



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 366 051**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **07015148 .5**

96 Fecha de presentación : **02.08.2007**

97 Número de publicación de la solicitud: **1892412**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **27.02.2008**

54

Título: **Procedimiento para el funcionamiento de plantas de energía eólica.**

30

Prioridad: **21.08.2006 DE 10 2006 039 693**

45

Fecha de publicación de la mención BOPI:
14.10.2011

45

Fecha de la publicación del folleto de la patente:
14.10.2011

73

Titular/es: **NORDEX ENERGY GmbH**
Bornbarch 2
22848 Norderstedt, DE

72

Inventor/es: **Richter, Kay;**
Woldmann, Thomas Paul y
Jurkat, Mark

74

Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 366 051 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

Procedimiento para el funcionamiento de plantas de energía eólica

5 La invención se refiere a un procedimiento para el funcionamiento de plantas de energía eólica, más exactamente a un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con potencia activa regulable, estando asignado a cada potencia activa un intervalo de potencia reactiva y pudiéndose controlar la potencia reactiva entregada dentro de este intervalo de potencia reactiva.

10 Durante el funcionamiento de plantas de energía eólica es conocido generar también potencia reactiva, además de la potencia activa determinante para la obtención de energía. La energía reactiva puede servir, por una parte, para compensar la reactancia provocada por componentes individuales de la propia planta de energía eólica con el fin de no solicitar de este modo una red de distribución acoplada a la planta de energía eólica. Mediante una puesta a
15 distribución adecuada de la potencia reactiva se puede apoyar adicionalmente también la tensión de la red de distribución. La potencia reactiva se determina usualmente mediante la especificación de un llamado factor de potencia $\cos \varphi$ que puede superar un intervalo de valores, por ejemplo, de 0,95 capacitivo a 0,95 inductivo. El ángulo de fase φ describe aquí el desfase entre la tensión y la corriente. El factor de potencia $\cos \varphi$ es igual entonces a la relación entre la potencia activa P y la potencia aparente S :

$$20 \quad \cos \varphi = P / S$$

Para la potencia aparente S es válida aquí la relación:

$$25 \quad S^2 = P^2 + Q^2$$

Para un factor de potencia predefinido, la potencia reactiva es proporcional a la potencia activa, por lo que en caso de una potencia activa baja se pone a disposición generalmente sólo una potencia reactiva baja. Si el factor de potencia está predefinido de forma fija, por ejemplo, por el operador de la red de distribución, no se puede generar de este modo la potencia reactiva máxima posible durante el funcionamiento a carga parcial.

30 Simultáneamente, los componentes eléctricos de la planta de energía eólica tienen que estar diseñados de modo que el flujo de corriente, que se ajusta en caso de una potencia activa y reactiva máximas, no provoque una sobrecarga. Por lo general, los componentes eléctricos se han de diseñar de manera que soporten la propia carga en caso de una potencia activa, situada brevemente por encima de la potencia nominal, y una potencia reactiva
35 máxima simultánea.

En las plantas de energía eólica conocidas, la potencia activa generada se obtiene básicamente a partir de las condiciones del viento. Para proteger la planta de energía eólica contra una sobrecarga al existir altas velocidades del viento, la potencia activa se limita a un valor máximo. A tal efecto, se lleva a cabo generalmente una regulación
40 del número de revoluciones del rotor o generador mediante la variación del ángulo de incidencia de las palas del rotor en caso de un par de giro máximo predefinido, regulándose así la potencia activa al valor máximo deseado.

Del documento DE10059018A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica, en el que la potencia reactiva se regula dependiendo de la potencia activa, determinada esencialmente por las condiciones del viento, de tal modo que se ajusta una potencia aparente constante. Por tanto, la potencia aparente de la planta de energía eólica es independiente de la oferta de viento. En el procedimiento conocido está previsto también desviarse de la potencia aparente constante si la potencia activa o la potencia reactiva entregada no debe
45 superar un valor máximo predefinido.

50 Del documento EP1508951A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de un parque eólico con una pluralidad de plantas de energía eólica que están interconectadas entre sí y que a través de un centro de alimentación de la red alimentan potencia activa y reactiva a una red de distribución. A este respecto se predefinen valores nominales para la potencia activa y reactiva de plantas de energía eólica individuales mediante un control superior. El objetivo es apoyar la tensión en el centro de alimentación de la red al poner a disposición todo el parque
55 eólico en este centro de alimentación de la red una potencia reactiva determinada y mantener baja simultáneamente la carga de la red, que une estas plantas, mediante una distribución optimizada de las potencias activas y reactivas, que se van a generar, en las plantas de energía eólica individuales y minimizar aquí las pérdidas. La potencia reactiva, puesta a disposición por una planta de energía eólica individual, se puede situar aquí para un valor determinado de potencia activa dentro de un intervalo dependiente de la intensidad de corriente máxima permitida
60 en los devanados del rotor y del estator del generador. Esto posibilita en especial la puesta a disposición de una alta potencia reactiva al existir también potencias activas bajas.

5 Del documento DE10344392A1 se conoce una planta de energía eólica con un módulo de control de la potencia reactiva y un dispositivo para la determinación de una potencia activa mínima de seguridad. Partiendo de una corriente reactiva de apoyo que se desea para apoyar la red al producirse bajadas de tensión, el módulo de control de la potencia reactiva controla la potencia reactiva alimentada a la red. En este sentido se tiene en cuenta, por una parte, que la potencia activa alimentada no baje por debajo de un valor mínimo predefinido por el dispositivo para la determinación de una potencia activa mínima de seguridad y, por la otra parte, se toma en consideración una corriente aparente máxima predefinida fijamente. En un procedimiento multietapa de cálculo se corrigen los valores nominales de la corriente activa y reactiva.

10 Del documento TAPIA G ET AL, "A new simple and robust control strategy for wind farm reactive power regulation" (PROCEEDINGS OF THE 2002 IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL APPLICATIONS. CCA 2002. GLASGOW; SCOTLAND, U.K., del 28 al 20 de septiembre de 2002, IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONTROL APPLICATIONS, NEW YORK, NY: IEEE, US, Tomo 2, 18 de septiembre de 2002 (18-09-2002),
15 páginas 880-885, XP010606090 ISBN: 0-7803-7386-3) se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con potencia activa regulable, en el que la potencia reactiva real se puede controlar dentro de un intervalo de potencia reactiva. El procedimiento conocido parte de una potencia activa actual que se obtiene esencialmente según las condiciones del viento y de una potencia reactiva deseada, predefinida externamente. Partiendo de esto, se calcula un valor nominal de la potencia reactiva para cada planta de energía eólica del parque eólico analizado. A continuación se comprueba si este valor nominal predefinido para la potencia reactiva de una planta de energía eólica individual se sitúa en un intervalo permitido de una curva P-Q determinada para la respectiva planta de energía eólica. La curva P-Q se determinó previamente sobre la base de la capacidad térmica de la planta y como parámetro se consideró una temperatura de funcionamiento. Si la potencia reactiva nominal predefinida se sitúa por fuera del intervalo permitido, se limita la potencia reactiva.

20 Del documento DE10136974A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica, en el que el ángulo de fase de la potencia entregada a una red se varía dependiendo de al menos una tensión detectada en la red. De este modo se debe estabilizar la tensión en el centro de detección de tensión de la red mediante la alimentación de potencia reactiva inductiva o capacitiva.

25 Del documento DE10019362A1 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de convertidores de pulsos con circuitos intermedios de tensión. En el procedimiento conocido se calcula la potencia activa, enviada a la red, con un controlador mediante corrientes y tensiones medidas para ajustar la potencia del generador y se evalúan a fin de influir en la potencia activa del generador.

30 Del documento RABELO B ET AL: "Control of an optimized power flow in wind power plants with doubly-fed induction generators" (PESC'03. 2003 IEEE 34TH. ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE. CONFERENCE PROCEEDINGS. ACAPULCO, MEXICO, DEL 15 AL 19 DE JUNIO DE 2003, ANNUAL POWER ELECTRONICS SPECIALISTS CONFERENCE, NEW YORK, NY: IEEE, US, Tomo VOLUMEN 4 DE 4, 15 de junio de 2003 (15-06-2003), páginas 1563-1568, XP010648463 ISBN: 0-7803-7754-0) se conoce un procedimiento para optimizar el flujo de potencia en plantas de energía eólica con generador asíncrono doblemente alimentado. En el procedimiento conocido se pretende lograr una potencia absorbida máxima a partir del viento y una distribución óptima de la potencia reactiva entre el circuito del estator y la red.

35 Partiendo de esto, la invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica, en el que se puede obtener una potencia reactiva predefinida, independientemente de las condiciones del viento.

40 Este objetivo se consigue mediante el procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con las características de la reivindicación 1.

45 El procedimiento, según la invención, se refiere a una planta de energía eólica con potencia activa regulable, estando asignado a cada valor de la potencia activa un intervalo de potencia reactiva definido por una potencia reactiva mínima y una potencia reactiva máxima y pudiéndose controlar la potencia reactiva real dentro de este intervalo, previendo el procedimiento la reducción de la potencia activa si una potencia reactiva nominal se sitúa por fuera del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual.

50 En el procedimiento según la invención, la potencia reactiva nominal se obtiene también, si ésta se sitúa por fuera del intervalo de potencia reactiva ajustable en el caso de la potencia activa actual, en el que se reduce la potencia activa, mediante lo que se amplía el intervalo disponible de potencia reactiva. Es decir, en determinadas circunstancias se reduce la potencia activa en beneficio de una potencia reactiva superior y, por tanto, se prioriza la potencia reactiva respecto a la potencia activa.

La potencia reactiva nominal se puede predefinir de forma diferente. Es posible la especificación de una potencia reactiva nominal como parámetro en el control de la planta de energía eólica. Éste se puede ajustar localmente en la planta de energía eólica o mediante un control central del parque eólico. Ambas especificaciones pueden ser realizadas por el operador de la planta de energía eólica. Alternativamente se puede llevar a cabo una especificación externa por parte de un consumidor de corriente, por ejemplo, una empresa de distribución de energía. Esta especificación externa puede definir la potencia reactiva nominal directamente, es decir, sin la actuación del operador de la planta de energía eólica. La especificación puede ser estática o dependiente del tiempo, por ejemplo, para cumplir diferentes requerimientos a diferentes horas. Además, se puede llevar a cabo una especificación de la potencia reactiva nominal dependiendo de la potencia activa actual. A tal efecto, puede estar definida una función que asigna a cada potencia activa una potencia reactiva nominal. Asimismo, es posible un control de la potencia reactiva nominal como magnitud de ajuste al regularse la tensión inicial. La potencia reactiva nominal ajustada se puede predefinir dependiendo de un valor nominal para la tensión y de una tensión existente en la salida de un regulador de tensión.

Mediante el procedimiento se logra que también en caso de condiciones favorables del viento y una entrega de potencia activa convenientemente alta y posible se pueda poner a disposición una potencia reactiva alta. De este modo se pueden cumplir las exigencias de los operadores de red relativas a la puesta a disposición de una potencia reactiva alta. Además, varias plantas de energía eólica o parques eólicos se pueden conectar a redes más débiles, ya que mediante la alta potencia reactiva disponible se puede contribuir en mayor medida a la estabilidad de la red.

En comparación con el procedimiento conocido del documento DE10344392A1 resulta especialmente ventajoso que a cada valor de la potencia activa esté asignada una potencia reactiva mínima y una potencia reactiva máxima. Estos valores de potencia reactiva están disponibles directamente y se pueden transmitir, por ejemplo, para mejorar la gestión de la red, a una empresa de distribución de energía que obtiene, por consiguiente, una información general sobre la reserva disponible de potencia reactiva, a la que se puede acceder sin pérdidas de potencia activa.

En una configuración preferida de la invención, la potencia reactiva real se controla respecto a la potencia reactiva máxima o a la potencia reactiva mínima del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual y no se reduce la potencia activa si la potencia reactiva nominal está situada por fuera de este intervalo de potencia reactiva y la potencia activa actual es menor que una potencia activa mínima predefinida. Por consiguiente, no se queda por debajo de un nivel predefinido determinado de potencia activa. En este caso no se puede poner a disposición la potencia reactiva nominal requerida. En su lugar, se ajusta el valor máximo o mínimo del intervalo de potencia reactiva que se aproxima más a la potencia reactiva nominal requerida. De este modo se obtiene que siempre se ponga a disposición al menos una potencia activa mínima. Por tanto, se puede lograr de forma acertada un consenso entre la potencia reactiva nominal requerida y la potencia activa entregada, que da lugar, por ejemplo, a una retribución óptima.

En una configuración, la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima se asignan a cada valor de la potencia activa sobre la base de la capacidad máxima de corriente de un componente de la planta de energía eólica, tomándose en consideración la dependencia de la capacidad máxima de corriente del componente respecto al menos a una magnitud de funcionamiento de la planta de energía eólica. La consideración de esta dependencia del punto de trabajo de la capacidad máxima de corriente posibilita un aprovechamiento más completo de la capacidad de la planta de energía eólica. La magnitud de funcionamiento tomada en consideración puede ser, por ejemplo, el número de revoluciones del generador que influye en su potencia frigorífica. Al existir números mayores de revoluciones aumenta la circulación de aire en el generador y, por tanto, la potencia frigorífica, obteniéndose así una elevada capacidad de corriente del generador. Otra magnitud de funcionamiento tomada en consideración puede ser la frecuencia del flujo de corriente en el circuito del rotor que en el punto síncrono de funcionamiento del generador es casi igual a cero.

Este tipo de bajas frecuencias provoca una sollicitación de tipo corriente continua del circuito del rotor, en particular del interruptor de semiconductor correspondiente del convertidor, de modo que la capacidad de corriente se puede reducir debido a los efectos térmicos. En el funcionamiento subsíncrono o hipsíncrono aumenta la capacidad de corriente en comparación con esto, de modo que se pueden aprovechar intervalos convenientemente mayores de potencia reactiva. La al menos una magnitud de funcionamiento puede estar relacionada con la potencia activa. Esto ocurre, por ejemplo, en el caso del número de revoluciones del generador. Por tanto, la al menos una magnitud de funcionamiento se ha de tomar en consideración implícitamente al asignarse la potencia reactiva mínima y máxima a la potencia activa, es decir, a cada potencia activa está asignado de forma unívoca un intervalo de potencia reactiva. La al menos una magnitud de funcionamiento se puede incluir alternativamente como parámetro adicional en la evaluación de la normativa de asignación. En el caso de la asignación se trata de una asignación multiparámetro en el sentido de un campo de líneas características. Si se consideran varias magnitudes de funcionamiento, puede estar asignado un parámetro por separado a cada magnitud de funcionamiento. Dado el caso, se pueden usar

valores de medición de las magnitudes de funcionamiento para la evaluación de la normativa de asignación.

En una configuración, la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima se asignan a cada valor de la potencia activa sobre la base de la capacidad máxima de corriente de un componente de la planta de energía eólica, tomándose en consideración la dependencia de la capacidad máxima de corriente del componente respecto al menos a una condición ambiental de la planta de energía eólica. Las condiciones ambientales se pueden incluir en la normativa de asignación, como ocurre con las magnitudes de funcionamiento analizadas arriba. Las condiciones ambientales con una influencia evidente sobre la capacidad de corriente son, por ejemplo, la temperatura, la velocidad del viento o la presión del aire.

En otra configuración preferida de la invención, la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima para cada potencia activa se calculan a partir de la capacidad admisible de corriente de los devanados del estator y del rotor del generador de la planta de energía eólica. La capacidad de corriente de los componentes individuales puede depender aquí de otros parámetros. Como ya se explicó arriba, se puede considerar especialmente la potencia frigorífica disponible y/o la temperatura ambiente para evitar una sobrecarga térmica. La potencia frigorífica puede depender, por su parte, de la oferta de viento y de la potencia activa. La capacidad de corriente de los devanados mencionados representa un límite superior esencial de la capacidad de corriente de toda la planta de energía eólica. De este modo se logra que los devanados del estator y del rotor del generador no se sobrecarguen.

Según otra configuración preferida de la invención, la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima para cada potencia activa se calculan a partir de la capacidad admisible de corriente de todos los componentes conductores de corriente de las plantas de energía eólica. Los componentes conductores de corriente comprenden aquí todos los elementos de la planta de energía eólica, situados en el circuito eléctrico entre el generador y la red de distribución, en particular los interruptores de semiconductor del convertidor. Este cálculo del intervalo de potencia reactiva garantiza que no sólo los devanados del rotor y del estator del generador se protejan contra una sobrecarga, sino todos los componentes conductores de corriente. Por tanto, se puede prescindir de un sobredimensionamiento, por ejemplo, del convertidor, previsto de lo contrario, dado el caso, como medida de precaución.

Según una configuración está previsto un parámetro de control que puede asumir dos valores diferentes, realizándose el procedimiento en un primer valor del parámetro de control y reduciéndose, dado el caso, la potencia activa, mientras que en un segundo valor del parámetro de control no se lleva a cabo una reducción de la potencia activa. Si el parámetro de control tiene el primer valor, se prioriza la potencia reactiva respecto a la potencia activa, como se explicó arriba. Si tiene el segundo valor, se puede priorizar especialmente la potencia activa respecto a la potencia reactiva. El parámetro de control se puede ajustar mediante software, ya sea localmente en la planta de energía eólica o centralmente desde un control del parque eólico. La selección del valor del parámetro de control se puede regir, por ejemplo, por los requerimientos de un consumidor de corriente y/o las regulaciones de retribución para la potencia activa y reactiva alimentadas.

La invención se explica detalladamente a continuación por medio de un ejemplo de realización representado en dos figuras. Muestran:

Fig. 1 un diagrama con la asignación de intervalos de potencia reactiva a la potencia activa y

Fig. 2 un diagrama con transcurso de tiempo de la potencia activa y reactiva en caso de usarse el procedimiento según la invención.

En la figura 1 está representada la relación entre la potencia reactiva Q y la potencia activa P .

Sobre la abscisa está representada la potencia activa P . El intervalo de potencia activa representado comienza en cero y se extiende hasta una potencia activa máxima que supera, dado el caso, la potencia nominal de la planta de energía eólica en una medida determinada. Sobre la ordenada está asignada a cada potencia activa P una potencia reactiva máxima Q (curva 2) y una potencia reactiva mínima Q (curva 4). Las cifras de las potencias reactivas mínimas y máxima asignadas a un valor determinado de potencia activa en las curvas 2 y 4 corresponden a una potencia reactiva entregada o consumida, lo que corresponde a una potencia reactiva capacitiva o inductiva. Las cifras no tienen que ser iguales.

Las curvas 2 y 4 se han determinado tomando en consideración las capacidades admisibles de corriente de todos los componentes relevantes de la planta de energía eólica. En especial están incluidas las capacidades de corriente y las capacidades térmicas de los devanados del rotor y del estator, así como del convertidor. Como resultado de esto, las curvas 2 y 4 muestran un desarrollo que es igual aproximadamente a una función raíz. Un resultado exactamente igual a una función raíz se obtendría si para el cálculo de las potencias reactivas admisibles se toma

sólo una potencia aparente constante.

En la figura 2 está representada en el transcurso del tiempo la forma de actuación del control de potencia según la invención.

5 La curva 10, representada con líneas discontinuas, indica aquí una potencia activa máxima $P_{\text{máx}}$ que se obtiene a partir de la oferta de viento. En la sección de tiempo representada en el diagrama, esta potencia activa máxima, posible teóricamente, pasa por un máximo situado alrededor del momento t_2 , comenzando por valores relativamente bajos, y vuelve a descender finalmente.

10 Conforme a la relación entre la potencia activa y la potencia reactiva máxima o mínima, que aparece representada en la figura 1, en el diagrama de la figura 2 están representadas, partiendo de la curva 10, las dos curvas representadas con puntos para la potencia reactiva mínima $Q_{\text{mín}}$ (curva 12) y la potencia reactiva máxima $Q_{\text{máx}}$ (curva 14). Por consiguiente, a cada momento está asignado un intervalo de potencia reactiva, dependiente de la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$ (curva 10), entre las dos curvas 12 y 14. Se puede observar fácilmente que este intervalo es mayor en caso de una potencia activa máxima posible baja $P_{\text{máx}}$ que en caso de una potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$ comparativamente grande.

15 En el diagrama está representada también una potencia reactiva nominal predefinida Q_{nominal} (curva 16) como una línea continua delgada 16. Esta potencia reactiva nominal corresponde a una especificación externa. La potencia reactiva nominal representada discurre hasta el momento t_2 en un primer nivel constante, se eleva hasta el momento t_3 y discurre finalmente en un segundo nivel constante.

20 La forma de actuación del control según la invención se representa en las curvas 18 y 20 que están representadas con un trazo grueso e indican la potencia reactiva Q_{real} entregada realmente (línea continua 18) y la potencia activa P (curva 20 con líneas discontinuas).

25 La potencia reactiva entregada Q_{real} corresponde durante todo el transcurso de tiempo a la potencia reactiva predefinida Q_{nominal} . Se lleva a cabo una regulación de la potencia reactiva entregada respecto al valor nominal predefinido Q_{nominal} . El ligero desplazamiento de las dos curvas 16 y 18 sirve únicamente para una mejor comprensión.

30 La potencia activa entregada P corresponde sólo parcialmente a la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$. En el intervalo de tiempo entre t_1 y t_4 , la potencia activa entregada P es menor que potencia activa posible teóricamente $P_{\text{máx}}$. La desviación comienza en el momento t_1 . En ese momento, el límite superior, representado mediante la curva 14 en la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$, del intervalo de potencia reactiva posible de obtener baja por debajo de la potencia reactiva predefinida Q_{nominal} (curva 16). Por tanto, la potencia activa P se reduce respecto a la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$. Ésta discurre hasta el momento t_2 con un valor constante. Este valor corresponde al valor de potencia activa, en el que el límite superior del intervalo de potencia reactiva corresponde a la potencia reactiva nominal, es decir, al valor representado en el momento t_1 .

35 La potencia reactiva nominal aumenta a partir del momento t_2 . Esta potencia reactiva nominal requerida no se puede obtener en caso de la potencia activa P entregada en el momento t_2 , porque está situada por fuera del intervalo de potencia reactiva asignado a esta potencia activa. Por esta razón, la potencia activa entregada P se sigue reduciendo hasta el momento t_3 . De este modo se puede aumentar la potencia reactiva entregada Q_{real} en correspondencia con el valor nominal Q_{nominal} .

40 En el momento t_3 , la potencia reactiva nominal predefinida vuelve a asumir un valor constante. La potencia activa P se mantiene convenientemente también en un nivel constante que se puede unificar con la potencia reactiva nominal requerida. Debido a una oferta descendente de viento, la potencia activa máxima generable $P_{\text{máx}}$ ha descendido en el momento t_4 hasta el valor actual P en el momento t_4 . A continuación se sigue reduciendo la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$ debido a la oferta de viento que disminuye. En este caso, la potencia activa P puesta a disposición realmente sigue al nivel máximo posible $P_{\text{máx}}$. La potencia reactiva entregada Q_{real} permanece aquí en el nivel del valor de potencia reactiva nominal que a partir del momento t_4 se sitúa nuevamente dentro del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa máxima posible $P_{\text{máx}}$.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con potencia activa regulable, en el que la potencia reactiva real (18) se puede controlar dentro de un intervalo de potencia reactiva, caracterizado porque
- 10 - a cada valor de la potencia activa (20) está asignado un intervalo de potencia reactiva definido por una potencia reactiva mínima (12) en correspondencia con una potencia reactiva inductiva y por una potencia reactiva máxima (14) en correspondencia con una potencia reactiva capacitiva, asignándose la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima a cada valor de la potencia activa sobre la base de la capacidad máxima de corriente de un componente de la planta de energía eólica y predefiniéndose la capacidad máxima de corriente del componente dependiendo del número de revoluciones del generador, cuya capacidad de corriente asciende debido a una potencia frigorífica mayor con el número de revoluciones del generador, y/o dependiendo de la frecuencia del flujo de corriente en el circuito del rotor, cuya capacidad de corriente se ha reducido casi a cero a bajas frecuencias, y
- 15 - la potencia activa (20) se reduce si una potencia reactiva nominal (16) está situada por fuera del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual.
- 20 2. Procedimiento para el funcionamiento de una planta de energía eólica con potencia activa regulable, en el que la potencia reactiva real (18) se puede controlar dentro de un intervalo de potencia reactiva, caracterizado porque
- 25 - a cada valor de la potencia activa (20) está asignado un intervalo de potencia reactiva definido por una potencia reactiva mínima (12) en correspondencia con una potencia reactiva inductiva y por una potencia reactiva máxima (14) en correspondencia con una potencia reactiva capacitiva, asignándose la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima a cada valor de la potencia activa sobre la base de la capacidad máxima de corriente de un componente de la planta de energía eólica y predefiniéndose la capacidad máxima de corriente del componente dependiendo del número de revoluciones del generador, cuya capacidad de corriente asciende debido a una potencia frigorífica mayor con el número de revoluciones del generador, y/o dependiendo de la frecuencia del flujo de corriente en el circuito del rotor, cuya capacidad de corriente se ha reducido casi a cero a bajas frecuencias,
- 30 - reduciéndose la potencia activa si una potencia reactiva nominal (16) está situada por fuera del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual y la potencia activa actual no es menor que una potencia activa mínima predefinida, y
- 35 - si la potencia reactiva nominal (16) está situada por fuera del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual y la potencia activa actual es menor que la potencia activa mínima predefinida, no se reduce la potencia activa y la potencia reactiva real se controla respecto a la potencia reactiva máxima o la potencia reactiva mínima del intervalo de potencia reactiva asignado a la potencia activa actual.
- 40 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima se asignan a cada valor de la potencia activa sobre la base de la capacidad máxima de corriente de un componente de la planta de energía eólica, tomándose en consideración la dependencia de la capacidad máxima de corriente del componente respecto al menos a una condición ambiental de la planta de energía eólica.
- 45 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima para cada potencia activa se calculan a partir de la capacidad admisible de corriente de los devanados del estator y del rotor del generador de la planta de energía eólica.
- 50 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la potencia reactiva mínima y la potencia reactiva máxima para cada potencia activa se calculan a partir de la capacidad admisible de corriente de todos los componentes conductores de corriente de la planta de energía eólica.
- 55 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque está previsto un parámetro de control que puede asumir dos valores diferentes, realizándose el procedimiento en un primer valor del parámetro de control y reduciéndose, dado el caso, la potencia activa, mientras que en un segundo valor del parámetro de control no se lleva a cabo una reducción de la potencia activa.