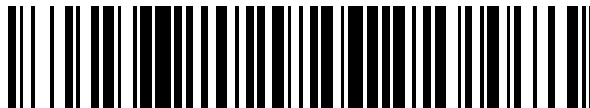


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 135**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2007 PCT/EP2007/010026**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.05.2008 WO08061698**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2007 E 07856198 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.01.2017 EP 2102495**

54 Título: **Aerogenerador con regulación de sistema invertido y procedimiento de utilización**

30 Prioridad:

**20.11.2006 DE 102006054870**

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

**05.07.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**FORTMANN, JENS y  
LETAS, HEINZ-HERMANN**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 622 135 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**

Aerogenerador con regulación de sistema invertido y procedimiento de utilización

La invención se refiere a un aerogenerador con un rotor, un generador polifásico, un convertidor conectado al generador y a una red, y un dispositivo de control que interactúa con el convertidor y que comprende una regulación de sistema invertido, así como a un parque eólico correspondiente y a un procedimiento de utilización.

En muchas redes de distribución, los aerogeneradores generan una parte considerable de la potencia. Además de una generación de energía regenerativa y de un suministro descentrado de la potencia activa, éstos tienen la ventaja de que los aerogeneradores modernos también pueden poner a disposición potencia reactiva de forma descentrada para el apoyo de la red en caso de fallo. Así puede reaccionarse de forma eficaz a fallos de red simétricos. Sin embargo, pueden aparecer dificultades en caso de fallos de red asimétricos. Por lo tanto, pueden producirse oscilaciones en el tramo de accionamiento del aerogenerador. Tales oscilaciones cargan el sistema de rotor generador y aumentan el riesgo de parada de un aerogenerador. Véase, por ejemplo, el documento DE 32 06 598 A1.

Se ha propuesto contrarrestar las oscilaciones del par de giro provocadas por fallos de red asimétricos por medio de una así llamada regulación de sistema invertido. Una regulación de este tipo se ha descrito en el artículo "Transient Performance of Voltage Source Converter under Unbalanced Voltage Dips" de Magueed, F. y otros. Un sistema invertido se forma en coordenadas  $d, q$  de rotación directa, de manera que se convierta en una señal igual. Las asimetrías de corriente que se producen en el generador pueden compensarse mediante suma y transformación inversa. Así se reducen las oscilaciones del par de giro. No obstante, este procedimiento tiene en concreto el inconveniente de que como reacción se producen mayores asimetrías de tensión. Por lo tanto, la red se carga en este sentido con una asimetría adicional.

Ciertamente para solventar este inconveniente se conoce la posibilidad de prever en la red alternadores sincrónicos. Sin embargo esta solución conlleva costes adicionales.

La invención se basa en la tarea de mejorar en este aspecto los aerogeneradores del tipo mencionado al principio, reduciendo las reacciones perjudiciales en la red en caso de fallos de red asimétricos.

La solución según la invención se basa en las características de las reivindicaciones independientes. Otros perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

En un aerogenerador con un generador accionado mediante un rotor que genera una potencia eléctrica polifásica para su aportación a una red, con un convertidor que se conecta al generador y a la red y que comprende un dispositivo de control, que interactúa con el convertidor, y una regulación de sistema invertido, se prevé según la invención que la regulación de sistema invertido presente un módulo de control de fase configurado para determinar una magnitud eléctrica del sistema invertido de forma específica para las fases.

La invención se basa en la idea de permitir una regulación de partes asimétricas en la red, de modo que se lleve a cabo un reparto específico para las fases en un sistema directo y en un sistema invertido. Por consiguiente, la invención aprovecha el hecho conocido de que es posible describir una red polifásica real a través de un sistema con coordenadas de giro directo de forma sincrónica (sistema directo), de un sistema de rotación opuesta (sistema invertido) y de un sistema homopolar. Los transformadores utilizados habitualmente no transmiten este último, de manera que es suficiente con considerar el sistema directo y el sistema invertido. En el sistema directo sincrónicamente giratorio con el indicador de fase, las partes simétricas de la corriente y la tensión se representan en la red como partes iguales y las partes asimétricas se representan como componentes con doble frecuencia de red (es decir, en caso de una frecuencia de red de 50 Hz como un componente de 100 Hz). En lo sucesivo, este componente se denomina de forma abreviada componente de 100 Hz. De forma correspondiente, en el sistema invertido las partes asimétricas se representan como una parte igual y las partes simétricas como componente de 100 Hz.

La parte esencial de la invención consiste en el conocimiento de prever una regulación específica para las fases en el sistema invertido. La consideración de la fase permite realizar en el sistema invertido una división en componente activo y componente reactivo. En este caso, el componente activo en el sistema invertido quiere decir, análogamente al sistema directo, una potencia o una corriente de igual fase que el sistema invertido. De forma correspondiente, por componente reactivo en el sistema invertido se entiende una potencia o una corriente de fase opuesta al sistema invertido. De este modo se permite prever la corriente disponible en el aerogenerador (que en la mayoría de los casos está limitada por límites térmicos de los componentes portadores de corriente) según la situación de servicio para la potencia activa o la potencia reactiva en el sistema invertido. Por lo tanto, con la regulación del sistema invertido específica para las fases también puede aprovecharse óptimamente la corriente precisamente en condiciones de red asimétricas en el sentido de una estabilización de la red. En tal caso los alternadores sincrónicos para el mantenimiento de la estabilidad en la red ya no son necesarios o sólo en menor medida.

En la regulación de aerogeneradores se conoce en principio una consideración separada del sistema activo y reactivo, no obstante limitada a condiciones simétricas en la red (es decir, en el sistema directo de acuerdo con la terminología aquí empleada). En relación con las condiciones asimétricas ciertamente se ha propuesto prever una regulación de sistema invertido (Saccomando, G. y otros: "Control and Operation of Grid-connected Voltage Source

Converter Under Grid Disturbances in Variable-speed Wind Turbines"), no obstante esta regulación se realiza completamente de forma no específica para las fases. Sólo sirve para reducir las corrientes de compensación asimétricas provocadas por una red asimétrica en el generador.

5 La regulación se realiza convenientemente de manera que, durante el funcionamiento normal del aerogenerador (es decir, sin fallos de red) se reduzca principalmente el componente activo del sistema invertido y concretamente con preferencia si es posible a un valor de cero. Por medio de un componente activo lo más reducido posible en el sistema invertido se consigue reducir o evitar las oscilaciones del par de giro del sistema de generador y rotor resultantes de asimetrías en la red. De este modo se pueden contrarrestar eficazmente las cargas mecánicas considerables que se producen normalmente en caso de asimetrías en la red.

10 Además la regulación se realiza convenientemente de modo que el componente reactivo de la corriente del sistema invertido se ajuste a un valor diferente de cero. En este caso se ajusta para el componente reactivo preferiblemente un valor teórico lo más elevado posible, en especial la corriente máxima admisible para el aerogenerador o la red. Por lo tanto, al contrario que en la regulación del componente activo, no se ajusta precisamente a un valor lo más reducido posible, sino que se pretende un objetivo de regulación totalmente diferente. Debido a que la regulación en el sistema invertido es, según la invención, específico para las fases, sólo se permite en general prever distintas regulaciones para el componente activo y el componente reactivo.

15 La regulación en el sistema directo se puede prever de un modo convencional. Sin embargo, en una forma de realización preferida de la invención también se puede prever un módulo Crossover configurado para enlazar la regulación del sistema invertido con la del sistema directo. Puede preverse que en caso de una carga elevada del aerogenerador y, por lo tanto, de corrientes intensas, se reduzcan el componente reactivo y el componente activo de la corriente en el sistema invertido, o incluso que ya no se aporte ninguna corriente de sistema invertido. De este modo es posible evitar una sobrecarga de los componentes portadores de corriente del aerogenerador precisamente en caso de carga elevada. En caso de un viento fuerte puede aprovecharse completamente la potencia del aerogenerador mientras que en caso de un viento más débil se aporta, según la invención, corriente a la red a través del sistema invertido para la estabilización. Preferiblemente se prevé con esta finalidad un dispositivo de observación de potencia que actúa conjuntamente con la regulación específica para las fases del sistema invertido. El mismo se configura para determinar el estado de carga respectivo del aerogenerador y para determinar la reserva de corriente disponible para la regulación a través del sistema invertido. Ventajosamente se prevé que la regulación del sistema invertido sólo se limite de forma temporal y en concreto especialmente en situaciones de revoluciones de rotor elevadas. Así puede evitarse una sobrecarga del convertidor del aerogenerador como consecuencia de una sobrecorriente o sobretensión en el circuito intermedio. Además es posible preestablecer convenientemente un umbral límite por debajo del cual se toleren las asimetrías y que no se ajuste a través de la regulación del sistema invertido. Con esta finalidad puede preverse un conmutador de valor umbral que puede integrarse ventajosamente en el dispositivo de observación de potencia.

20 La regulación se realiza además convenientemente de modo que, en caso de un fallo de red como, por ejemplo, de una caída de tensión asimétrica en la red, se ajuste en el sistema invertido preferentemente el componente reactivo. De esta forma es posible contrarrestar la asimetría de tensión. Puede preverse que en caso de fallo sólo se ajuste en el sistema invertido el componente reactivo. No obstante resulta preferible prever un módulo de ponderación para la regulación del sistema invertido. Con esta finalidad, el mismo se configura para, en caso de fallos de red en dependencia del tipo y la gravedad del fallo de red, especialmente de la asimetría de tensión, repartir la corriente disponible en los componentes activos y los componentes reactivos del sistema invertido. Resulta especialmente preferible si el módulo de ponderación se configura adicionalmente de manera que también se incluyan los componentes activos y los componentes reactivos del sistema directo. Puede preverse un módulo de prioridad que, en función de la carga del aerogenerador y de la situación del fallo de red de la regulación del sistema invertido y en su caso también de la del sistema directo, preestablezca prioridades de regulación.

25 Durante el servicio normal resulta oportuno en principio alimentar la mayor cantidad posible de corriente activa en el sistema directo; las especificaciones de valores de guía de la regulación se realizan aquí preferiblemente por medio de la regulación de momentos conocida o de la regulación de potencia del aerogenerador, en su caso adaptadas a las especificaciones eléctricas de la red eléctrica conectada. La corriente reactiva en el sistema directo se determina en dependencia de la corriente activa alimentada o conforme a la regulación de tensión de la red. En este sentido la regulación es en sí conocida. Con la siguiente prioridad se calcula un componente activo para la corriente en el sistema invertido por medio de la regulación del sistema invertido específica para las fases según la invención. De este modo se consigue una reducción de las oscilaciones, especialmente para el generador y/o el circuito intermedio del convertidor. Siempre que sea necesario o se desee, es posible determinar con una prioridad subordinada un componente reactivo del sistema invertido, a fin de reducir las tensiones asimétricas que eventualmente se produzcan. Si, por el contrario, se detecta en la red una situación de fallo, el módulo de prioridad preestablece prioridades modificadas. En este caso, en dependencia del fallo de red y del punto de servicio actual, el módulo de prioridad puede diferenciar entre la preferencia de la estabilización de red o el cuidado de la instalación. Si el módulo de prioridad preestablece una estabilización de la red, se alimenta prioritariamente corriente reactiva en el sistema directo y el sistema invertido, conforme a la parte simétrica y asimétrica de la tensión que se produce. Siempre que el módulo de prioridad preestablezca un cuidado de la instalación, se alimenta prioritariamente corriente activa en el sistema directo para poder regular las oscilaciones en la barra de tracción y/o las variaciones de las revoluciones. A continuación, las reservas de regulación restantes pueden ponerse a disposición del otro sistema respectivo. Con

esta finalidad puede preverse un módulo de distribución especial que, en función de la corriente disponible y de la reserva de potencia, determine la proporción de las corrientes activas y reactivas en el sistema directo respecto a las del sistema invertido. El módulo de distribución puede configurarse de forma dinámica o puede implementarse una estática, por ejemplo, en forma de una tabla.

5 El control del aerogenerador contiene preferiblemente un modelo del recorrido a regular. Para la regulación del sistema invertido específica para las fases se implementa ventajosamente un modelo de recorrido propio especialmente del generador. Se ha demostrado que las características fundamentales especialmente del rotor del generador presentan una dependencia de la frecuencia considerable que puede tenerse en cuenta de forma óptima mediante un modelo de recorrido propio en especial con respecto a la oscilación de 100 Hz.

10 La invención se refiere además a un parque eólico en el que se realiza una regulación específica para las fases en el sistema invertido de forma descentrada en uno o varios aerogeneradores o en el que la misma se prevé en un dispositivo de control central (parque maestro).

Por otra parte, la invención se refiere a un procedimiento correspondiente para la utilización de un aerogenerador y/o de un parque eólico. Para la explicación se hace referencia a las realizaciones de arriba que también se aplican análogamente al procedimiento.

15 La invención se explica a continuación por medio de un ejemplo de realización ventajoso con respecto al dibujo adjunto. Se muestra en la:

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

Figura 2 una vista esquemática de un parque eólico según la invención;

20 Figura 3 una vista en bloque del control de convertidor con la regulación de sistema invertido; y

Figura 4 una vista en detalle de la estructura de la regulación según la figura 3.

En la figura 1 se representa un aerogenerador 1 según un ejemplo de realización de la invención. Éste comprende una caja de máquina 11 dispuesta de forma giratoria en una torre 10, en cuya cara frontal se dispone de forma giratoria un rotor 2. Éste acciona, a través de un árbol de rotor 3, un generador 4 que en el ejemplo de realización representado se realiza como alternador asincrónico con doble alimentación. El generador se conecta con su estator en líneas de conexión 9 unidas a una red de distribución 99 a través de un transformador opcional. Se prevé además un convertidor 5 a través del cual el rotor del generador se conecta a las líneas de conexión 9.

Se prevé un control 6 que se configura para la gestión del servicio del aerogenerador. El mismo se conecta a los componentes del aerogenerador a través de líneas de señal no representadas en particular. El control 6 dispone de una interfaz de comunicación, de manera que sea posible un control a distancia a través de líneas telefónicas o de datos. La interfaz de comunicación sirve además para la comunicación de un aerogenerador, instalado en un parque eólico, con un parque maestro 8. El control 6 sirve especialmente para el control del convertidor 5 y presenta para ello un módulo de control de convertidor 7. Probablemente no se representen módulos de compensación externos existentes (por ejemplo, Statcom, SVC) que también se pueden instalar en el parque como fuentes de potencia reactiva.

Para la explicación de la estructura y el funcionamiento del módulo de control del convertidor 7 se hace referencia especialmente a la figura 3. En las líneas de conexión 9 que conducen a la red 99 se disponen sensores de medición para la tensión y la corriente. Los valores de medición se aplican a las entradas del módulo de control del convertidor 7. También se aplica a una entrada una señal para la fase  $\Theta$  en la red 99 o en las líneas de conexión 99.

40 En un paso de entrada del módulo de control del convertidor 7 se lleva a cabo una transformación de coordenadas en un sistema giratorio. Para ello se prevén un bloque 71 para la transformación de los valores de tensión y un bloque 72 para la transformación de los valores de corriente. La transformación se realiza de un modo conocido en un sistema giratorio (sistema directo) de forma sincrónica con la fase y en un sistema giratorio opuesto (sistema invertido). En este caso, las partes simétricas de tensión y de corriente en el sistema directo se representan como partes iguales y las partes asimétricas como parte alterna con una frecuencia de acuerdo con el doble de la frecuencia de red (es decir, 100 Hz en redes de 50 Hz y 120 Hz en redes de 60 Hz). A continuación esta parte alterna se denomina componente de 100 Hz. Las partes asimétricas de tensión y corriente se representan en el sistema invertido como partes iguales y las partes simétricas como componentes de 100 Hz. Mediante filtros correspondientes (filtro de paso bajo, filtro de paso de banda, etc.) pueden filtrarse los componentes de 100 Hz.

45 Por consiguiente, en la salida de los bloques sólo se indican aún magnitudes iguales en el sistema directo y en el sistema invertido (remarcado por medio de las letras de referencia p o n) y concretamente como las así llamadas coordenadas d, q. El bloque 71 indica los valores de tensión en el sistema directo y en el sistema invertido y el bloque 72 indica los valores de corriente en el sistema directo y en el sistema invertido.

De las magnitudes para tensión y corriente transmitidas al sistema de coordenadas d, q, la tensión y los valores de corriente del sistema directo se aplican a un bloque de regulación del sistema directo 73. El bloque de regulación del sistema directo 73 corresponde en gran medida en su estructura y funcionamiento a la regulación prevista en aerogeneradores convencionales sin regulación de sistema invertido. Por lo tanto, no es necesaria una explicación más detallada. Los valores de tensión y de corriente del sistema invertido se aplican a un bloque de regulación del sistema invertido 74. Éste comprende un módulo de fases 75 que proporciona una señal sobre la fase  $\Theta$  en la red

para el bloque de regulación del sistema invertido. Más abajo se explican detalles sobre la realización del bloque de regulación del sistema invertido 74.

En su salida, el bloque de regulación del sistema invertido pone a disposición señales de regulación para componentes activos y componentes reactivos  $lw\_n$  y  $lb\_n$  de la corriente en el sistema invertido, así como un valor para una corriente reactiva  $lb\_p$  en el sistema directo. Este último actúa conjuntamente con señales de salida del bloque de regulación del sistema directo 73 realizado de un modo en sí conocido. Las señales de salida de ambos bloques de regulación se transforman respectivamente por separado en un sistema de coordenadas bidimensional teniendo en cuenta la fase  $\Theta$  en la red por medio de bloques de transformación inversa 77, 78. En este sistema de coordenadas, los valores para el sistema directo y para el sistema invertido se suman en un elemento de adición 79 y finalmente se convierten en el sistema trifásico a través de otro bloque de conversión de coordenadas 80 y se aplican como señales de control al convertidor, más concretamente a un modulador de duración de impulsos 55 que controla el convertidor 5.

Para la explicación adicional de los bloques de regulación 73, 74 se hace referencia a la figura 4. Se representan adicionalmente entradas para una serie de señales teóricas y concretamente un valor teórico que actúa como valor límite para el componente activo de la corriente en el sistema invertido ( $lwMax\_n$ ), un valor teórico para la potencia activa en el sistema directo ( $Ps\_p$ ), un valor teórico que actúa como valor límite para la tensión en el sistema invertido ( $UMax\_n$ ) y un valor teórico para la tensión en el sistema directo ( $Us\_p$ ).

Los bloques de regulación 73, 74 presentan respectivamente un núcleo de regulador 83, 84 que contiene respectivamente un modelo de recorrido. La realización separada para el sistema directo y el sistema invertido permite que para el sistema invertido se prevea otro modelo de recorrido en el núcleo del regulador 84 del sistema invertido que en el núcleo del regulador 83 del sistema directo. De este modo pueden considerarse especialmente estas diferencias entre el sistema directo y el sistema invertido como las que resultan, por ejemplo, de una resistencia de rotor del generador 4 dependiente de la frecuencia.

Además se prevé un dispositivo de observación de potencia 81. Éste sirve para determinar valores límite aún admisibles para la corriente activa y la corriente reactiva en dependencia del estado de carga del aerogenerador, y en concreto convenientemente tanto para el sistema directo, como también para el sistema invertido. En el dispositivo de observación de potencia 81 se prevén entradas para la corriente reactiva en el sistema invertido  $lb\_n$ , para la corriente reactiva en el sistema directo  $lb\_p$ , así como para el valor de tensión en el sistema directo  $U\_p$ . Además se prevé una señal de valor límite para una corriente máxima admisible  $I\_max$ . El dispositivo de observación de potencia 81 determina a partir de la misma la potencia activa suministrada por el aerogenerador y calcula además valores límite para los componentes reactivos y los componentes activos en el sistema invertido, así como en el sistema directo teniendo en cuenta la corriente máxima admisible  $I\_max$ . Los valores límite se aplican a los módulos de limitación correspondientes 85, 86, 87 y 88. Las señales de salida son componentes reactivos y activos en el sistema directo y en el sistema invertido  $lb\_p$ ,  $lb\_n$ ,  $lw\_p$  e  $lw\_n$ . El dispositivo de observación de potencia 81 comprende además un conmutador de valor umbral que tolera asimetrías dentro de una banda de tensión determinada  $\Delta U$  y, en este sentido, desactiva la regulación del sistema invertido.

A los núcleos del regulador 83, 84 se les asigna un módulo de prioridad 82. El mismo se configura para llevar a cabo una ponderación de las partes de corriente en el sistema invertido y preferiblemente también en el sistema directo actuando conjuntamente con el dispositivo de observación de potencia 81 y un detector de fallos de red 80.

En este caso, el funcionamiento es el siguiente:

Durante el funcionamiento normal del aerogenerador se pone a disposición la máxima cantidad posible de corriente activa en el sistema directo. De este modo debe aportarse a la red 99 una medida máxima de potencia mejorada en función de las condiciones del viento respectivamente reinantes. El componente activo en el sistema invertido debe reducirse dentro de lo posible a cero, a fin de contrarrestar las oscilaciones de 100 Hz de la barra de tracción que resultan perjudiciales y solicitan el material. Por el contrario, el componente reactivo del sistema invertido debe ajustarse a un valor admisible máximo para el aerogenerador o la red 99. Gracias al dispositivo de observación de potencia 81 puede preverse que las corrientes en el sistema invertido varíen en dependencia del estado de carga del aerogenerador. Así se puede prever que, en caso de un viento fuerte y, por consiguiente, (al menos temporalmente) corrientes intensas en el sistema directo, sólo se lleve a cabo una alimentación reducida o incluso ninguna alimentación del componente activo ni del componente reactivo en el sistema invertido. De esta forma es posible evitar, precisamente en períodos de tiempo con una carga elevada, una sobrecarga del convertidor 5, por ejemplo, como consecuencia de corrientes demasiado altas o de amplitudes de tensión demasiado elevadas en el circuito intermedio del convertidor 5. Por lo tanto resulta la siguiente prioridad: la prioridad máxima corresponde a la alimentación de corriente activa en el sistema directo y concretamente por regla general conforme a los datos de una regulación de orden superior. La segunda prioridad máxima corresponde a la puesta a disposición de corriente reactiva en el sistema directo para la regulación de tensión o la regulación de frecuencia en la red 99. La tercera prioridad corresponde a la corriente activa en el sistema invertido, a fin de reducir oscilaciones. La corriente restante para el sistema invertido se calcula a partir de la diferencia entre la corriente en el sistema directo y la corriente máxima admisible. La cuarta prioridad corresponde finalmente a otra reducción de la tensión del sistema invertido. La cantidad de corriente reactiva en el sistema invertido disponible para la misma se determina a partir de la diferencia vectorial entre la corriente restante y su componente de corriente activa.

En caso de un fallo de red, que bien puede detectarse mediante el detector de fallos de red 80 o bien indicarse a través de una señal correspondiente de un parque maestro o de una central del operador de red, se prevé otra distribución de la corriente gracias al módulo de prioridad 82. En dependencia del fallo de red y del punto de servicio en ese momento, el módulo de prioridad 82 diferencia entre la prioridad de la estabilización de red o del cuidado de la instalación. Siempre que el módulo de prioridad preestablezca un cuidado de la instalación, se aporta prioritariamente corriente activa en el sistema directo para poder regular las oscilaciones en la barra de tracción y/o las variaciones del número de revoluciones. Si el módulo de prioridad preestablece una estabilización de red, se aporta prioritariamente corriente reactiva en el sistema directo y en el sistema invertido, según el componente simétrico y asimétrico de la tensión que se genera. Se lleva a cabo una ponderación entre la corriente reactiva en el sistema directo  $I_{b\_p}$  y la corriente reactiva en el sistema invertido  $I_{b\_n}$ . Mientras que la primera actúa en la red estabilizando la tensión, la última se encarga de reducir las asimetrías de tensión. La ponderación puede realizarse por medio de una tabla, un diagrama característico, un modelo de sistema o por medio de una fórmula. La proporción de corriente reactiva en el sistema directo respecto a la corriente reactiva en el sistema invertido se puede calcular como en el siguiente ejemplo (con magnitudes normalizadas)

$$I_{b\_p} = 0,5$$

$$I_{b\_n} = 0,7$$

$$kI = \frac{I_{b\_p}}{I_{b\_n}}$$

La distribución de la corriente disponible en corriente reactiva en el sistema directo o corriente reactiva en el sistema invertido se realiza con

$$I = I_p + I_n$$

$$I_p = \sqrt{I_{w\_p}^2 + I_{b\_p}^2}$$

$$I_n = I_{b\_n} = \frac{I_{b\_p}}{kI}$$

$$I = \sqrt{I_{w\_p}^2 + I_{b\_p}^2} + \frac{I_{b\_p}}{kI}$$

De este modo puede conseguirse, en caso de fallo, tanto una buena estabilización en la red, como también una amortiguación eficaz de la barra de tracción frente a oscilaciones de 100 Hz perjudiciales.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Aerogenerador con un generador (4) accionado mediante un rotor (2) que genera de forma polifásica potencia eléctrica para la alimentación en una red (99), con un convertidor (5) que se conecta al generador (4) y a la red (99), y con un control (6, 7) que actúa conjuntamente con el convertidor (5) y que comprende una regulación del sistema invertido (74), caracterizado por que la regulación del sistema invertido (74) presenta un módulo de control de fases (75) configurado para determinar una magnitud eléctrica del sistema invertido específica para las fases y para llevar a cabo en el sistema invertido una distribución en componente activo y componente reactivo, de manera que la regulación en el sistema invertido sea específica para las fases.
- 10 2. Aerogenerador según la reivindicación 1, caracterizado por que la regulación del sistema invertido (74) comprende un regulador de potencia activa.
- 15 3. Aerogenerador según la reivindicación 2, caracterizado por que el regulador de potencia activa de la regulación del sistema invertido presenta una entrada de valor teórico a la que se aplica preferiblemente un valor igual a cero.
4. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la regulación del sistema invertido comprende un regulador de potencia reactiva.
- 20 5. Aerogenerador según la reivindicación 4, caracterizado por que el regulador de potencia reactiva presenta una entrada de valor teórico al que se aplica preferiblemente un valor distinto de cero.
- 25 6. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevé un dispositivo de observación de potencia (81) configurado para determinar para la corriente una potencia disponible y/o una corriente disponible en dependencia de la carga del aerogenerador (1) y de un valor máximo admisible.
7. Aerogenerador según la reivindicación 6, caracterizado por que el dispositivo de observación de potencia (81) se conecta con su salida a la entrada de valor teórico de la regulación del sistema invertido (74), preferiblemente a su regulador de potencia reactiva.
- 30 8. Aerogenerador según la reivindicación 6 ó 7, caracterizado por que se prevé un módulo de limitación (86, 88) configurado para limitar el componente activo y/o el componente reactivo de la corriente en el sistema invertido en función del dispositivo de observación de potencia (81).
- 35 9. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevé un conmutador de valor umbral que actúa sobre la regulación del sistema invertido (74) de manera que se toleren asimetrías por debajo de un umbral que se puede preestablecer.
- 40 10. Aerogenerador según la reivindicación 9, caracterizado por que el conmutador de valor umbral se integra en el dispositivo de observación de potencia (81) según la reivindicación 6.
- 45 11. Aerogenerador según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se prevé un módulo Crossover (82) configurado para combinar la regulación del sistema invertido con la del sistema directo.
- 50 12. Parque eólico con varios aerogeneradores (1) y con una regulación de parque (8), presentando los aerogeneradores (1) respectivamente un generador (4) accionado mediante un rotor (2) que genera potencia eléctrica de forma polifásica para la alimentación en una red, un convertidor (5) conectado al generador (4) y a la red (99), y un control (6, 7) que actúa conjuntamente con el convertidor (5), caracterizado por que la regulación del parque (8) presenta de forma descentrada o centrada una regulación de sistema invertido con un módulo de control de fases (75) configurado para determinar una magnitud eléctrica del sistema invertido de forma específica para las fases y para llevar a cabo en el sistema invertido una división en componente activo y componente reactivo, de modo que la regulación en el sistema invertido sea específica para las fases.
- 55 13. Parque eólico según la reivindicación 12, caracterizado por que la regulación del sistema invertido se realiza de acuerdo con una de las reivindicaciones 2 a 11.
- 60 14. Parque eólico según la reivindicación 12 ó 13, caracterizado por que la regulación del sistema invertido en el parque eólico se realiza incluyendo controladores de potencia reactiva externos.
- 65 15. Procedimiento para la regulación de un aerogenerador con un generador (4) accionado mediante un rotor (2) que genera de forma polifásica potencia eléctrica para la alimentación en una red (99), con un convertidor (5) que se conecta al generador (4) y a la red (99), y con un control (6, 7) que actúa conjuntamente con el convertidor (5), con las siguientes fases  
registro de la corriente y la tensión para las fases de la red (99),  
transformación en un sistema directo y en un sistema invertido,  
caracterizado por la regulación específica para las fases en el sistema invertido.

16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por la utilización de una regulación de sistema invertido según una de las reivindicaciones 2 a 11.



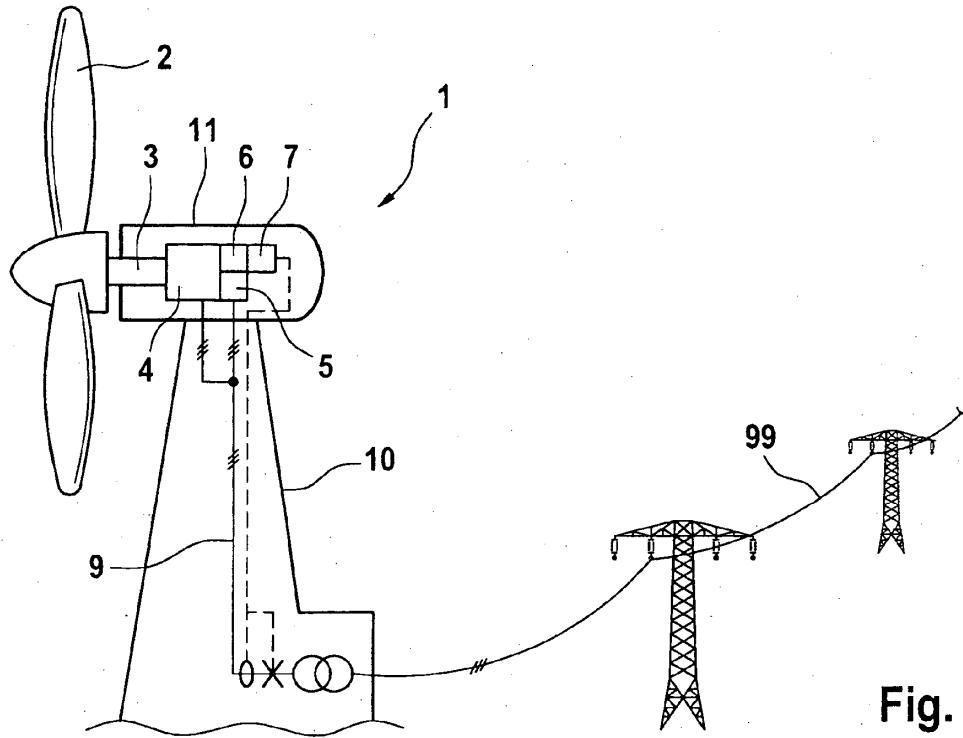


Fig. 1

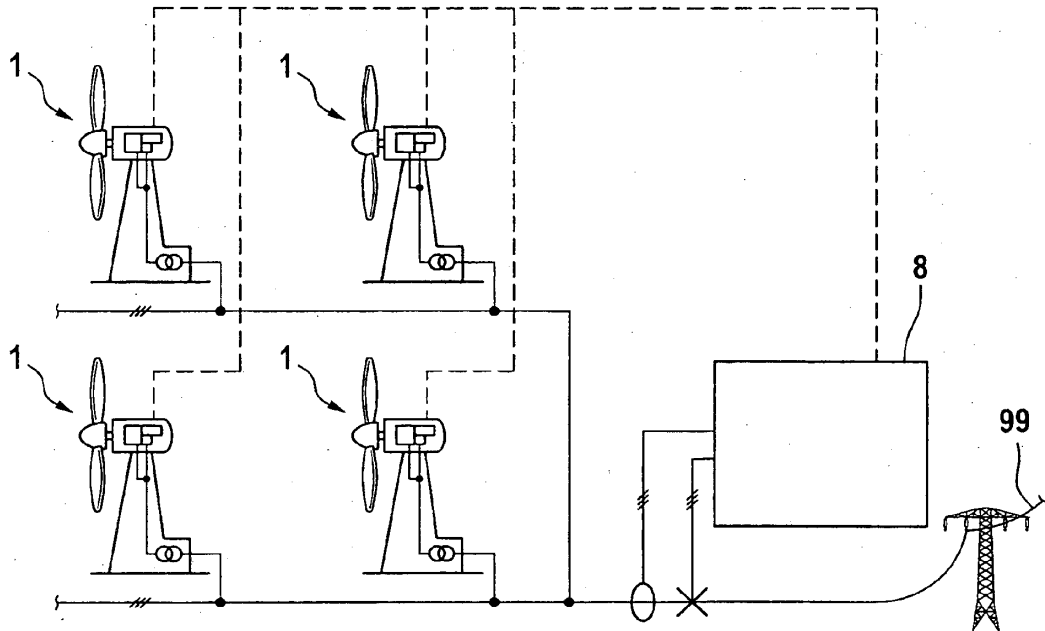


Fig. 2

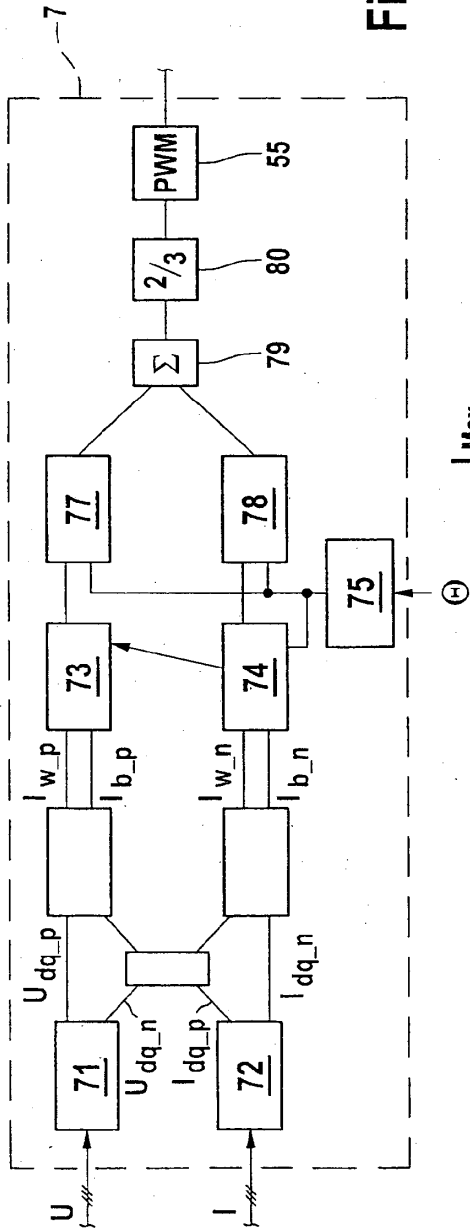


Fig. 3

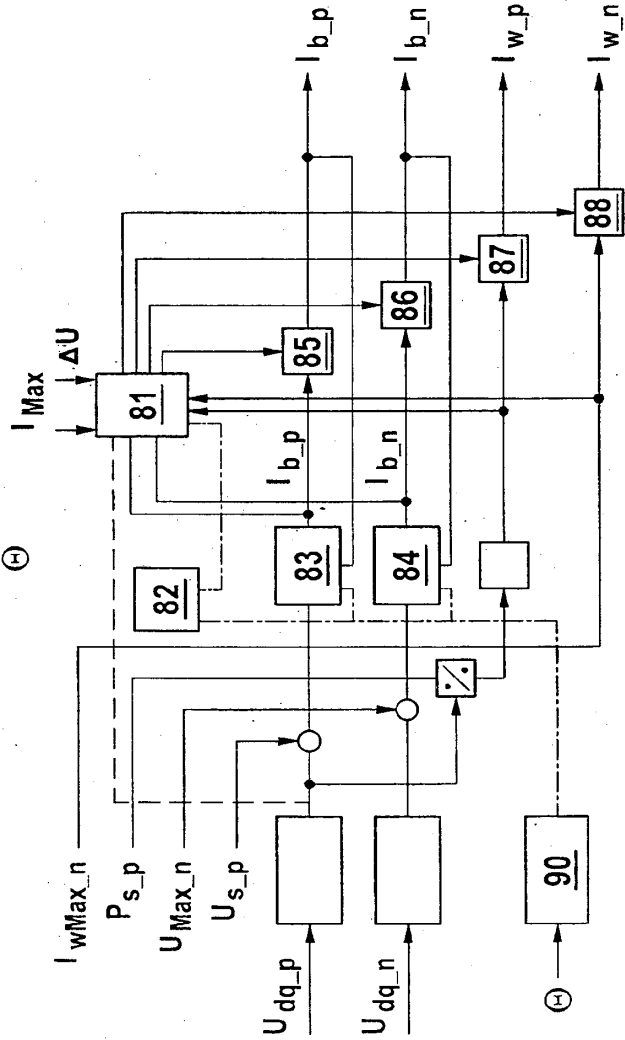


Fig. 4