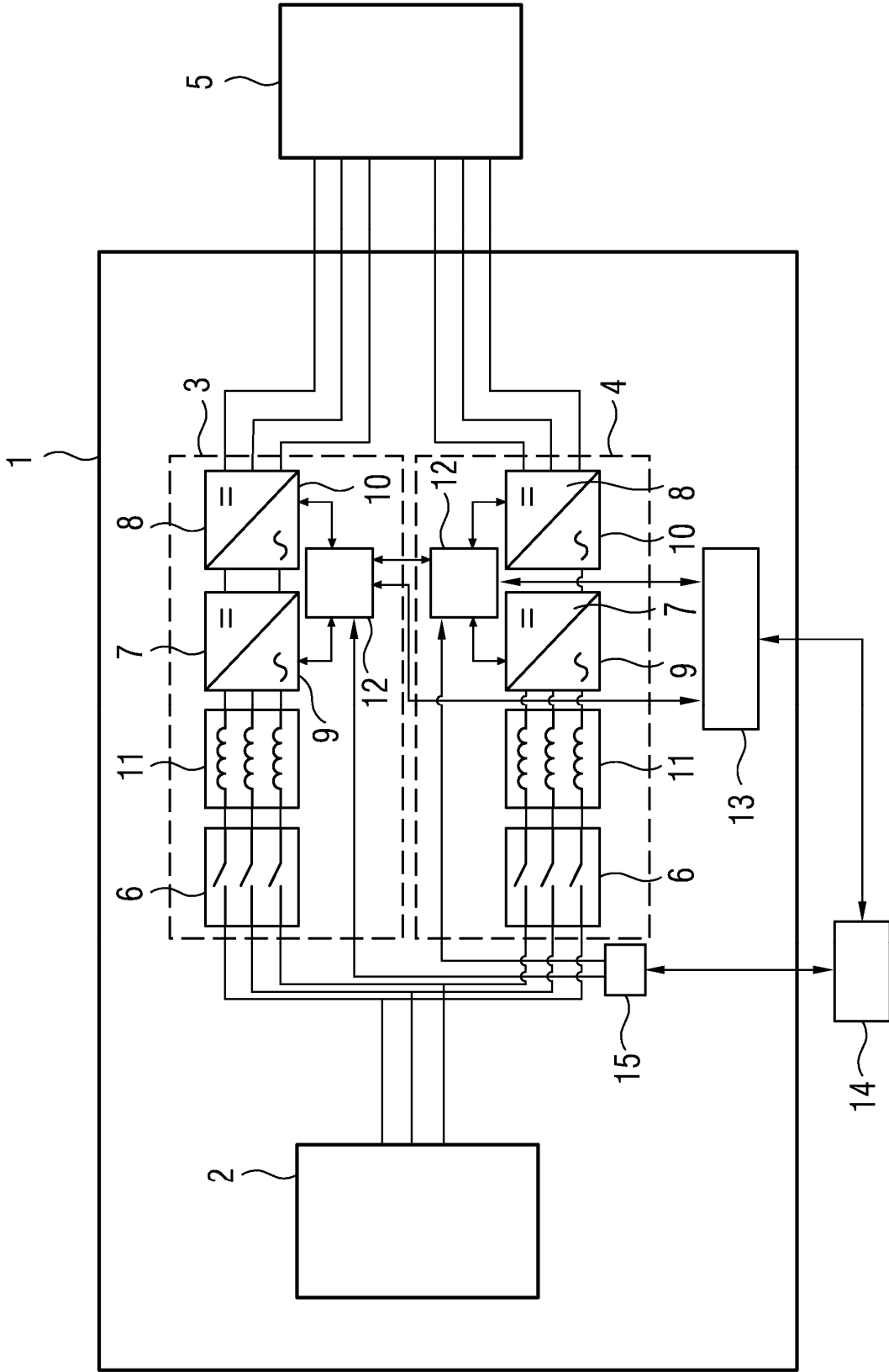


FIG 2

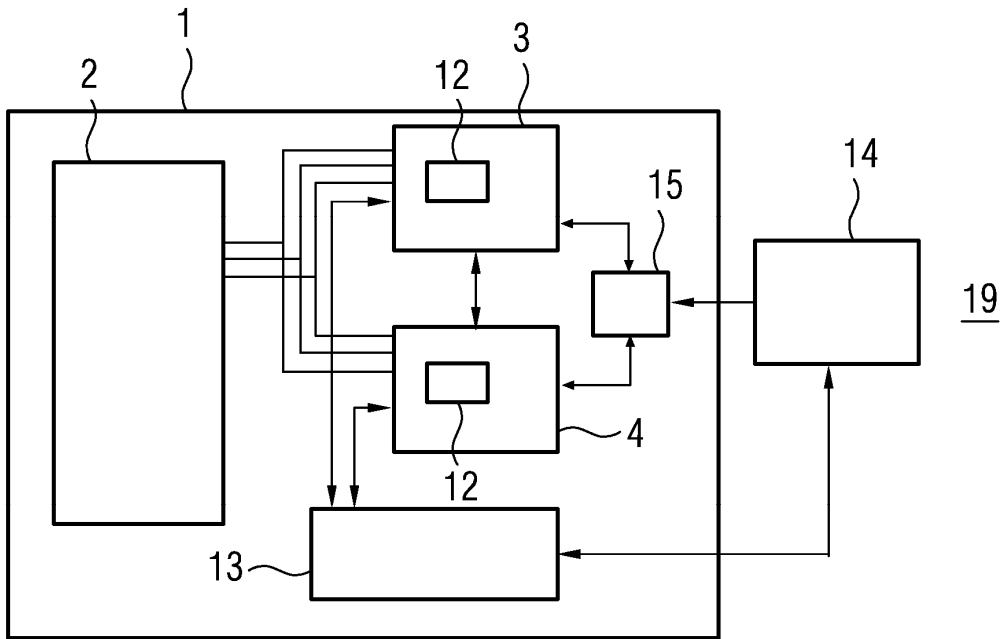


FIG 3

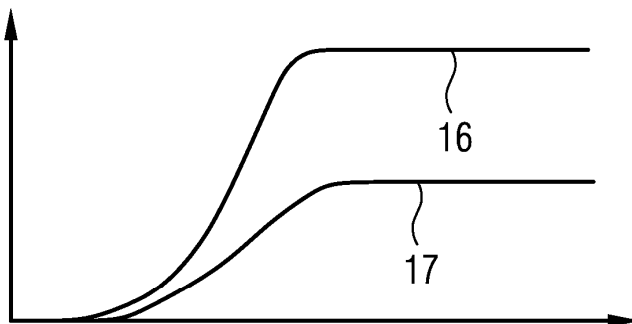


FIG 4

