

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 924**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/32** (2007.01)

**H02P 9/00** (2006.01)

**H02J 3/38** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.03.2013 PCT/EP2013/056587**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.10.2013 WO13144242**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.03.2013 E 13714258 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2831988**

54 Título: **Convertidor reforzado con inversor (chopper) para aerogeneradores**

30 Prioridad:

**29.03.2012 DE 102012006259**

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

**06.08.2019**

73 Titular/es:

**SENVION GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**LETAS, HEINZ-HERMANN y  
MOHR, MALTE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 721 924 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

Convertidor reforzado con inversor (chopper) para aerogeneradores

5 La invención se refiere a un convertidor con un sistema de control de convertidor para aerogeneradores, que presentan un rotor eólico con un generador accionado por el mismo, así como un inversor, comprendiendo el sistema de control de convertidor un conjunto de datos de configuración para valores límite dinámicos y estáticos del convertidor.

10 Los convertidores del tipo mencionado anteriormente se utilizan especialmente en aerogeneradores que no sólo sirven para la generación de potencia activa, sino que además proporcionan potencia reactiva. Para aumentar la calidad de la red, se espera cada vez más que los aerogeneradores suministren una cantidad considerable de energía reactiva a petición de los operadores de la red. El suministro de energía reactiva se ha convertido en un servicio de red, que en muchos lugares es un requisito previo para la conexión y explotación económica de un aerogenerador a una red de transmisión de energía. Huelga decir que el suministro de energía reactiva debe tener el menor efecto posible en el funcionamiento normal del aerogenerador, y que éste debe seguir siendo seguro, en especial resistente a las ráfagas.

15 De hecho, en principio es posible proporcionar más potencia reactiva mediante un equipamiento con convertidores de mayor tamaño. Sin embargo, este enfoque tiene la desventaja de que conduce a costes extremadamente altos. También presenta la desventaja de que, dependiendo de los requisitos del operador de la red, los aerogeneradores idénticos tendrían que estar equipados con convertidores diferentes, lo que aumentaría la complejidad de los componentes. Finalmente, el simple equipamiento con un convertidor de mayor tamaño es desfavorable para el reequipamiento, puesto que resulta francamente complicado y que, en muchos casos, se considera económicamente inviable. Por lo tanto, existe la necesidad de perfeccionar un convertidor del tipo antes mencionado de manera que, a pesar de componentes activos por lo demás no cambiados del convertidor, se pueda proporcionar una carga continua más alta, especialmente para aumentar la potencia reactiva. La invención se ha planteado el objetivo de proporcionar un convertidor de estas características y de proponer un procedimiento para su funcionamiento.

La solución según la invención radica en las características de las reivindicaciones independientes. Otras formas de realización ventajosamente perfeccionadas son objeto de las reivindicaciones dependientes.

20 En un convertidor con un sistema de control de convertidor para un aerogenerador, que presenta un generador conectado al convertidor y un inversor, comprendiendo el sistema de control de convertidor un valor límite dinámico admisible para un primer tiempo de tolerancia y un valor límite estático del convertidor, se prevé según la invención un módulo de sobrecorriente diseñado para aumentar el valor límite estático en una parte de la diferencia respecto al valor límite dinámico como corriente adicional, y que comprende un módulo dinámico, que interactúa con el expansor de valores límite de manera que las sobrecorrientes entre el valor límite estático incrementado por la corriente adicional y el valor límite dinámico se conduzcan en una primera etapa hacia el convertidor y en una segunda etapa, al menos parcialmente, hacia el inversor, procediéndose después de un segundo tiempo de tolerancia, preferiblemente menor que el primer tiempo de tolerancia, al cambio a la segunda etapa.

A continuación se explican en primer lugar algunos términos:

30 Por un valor límite estático se entiende el valor nominal de corriente que el convertidor puede suministrar durante un espacio de tiempo ilimitado, es decir, de forma continua. Este valor límite es generalmente idéntico con la corriente nominal (continua) del convertidor.

45 Por un valor límite dinámico se entiende la corriente que el convertidor puede recibir durante un espacio de tiempo limitado, aprovechando sus reservas (especialmente térmicas). Este valor límite, definido también como corriente punta de breve duración, puede ser considerablemente más alto que el valor límite estático. En el caso de convertidores de configuración práctica, el valor límite dinámico puede tener prácticamente el doble del valor límite estático, pero con frecuencia se limita a un tiempo de tolerancia de sólo unos pocos segundos (por ejemplo de 6 s). El espacio de tiempo, durante el cual se puede registrar el valor límite dinámico sin que se produzca una sobrecarga, se define como tiempo de tolerancia.

50 Por una corriente adicional se entiende una corriente entre el valor límite estático y el valor límite aumentado según la invención; las corrientes que superan dicho valor se definen como sobrecorrientes.

55 La invención está basada en la idea de ajustar, en comparación con la configuración normal de un convertidor, un valor más alto para el valor límite estático ("valor límite aumentado") y de reducir de este modo de forma correspondiente la reserva restante para las oscilaciones dinámicas respecto al valor límite dinámico. Este valor de corriente, en el que se aumenta el valor límite estático y se reduce la reserva de corriente hasta el valor límite dinámico, recibe el nombre de corriente adicional. Esta corriente adicional incrementa la corriente total que el convertidor puede proporcionar. Se trata de una corriente aparente, por lo que a causa de las relaciones vectoriales entre la corriente activa y la corriente reactiva, un aumento de la corriente aparente permite un aumento sobreproporcional de la corriente reactiva. Por lo tanto, el mismo convertidor está así en condiciones de proporcionar de manera sobreproporcional más corriente reactiva y, por consiguiente, más potencia reactiva.

La invención se ha dado cuenta de que se necesita todavía un incremento considerable, dado que un simple aumento del valor límite no resulta suficiente, por lo que la invención proporciona este incremento. Si nos conformáramos con el simple cambio del convertidor a un valor límite estático más alto, se produciría inevitablemente la consecuencia negativa de una resistencia menor del convertidor frente a cargas de corriente punta, como las que se pueden producir especialmente en caso de números de vueltas excesivos de corta duración de los aerogeneradores (la así llamada resistencia a las ráfagas) o en caso de descensos de las frecuencias de red. En estos casos no se reduce sólo la reserva de corriente restante hasta el valor límite dinámico, sino que también se someten a una carga mayor los componentes activos del convertidor debido a la corriente adicional, por lo que con un aumento de la corriente al valor límite dinámico se alcanzaría más rápidamente el límite de carga térmica; si se aceptara esta situación, la utilidad práctica del convertidor ya no sería suficiente con los cambios de la fuerza del viento y los errores de red que se pudieran producir eventualmente.

Este es el punto en el que la invención proporciona un módulo de sobrecorriente que, en caso de producirse sobrecorrientes, es decir, corrientes por encima del valor límite estático aumentado en el valor de la corriente adicional hasta llegar al valor límite dinámico, no sólo aplica la corriente aumentada al convertidor, sino que también incluye el inversor asignado al mismo. El módulo de sobrecorriente presenta dos etapas de conmutación, una primera en la que la sobrecorriente sólo se conduce al convertidor con sus componentes activos (elementos de conmutación) y una segunda en la que la sobrecorriente se conduce (alternativa o adicionalmente) al inversor. El cambio de la primera etapa a la segunda se produce después de cierto tiempo, el segundo tiempo de tolerancia. Si durante el funcionamiento se produce, por ejemplo, a causa de números de vueltas excesivos, el máximo valor del valor límite de corriente dinámico, esta corriente tan alta sólo se conduce al convertidor durante el segundo tiempo de tolerancia (relativamente corto) y, conduciéndose la corriente después de finalizar el segundo tiempo de tolerancia al inversor, para la descarga térmica del convertidor. Como consecuencia de la desviación al inversor, el convertidor con sus componentes activos se descarga térmicamente de forma controlada. De este modo se garantiza la seguridad de funcionamiento en caso de sobrecorrientes que llegan hasta el valor límite dinámico.

Por consiguiente, la invención permite utilizar el convertidor con un valor límite estático aumentado, a fin de proporcionar así más corriente reactiva a fin de apoyar la red. Se incrementa especialmente la capacidad de rendimiento del convertidor, y de de los aerogeneradores provistos del mismo, para los productos de red  $Q$  y  $\cos \phi$ , que adquieren una importancia cada vez mayor, lo que se consigue sin cambiar los componentes y prácticamente sin coste adicional (por medio de cables ligeramente reforzados y, en su caso, inductancias de red). En especial, gracias a la invención no es necesario cambiar los componentes activos del convertidor, que en comparación son francamente caros.

Para el cambio entre las etapas se configura preferiblemente un módulo dinámico con la ventaja de que éste determina el segundo tiempo de tolerancia en dependencia de la corriente, preferiblemente a través de una integral de corriente-tiempo. Se ha comprobado que el tiempo de tolerancia varía en función del valor de la sobrecorriente dinámica que se produce. Si la sobrecorriente presenta un valor bajo, el segundo tiempo de tolerancia se puede dimensionar más largo que en caso de una sobrecorriente más alta. Se han conseguido resultados especialmente buenos con una integral de corriente-tiempo. La corriente entra convenientemente como cuadrado, de modo que se obtenga una medida de energía que refleje la carga térmica, especialmente la de los componentes activos del convertidor.

El módulo de sobrecorriente se perfecciona preferiblemente de manera que presente una tercera etapa en la que se hayan activado la primera y la segunda etapa del módulo de sobrecorriente. Así, la sobrecorriente fluye tanto hacia el convertidor, aprovechando plenamente el valor límite dinámico, como hacia el inversor, a fin de absorber de este modo más corriente más allá del valor límite dinámico ("ultracorriente"). Con esta ultracorriente, la corriente absorbible dinámicamente se puede aumentar hasta que la distancia respecto al valor límite estático aumentado vuelva a corresponder a la distancia original entre el valor límite dinámico y el valor límite estático (no aumentado). Como consecuencia, el convertidor presenta al mismo tiempo una mayor tolerancia en relación con la carga de corriente dinámica. Por lo tanto, incluso se puede aumentar el valor límite dinámico sin necesidad de cambios informáticos en el convertidor.

Se prevé convenientemente una entrada de desbloqueo, a través de la cual el expansor de valor límite se pueda desbloquear o bloquear. Si en la entrada de desbloqueo no se registra ninguna señal, el expansor de valor límite está bloqueado y el convertidor no recibe ningún valor límite estático aumentado. En este caso no puede proporcionar corriente adicional. Esta entrada de desbloqueo permite excluir un aerogenerador de la puesta a disposición de corriente adicional, lo que puede ser de importancia para la seguridad de funcionamiento de los aerogeneradores, especialmente en condiciones de funcionamiento críticas, en particular en caso de viento racheado. Con preferencia, se prevé para estos fines un módulo de ráfagas que presente una salida acoplada a la entrada de desbloqueo. El módulo de ráfagas se diseña para determinar, a la vista de los parámetros facilitados por el aerogenerador (se puede tratar de datos de rendimiento para la generación de energía eléctrica o de datos del viento) un índice de ráfagas y para proporcionar una señal de salida, cuando se supera un valor límite regulable. De este modo se pueden bloquear, en caso de viento racheado, el cambio del valor límite estático y, por lo tanto, la puesta a disposición de corriente adicional, para que el aerogenerador pueda compensar las ráfagas de viento de la mejor manera posible. El módulo de ráfagas presenta convenientemente varias salidas configuradas para el accionamiento de otros aerogeneradores.

El módulo de ráfagas se dispone preferiblemente en un parque maestro que controla un parque eólico con varios aerogeneradores. El módulo de ráfagas dispuesto en el parque maestro se puede configurar de modo que la demanda de puesta a disposición de energía reactiva adicional formulada por el operador de red se pueda conseguir mediante el desbloqueo de corriente adicional para los aerogeneradores del parque eólico no afectados por las ráfagas. En este caso se aprovecha el conocimiento de que, debido a la extensión de los parques eólicos, sólo se ve afectada por las ráfagas una parte de los aerogeneradores.

La invención se extiende a un parque eólico con un parque maestro y varios aerogeneradores provistos de un convertidor, tal como se ha descrito antes. Con respecto a una explicación más detallada, se señala la descripción que antecede.

La invención se extiende además a un procedimiento para el funcionamiento de un convertidor para un aerogenerador con un generador conectado al convertidor y con un inversor así como con un sistema de control de convertidor para el convertidor, comprendiendo el sistema de control de convertidor un valor límite dinámico admisible para un primer tiempo de tolerancia y un valor límite estático del convertidor, y previéndose según la invención la puesta a disposición de una corriente adicional, para lo que el valor límite estático del convertidor se aumenta en una parte de la diferencia respecto al valor límite dinámico, conduciéndose las sobrecorrientes entre el valor límite estático aumentado en el valor de la corriente adicional y el valor límite dinámico en una primera etapa en el convertidor y en una segunda etapa, al menos en parte, al inversor, cambiándose a la segunda etapa después de un segundo tiempo de tolerancia más corto que el primer tiempo de tolerancia.

La invención se explica a continuación más detalladamente con referencia al dibujo que se acompaña, en el que se representa un ejemplo de realización ventajoso. Se ve en la:

Figura 1 una vista esquemática de un aerogenerador según un ejemplo de realización de la invención;

Figuras 2a, b curvas características de rendimiento del aerogenerador según la figura 1 y con referencia al convertidor;

Figura 3 un esquema de conexiones de un módulo de sobrecorriente en un convertidor del aerogenerador;

Figuras 4a-b diagramas de corriente-tiempo para un aerogenerador convencional y el aerogenerador según el ejemplo de realización de la invención y

Figura 5 un diagrama de corriente-tiempo según una variante del ejemplo de realización.

Un aerogenerador según un ejemplo de realización de la invención comprende un generador 1 accionado por un rotor eólico 10 con un convertidor 2 para la generación de energía eléctrica. Ésta se transmite a través de un cable conductor 3 y un transformador de tensión media 4 a una red de tensión media 5. En el caso de la red de tensión media se puede tratar especialmente de una red interna de un parque eólico que presenta un parque maestro 50 para el control de los aerogeneradores del parque eólico. Para el convertidor 2 se prevé además un sistema de control de convertidor 20 y un inversor 6 con un sistema de control de inversor 60. Para el control de orden superior del aerogenerador se prevé un sistema de control de funcionamiento 7.

En el ejemplo de realización representado, el generador 1 se ha diseñado como generador asincrónico de doble alimentación. El mismo comprende un estator 11 y un rotor rotatorio 12. El estator 11 se conecta directamente al cable conductor 3. El rotor 12 se conecta a través del convertidor 2 al cable conductor 3. El convertidor 2 comprende un ondulator 21 del lado de la máquina, un ondulator 23 del lado de la red y un circuito intermedio de tensión continua 22 situado entre ambos que une los dos ondulator 21, 23. Los dos ondulator 21, 23 contienen una pluralidad de elementos de conmutación activos simbolizados por la referencia 24.

El sistema de control de convertidor 20 activa el convertidor 2 de manera que la energía eléctrica generada por el rotor 12, que consiste en una tensión alterna trifásica con una frecuencia que depende del número de revoluciones del rotor eólico, sea transformada por el ondulator 21 del lado de la máquina en tensión continua e introducida en el circuito intermedio 22. El ondulator 23 del lado de la red es alimentado por el circuito intermedio 22 y transforma la energía eléctrica extraída en tensión alterna trifásica con una frecuencia fija, que es igual a la frecuencia de red de la red 5 conectada. Esta modalidad de funcionamiento, en la que el convertidor 2 transmite energía eléctrica a la red 5, se define como funcionamiento supersincrónico. En el funcionamiento supersincrónico existe además otro tipo de funcionamiento. Se emplea en caso de un número de revoluciones del rotor inferior al número de revoluciones sincrónico  $n_{sync}$  correspondiente a la frecuencia de red, es decir, en caso de viento flojo. En este proceso, el convertidor 2 invierte la dirección del flujo de energía. El ondulator del lado de la red 23 alimenta al circuito intermedio 22, que a su vez alimenta al ondulator 21 del lado de la máquina para la transmisión de corriente de excitación al rotor 12. Los flujos de energía resultantes en dependencia del número de revoluciones se representan en la figura 2a. El área del número de revoluciones (en la imagen a la izquierda) del número de revoluciones sincrónico  $n_{sync}$  muestra el funcionamiento subsincrónico, y el área del número de revoluciones por encima el funcionamiento supersincrónico. El área admisible para el funcionamiento estacionario llega hasta el número de revoluciones nominal  $n_{nenn}$ , siguiendo por encima hasta el número de revoluciones máximo  $n_{max}$  una zona de sobrecarga dinámica que sólo se puede emplear por breve tiempo en caso de ráfagas. La mayor parte de la energía eléctrica procede del estator 11 ( $P_{stat}$ , véase la línea de puntos de la figura 2a). Una parte menor de la energía que durante el funcionamiento subsincrónico es negativa (es decir, flujo de energía inverso) es proporcionada por el rotor

12 o se consume en el funcionamiento subsincrónico ( $P_{rot}$ , véase la línea discontinua). La energía  $P_{tot}$  transmitida en total por el aerogenerador se visualiza por medio de la línea continua.

Las corrientes que fluyen en el convertidor 2 se muestran en la figura 2b. El valor límite estático  $I_{stat}$  y el valor límite dinámico  $I_{dyn}$  se representan como una línea horizontal de puntos y rayas. Se reconoce claramente el flujo de corriente negativo en el área del número de revoluciones bajo, es decir, en el funcionamiento subsincrónico. En el funcionamiento supersincrónico, el flujo de corriente aumenta de forma lineal hasta alcanzar aproximadamente con un número de revoluciones nominal  $N_{nenn}$  el valor límite de corriente estática  $I_{stat}$  que se puede rebasar en caso de funcionamiento con ráfagas hasta llegar al valor límite de corriente dinámico  $I_{dyn}$  (zona a rayas). Si existe el riesgo de rebasar  $I_{dyn}$  o si la corriente permanece durante demasiado tiempo en la zona sólo admisible dinámicamente (a rayas), se produce una reducción de corriente al valor límite estático  $I_{stat}$  (sólo admisible durante un tiempo limitado) para proteger los componentes. La reducción se lleva a cabo por medio del inversor 6, tal como se describe a continuación.

El inversor 6 se conecta al circuito intermedio. El mismo comprende una resistencia 61 para la disipación de energía excedente y un elemento de conmutación 62 que conecta y desconecta la resistencia 61. El sistema de control de convertidor 20 interactúa con el sistema de control de inversor 60 para controlar la tensión continua en el circuito intermedio. Si la tensión es demasiado alta, el sistema de control de inversor activa el elemento de conmutación 62. Como consecuencia, la corriente fluye a través de la resistencia 61, con lo que la tensión se reduce eficazmente en el circuito intermedio 22.

Para permitir con un convertidor 2 de por sí no variado una corriente estática más alta, se emplea según la invención un módulo de sobrecorriente 8, tal como se representa en la figura 3. Su estructura y funcionamiento se describen a continuación. Al sistema de control de convertidor 20 se aplican valores límite para el valor límite estático  $I_{stat}$  y para el valor límite dinámico para la corriente. Según la invención, se conecta entre ambos un expansor de valor límite 81 en el que se prevé una entrada adicional para una corriente adicional  $I_{plus}$  deseada. El expansor de valor límite 81 aumenta el valor límite estático  $I_{stat}$  en el valor de la corriente adicional deseada y crea así el valor límite estático modificado  $I_{stat}^*$  que se aplica como valor límite al sistema de control de convertidor 20 en sí conocido. El valor límite dinámico  $I_{dyn}$  se mantiene sin variaciones en este ejemplo de realización. El valor límite estático modificado  $I_{stat}^*$  se representa a efectos de comparación con una línea discontinua en la figura 2b.

Además del expansor de valor límite 81, el módulo de sobrecorriente 8 comprende un módulo dinámico 82 conectado al sistema de control de convertidor 20 y al sistema de control de inversor 60. El mismo presenta entradas para la corriente  $I_{ist}$  que fluye realmente en el convertidor, para el valor límite estático modificado  $I_{stat}^*$  y para el tiempo  $t$ . El módulo dinámico 82 determina, mediante el cálculo de la diferencia, si la corriente real supera el valor límite modificado  $I_{stat}^*$ , o sea, si fluye una sobrecorriente. En caso afirmativo, el valor de la sobrecorriente se integra a través del tiempo, a fin de generar de esta manera una medida para la carga térmica de los elementos de conmutación del convertidor 20. Si alcanza un valor determinado, se emite una señal de conmutación para el cambio de las etapas. Durante el funcionamiento normal, el módulo de sobrecorriente está conectado en su primera etapa, lo que permite el funcionamiento del convertidor 2 con el valor límite dinámico. Si se registra una señal de conmutación del módulo dinámico 82, se cambia a la segunda etapa en la que el funcionamiento del convertidor 2 con el valor límite dinámico se bloquea a través de una entrada de señal de bloqueo 28 en el sistema de control de convertidor 20, activando en su lugar el inversor 6 a través de una entrada de señal de activación 68 del sistema de control de inversor 60. Como consecuencia, las sobrecorrientes se desvían al inversor 6, con lo que se cuidan los elementos de conmutación 24 del convertidor 2 para que se puedan recuperar térmicamente.

En la figura 4a se muestran con una línea discontinua los valores límite de  $I_{stat}$ ,  $I_{dyn}$  para un aerogenerador convencional. Con una línea de puntos se representan a efectos de comparación los correspondientes valores límite con un aumento sencillo del valor límite estático  $I_{stat}'$ . Se puede ver que mediante la simple puesta a disposición de un valor límite estático  $I_{stat}'$  demasiado grande ciertamente se podría aumentar la corriente estática posible, pero que de este modo se reduciría claramente el primer tiempo de tolerancia  $t_1$  para el valor límite dinámico (a  $t_2$ ). Este aspecto, considerado en sí, sería inaceptable, dado que así ya no existiría una seguridad de sobrecarga suficiente, en especial ninguna resistencia a las ráfagas. Como se ilustra en la figura 4b, según la invención la duración original del tiempo  $t_1$  para el valor límite dinámico se reestablece, para lo que después de haber transcurrido un segundo tiempo de tolerancia  $t_2$  más corto que el primer tiempo de tolerancia  $t_1$ , se activa en una segunda etapa el inversor (zona a rayas cruzadas, espacio de tiempo  $t_3$ ) que asume dinámicamente la sobrecorriente. Como consecuencia, los semiconductores 24 del convertidor 2 se descargan de manera que ya sólo fluya a través de ellos una corriente máxima igual al valor límite estático. Por lo tanto, los semiconductores 24 están protegidos contra cualquier sobrecarga, con lo que se garantiza la plena seguridad de sobrecarga (especialmente la resistencia a las ráfagas). La invención no requiere prácticamente ningún esfuerzo informático adicional, dado que el inversor 6 se dispone de por sí. De este modo se puede aumentar sin coste adicional la corriente estática admisible del convertidor 2 y la seguridad de sobrecarga (especialmente la resistencia a las ráfagas) se mantiene.

Opcionalmente, el módulo de sobrecorriente 8 también se puede diseñar de manera que en la primera etapa ya active el inversor 6, en concreto además de la sobrecorriente en el convertidor 2, es decir, todavía durante el segundo tiempo de tolerancia  $t_2$  (véase la parte a la izquierda de la zona de rayas cruzadas de la figura 5). En esta modalidad de funcionamiento definida también como "tercera etapa" también se puede aumentar por breve tiempo el valor límite dinámico. De este modo, en el convertidor 2, no modificado en lo que se refiere a su hardware, no sólo

5 se puede aumentar el valor límite estático en el valor de la corriente adicional, sino también el valor límite dinámico, con lo que se reestablece la distancia original entre el valor límite estático y dinámico. Opcionalmente, el módulo de sobrecorriente 8 comprende además un módulo de ráfagas 85. El mismo presenta entradas para la velocidad de viento  $v_w$  y, en su caso, también para la potencia  $P$  transmitida por el aerogenerador. En su salida se emite una  
10 señal de bloqueo que se aplica al expansor de valor límite 81 y que bloquea allí, a través de un elemento de bloqueo 83, el aumento del valor límite estático en el valor de la corriente adicional. El módulo de ráfagas 85 contiene un ordenador de carga 86 que, a partir de los datos de la potencia activa eléctrica  $P$  generada por el aerogenerador y de los datos sobre la respectiva velocidad del viento, determina un índice de ráfagas. Si un comparador 87 detecta que éste supera un valor crítico, se emite la señal de bloqueo en la salida. De esta forma se puede bloquear en caso  
15 de viento racheado el cambio del valor límite estático y, por lo tanto, la puesta a disposición de corriente adicional para que el aerogenerador esté en la mejor situación posible para compensar las ráfagas de viento. El módulo de ráfagas se puede disponer alternativamente también en el parque maestro 50 (véase el bloque de funciones 85'). El mismo presenta varias salidas que sirven para activar otros aerogeneradores 9.

15 La obtención de energía reactiva  $Q$  con la puesta a disposición de corriente adicional que se puede introducir adicionalmente es considerable gracias a la relación vectorial entre corriente activa y corriente reactiva. Para un funcionamiento a plena carga, es decir, cuando la potencia activa transmitida es igual a la potencia nominal, se puede transmitir adicionalmente potencia reactiva gracias a la inyección. Un ejemplo lo explica: a una potencia nominal al nivel de la máxima potencia activa de  $P = 2000$  kW se puede transmitir adicionalmente potencia reactiva de  $Q = 640$  kVAr, o sea, un valor considerable con un esfuerzo adicional mínimo.

20

## REIVINDICACIONES

1. Convertidor con un sistema de control de convertidor (20) para una aerogenerador que presenta un generador (1) conectado al convertidor (2) y un inversor (6), comprendiendo el sistema de control de convertidor (20) un valor límite dinámico ( $I_{dyn}$ ) admisible para un primer tiempo de tolerancia ( $t_1$ ) y un valor límite estático ( $I_{stat}$ ) del convertidor (2), siendo el valor límite estático ( $I_{stat}$ ) un valor nominal de corriente que puede suministrar el convertidor (2) a través de un espacio de tiempo ilimitado, caracterizado por que se prevé un módulo de sobrecorriente (8) que comprende un expansor de valor límite (81) diseñado para aumentar el valor límite estático ( $I_{stat}$ ) en una parte de la diferencia respecto al valor límite dinámico ( $I_{dyn}$ ) como corriente adicional ( $I_{plus}$ ) y un módulo dinámico (82) que interactúa con el expansor de valor límite (81) de manera que las sobrecorrientes entre el valor límite estático ( $I_{stat}^*$ ) aumentado en el valor de la corriente adicional ( $I_{plus}$ ) y el valor límite dinámico ( $I_{dyn}$ ) se conduzcan en una primera etapa al convertidor (2) y en una segunda etapa, al menos en parte, al inversor (6), procediéndose después de un segundo tiempo de tolerancia ( $t_2$ ) al cambio a la segunda etapa.
2. Convertidor según la reivindicación 1, caracterizado por que el segundo tiempo de tolerancia ( $t_2$ ) es más corto que el primer tiempo de tolerancia ( $t_1$ ).
3. Convertidor según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que el módulo dinámico (82) determina el segundo tiempo de tolerancia ( $t_2$ ) en dependencia de la corriente, preferiblemente a través de una integral de corriente-tiempo.
4. Convertidor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el módulo de sobrecorriente (8) presenta una tercera etapa en la que se activan al mismo tiempo la primera y la segunda etapa.
5. Convertidor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el expansor de valor límite (81) presenta un elemento de bloqueo (83) conectado a una entrada de bloqueo y configurado para bloquear el aumento del valor límite estático.
6. Convertidor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevé un módulo de ráfagas (85) que presenta entradas para la energía del aerogenerador y/o la velocidad del aire y que se diseña para emitir una señal de bloqueo cuando se rebasa un valor límite.
7. Convertidor según la reivindicación 5 y 6, caracterizado por que la salida del módulo de ráfagas (85) se conecta a la entrada del elemento de bloqueo (83).
8. Convertidor según la reivindicación 6 o 7, caracterizado por que el módulo de ráfagas (85) presenta varias salidas para el accionamiento de varios aerogeneradores y se dispone preferiblemente en un parque maestro (50) de un parque eólico.
9. Parque eólico con un parque maestro (50) y una pluralidad de aerogeneradores que presentan respectivamente un aerogenerador (1) y un convertidor (2) según la reivindicación 1.
10. Parque eólico según la reivindicación 9, caracterizado por que el módulo de sobrecorriente (8) se dispone en los respectivos aerogeneradores.
11. Parque eólico según la reivindicación 9, caracterizado por que el módulo de sobrecorriente (8) se dispone en el parque maestro (50).
12. Parque eólico según una de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado por que se prevé un módulo de ráfagas (85') que presenta entradas para la energía del aerogenerador y/o la velocidad del viento y que se diseña para emitir una señal de bloqueo cuando se rebasa un valor límite, disponiéndose el módulo de ráfagas (85') preferiblemente en el parque maestro (50).
13. Parque eólico según la reivindicación 12, caracterizado por que el módulo de ráfagas (85') presenta una pluralidad de salidas para los distintos aerogeneradores del parque eólico.
14. Parque eólico según una de las reivindicaciones 9 a 13, caracterizado por que el módulo de sobrecorriente (8) se perfecciona según una de las reivindicaciones 2 a 4.
15. Procedimiento para el funcionamiento de un convertidor (2) para un aerogenerador con un generador (1) conectado al convertidor (2) y un inversor (6), así como un sistema de control de convertidor (20) para el convertidor (2), comprendiendo el sistema de control de convertidor (20) un valor límite dinámico ( $I_{dyn}$ ) admisible para un primer tiempo de tolerancia ( $t_1$ ) y un valor límite estático ( $I_{stat}$ ) del convertidor (2), siendo el valor límite estático ( $I_{stat}$ ) un valor nominal de corriente que puede suministrar el convertidor a través de un espacio de tiempo ilimitado, caracterizado por la puesta a disposición de una corriente adicional por medio de un módulo de sobrecorriente (8), para lo que el valor límite estático del convertidor (2) se aumenta en una parte de la diferencia respecto al valor límite dinámico

( $I_{dyn}$ ), conduciéndose las sobrecorrientes entre el valor límite estático ( $I_{stat}^*$ ) aumentado en el valor de la corriente adicional y el valor límite dinámico ( $I_{dyn}$ ) en una primera etapa al convertidor (2) y en una segunda etapa, al menos en parte, al inversor (6), procediéndose después en un segundo tiempo de tolerancia ( $t_2$ ) que es más corto que el primer tiempo de tolerancia ( $t_1$ ) al cambio a la segunda etapa.

- 5
16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por que el módulo de sobrecorriente (8) se perfecciona según una de las reivindicaciones 3 a 8.
- 10
17. Procedimiento según la reivindicación 15 o 16, caracterizado por que el convertidor se emplea en aerogeneradores de un parque eólico y por que en un parque maestro se prevé preferiblemente un sistema de control de carga por medio de un módulo de ráfagas (85').

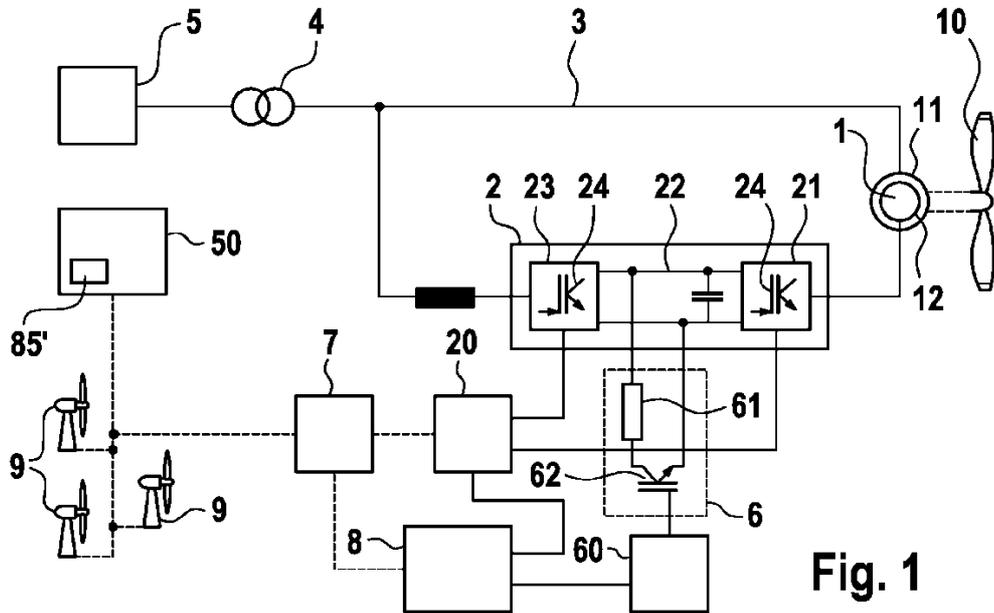


Fig. 1

