

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 178**

51 Int. Cl.:

F03D 9/25 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.08.2012** **PCT/EP2012/065910**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.03.2013** **WO13029993**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.08.2012** **E 12746355 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.07.2019** **EP 2751422**

54 Título: **Procedimiento para operar un aerogenerador**

30 Prioridad:

30.08.2011 DE 102011081795

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

18.02.2020

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

DE BOER, WOLFGANG y

GIERTZ, HELGE

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 743 178 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 operar un aerogenerador

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para operar un aerogenerador, así como a un aerogenerador y un parque eólico con una pluralidad de aerogeneradores.

Los aerogeneradores y los procedimientos para operar dichos aerogeneradores son suficientemente conocidos. La figura 1 muestra a modo de ejemplo un aerogenerador de esta clase, que presenta una torre con una góndola y un
10 generador. La góndola comprende un rotor con palas de rotor que se mueven con el viento para generar corriente eléctrica con el generador.

Convencionalmente, los aerogeneradores se utilizan para convertir energía cinética a partir del viento en energía eléctrica, y para alimentar como corriente eléctrica a una red eléctrica que también se puede denominar simplemente
15 red. Actualmente, los aerogeneradores se encuentran establecidos y también se pueden utilizar como soporte de la red eléctrica. En particular, los aerogeneradores que se ocupan de la alimentación de corriente eléctrica a través de un inversor, se destacan por su capacidad de reaccionar rápidamente ante modificaciones en la red.

Dependiendo de la situación particular en la red, un soporte de red puede significar, por ejemplo, que un
20 aerogenerador, o respectivamente un parque eólico con una pluralidad de aerogeneradores, reduce la potencia a alimentar a la red cuando existe un excedente de energía particularmente durante un período de tiempo corto. De manera inversa, también en el caso de que se espere una falta de energía durante un período de tiempo corto, es decir, en particular cuando se espera un incremento brusco del consumo de energía, es decir, de la potencia absorbida, el aerogenerador o el parque eólico alimentan potencia adicional a la red eléctrica durante un período de
25 tiempo muy corto. Esto es posible, por ejemplo, debido al hecho de que en dicha espera el aerogenerador o el parque eólico completo se opera con una potencia reducida, es decir, que frente al evento esperado se alimenta a la red una potencia menor que la que sería posible debido al diseño del aerogenerador en cuestión y al viento existente.

Las primeras propuestas para el soporte de la red se han realizado, por ejemplo, en la declaración de patente DE
30 100 22 974. De esta manera, se ha propuesto reducir la potencia alimentada en función de la frecuencia en la red, la cual puede ser un indicador del exceso o la falta de potencia en la red. Sin embargo, una reducción de potencia de esta clase presenta la desventaja de que mediante la reducción de potencia se alimenta a la red una potencia menor a la que se encuentra disponible debido al viento existente. En otras palabras, se desaprovecha potencia. Los
35 operadores de los aerogeneradores frecuentemente pretenden obtener dicha potencia desaprovechada de manera bonificada o, al menos, una compensación correspondiente. Por ejemplo, en Alemania según la ley de energías renovables (EEG) del año 2000 con las siguientes adaptaciones, un operador de red está obligado a bonificar la potencia disponible de fuentes de energías renovables como los aerogeneradores.

De esta manera, en el caso de los aerogeneradores existe el problema de que la potencia disponible se debe
40 determinar de manera precisa, dado que ni el operador de la red desea bonificar demasiado ni el operador de los aerogeneradores desea obtener una bonificación muy reducida. Sin embargo, un aerogenerador que alimenta a la red una potencia menor en comparación con la disponible debido al viento existente, se opera de manera reducida. De esta manera, el punto de operación óptimo en el cual se absorbe esa cantidad de potencia a partir del viento
45 existente en ese momento, en el caso del aerogenerador operado de forma reducida, se trata de un punto de operación ficticio.

Esencialmente, a cada velocidad del viento se puede asociar un punto de operación óptimo. Sin embargo, esto exige una medición precisa de la velocidad del viento, lo cual por diversos motivos se trata generalmente de una
50 posibilidad teórica, al menos, extremadamente imprecisa. Un aerogenerador moderno presenta un diámetro de rotor de gran tamaño. Por ejemplo, el E126 de Enercon presenta un diámetro de rotor de 126 m. Además, el rotor abarca una superficie de alrededor de 10.000 qm (m²). Sobre estos 10.000 qm prácticamente no existe una velocidad del viento uniforme, al margen de las ráfagas de viento y de otras variaciones de la velocidad del viento con el tiempo. El diámetro de rotor de 126 m significa simultáneamente también una diferencia de altura del área abarcada de 126 m.
55 Por lo tanto, la utilización de una medición de la velocidad del viento para determinar la potencia disponible del aerogenerador en cuestión, es al menos problemática e incluso inapropiada. En el caso que la altura del cubo sea de 137, se presenta una diferencia de altura donde el rotor se encuentra operativo, de 74 - 200 m. Esencialmente, el rotor de un aerogenerador es el único medio apropiado para detectar la velocidad relevante.

El documento "Regulación primaria con aerogeneradores" de Prillwitz y otros, se refiere a un estudio básico que
60 indica que una disminución del ángulo de incidencia tiene como consecuencia una reducción de la potencia. La declaración de patente DE 10 2009 037 239 A1 se refiere a un aerogenerador con un generador accionado por un

rotor para generar una potencia eléctrica y con una unidad de control que presenta un módulo de paso para el ajuste de un ángulo de paso de las palas del rotor (2), y donde la unidad de control presenta una entrada para una reserva de potencia requerida y, en función de un punto de operación del aerogenerador, determina un ángulo de paso teórico.

5

En general, se remite a la publicación del seminario de ETG de nuevas estructuras de suministro descentralizadas con el título "Regulación primaria con aerogeneradores" de F. Prillwitz, A. Holst y H. Weber, así como a las declaraciones de patente DE 103 00 733 B3, EP 2 275 674 A2, DE 100 22 974 A1 y DE 10 2010 026 299 A1.

- 10 Por lo tanto, el objetivo de la presente invención consiste en direccionar, al menos, uno de los problemas anteriormente mencionados, en particular resolverlo. En particular, se presenta una solución que permite mantener, conducir y/o detectar una diferencia de potencia de la manera más precisa y fiable posible, es decir, la diferencia de potencia entre la potencia generada actualmente y la potencia máxima que se puede generar debido a las circunstancias. La potencia generada o bien, la potencia máxima que se puede generar se refiere en particular a la
- 15 potencia eléctrica suministrada por el aerogenerador para la alimentación o bien, que podría ser suministrada. Al menos, se presenta una solución alternativa.

- Según la invención, se propone un procedimiento según la reivindicación 1. De esta manera, se propone un procedimiento para operar un aerogenerador para la generación de potencia eléctrica a partir del viento, donde el
- 20 aerogenerador se opera opcionalmente en un primer o en un segundo modo de operación, es decir, que se puede operar en ambos modos. El primer modo de operación es aquel donde el aerogenerador genera la cantidad de energía o bien, potencia eléctrica que sea posible gracias al viento existente y al diseño del aerogenerador. De forma meramente preventiva, se indica que la energía no se puede generar naturalmente, sino que solo se puede convertir. Sin embargo, resulta factible denominar a dicha conversión como generación de energía. El segundo modo de
- 25 operación es aquel donde el aerogenerador genera una potencia eléctrica menor que en el primer modo de operación.

- Para operar el aerogenerador en el primer modo de operación, se toma como base un primer conjunto de parámetros de ajuste, y en el segundo modo de operación se toma como base respectivamente un segundo
- 30 conjunto de parámetros de ajuste. De esta manera, este primer o segundo conjunto de parámetros de ajuste se utiliza respectivamente para controlar el aerogenerador en función de la velocidad del viento. Por ejemplo, el respectivo conjunto de parámetros de operación puede describir una curva característica del funcionamiento. El hecho de que el aerogenerador se opere mediante dicho conjunto en función de la velocidad del viento, no significa necesariamente que para ello se mida la velocidad del viento, aun cuando esto fuese posible. Más bien, la velocidad
- 35 del viento se detecta frecuentemente primero a través de la reacción del aerogenerador o bien, fluye a través del aerogenerador. Si bien generalmente se puede asociar una velocidad del viento a través de una curva característica del funcionamiento, de esta clase y a modo de ejemplo, del comportamiento funcional del aerogenerador, frecuentemente también es posible que la velocidad del viento no se conozca como valor o, al menos, no debería conocerse.

40

- Ahora el aerogenerador se opera en el segundo modo de operación, es decir, con una potencia reducida, y se determina la potencia máxima que se puede generar con el primer conjunto de parámetros de ajuste o una potencia diferencial como diferencia entre dicha potencia máxima que se puede generar y la potencia reducida generada actualmente. Esta determinación se realiza en función del segundo conjunto de parámetros de ajuste. Esto significa
- 45 que el segundo conjunto de parámetros de ajuste se determina en particular teniendo en cuenta además el comportamiento actual del aerogenerador, es decir, por ejemplo, el número de revoluciones ajustable del rotor y/o la potencia ajustable generada. En particular, en dicha determinación no se incluye la velocidad actual del viento o no de manera significativa.

- 50 De manera adicional o alternativa, el segundo conjunto de parámetros de ajuste se selecciona en función de una reducción de potencia deseada, es decir, una reducción de potencia donde una potencia a generar por el aerogenerador se debe reducir en comparación con la potencia máxima que puede ser generada por el aerogenerador en ese momento. Esto se basa esencialmente en el mismo concepto, es decir, que el segundo conjunto de parámetros de ajuste seleccionado refleja información, en particular información precisa sobre la
- 55 potencia que se puede generar en comparación con la potencia máxima que se puede generar.

- En este aspecto también cabe destacar que se diferencia entre un primer y un segundo modo de operación, y el primer modo de operación se basa generalmente en un conjunto de parámetros de ajuste fijo, en cualquier caso para el aerogenerador concreto. El segundo modo de operación se basa en otro conjunto de parámetros de ajuste que
- 60 preferentemente se puede modificar o bien, seleccionar. De esta manera, por ejemplo, un segundo conjunto de parámetros de ajuste puede ser aquel donde la potencia en comparación con la potencia máxima que se puede generar, se reduce a un valor relativo como, por ejemplo, un 10 % o a un valor absoluto como, por ejemplo, 200 kW.

De esta manera, para diferentes reducciones de potencia, ya sean absolutas, relativas o de otra clase, se pueden utilizar diferentes conjuntos de parámetros de ajuste.

Por ejemplo, si como segundo conjunto de parámetros de ajuste se utiliza uno donde la potencia generada se encuentra 300 kW por debajo de la potencia máxima que se puede generar, solo debido al segundo conjunto de parámetros de ajuste seleccionado queda claro que la potencia diferencial es de 300 kW, es decir, que en ese momento puede resultar necesaria una bonificación correspondiente por los 300 kW. Naturalmente, esto requiere de una cantidad de viento tal que, dado el caso, permita operar el aerogenerador con los 300 kW mencionados a modo de ejemplo y, en ese caso, en el segundo modo de operación se genera una potencia. En general, esto se debe considerar naturalmente también para una parada de seguridad y otra clase de parada.

Si, por ejemplo, se toma como base un conjunto de parámetros de ajuste al cual se asocia una diferencia de potencia relativa como, por ejemplo, un 20 % por debajo de la potencia máxima, la potencia diferencial se puede modificar y se debe determinar teniendo en cuenta la potencia eléctrica generada. Es decir que si en el caso de dicho segundo conjunto de parámetros de ajuste a modo de ejemplo, el aerogenerador genera 800 kW, de esta manera se obtiene la potencia máxima generable de 1 MW.

De esta manera, según la invención, el procedimiento se caracteriza porque al segundo conjunto de parámetros de ajuste se asocia la potencia máxima que se puede generar respectivamente debido al viento existente y al diseño del aerogenerador, con el primer conjunto de parámetros de ajuste.

Preferentemente, al primer y/o segundo conjunto de parámetros se asocia una primera o bien, una segunda curva característica del funcionamiento o bien, el conjunto de parámetros indica una curva de esta clase, en particular una curva característica de potencia en función del número de revoluciones.

El ajuste de un aerogenerador a través de una curva característica de potencia en función del número de revoluciones, concierne en particular al rango de carga parcial, es decir, al rango en el cual, debido a las velocidades del viento existentes, no se pueden generar las potencias nominales para las cuales está diseñado el aerogenerador. En el caso de los aerogeneradores que pueden variar sus números de revoluciones con un ángulo de pala de rotor ajustable, de los cuales se parte convencionalmente en la presente solicitud, en el rango de carga parcial frecuentemente se ajusta un ángulo fijo de pala de rotor. A continuación, el aerogenerador gira debido al viento y al ángulo de pala de rotor ajustado, y se detecta el número de revoluciones. Después se ajusta una potencia asociada a dicho número de revoluciones, en base a la curva característica almacenada de la potencia en función del número de revoluciones. Esta potencia ajustada y, de esta manera, suministrada, frena en correspondencia el rotor a través del generador, de manera que dicha potencia influya sobre el número de revoluciones del rotor. Por solo mencionar un ejemplo, si el número de revoluciones del rotor se incrementa también se incrementará la potencia, hasta encontrar un punto de operación donde el número de revoluciones del rotor ya no se incrementa. Este corresponde entonces a un punto de operación determinado por un número de revoluciones y una potencia, y se encuentra en la curva característica almacenada de la potencia en función del número de revoluciones. De esta manera, básicamente el punto de operación se ajusta de forma continua y, eventualmente, se siguen las variaciones de la velocidad del viento. Además, el procedimiento descrito no requiere de una medición explícita de la velocidad del viento, sino que funciona solo a través de la detección del número de revoluciones y del ajuste de la potencia, que también se detecta naturalmente de esta manera.

Preferentemente, para un control de esta clase o de otra clase apropiada de los aerogeneradores, para el primer conjunto de parámetros de ajuste se toma como base un primer ángulo de pala de rotor, y para el segundo conjunto de parámetros de ajuste se toma como base un segundo ángulo de pala de rotor, y se ajusta en correspondencia. Suponiendo que el segundo ángulo de pala de rotor que también puede ser variable o bien, que también puede variar asociado a diferentes segundos conjuntos de parámetros de ajuste, se obtiene un rendimiento de potencia a partir del viento menor en comparación con el primer ángulo de pala de rotor y, de esta manera, se puede obtener una reducción de potencia. Preferentemente, el ángulo de pala de rotor del segundo conjunto de parámetros de ajuste presenta un valor de CP reducido. Preferentemente, el aerogenerador se opera en el segundo modo de operación con un rendimiento reducido. Por lo tanto, en el segundo modo de operación la relación entre la potencia generada y la potencia absorbida es inferior o bien, reducida. Esto se puede lograr, por ejemplo, mediante el uso de un ángulo de pala de rotor con un valor de CP inferior o bien, menor.

Según la invención, la potencia que se puede generar con el primer conjunto de parámetros de ajuste, asociada al segundo conjunto de parámetros de ajuste, se determina previamente de manera completa o parcial mediante mediciones comparativas, interpolación y/o extrapolación. En particular, se realiza una medición del comportamiento de la unidad con el primer conjunto de parámetros de ajuste y con el segundo conjunto de parámetros de ajuste. Dicha medición se realiza operando el aerogenerador con las mismas condiciones de viento, sucesivamente tanto con el primer como con el segundo conjunto de parámetros de ajuste, con el fin de establecer las relaciones. Esto se

puede repetir para incrementar la precisión y la seguridad, y se puede realizar en correspondencia para las diferentes condiciones de viento y, este caso, también se podrá repetir. Los valores intermedios se pueden interpolar o extrapolar.

- 5 Una variante diferente o complementaria consiste en determinar de manera precisa el valor de CP según el ajuste del ángulo de pala de rotor o bien, determinar de manera precisa además el comportamiento resultante del aerogenerador. De esta manera, por ejemplo, a través de una comparación de los valores de CP del ángulo de pala del rotor del primer conjunto de parámetros de ajuste en relación, se puede establecer una relación con respecto al valor de CP

10

o bien, a los valores de CP según el segundo conjunto de parámetros de ajuste. Además, dicho de una manera simplificada, el valor de CP describe un rendimiento de la pala del rotor, donde dicho rendimiento y, de esta manera, el valor de CP depende del ángulo de pala del rotor. Para obtener una relación determinada de la potencia entre el primer y el segundo conjunto de parámetros de ajuste, puede ser de utilidad la falta de constancia del ángulo de pala de rotor del segundo conjunto de parámetros de ajuste, aun cuando este afecte al rango de carga parcial. De esta manera, daría como resultado, por ejemplo, un primer conjunto de parámetros de ajuste para el primer modo de operación para el rango de carga parcial, con un ángulo de pala de rotor constante, es decir, el óptimo, y un segundo conjunto de parámetros de ajuste para el segundo modo de operación, con un ángulo de pala de rotor variable. De esta manera, el ángulo de pala de rotor del segundo conjunto de parámetros de ajuste se podría modificar con la velocidad del viento, lo cual tampoco requiere de una medición dicha velocidad.

20

Preferentemente, el comportamiento del aerogenerador, en particular en la operación con carga parcial, se mide en función de uno o varios ángulos de pala de rotor. Preferentemente, a partir de ello se crean uno o una pluralidad de conjuntos de parámetros de ajuste, en particular curvas características de la potencia en función del número de revoluciones, como posibles segundos conjuntos de parámetros de ajuste. A continuación, estos se pueden seleccionar según se requiera, en particular dependiendo de la reducción de potencia deseada.

25

Según una forma de realización, se propone disminuir el valor de CP en el rango de carga parcial a un valor predeterminado, mediante la modificación correspondiente del ángulo de pala de rotor u otra manera predeterminada, y adoptar un ángulo de pala de rotor correspondiente a dicho valor o bien, una curva característica del ángulo de pala del rotor correspondiente a dicho valor. De esta manera, por ejemplo, para un valor de CP disminuido también en el rango de carga parcial, se puede adoptar y tomar como base una curva característica del ángulo de pala de rotor en función de la velocidad del viento. Un ángulo de pala de rotor adoptado de esta clase o bien, una curva característica del ángulo de pala de rotor también se puede considerar como el ángulo de pala de rotor mínimo del respectivo punto de operación reducido.

30

35

La reducción de potencia descrita es eficaz y útil, en particular en el rango de carga parcial, dado que en este caso se puede obtener información delicada sobre la potencia máxima que se puede generar. Sin embargo, también en el rango de carga plena existen opciones de aplicación útiles. En particular, en el caso de un aerogenerador accionado de manera reducida, ya no se puede percibir necesariamente si dicho aerogenerador ha sido operado en el primer modo de operación en el rango de carga plena, si la operación actual se realiza, sin embargo, en el segundo modo de operación. Finalmente, se puede detectar periódicamente mediante la operación del aerogenerador, si este se encuentra funcionando con plena carga o bien, si el viento existente se encuentra en un rango donde el aerogenerador puede operar mediante el funcionamiento con plena carga.

40

45

Además, se propone un aerogenerador para generar potencia eléctrica a partir del viento, donde el aerogenerador está preparado para ser operado con un procedimiento según la invención, según cualquiera de las formas de realización descritas. En particular, el aerogenerador presenta un microcontrolador u otras unidades operativas, con el cual se implementa, al menos, un procedimiento según cualquiera de las formas de realización anteriormente mencionadas. Preferentemente, a cada aerogenerador se puede asociar un conjunto de parámetros diferente en función del lugar de montaje o se puede generar en el lugar, en particular, los conjuntos de parámetros de ajuste pueden ser diferentes, por ejemplo, para aerogeneradores que presentan esencialmente el mismo diseño constructivo pero que se encuentran montados en diferentes lugares de montaje. De esta manera, en particular la densidad atmosférica y/o la humedad atmosférica influyen sobre el comportamiento del aerogenerador y, de esta manera, eventualmente influyen sobre la relación de los diferentes modos de operación entre sí.

50

55

Además, se propone un parque eólico con una pluralidad de aerogeneradores que presenta, al menos, uno de los aerogeneradores anteriormente descritos, preferentemente una pluralidad de dichos aerogeneradores, en particular conformado exclusivamente por dichos aerogeneradores. De esta manera, se puede proporcionar un grado considerable de potencia de alimentación y, con ello, también un grado considerable de potencia de regulación, donde se pueden calcular eventuales diferencias de potencia.

60

Preferentemente, los conjuntos de parámetros de ajuste de los aerogeneradores de un parque son relacionados entre sí de manera que, por ejemplo, a partir del comportamiento de un aerogenerador, en particular de su potencia suministrada, y conociendo el conjunto de parámetros de ajuste allí utilizado, se pueda deducir la potencia máxima generada de otro aerogenerador.

5

A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo mediante los ejemplos de realización, en relación con las figuras incluidas.

Fig. 1 muestra un aerogenerador en una vista en perspectiva.

10

Fig. 2 muestra esquemáticamente un diagrama de tiempo de la potencia con una potencia reducida temporalmente.

Fig. 3 muestra esquemáticamente un desarrollo de la velocidad del viento con la potencia correspondiente en función del tiempo.

15

Fig. 4 muestra esquemáticamente una relación entre la potencia y la velocidad del viento para diferentes valores de CP, debido a diferentes ángulos de pala de rotor.

Fig. 5 muestra dos desarrollos de potencia posibles para diferentes ángulos de pala de rotor en función de la velocidad del viento.

20

A continuación, los mismos símbolos de referencia o bien, las mismas denominaciones de variables pueden corresponder a diferentes situaciones de funcionamiento concretas, sin embargo, esencialmente se refieren a los mismos elementos, magnitudes físicas o ajustes.

25

La figura 1 muestra un aerogenerador esencialmente conocido, donde se implementa un procedimiento según la invención. Las palas del rotor pueden ajustar su ángulo de pala de rotor.

La figura 2 muestra a modo de ejemplo y de forma idealizada el deseo que se toma como base, el cual consiste en reducir a un valor determinado una potencia máxima a generar con un aerogenerador. De esta manera, con una línea continua se indica la potencia P_1 para un primer modo de operación donde la potencia máxima es generada por el aerogenerador, es decir, la potencia que se puede generar debido a las condiciones de viento existentes. También se puede encontrar por debajo de una potencia nominal. Con una línea discontinua se indica una curva característica de la potencia con P_2 que muestra un segundo modo de operación del aerogenerador, donde dicho aerogenerador se opera con un valor reducido que en la figura 2 se indica a modo de ejemplo como 10 %. Esto sucede a partir del momento t_1 . Esta potencia diferencial entre P_1 y P_2 se debe determinar para, por ejemplo, poder bonificar dicha potencia o para poder predeterminarla cuando el aerogenerador se opera en el segundo modo de operación con la potencia P_2 .

La figura 3 ejemplifica el hecho de que, sin embargo, bajo condiciones reales no se puede contar con una velocidad del viento constante y, por lo tanto, tampoco con una potencia constante. La velocidad del viento V_w se registra allí a lo largo del tiempo t . Con el fin de ejemplificar la problemática, la velocidad del viento V_w varía en altura.

Como P_1 se marca una curva característica de la potencia que indica la potencia máxima que se podría generar con el aerogenerador en cuestión, debido al viento existente V_w . Esencialmente, existe una relación cúbica entre la velocidad del viento y la potencia que se puede generar a partir de esta. Esta relación no lineal se manifiesta en la figura 3. Sin embargo, la figura 3 muestra el desarrollo de la potencia P_1 solo esquemáticamente con el fin de ilustrar la problemática. En el momento t_1 se realiza una reducción de la potencia máxima que se puede generar P_1 a la potencia reducida P_2 . La reducción que se ha realizado se indica con ΔP .

50

La figura 3 ilustra la dificultad para determinar la potencia diferencial ante el viento variable y, de esta manera, ante una potencia de salida variable.

Como solución se recomienda ajustar diferentes ángulos de palas de rotor, α_1 , α_2 o α_3 , también en el rango de carga parcial. Además, la figura 4 ilustra la diferencia de altura de la potencia que se puede generar en función de la velocidad del viento y en función del ángulo de pala de rotor seleccionado, donde también en este caso los ángulos de pala de rotor α_1 , α_2 y α_3 solo se indican a modo de ejemplo. En correspondencia, cada ángulo de pala de rotor se registra con un valor de CP diferente. Para ello, para el ángulo de pala de rotor α_1 se adopta el valor de CP $CP_1 = 100\%$, es decir, el valor de CP máximo que se puede alcanzar. En comparación con dicho valor, el ángulo de pala de rotor α_2 se encuentra levemente modificado y presenta un valor de CP levemente reducido, es decir, $CP_2 = 90\%$, según ello CP_2 se encuentra un 90 % por debajo del valor de CP_1 que, en este caso, se establece como base. Para el desarrollo del ángulo de pala de rotor α_3 , marcado adicionalmente y a modo de ejemplo, se obtiene un CP_3

60

= 40 %.

La figura 4 ilustra, de este modo, no solo las diferentes potencias que se pueden obtener en función de la velocidad del viento y según el ángulo de pala de rotor ajustado, sino también el hecho de que se puede partir de una relación que, de todas maneras, resulta conocida. Sin embargo, dado el caso, una relación de esta clase se debe determinar para la unidad concreta. Naturalmente, en este caso también se pueden presentar leves variaciones. Se tiene en cuenta que la velocidad del viento no es igual en los diferentes lugares ni en los diferentes tiempos.

Sin embargo, se puede realizar una asociación óptima de la potencia a diferentes ángulos de pala de rotor, en función de la velocidad del viento. En correspondencia, a partir de una potencia en el caso de un ángulo de pala de rotor, por ejemplo, α_2 , se puede deducir la potencia que podría ser generada en la situación donde se ajuste el ángulo de pala del rotor α_1 .

Una transposición correspondiente se ilustra en la figura 5 que muestra dos curvas características posibles de la potencia en función de la velocidad del viento. Ambas curvas características, es decir, las asociadas al ángulo de pala de rotor α_1 y al ángulo de pala de rotor α_2 , inician con la velocidad del viento V_{WEIN} , en el momento donde el aerogenerador se enciende e indica el comienzo del rango de carga parcial. Después ambas curvas características de la potencia ascienden hasta la velocidad del viento nominal V_{WN} , que indica la finalización del rango de carga parcial que se encuentra, de este modo, entre V_{WEIN} y V_{WN} . El desarrollo lineal de ambas curvas características solo se realiza a modo de ejemplo. La curva característica de la potencia para α_2 se refiere a un segundo modo de operación donde el aerogenerador se opera de manera reducida. La curva característica para el ángulo de pala de rotor α_1 indica una operación sin reducción. En el ejemplo que se muestra, se indica una potencia diferencial ΔP que es aproximadamente constante para el rango de carga plena, es decir, para las velocidades del viento superiores a V_{WN} , aunque para el rango de carga parcial es proporcional a la respectiva potencia.

La figura 5 ilustra, además, la posibilidad de obtener dos curvas características en función del ángulo de pala de rotor ajustado. Dichas curvas características se registran en función de la velocidad del viento y resultan esencialmente conocidas. Si se ajusta un punto de potencia, por ejemplo, sobre la curva característica para el ángulo de pala de rotor α_2 , de esta manera se puede determinar de inmediato el punto de operación correspondiente de la otra curva característica, dado que ambas curvas características resultan conocidas. Como ejemplo de ello, se registran los puntos de operación B2 para utilizar el ángulo de pala de rotor α_2 y el punto de operación correspondiente B1 de la curva característica para el ángulo de pala de rotor α_1 . Es decir que, si se ajusta el punto de operación B2, se puede determinar de inmediato el punto de operación B1 y, de esta manera, la potencia máxima que se puede generar o bien, se puede leer en la curva característica. Aunque la representación se realice en función de la velocidad del viento V_w , no se requiere el conocimiento explícito o la designación de la velocidad del viento que se toma como base. Es decir, que el punto de operación B2 se puede ajustar sin conocer la velocidad del viento, se puede determinar el punto de operación B1 y, a partir de ello, también se puede obtener de inmediato la potencia diferencial ΔP .

Por lo tanto, de manera ventajosa, se puede reaccionar a las exigencias de los operadores de la red, es decir, que se puede reservar una potencia activa porcentual de la potencia activa actual suministrada, que puede ser liberada nuevamente en situaciones críticas de la red, en particular en el caso de una baja frecuencia, para el soporte de la red. De manera complementaria, se explica lo siguiente a modo de ejemplo.

La reserva de potencia activa en función de la potencia de alimentación actual, es una tarea difícil en el rango de carga parcial de los aerogeneradores. Mediante el ajuste de la unidad se modifican las relaciones aerodinámicas en la unidad, lo cual eventualmente hace prácticamente imposible la detección de la velocidad real del viento y de la posible potencia de alimentación que resulta de ello.

Mediante la disminución del rendimiento de la unidad, es decir, del aerogenerador, realizada de una manera artificialmente controlada, se puede alcanzar, eventualmente garantizar, una reserva de potencia activa a nivel de la unidad, así como a nivel del parque eólico, también en la operación con carga parcial. En la operación con carga nominal se realiza una limitación, es decir, la puesta a disposición de una reserva limitando la potencia máxima.

Por lo tanto, todas las centrales eólicas se pueden operar con la potencia de reserva, de manera controlada y centralizada a través del sistema SCADA. La liberación de potencia de reserva se puede concretar, por ejemplo, en la frecuencia de red y, de esta manera, se puede establecer. La frecuencia de red es esencialmente la misma en toda la red y una baja frecuencia inminente indica una red eléctrica que colapsa.

La disminución del rendimiento en el rango de carga parcial se logra mediante el establecimiento controlado del ángulo de pala mínimo, es decir, el establecimiento controlado del ángulo de pala de rotor en el rango de carga parcial. Una vez por tipo de unidad o por perfil de pala en el caso de una unidad de serie, aunque eventualmente

también por unidad individual, se miden las curvas características en función del número de revoluciones para el ángulo de pala mínimo, las cuales representan las respectivas potencias de reserva porcentuales. En este aspecto, dicha potencia de reserva se puede entender o bien, denominar también como la potencia diferencial entre la potencia máxima que se puede generar y la potencia reducida en el caso que se encuentre a disposición una potencia de reserva.

En este sentido, la aplicación de la solución recomendada también resulta económica, dado que eventualmente pueden resultar necesarios por única vez costes para soporte lógico.

10 Cabe mencionar que prácticamente todos los operadores de la red requieren en algún momento que las unidades reaccionen o puedan reaccionar de forma automática a las variaciones de la frecuencia en la red, con una variación de la potencia. Dado que las especificaciones de los operadores de la red pueden ser muy diferentes, puede resultar necesaria la introducción de una pluralidad de nuevos parámetros que, por ejemplo, se pueden ajustar o en parte solo en la pantalla de la unidad.

15 Cuando se utiliza un programa según una forma de realización de la invención, en primer lugar, se realiza una iniciación automática por única vez de la regulación de la potencia en función de la frecuencia, la cual satisface las exigencias de la mayoría de los operadores de la red. Sin embargo, puede resultar necesaria la comprobación en cada unidad, trabajando conjuntamente con un operador de red, para determinar si los ajustes corresponden a las exigencias del operador de la red.

En la pantalla de la unidad existe la posibilidad de encender y apagar la regulación de la frecuencia. Si se encuentra encendida, se puede seleccionar si la unidad debe reaccionar de manera dinámica o estática ante una variación de la frecuencia.

25 En el caso de la regulación dinámica, ante una superación de la frecuencia predeterminada, la potencia de la unidad se reduce o bien, se incrementa nuevamente con un gradiente determinado, es decir, por ejemplo, un valor porcentual determinado por segundo, cuando la frecuencia se reduce nuevamente resultando inferior al valor límite.

30 En el caso de la regulación estática, la potencia se regula de manera proporcional a la frecuencia, dependiendo de los límites de frecuencia ajustados y de las potencias ajustadas que corresponden a dichos límites.

Algunos operadores de la red exigen una denominada "frecuencia de retorno". Generalmente, esta frecuencia solo es ligeramente superior a la frecuencia nominal. Esta frecuencia de retorno permite que la unidad solo reduzca la potencia en el caso de un incremento de la frecuencia. La potencia se incrementa nuevamente, una vez que la frecuencia se haya reducido nuevamente resultando inferior a la frecuencia de retorno. Si la frecuencia de retorno se ajusta con un valor mayor al de la frecuencia de regulación superior, resultará ineficaz.

Además, se puede ajustar si la regulación de la frecuencia debe operar en función de la potencia nominal o de la potencia actual de la unidad. Si como punto de referencia se selecciona la potencia nominal, todos los valores teóricos de la regulación de la potencia en función de la frecuencia, serán relacionados con dicha potencia. Es decir, que si una unidad, por ejemplo, con 51 Hz aún debe generar un 50 % de potencia, esto correspondería a un P-MAX (f) de 1,000kW en el caso de una potencia nominal de 2 MW. Sin embargo, si debido a la escasa cantidad de viento, la unidad funcionara con solo 500kW, esto no influiría sobre la potencia de la unidad y, por lo tanto, la unidad no contribuiría con la regulación de la frecuencia.

Si como punto de referencia se selecciona la potencia actual de la unidad, entonces la potencia de la unidad se almacena como el valor del 100 % en el momento donde comienza la regulación de la frecuencia. En el caso de un incremento adicional de la frecuencia, P-MAX (f) se relaciona con dicho valor. Es decir, que la unidad del ejemplo arriba mencionado, con 51 Hz solo generaría 250 kW y, por lo tanto, independientemente del viento disponible, generaría un valor para la estabilización de la frecuencia de la red.

Un punto de la regulación de la frecuencia es la denominada potencia de reserva, ya descrita parcialmente. En este caso, en el rango de la frecuencia nominal, la unidad se opera con la potencia reducida. Con un viento nominal, esto sucede mediante la limitación de P-MAX. En la operación con carga parcial, la unidad se opera con un ángulo de pala que representa la reserva de regulación requerida. A partir del ángulo de pala, se puede leer la reserva de regulación. Si ahora la frecuencia de la red se reduce hasta un valor inferior a un valor determinado de, por ejemplo, 49,5 Hz, la unidad incrementa automáticamente la potencia y, de esta manera, sirve de soporte para la frecuencia de la red. Esta potencia de reserva representa una opción que se utiliza solo en pocos casos. Porque cuando una unidad debe reservar potencia continuamente, esto puede tener como consecuencia eventualmente pérdidas de rendimiento considerables. En el caso de la regulación activa del parque eólico, la potencia de reserva también puede ser predeterminada por el ordenador del parque.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar un aerogenerador para la generación de potencia eléctrica a partir del viento, donde el aerogenerador se opera opcionalmente en un primer o en un segundo modo de operación, y el aerogenerador en el primer modo de operación genera la cantidad de potencia eléctrica (P1) posible debido al viento existente y al diseño del aerogenerador, y el aerogenerador en el segundo modo de operación genera menos potencia eléctrica (P2) que, en el primer modo de operación, donde en el primer modo de operación el aerogenerador se controla con un primer conjunto de parámetros de ajuste y en el segundo modo de operación, con un segundo conjunto de parámetros de ajuste distinto del primer conjunto de parámetros de ajuste, donde el primer y el segundo conjunto de parámetros indica una primera o bien, una segunda curva característica de potencia en función del número de revoluciones, y donde la potencia que se puede generar con el primer conjunto de parámetros de ajuste, asociada al segundo conjunto de parámetros de ajuste, se determina previamente de manera completa o parcial mediante mediciones comparativas, interpolación y/o extrapolación, y una medición del comportamiento de la unidad con el primer conjunto de parámetros de ajuste y con el segundo conjunto de parámetros de ajuste, se realiza operando sucesivamente el aerogenerador con las mismas condiciones de viento tanto con el primer como con el segundo conjunto de parámetros de ajuste, y cuando el aerogenerador se opera en el segundo modo de operación, se determina la potencia máxima que se puede generar con el primer conjunto de parámetros de ajuste o una potencia diferencial (ΔP) como diferencia entre dicha potencia máxima que se puede generar y la potencia generada actualmente en el segundo modo de operación, dependiendo del segundo conjunto de parámetros de ajuste, y/o el segundo conjunto de parámetros de ajuste se selecciona en función de una reducción de potencia deseada, donde una potencia a generar por el aerogenerador (P) debe ser menor en comparación con la potencia máxima que puede ser generada por el aerogenerador en el primer modo de operación.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque al segundo conjunto de parámetros de ajuste se asocia la potencia máxima que se puede generar (P_1) respectivamente debido al viento existente y al diseño del aerogenerador, con el primer conjunto de parámetros de ajuste.
3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el aerogenerador presenta palas de rotor con un ángulo de pala de rotor ajustable (α), y para un rango de carga parcial donde la velocidad del viento (V_w) es inferior a una velocidad de viento nominal, el primer conjunto de parámetros de ajuste toma como base otro ángulo de pala de rotor (α_2) distinto al del segundo conjunto de parámetros de ajuste.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el primer y el segundo conjunto de parámetros de ajuste están conformados de manera que el aerogenerador en el segundo modo de operación se opera con un rendimiento menor que en el primer modo de operación, en particular de manera que el segundo conjunto de parámetros de ajuste toma como base un ángulo de pala de rotor con un valor de α menor en comparación al primer conjunto de parámetros de ajuste.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el comportamiento del aerogenerador se mide en la operación con carga parcial, en función de uno o varios ángulos de pala de rotor y, en particular, a partir de ello se crean uno o varios conjuntos de parámetros de ajuste, en particular curvas características de potencia en función del número de revoluciones, como posibles segundos conjuntos de parámetros de ajuste.
6. Aerogenerador para generar potencia eléctrica a partir del viento, donde el aerogenerador está preparado para ser operado con un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el aerogenerador presenta un microcontrolador u otras unidades operativas, en el cual se implementa, al menos, un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
7. Parque eólico, con una pluralidad de aerogeneradores según la reivindicación 6.

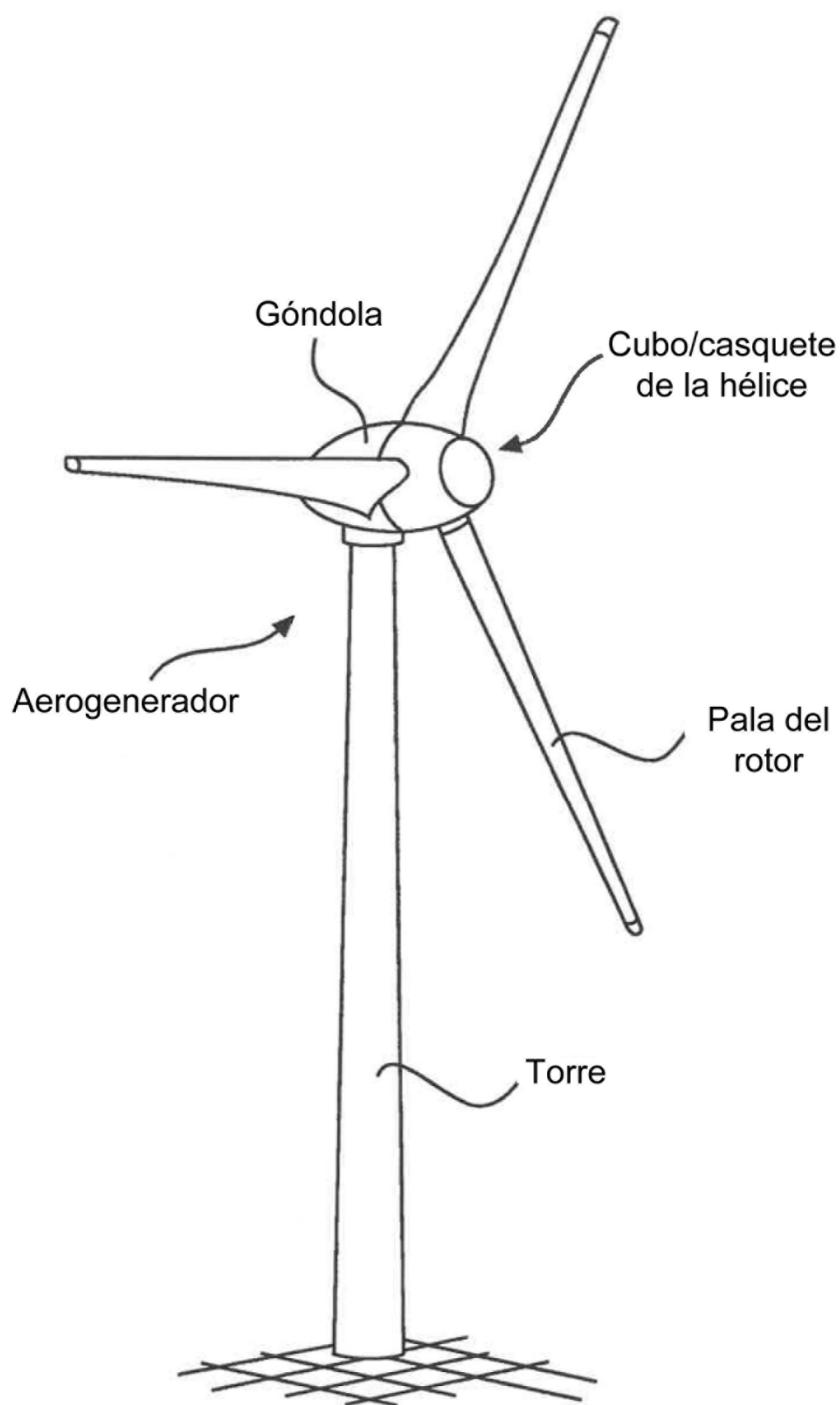


Fig. 1

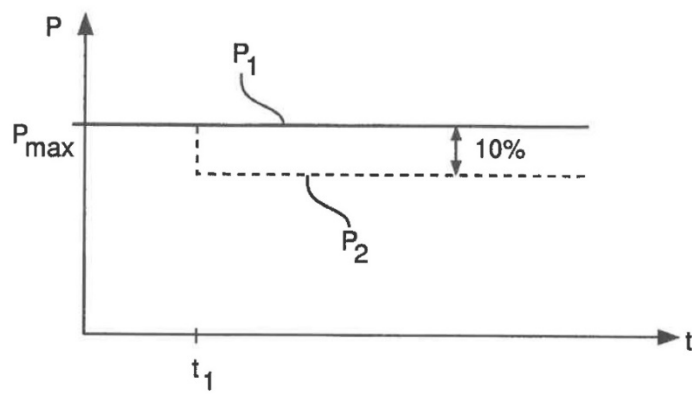


Fig. 2

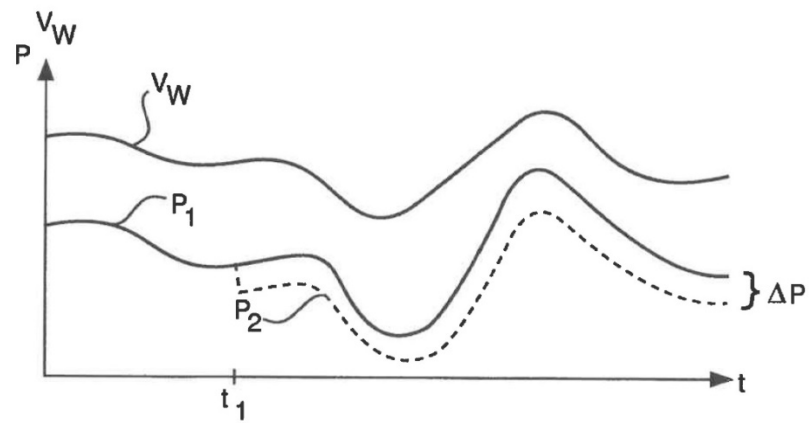


Fig. 3

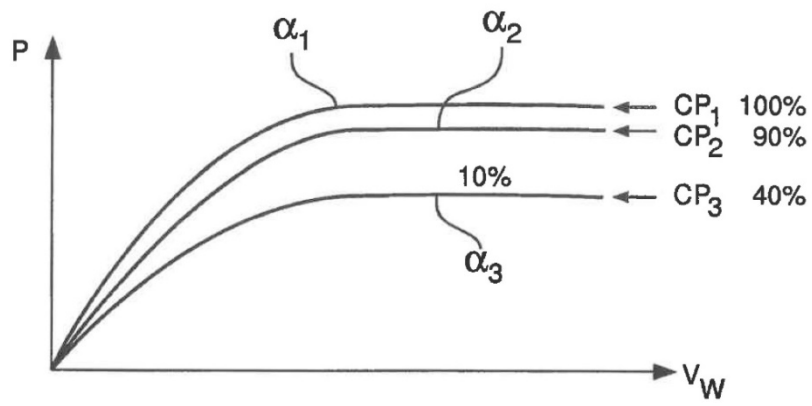


Fig. 4

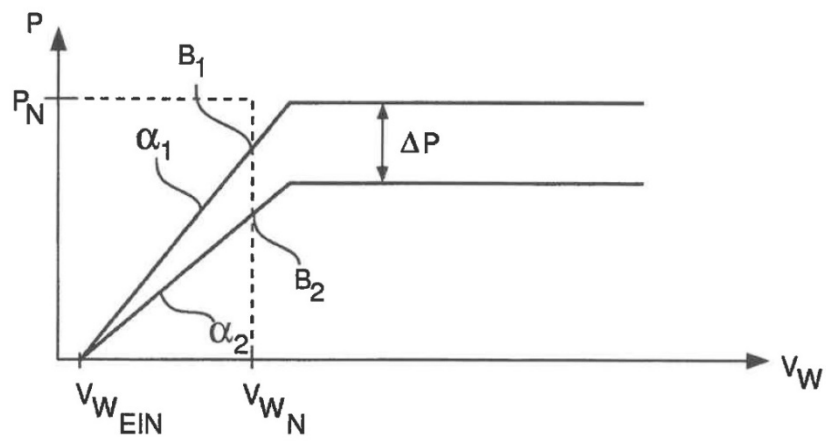


Fig. 5