

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 684 381**

51 Int. Cl.:

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2008 E 08012394 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.05.2018 EP 2017473**

54 Título: **Instalación de energía eólica con intervalo ampliado del número de revoluciones**

30 Prioridad:

10.07.2007 DE 102007032179

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

02.10.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

LETAS, HEINZ-HERMANN

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 684 381 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

Instalación de energía eólica con intervalo ampliado del número de revoluciones

5 La invención se refiere a una instalación de energía eólica con un rotor eólico, un generador asincrónico doblemente alimentado y accionado por el anterior y un convertidor para la alimentación de energía eléctrica a una red, estando conectadas una parte del lado del motor del convertidor a un rotor y una parte del lado de la red a un estator del motor asincrónico doblemente alimentado, y está previsto un dispositivo de control con una regulación del convertidor que regula al convertidor en base a parámetros predeterminados en un tipo de funcionamiento normal.

10 Instalaciones de energía eólica modernas, en particular aquellas con clases de potencia elevadas en el intervalo de los megavatios, están realizadas de forma variable en el número de revoluciones. Esto significa que el número de revoluciones del rotor eólico puede ser ajustado, mediante ajuste del ángulo de ataque de los álabes, a las condiciones de viento que reinen en cada caso. Mientras que en el caso de bajas velocidades del viento se ajusta un número de revoluciones bajo, de manera correspondiente, en el caso de velocidades del viento elevadas, se ajusta un número de revoluciones alto. En el caso de un momento constante, en el árbol del rotor entre el rotor eólico y el generador se cumple en este caso que cuanto mayor sea el número de revoluciones, tanto mayor será la potencia transmitida y, con ello, también el rendimiento de la instalación de energía eólica. Una dificultad estriba en que, en virtud de los parámetros límite en la instalación de energía eólica se han de respetar determinados números de revoluciones máximos y mínimos. En relación con la tensión del rotor del generador, la limitación consiste en que también en el caso de alcanzar el número de revoluciones máximo (o bien mínimo), la tensión no debe ser superior a la tensión alterna máxima generable por el convertidor. Habitualmente, por lo tanto, se elige de manera correspondiente la relación de transmisión eléctrica de motores asincrónicos doblemente alimentados. Con ello, se puede conseguir que la tensión del rotor en funcionamiento se adapte a los valores límites del convertidor. Sin embargo, se ha demostrado que en el caso de generadores muy potentes, ya no se puede realizar la relación de transmisión en sí necesaria. Esto es válido, en particular, en el caso de la retro-adaptación de instalaciones de energía eólica. Con el fin de poder transmitir a pesar de ello la gran potencia, se requiere sustituir el convertidor por un límite de tensión superior, lo cual es costoso, o prever una limitación del intervalo del número de revoluciones de la instalación de energía eólica, lo cual reduce la utilidad y, con ello, el rendimiento de la instalación de energía eólica. Particularmente perturbador es, en el caso de la limitación del intervalo del número de revoluciones ventajoso bajo puntos de vista de costos, que se pierde la reserva del número de revoluciones remanente para oscilaciones de intensidades de viento, en particular para ráfagas de viento.

30 El documento US 4994684 muestra una instalación de energía eólica de acuerdo con la cláusula precharacterizante de la reivindicación 1.

35 Es conocido limitar un aumento indeseado de la tensión del rotor en el caso de una frecuencia de la red divergente mediante conmutación a otra curva característica del momento de giro/número de revoluciones (documento US 2007/069522 A1). En el caso de una carga baja, es decir, un número de revoluciones por debajo del número de revoluciones sincrónico, la curva característica es desplazada a un momento de giro más bajo, de modo que se ajusta un nuevo punto de funcionamiento en el caso de un número de revoluciones algo mayor, es decir, próximo al número de revoluciones sincrónico. El deslizamiento del generador se reduce, con lo cual disminuye la tensión del rotor. De manera correspondiente, en el caso de una carga elevada, es decir, un número de revoluciones por encima del número de revoluciones sincrónico, la curva característica se desplaza a un momento de giro mayor, de modo que se ajusta un nuevo punto de funcionamiento en el caso de un número de revoluciones algo más bajo. El deslizamiento y, con ello, la tensión del rotor se reducen de esta forma igualmente. Lo desventajoso de este enfoque conocido es que la curva característica del momento de giro/número de revoluciones es desplazada a números de revoluciones medios, con lo cual se reduce, entre otros, el número de revoluciones máximo previsto. La reserva de ráfagas de viento disminuye con ello, además aumenta la carga del momento de giro de la cadena cinemática.

45 La invención tiene por misión mejorar una instalación de energía eólica del tipo mencionado al comienzo en el sentido de que, también en el caso de clases elevadas de potencia, el intervalo del número de revoluciones no necesita ser limitado sin modificación del convertidor.

La invención se refiere a una instalación de energía eólica de acuerdo con la reivindicación 1 y a un procedimiento conforme a la reivindicación 8.

50 La solución de acuerdo con la invención se encuentra en las características de las reivindicaciones independientes. Perfeccionamientos ventajosos son objeto de las reivindicaciones dependientes.

En el caso de una instalación de energía eólica con un rotor eólico, un generador asincrónico doblemente alimentado y accionado con el anterior y un convertidor para la alimentación de energía eléctrica a una red, estando

5 conectada una parte del lado del generador del convertidor a un rotor y una parte del lado de la red del convertidor a un estator del motor asincrónico doblemente alimentado, y un dispositivo de control con una regulación del convertidor, de acuerdo con la invención está previsto un selector del modo que coopera con la regulación del convertidor de modo que puede ser conmutado entre dos tipos de funcionamiento, el tipo de funcionamiento normal y un tipo de funcionamiento de tensión reducida, en el que se disminuye la excitación del generador con respecto al tipo de funcionamiento normal.

10 Con el selector del modo, la invención actúa de manera preestablecida sobre la regulación del convertidor, con el fin de provocar de esta forma un determinado tipo de funcionamiento del convertidor, mejor dicho, de uno o de los dos inversores del convertidor. En el caso del funcionamiento en un intervalo superior al sincrónico, es decir, con una carga elevada, puede estar previsto que al menos uno de los inversores del convertidor sea llevado al funcionamiento infra-excitado. Con ello, el inversor genera una corriente reactiva (inductiva) adicional que actúa de forma reductora de la tensión en relación con la tensión del rotor. Con ello, se puede impedir el rebase por encima de valores límite de la tensión del rotor. La instalación de energía eólica puede ser hecha funcionar, con ello, también en el caso de una elevada potencia y, con ello, un mayor número de revoluciones, en un funcionamiento supersincrónico, pero a pesar de ello continúa manteniéndose una reserva suficiente para la tensión del rotor. Gracias a la invención, ya no es necesaria una limitación del número de revoluciones para la protección del generador o bien convertidor frente a tensiones del rotor demasiado elevadas.

Seguidamente se explican algunos términos y expresiones:

20 Por funcionamiento supersincrónico se entiende un funcionamiento de la instalación de energía eólica a números de revoluciones que se encuentran a un nivel mayor que el número de revoluciones sincrónico. De manera correspondiente, un funcionamiento sincrónico es un funcionamiento de la instalación de energía eólica en el caso de un número de revoluciones sincrónico y un funcionamiento subsincrónico es un funcionamiento a un número de revoluciones que se encuentra a un nivel más bajo que el número de revoluciones sincrónico. Esto último tiene lugar en el caso de escasas velocidades del viento, mientras que con un viento creciente se elige el funcionamiento sincrónico y después el funcionamiento supersincrónico. Como resulta de lo que antecede, el funcionamiento con una carga elevada tiene lugar en un intervalo supersincrónico.

30 La invención alcanza una serie de ventajas. Por una parte, se alcanza una ampliación del espectro del número de revoluciones útil en el caso de la limitación de la tensión del rotor a determinados valores máximos. Dado que los límites del número de revoluciones no necesitan ser reducidos, la reserva del número de revoluciones se encuentra a disposición al igual que en el caso de instalaciones de clases de potencia bajas, de modo que la instalación eólica de acuerdo con la invención presenta también una resistencia a las ráfagas de viento correspondientemente elevada. Con ello, la invención se ofrece, en particular, también para la dotación de instalaciones de energía eólica existentes, siendo intercambiado el generador por uno de mayor potencia. Gracias a la configuración de acuerdo con la invención, no se requiere un intercambio correspondiente y costoso del convertidor por uno de mayor potencia. Por lo tanto, la invención posibilita poner en funcionamiento un generador más potente con un convertidor diseñado para una clase de potencia más baja y, a pesar de ello, obtener la banda del número de revoluciones aprovechable.

35 Preferiblemente, está previsto un sensor de tensión que determina la tensión que se aplica en el estator del generador y que coopera con el selector del modo de forma que se reduce la excitación del generador en función de la tensión del estator. Con ello, una caída de tensión (diferencia entre la tensión del rotor y la tensión del estator) a través del generador puede ajustarse de modo que resulte una tensión del rotor deseada. La tensión del rotor puede ser conservada de esta forma frente a un aumento indeseado, por ejemplo en virtud de una tensión o frecuencia de la red que se desvía del valor normal.

45 Puede estar prevista una regulación para la tensión del rotor que convenientemente está realizada de modo que en el tipo de funcionamiento de reducción de la tensión tiene lugar una regulación de la tensión del rotor a un valor ajustable por debajo del valor en el tipo de funcionamiento normal. Este valor se designa como valor bajo. En este caso, puede estar previsto un dispositivo para la determinación del valor teórico que determina el valor bajo en función de la tensión del estator y/o de la frecuencia de la red. La invención ha reconocido que existe el riesgo de tensiones del rotor excesivas, precisamente en el caso de determinadas constelaciones con una baja frecuencia de la red de, p. ej., 47,5 Hz (en una red de 50 Hz) y/o una tensión de la red elevada (aprox. a partir de 110% del valor teórico) y requiere una generación de corriente reactiva particularmente elevada para el rotor.

50 Para la generación de acuerdo con la invención de corriente reactiva para reducir la tensión del rotor pueden emplearse básicamente ambos inversores, el del lado del generador como también el inversor del lado de la red, del convertidor. Ventajosamente, se emplea el inversor del lado del generador, dado que puede aprovechar la relación de transmisión del motor asincrónico doblemente alimentado como un factor de refuerzo y, además, puede

aprovecharse la caída de tensión en la impedancia del generador. Sin embargo, no debe estar excluido el que adicional o alternativamente se recurra al inversor del lado de la red.

En particular, para el inversor del lado de la red está previsto ventajosamente un módulo de conmutación adicional, que lleva al inversor del lado de la red a un tipo de funcionamiento sub-excitado, excitado normal o sobre-excitado. Cooperará con el selector del modo tal como se describe en lo que sigue. Básicamente, se elige el tipo de funcionamiento neutro, a saber cuando el inversor del lado de la red no tenga que generar una corriente reactiva. Este tipo de funcionamiento se ofrece particularmente para casos de elevada potencia activa punta, cuando ya apenas se disponga sin más o no se disponga de una reserva de corriente. Con el fin de sustentar el efecto deseado de la disminución de la tensión, se elige convenientemente el tipo de funcionamiento sub-excitado. Esto es particularmente válido cuando la disminución de la tensión del rotor tenga que ser lo más elevada posible. Sin embargo, también puede ser que ciertamente se tenga que alcanzar una disminución lo más amplia posible de la tensión del rotor con ayuda del inversor del lado de la red, pero que tengan que mantenerse lo más bajos posible los efectos sobre la red a la que está conectada la instalación de energía eólica. Entonces, se elegiría el tipo de funcionamiento sobre-excitado. En el caso de este tipo de funcionamiento, el inversor del lado del generador procura la disminución deseada de la tensión del rotor, mientras que el inversor del lado de la red mantiene bajos los efectos de la alimentación de potencia reactiva llevada a cabo por el inversor del lado del generador en relación con el comportamiento en la red.

Preferiblemente, el módulo de conmutación adicional coopera con una instalación de compensación, de modo que ésta sustenta en el funcionamiento sobre-excitado al inversor del lado de la red. Con ello, en particular instalaciones de compensación sin más existentes, pueden ser aprovechadas para proporcionar la potencia reactiva inductiva deseada.

Además de ello, la regulación del inversor puede estar configurada para medir y vigilar la tensión del rotor. Si la tensión del rotor supera un valor límite predeterminable, la regulación del inversor activa dispositivos de protección tales como, p. ej., una palanca, para reducir la tensión del rotor y proteger así al generador frente a daños por una tensión excesiva del rotor.

La invención se refiere, además, a un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, en el que una regulación del inversor conmuta al inversor entre un tipo de funcionamiento normal y un tipo de funcionamiento reducido en tensión de modo que la excitación del rotor del generador asincrónico doblemente alimentado en funcionamiento sobre-sincrónico, en el caso de una elevada potencia (correspondiente a elevadas fuerzas de viento) se reduce con respecto al tipo de funcionamiento normal. Para una explicación más detallada se remite a las exposiciones anteriores.

La invención se explica seguidamente haciendo referencia al dibujo adjunto en el que se representa un ejemplo de realización ventajoso. Muestran:

La Fig. 1, una vista esquemática de una instalación de energía eólica de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención;

la Fig. 2, una vista en detalle de un convertidor y de una regulación del convertidor de la instalación de energía eólica de acuerdo con la Fig. 1;

la Fig. 3, un esquema equivalente del generador y su conexión a una red;

la Fig. 4, curvas características de la instalación de energía eólica de acuerdo con la Fig. 1; y

la Fig. 5, diagramas con respecto al efecto de la invención a diferentes condiciones de funcionamiento.

Una instalación de energía eólica realizada de acuerdo con un ejemplo de realización de la invención comprende una torre 1, en cuyo extremo superior está dispuesta de forma giratoria una sala de máquinas 2 en la dirección del acimut. En un lado frontal de la sala de máquinas 2 está dispuesto un rotor eólico 3 con varios álabes 31 (en el Ejemplo 3 representado) ajustables con relación a su ángulo de ajuste. A través de un árbol 32, el rotor eólico 3 acciona un generador 4 dispuesto en la sala de máquinas 2. En el caso del generador se trata de un generador asincrónico doblemente alimentado con un estator y un rotor. Además, en la sala de máquinas están dispuestos un convertidor 5 y un control de operaciones 6 para la instalación de energía eólica, que está unido con una regulación 7 del convertidor. Esta última controla al convertidor y a su inversor y ajusta directamente los parámetros eléctricos del convertidor 5. La energía eléctrica proporcionada por el generador 4 en unión con el convertidor 5 es entregada a una red 9 a través de una línea 15 y un transformador de tensión media 19 dispuesto habitualmente en el pie de la

torre. En el caso de la red 9 se puede tratar de una red de transmisión pública o de un sistema de transmisión de unión interno de un parque eólico.

5 En lo que sigue se describen con mayor detalle la conexión eléctrica del generador 4 en unión con el convertidor 5 y su cooperación con la regulación 7 del convertidor. El generador asincrónico 4 doblemente alimentado presenta un rotor y un estator. En el estator está conectada directamente la línea de unión 15. Con ello, la tensión en el estator es determinada directamente por la tensión de la red. Por el contrario, el rotor del generador 4 está unido con el convertidor 5. El convertidor 5 está dividido en tres partes, un inversor 51 del lado del generador, un circuito intermedio 52 y un inversor 53 del lado de la red. Los inversores 51, 53 están dotados de elementos de conmutación de preferencia totalmente controlables tales como GTO o IGBT. El inversor 51 del lado del generador está
10 conectado al rotor del generador 4 doblemente alimentado y, a través del circuito intermedio 52 (que puede estar realizado como circuito de tensión continua o eléctrico), al inversor 53 del lado de la red, el cual está de nuevo unido, a través de una inductancia 54, con la línea de alimentación 15.

15 La regulación 7 del convertidor presenta un núcleo de regulación 70 que controla los elementos de conexión de los inversores 51, 53 del lado del generador así como del lado de la red. Esto sucede conforme a magnitudes guía que son aplicadas por el control 6 de funcionamiento dispuesto por encima. El caso del funcionamiento normal, los inversores se controlan de manera que la energía fluye de la red al rotor del generador 4 (funcionamiento subsincrónico), no fluye energía a través del convertidor 5 (funcionamiento sincrónico) o, en el caso de una elevada generación de energía a través del generador 4, la energía eléctrica es tomada del devanado del inducido del generador 4 y es alimentada a la red a través del convertidor 5 (funcionamiento supersincrónico). Este modo de
20 funcionamiento de la regulación del convertidor y del convertidor es en sí conocido y no necesita ser explicado con mayor detalle. Está implementado en el núcleo de regulación 70. El núcleo de regulación 70 proporciona señales de control en sus conexiones de salida que están aplicadas a los inversores 51, 53 del lado del generador y del lado de la red. De acuerdo con la invención, la regulación del convertidor determina las correspondientes señales de mando para los inversores tanto de un modo habitual en un tipo de funcionamiento normal, pero adicionalmente también
25 para un tipo de funcionamiento de disminución de la tensión. Por medio de un selector del modo 72 se elige el tipo de funcionamiento y las respectivas señales se transmiten en cada caso a los inversores 51, 53.

El tipo de funcionamiento de disminución de la tensión está previsto para que el inversor 51 del lado del generador sea controlado de tal manera que el generador asincrónico 4 doblemente alimentado sea hecho funcionar de manera sub-excitada. Esto significa que corriente reactiva inductiva adicional es alimentada al rotor del generador 4.
30 Esta corriente reactiva actúa de modo que reduce la tensión del rotor, de forma que se puede impedir con seguridad que la tensión del rotor rebase, también en el caso de una carga elevada con números de revoluciones extremos (mínimo o máximos), valores límite máximos, por lo tanto, en particular no es mayor que la tensión generable máxima por el convertidor 5. Con ello se garantiza que también en casos extremos de este tipo el convertidor 5 pueda regular como se desee y, con ello, pueda aplicar los puntos de trabajo deseados.

35 Para la explicación del modo de funcionamiento de la disminución de la tensión del rotor de acuerdo con la invención mediante la alimentación de corriente reactiva inductiva se hace referencia a la Fig. 3. Como elementos concentrados se representan las resistencias activas y reactivas del generador 4, de la inductancia de red 54, del transformador de tensión media 19, así como de la impedancia de la red 9 supuesta como rígida (es decir, que presenta una tensión constante). Mediante la alimentación adicional de la potencia reactiva Q_0 al rotor del generador 4 puede aumentarse la caída de tensión a través de la impedancia del generador 4. La tensión del rotor U_R se reduce con ello con respecto a la tensión del estator U_S . Esto significa que mediante un funcionamiento sub-excitado se puede aumentar, conforme a la invención, la caída de tensión a través del generador 4 en el modo de funcionamiento de reducción de la tensión y, de esta forma, reducir la tensión del rotor U_R tal como se desee.
40

45 Este efecto puede aumentarse debido a que la potencia reactiva Q_0 y, opcionalmente, otra potencia reactiva Q_1 (del mismo signo) del inversor 53 del lado de la red puede aumentarse de igual manera la caída de tensión ΔU_T a través de la impedancia del transformador de tensión media 19 y la caída de tensión ΔU_N a través de la impedancia de la red. También en este caso, mediante la alimentación adicional de la potencia reactiva se alcanza una caída de tensión mayor, con lo cual, referido a la tensión de la red U_N , se reduce de manera correspondiente la tensión del estator U_S y, con ello, teniendo en cuenta la caída de tensión ΔU_D adicional se continua reduciendo, a través de la impedancia 54 y de la transmisión eléctrica interna del generador 4, la tensión del rotor. En conjunto resulta con ello una disminución significativa de la tensión del rotor mediante una alimentación adicional de la potencia reactiva Q . Inversamente, mediante el funcionamiento súper-excitado del inversor 53 del lado de la red se puede generar una potencia reactiva Q_1 con un signo inverso, de manera que, referida a la red 9, compensa para (en su totalidad o en parte) la potencia reactiva Q_0 .
50

55 El efecto de la sub-excitación de acuerdo con la invención en el tipo de funcionamiento de disminución de la tensión está representado en las curvas características en la Fig. 4. La Fig. 4a muestra la curva característica del generador

como función de la potencia activa P a través del número de revoluciones del rotor eólico 3. El punto en el que se emite la potencia nominal se encuentra en 1170 l/min. En el caso de un viento débil, se ajusta por debajo un número de revoluciones y se entrega una potencia activa correspondientemente menor; en el caso de un viento más fuerte, se regula al punto de potencia nominal mencionada a 1170 l/min, y el intervalo de revoluciones que se encuentra por encima se alcanza sólo dinámicamente en el caso de ráfagas de viento solo con una entrega de la potencia activa correspondientemente elevada. De manera correspondiente, en la Fig. 4b se representa la alimentación de la potencia reactiva a través del número de revoluciones. Se reconoce que en el caso de elevados números de revoluciones se genera corriente reactiva adicional mediante una sub-excitación. Esta actúa, tal como se ha explicado precedentemente en relación con la Fig. 3, de modo que reduce la tensión en relación a la tensión del rotor. En este caso, el punto de trabajo a partir del cual se alimenta corriente reactiva adicional, puede ser variado, p. ej., en función de las condiciones en relación con supertensión o sub-tensión en la red, la frecuencia de la red o de la potencia reactiva solicitada por el control de operaciones 6.

El control del tipo de funcionamiento de disminución de la tensión tiene lugar de la siguiente manera. El selector del modo 72 conectado al núcleo de regulación 70 coopera con un módulo de determinación del valor umbral 71. A éste está conectada en cada caso una señal de entrada para la tensión en el inducido del estator del generador 4, que se mide directamente mediante un primer sensor de tensión 44, y para la tensión en el inducido del rotor que asimismo se determina directamente mediante un segundo sensor de tensión 45 o indirectamente a partir de una señal de control para un modulador de la anchura de impulsos del convertidor 5, así como una señal de entrada para la frecuencia de red f que está determinada a través de un sensor no representado o que es aplicada por el control de funcionamiento 6. Puede estar también previsto el uso de parámetros alternativos o adicionales. El módulo de determinación del valor nominal 71 determina, con la ayuda de valores límite predeterminables, cuándo se conmuta un modo de funcionamiento normal al modo de funcionamiento de disminución de la tensión, y acciona de manera correspondiente al selector del modo 72. A través del selector del modo 72, el tipo de funcionamiento de reducción de la tensión del inversor 51 del lado del generador es controlado de modo que el rotor del generador 4 es sub-excitado. Con ello, se alimenta potencia reactiva adicional al rotor del generador 4, con lo cual disminuye la tensión del rotor. De esta forma puede configurarse una regulación para la tensión del rotor con la excitación del inversor 51 del lado del generador como magnitud de ajuste y de la frecuencia o bien tensión de la red como magnitud de guía.

Adicionalmente puede estar previsto que mediante un módulo de conmutación adicional 73, el selector del modo actúe sobre el inversor 53 del lado de la red. También puede ser hecho funcionar de manera sub-excitada, o ser hecho funcionar de manera sobre-excitada, o puede permanecer en un funcionamiento neutro. El funcionamiento sub-excitado se elige cuando la disminución de la tensión deba ser lo más elevada posible y una retroactividad sobre la red no juegue papel alguno o solo juegue un escaso papel; este modo se ofrece particularmente cuando la tensión del rotor deba ser reducida con máxima prioridad. La sobre-excitación se elegiría cuando los efectos sobre la red tuvieran que ser mantenidos lo más bajos posibles. En el caso ideal, la sobre-excitación se ajusta de modo que en la red (véase la Fig. 3) resulta una compensación con el generador sub-excitado a través del rotor. La potencia reactiva inductiva Q_0 del generador 4, aprovechada para la disminución de la tensión, no fluye en este caso o al menos no fluye por completo a la red, sino que fluye como potencia reactiva Q_1 al inversor 53 del lado de la red, de modo que a la red 9 no accede nada o bien solo apenas algo de potencia reactiva Q . Con ello se alcanza ciertamente solo una disminución algo menor de la tensión del rotor, pero para ello, la instalación de energía eólica se comporta de forma neutra con respecto a la red.

Finalmente, puede elegirse un ajuste neutro cuando el convertidor 5 no tenga una reserva de energía adicional para la generación de corriente reactiva, es decir, en particular en el caso de una elevada carga, p. ej., en virtud de ráfagas de viento.

Alternativa o adicionalmente, el módulo de conmutación adicional 73 puede estar configurado para cooperar con una instalación de compensación 90. Esto puede tener lugar de modo que la instalación de compensación 90 se aproveche de manera preestablecida para la generación de corriente reactiva. Dado que una instalación de compensación ya está sin más presente por norma general, de este modo se puede aumentar, con una complejidad adicional mínima, la oferta de potencia reactiva. Esto es válido particularmente para el tipo de funcionamiento en el que el inversor 53 del lado de la red sea hecho funcionar de manera sobre-excitada.

Las curvas características alcanzadas en el funcionamiento se representan en la Fig. 5 para un ejemplo de realización de la invención. La Fig. 5a muestra la modificación alcanzada mediante la alimentación de la potencia reactiva de la tensión del rotor, a saber para diferentes frecuencias de la red. En abscisas se representa la potencia reactiva generada, representando valores negativos una potencia reactiva inductiva, es decir, un funcionamiento sub-excitado. En ordenadas se representa la tensión del rotor U_R alcanzada con la potencia reactiva alimentada en cada caso, a saber para frecuencias de la red de 50,5 Hz y 47,5 Hz. La tensión límite para la tensión del rotor asciende a 750 V (línea discontinua). Se reconoce que con la alimentación de acuerdo con la invención de la

potencia reactiva en el funcionamiento sub-excitado, la tensión del rotor puede ser mantenida también bajo condiciones desfavorables (frecuencia de red de 47,5 Hz) por debajo del valor límite.

5 En la Fig. 5b se representa de manera correspondiente la corriente del rotor I_R a través de la potencia reactiva Q . Se reconoce que en el caso de un funcionamiento sub-excitado moderado (alimentación de la potencia reactiva entre -500 y -3000 kVA), la corriente del rotor alcanza los valores más bajos, mientras que en el caso de una alimentación mayor de la potencia reactiva, la corriente del rotor aumenta claramente. En las Figs. 5c y 5d se representan de manera correspondiente la tensión del estator U_S y la corriente del estator I_S , representado la línea de puntos la corriente nominal.

10 Los diagramas en las Figuras 5a a 5d se refieren a un caso de alta carga bajo condiciones desfavorables, con un número de revoluciones del rotor por encima del número de revoluciones nominal (1330 l/min con respecto a 1170 l/min) y una tensión máximamente fiable en la conexión del transformador de tensión media 19 a la red 9 en una magnitud de 110% de la tensión de la red. Se reconoce que también bajo estas condiciones extremadamente desfavorables, mediante la alimentación de potencia reactiva, las tensiones pueden mantenerse por debajo de los valores límite. Con ello, este intervalo del número de revoluciones puede aprovecharse también en el caso de elevadas tensiones de la red, sin que se produzca una sobre-tensión, nociva en el rotor del generador 4. Dado que este intervalo del número de revoluciones se alcanza típicamente solo en un funcionamiento dinámico durante breve tiempo (en particular en el caso de ráfagas de viento), la corriente reactiva adicional para la generación de la corriente reactiva apenas sobrecarga el sistema formado por el generador 4 y el convertidor 5, de modo que también se pueden tolerar corrientes elevadas durante un breve tiempo. La invención consigue con ello que también bajo 15 condiciones de funcionamiento desfavorables tales como una sobretensión en la red, el intervalo del número de revoluciones superior se mantenga para el funcionamiento de la instalación. Con ello, el intervalo del número de revoluciones aprovechable se aumenta hacia arriba, sin que para ello se requiera un hardware complejo y costoso mediante un convertidor potenciado. 20

REIVINDICACIONES

1. Instalación de energía eólica con un rotor eólico (3), un generador asincrónico (4) doblemente alimentado y accionado por el anterior y un convertidor (5) para la alimentación de energía eléctrica a una red (9), estando conectadas una parte (51) del lado del generador del convertidor a un rotor y una parte (53) del lado de la red a un estator del generador (4), y está previsto un dispositivo de control (6) con una regulación (7) del convertidor que regula al convertidor (5) en base a parámetros de la red preestablecidos, caracterizada por que está previsto un selector del modo (72) que coopera con la regulación (7) del convertidor de modo que puede ser conmutado entre dos tipos de funcionamiento, un tipo de funcionamiento normal y un tipo de funcionamiento de tensión reducida, en el que se disminuye la excitación del generador (4) con respecto al tipo de funcionamiento normal, en donde al rotor se alimenta una corriente reactiva adicional.
2. Instalación de energía eólica según la reivindicación 1, caracterizada por que está previsto un sensor de tensión (44) que determina la tensión que se aplica en el estator del generador (4) y que coopera con el selector del modo (72) de forma que se reduce la excitación del generador (4) en función de la tensión del estator.
3. Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que en el tipo de funcionamiento de disminución de la tensión tiene lugar una regulación de la tensión del rotor a un valor bajo ajustable.
4. Instalación de energía eólica según la reivindicación 3, caracterizada por que el selector del modo (72) coopera con un dispositivo para la determinación del valor teórico (71) que determina el valor bajo en función de la tensión del lado de la red y/o de la frecuencia de la red.
5. Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizada por que está previsto un módulo de conmutación adicional (73) para el inversor (53) del lado de la red, que lleva a éste a un tipo de funcionamiento sub-excitado, excitado neutro o sobre-excitado.
6. Instalación de energía eólica según la reivindicación 5, caracterizada por que el módulo de conmutación adicional (73) está configurado para llevar el inversor (53) del lado de la red al modo de funcionamiento sub-excitado para la disminución máxima de la tensión del rotor.
7. Instalación de energía eólica según una de las reivindicaciones 5 o 6, caracterizada por que el módulo de conmutación adicional (73) está unido con una instalación de compensación (90) que sustenta el inversor (53) del lado de la red.
8. Procedimiento para la regulación de una instalación de energía eólica, con un generador asincrónico (4) doblemente alimentado y accionado mediante un rotor eólico (3), el cual alimenta a una red (9) de energía eléctrica con un convertidor (5), en donde está previsto un dispositivo de control (6) con una regulación (7) del convertidor, que regula al convertidor en base a parámetros de la red predeterminados, caracterizado por conmutar entre un tipo de funcionamiento normal y un tipo de funcionamiento de disminución de la tensión, en el que la excitación del generador asincrónico (4) doblemente alimentado se reduce con respecto al tipo de funcionamiento normal, siendo alimentada una corriente reactiva adicional a un rotor del generador asincrónico (4).
9. Procedimiento según la reivindicación 8, caracterizado por que se determina una tensión aplicada en el estator en el lado de la red, y el generador (4) es excitado en función de esta tensión.
10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, caracterizado por que en el tipo de funcionamiento de disminución de la tensión tiene lugar una regulación de la tensión del rotor a un valor bajo ajustable.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que el valor bajo se determina en función de la tensión del estator y/o de la frecuencia de la red.
12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 11, caracterizado por que adicionalmente se modifica la excitación del inversor (53) del lado de la red.
13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado por que el inversor (53) del lado de la red es hecho funcionar en el tipo de funcionamiento sub-excitado para la disminución máxima de la tensión del rotor.
14. Procedimiento según la reivindicación 12 o 13, caracterizado por la conexión de una instalación de compensación (90) para la sustentación del inversor (53) del lado de la red en el tipo de funcionamiento de disminución de la tensión.

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizado por medir la tensión del rotor y activar dispositivos de protección o llevar a cabo otros procesos de regulación al rebasar por encima un valor límite predeterminable, con el fin de disminuir la tensión del rotor por debajo del valor límite predeterminable.

Fig. 1

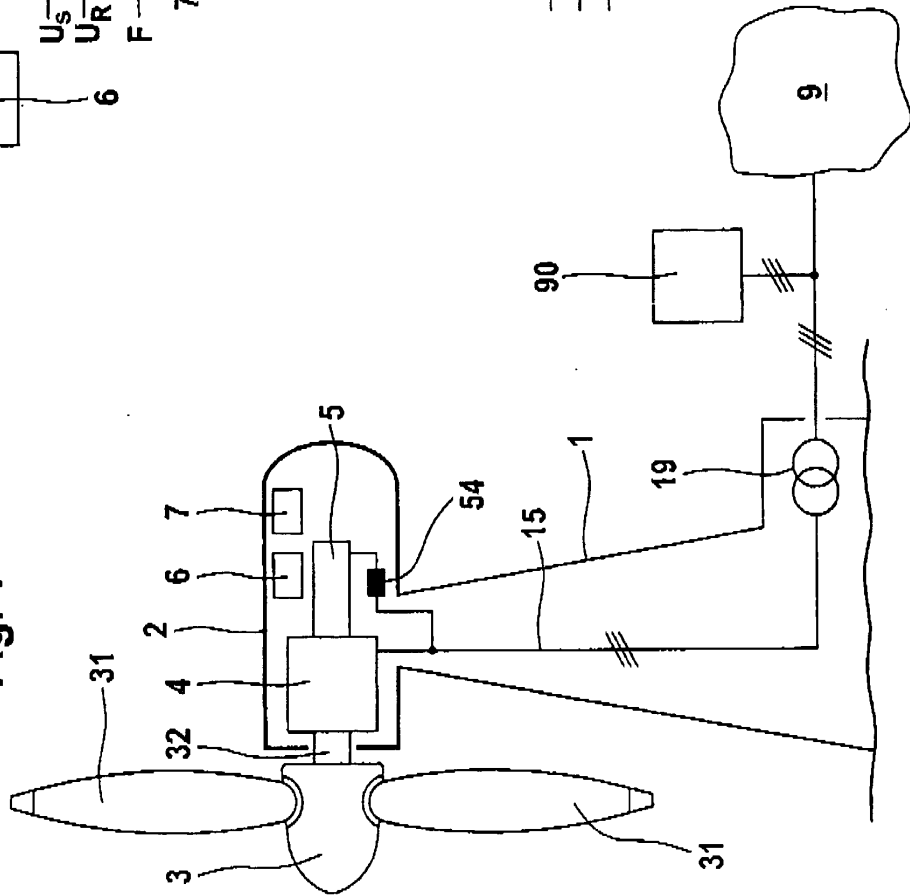


Fig. 2

