

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 708 967**

51 Int. Cl.:

**F03D 17/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.11.2016 E 16201490 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.07.2018 EP 3176430**

54 Título: **Procedimiento para la supervisión de un aerogenerador**

30 Prioridad:

**04.12.2015 DE 102015015596**

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

**12.04.2019**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MITTELMEIER, NIKO;  
GEISLER, JENS y  
RAUTENSTRAUCH, ARNE**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 708 967 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 la supervisión de un aerogenerador

5 La invención se refiere a un procedimiento para la supervisión del funcionamiento de un aerogenerador, que presenta un generador accionado por un rotor de viento con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de inclinación se puede regular, para el suministro de energía eléctrica, siendo posible accionar el aerogenerador con un valor teórico de reducción de potencia predeterminado desde el exterior.

10 Con la creciente importancia de los aerogeneradores en la producción de energía eléctrica en una red eléctrica aumentan también las exigencias que se formulan a los aerogeneradores para que contribuyan a asegurar la estabilidad de la red eléctrica. Las contribuciones al aseguramiento de la estabilidad de la red consisten, entre otros aspectos, en la apuesta a disposición de potencia reactiva, en la provisión de potencia de reserva y también en la posibilidad de disminuir, en caso dado, el suministro de potencia previa demanda o de reducirlo al menos a un valor predeterminable. Esta última posibilidad, es decir, la disminución a base de un valor de reducción predeterminado desde el exterior, no suele causar dificultades importantes en los aerogeneradores, pero sí perjudica el funcionamiento de los aerogeneradores orientados en un aprovechamiento máximo de la energía eólica. A pesar de ello, la capacidad de reducción del suministro de potencia es importante.

15 En el funcionamiento práctico de las redes de distribución o de transmisión se pueden dar situaciones en las que la oferta de potencia supera la demanda de potencia. En un caso como éste se producen aumentos de frecuencia en la red. Para mantener la estabilidad de la red los operadores de la red tienen que restringir la producción de energía eléctrica. En la práctica, esto se lleva a cabo transmitiendo en los parques eólicos señales de restricción correspondientes. De este modo se impone a los parques eólicos un valor teórico que no pueden superar en el suministro de energía. Como consecuencia, el parque eólico sólo procede al suministro de potencia reducida. Por regla general, la imposición de un valor teórico reducido de este tipo se refiere a la potencia nominal del parque eólico (p. ej. se determina como valor de reducción el 80 % de la potencia nominal) o a un valor absoluto (p. ej. , como máximo, de 75 MW en un parque eólico con una potencia instalada de 100 MW). En este caso, la reducción ordenada se pone en práctica cuando el viento es tan fuerte que exista la amenaza de que la potencia producida en el parque eólico pueda rebasar el valor teórico de reducción predeterminado. Sin embargo, si el viento es flojo, la restricción predeterminada para el aerogenerador en cuestión carece de efecto. En principio se prevé que, en caso de una reducción de potencia por el operador de la red de transmisión, se tengan que abonar pagos de compensación por los ingresos no obtenidos a causa de la reducción de potencia. Por consiguiente, los implicados están interesados en saber si una orden de reducción conduce realmente a una reducción de la producción de potencia de un aerogenerador del parque eólico o si la misma queda sin efecto, debido a la falta de un viento suficientemente fuerte.

20 En el estado de la técnica se han discutido diferentes fórmulas a este respecto. La primera fórmula se basa en la señal de reducción que recibe el aerogenerador con objeto de indicarle la existencia de una reducción. No obstante, la existencia de esta señal no demuestra en absoluto que, teniendo en cuenta las condiciones reales, se haya producido realmente una reducción efectiva. Si el viento ha sido flojo es posible sacar equivocadamente la conclusión de una merma de ingresos por el simple hecho de la existencia de la señal. Por lo tanto, el resultado sería erróneo. Alternativamente se ha propuesto determinar, a través de una medición del viento y de curvas características de potencia ya conocidas del aerogenerador, cuál es la potencia que el aerogenerador hubiera podido producir con el viento medido y compararla con el suministro de potencia reducido (WO 2013/041192 A2). Sin embargo, estos procedimientos, que se basan en un anemómetro montado en la góndola del aerogenerador para la determinación de la velocidad del viento, son demasiado inexactos debido a la influencia del rotor de viento en marcha en la medición de la velocidad del viento.

25 45 Por esta razón existe la necesidad de perfeccionar un procedimiento del tipo antes indicado en el sentido de que indique con mayor precisión y fiabilidad si una reducción ordenada se ha producido realmente.

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

30 En un procedimiento para la supervisión del funcionamiento de un aerogenerador, que presenta un generador accionado por un rotor de viento con al menos una pala de rotor, cuyo ángulo de inclinación se puede regular, para el suministro de energía eléctrica, siendo posible accionar el aerogenerador con un valor teórico de reducción de potencia predeterminable, se prevé según la invención una determinación de si el aerogenerador funciona de forma reducida o no, que comprende los pasos de: determinación de la existencia de una variación de un parámetro de funcionamiento del rotor de viento, seleccionado de entre un grupo formado por un número de revoluciones del rotor de viento y el ángulo de inclinación, frente a un valor de referencia, determinación de si el aerogenerador funciona con carga parcial, comprobación de si se ha predeterminado un valor teórico de reducción de potencia y emisión de una señal para la reducción efectiva cuando se cumplen todas las condiciones antes enumeradas.

A continuación se explican en primer lugar algunos de los términos empleados:

por un "valor teórico de reducción de potencia predeterminable" se entiende normalmente un valor de potencia predeterminado al que se tiene que reducir el suministro de potencia del aerogenerador. En la mayoría de los casos se tratará de un valor predeterminado referido a la potencia nominal (p. ej. el 90 % de la potencia nominal), pero también se puede prever otro tipo de determinación previa del valor, por ejemplo en forma de valor de potencia absoluto (p. ej. 2,5 MW en un aerogenerador de 3 MW).

Por funcionamiento con carga parcial se entiende un funcionamiento generador de energía del aerogenerador que no sea un funcionamiento con carga nominal (funcionamiento con plena carga). No forman parte del funcionamiento con carga parcial una parada ni un funcionamiento del aerogenerador en el que no se produce ningún suministro de potencia activa.

Por una reducción "efectiva" se entiende que un aerogenerador genera y suministra, debido a una orden, menos energía de la que hubiera podido generar y suministrar en las condiciones de viento reinantes.

La invención está basada en la idea de realizar, por medio de una combinación de la supervisión de parámetros de funcionamiento del rotor de viento, por una parte, y de una diferenciación de casos en cuanto al tipo de funcionamiento y a la existencia de un valor teórico de reducción de potencia, por otra parte, una clasificación en el sentido de determinar si se produce una reducción real, es decir, efectiva. La siguiente explicación se refiere al ángulo de inclinación como parámetro de funcionamiento del rotor de viento y se puede aplicar análogamente al número de revoluciones del rotor de viento. La invención aprovecha el conocimiento de que en caso de funcionamiento de carga parcial el ángulo de inclinación en sí se mantiene sin cambios frente a un valor de referencia previsto para el funcionamiento de carga parcial. El valor de referencia predeterminado para la carga parcial se define también como ángulo cero. Según la definición puede tener realmente el valor de 0 grados, pero en función del equipamiento existente también puede ser un valor de referencia distinto a cero. Por lo tanto, en definitiva se realiza, aprovechando señales existentes sobre el comportamiento del funcionamiento del aerogenerador, una comparación entre la actividad del ángulo de inclinación y el estado de carga. Expresado con otras palabras, la actividad de inclinación conocida se pondera para determinar si, teniendo en cuenta el estado de carga, se basa en un valor teórico de reducción o no. Por lo tanto, la invención actúa como una balanza de la actividad dependiente de la carga.

Como opción se prevé además preferiblemente un registro adicional durante el funcionamiento de plena carga con los siguientes pasos: determinación de si el funcionamiento es de plena carga, comprobación si se registra el valor teórico de reducción de potencia y emisión de la señal para la reducción real, incluso en el supuesto de que se cumplan las dos condiciones antes indicadas. De este modo, el ámbito de acción de la invención se puede ampliar a través del funcionamiento de carga parcial de manera que comprenda también el funcionamiento de plena carga. Por lo tanto, se proporciona como resultado un método válido y efectivo en toda la gama de funcionamiento, ya sea de carga parcial o de plena carga, para la detección de la aplicación de una reducción.

La diferencia inferior entre el funcionamiento de carga parcial, por una parte, y el funcionamiento de plena carga, por otra parte, se produce convenientemente por aplicación de un valor umbral regulable. El valor umbral es preferiblemente del orden de un 92 y un 97 % de la potencia nominal del aerogenerador. Una elección del valor umbral como ésta se considera segura y sólida, especialmente en caso de funcionamiento normal en condiciones de viento variables, y constituye una separación estricta a la vista de una potencia al 100 %.

Según una forma de realización preferida se puede prever que la señal inicial se inhiba en caso de detectar un fallo. Esta posibilidad se basa en el conocimiento de que, en caso de una restricción de la capacidad de generación de energía del aerogenerador, por ejemplo debido a restricciones del tren de accionamiento mecánico (p. ej. exceso de temperatura en el engranaje o generador) también se puede producir una reducción del suministro de energía, pero que ésta se debe atribuir a causas internas. Por lo tanto, en este caso no se trata de una reducción de potencia ordenada desde el exterior, especialmente por el operador de la red. Por consiguiente conviene distinguir entre una reducción de potencia basada en causas externas y una basada en causas internas. Esto se consigue por medio de la mencionada inhibición. Se entiende que la inhibición no tiene que significar una supresión total, sino que también se puede entender como una modificación de la señal inicial. Significa que una señal inicial se emite para el funcionamiento reducido, pero que además se señala que la misma está basada en una causa interna.

Como valor de referencia se emplea preferiblemente el valor teórico de inclinación para el funcionamiento óptimo. Basándose en el funcionamiento óptimo como referencia, se puede detectar de forma segura cualquier reducción de potencia. Esto se realiza convenientemente determinando un valor teórico para el funcionamiento óptimo por medio de una curva característica para el máximo rendimiento de potencia. Estas curvas características se pueden definir por medio de un elemento de curva característica, una fórmula o de otro modo, especialmente una tabla de búsqueda. No obstante, no es imprescindible que sea siempre el funcionamiento óptimo. En una forma de realización preferida se emplea como valor de referencia una curva característica de un funcionamiento silencioso. En este caso, el aerogenerador produce menos potencia de la que pudiera producir con un ajuste óptimo en las condiciones de viento existentes, pero lo hace bajo el aspecto de una menor emisión de ruido. Sin embargo, el suministro de potencia reducido resultante no se debe a la predeterminación del operador de la red desde fuera. Al utilizar este funcionamiento silencioso como valor de referencia, se consigue con el procedimiento según la invención que lógicamente esto no se considere como una reducción real. Esta reducción sólo se produciría en caso de un suministro por debajo de un nivel de potencia predeterminado por el funcionamiento silencioso.

El valor de referencia no tiene que ser en absoluto constante, sino que puede ser modificado a través de la gama de funcionamiento o del tiempo. Especialmente conveniente resulta una modificación del valor teórico por medio de una regulación de precisión del ángulo de inclinación, que adapta el ajuste de las palas de rotor en pasos pequeños y preferiblemente con una dinámica alta con condiciones de funcionamiento respectivamente óptimas, en su caso también de forma cíclica. Al utilizar el valor teórico modificado por medio de la regulación de precisión del ángulo de inclinación como valor de referencia, también se puede producir en estos casos una detección precisa de un funcionamiento de reducción efectivo.

El procedimiento según la invención tiene además la ventaja de funcionar en gran medida sin hardware adicional y de permitir una implementación nada complicada. Por lo tanto, resulta adecuado para una ejecución durante el funcionamiento, lo que significa que durante el funcionamiento del aerogenerador se puede detectar si se produce una reducción eficiente o no. Por otra parte, el procedimiento según la invención no se limita a esto, sino que también se puede llevar a cabo posteriormente sobre la base de los datos registrados. Normalmente, los datos necesarios para el procedimiento según la invención se suelen registrar de por sí y están disponibles de manera descentralizada, especialmente en dispositivos de supervisión (p. ej. SCADA). Así, el procedimiento según la invención también es idóneo para la evaluación off-line, que incluso se puede llevar a cabo de modo descentralizado.

La invención se refiere igualmente a un aerogenerador debidamente equipado o a un parque eólico debidamente equipado y provisto de equipos para la puesta en práctica del procedimiento. En relación con una descripción más detallada se señala lo anteriormente expuesto.

La invención se explica a continuación con mayor detalle con referencia al dibujo adjunto en el que se representan formas de realización ventajosas. Se muestra en la:

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

Figura 2 un parque eólico con aerogeneradores según otra forma de realización;

Figura 3 un diagrama de flujo para el procedimiento según la invención;

Figura 4 una vista esquemática de un dispositivo de evaluación para la realización del procedimiento;

Figura 5 diagramas que representan el comportamiento de funcionamiento del aerogenerador;

Figura 6 diagramas que representan el funcionamiento del procedimiento según la invención.

En un aerogenerador mostrado en la figura 1 e identificado en su conjunto con el número de referencia 1 se prevé una torre 10, por cuyo extremo superior se dispone una góndola 11 que gira en dirección acimutal. Por la cara frontal de la góndola 11 se monta un rotor de viento 12 con varias palas de rotor 13 regulables en lo que se refiere a su ángulo de inclinación  $\theta$ . El mismo acciona, a través de un árbol de rotor 14, un generador 15 que interactúa con un convertidor 16 para la producción de energía eléctrica, que se conduce a través de una línea de conexión 17 a un transformador 18 dispuesto en la base de la torre 10, que la suministra a una red (una red de transmisión 99 o una red interna 4 del parque). El funcionamiento del aerogenerador 1 se controla por medio de un sistema de control de funcionamiento 2 dispuesto igualmente en la góndola 11. Este sistema actúa a través de conexiones de señales con un módulo de control de inclinación 3 montado en el cubo del rotor de viento 12, que activa un accionamiento de inclinación 33 diseñado para la regulación del ángulo de ataque  $\theta$  de las palas de rotor 13. El accionamiento de inclinación 33 puede ser un accionamiento común para las palas de rotor 13 o un accionamiento individual para cada una de las palas de rotor.

El módulo de inclinación 3 comprende (véase también la figura 4) un dispositivo 31 para la determinación de un ángulo de inclinación actual  $\theta_1$  y una entrada 32 para un valor de referencia del ángulo de ataque  $\theta_{ref}$ . El valor de referencia  $\theta_{ref}$  lo proporciona el sistema de control de funcionamiento 2 y se transmite al módulo de inclinación 3 (por regla general a través de un transmisor de giro dispuesto en el cubo de rotor 12, que por razones de mayor claridad no se ha representado). El módulo de inclinación 3 se ha diseñado para ajustar el ángulo de inclinación correspondiente teniendo en cuenta el ángulo de inclinación actual  $\theta_1$ .

En la figura 2 se ilustra un parque eólico que comprende varios aerogeneradores 1, 1', 1". Éstos se han diseñado conforme al aerogenerador descrito en la figura 1. Los mismos se han conectado a una red interna del parque 4 que comprende una red de potencia 41 y una red de comunicación 42. La red de potencia 41 se conecta a través de un transformador del parque 43 y de un seccionador 45 a una red de transmisión 99 que es supervisada por un operador de red. El parque comprende además un ordenador central (Parkmaster) 5 conectado también a la red de comunicación 42. Al ordenador central se asignan puntos de medición 51, 52 para la corriente y tensión suministradas a la red, para la determinación de la potencia suministrada a la red 99. Por otra parte, en el ordenador central se prevé una entrada para una orden de reducción R por parte de una instancia superior, especialmente un operador de red. El ordenador central determina, a partir de los datos de medición de la potencia suministrada a la red 9 y del valor determinado en la entrada R, datos de reducción individual r para los distintos aerogeneradores 1, que a través de la red de comunicación 42 se aplican al sistema de control de funcionamiento 2 de los distintos aerogeneradores 1.

El funcionamiento del procedimiento según la invención se describe ahora más detalladamente con referencia a la figura 3.

5 En un primer paso 100 se determina una diferencia del ángulo de inclinación mediante la comparación entre el ángulo de inclinación real y un valor de referencia. Si no existe ninguna diferente (o una negativa), no existe ninguna actividad de inclinación reductora. Esto se determina en el punto de ramificación 101, procediendo a la desviación al bloque 102 con el resultado 120 de que no existe ninguna reducción efectiva. En caso contrario, es decir, si se produce una actividad de inclinación con una diferencia positiva, se procede a la desviación a la pista 103. En el siguiente bloque 104 se demanda la potencia activa  $P_i$  suministrada por el aerogenerador. La misma se multiplica por un factor de valor umbral regulable  $\epsilon$ , y en un punto de decisión 105 se determina si la potencia activa  $P_i$  suministrada está por debajo o por encima del valor umbral definido por el factor  $\epsilon$  (o si es igual al mismo). Si es inferior, esto significa que el aerogenerador 1 no produce su potencia completa y se procede al desvío a la pista 106. Se trata de una pista de carga parcial. En un paso siguiente se comprueba en el punto de decisión 108 si en un aerogenerador existe un valor predeterminado asignado especialmente por una instancia superior (como el ordenador central con el valor  $r$  o por el operador de la red con el valor  $R$ ). Esto se evalúa en el punto de decisión 109. Si es inferior al 100 %, existe una orden de reducción para los distintos aerogeneradores 1. Se produce a continuación una desviación a la pista 110, y en el bloque siguiente 112 se demanda el estado de funcionamiento del aerogenerador 1. En el bloque de decisión 113 se determina si en el aerogenerador 1 se ha producido un estado de fallo o de alarma que imposibilite un funcionamiento ilimitado. Si éste fuera el caso, se procede a la desviación a la pista 114. Esto significa que existe una reducción efectiva, pero que la misma se debe a una causa interna del aerogenerador 1. Entonces se activa la señal "I" en el bloque 140. Sin embargo, si no existe ningún estado de este tipo, es decir, si el aerogenerador estuviera en condiciones de llevar a cabo una producción de energía ilimitada (el mismo está "o.k."), existe una reducción efectiva y se desvía a la pista 115. En el bloque 130 se activa la señal para una reducción externa efectiva "E". Si en el punto de decisión 109 se produce una desviación a la pista 111, esto significa que no se ha aplicado ninguna señal de reducción por parte de una instancia superior. En este caso se emite en el bloque 141 la señal "I", después de lo cual sí se produce una reducción, pero que ésta se debe a una causa interna.

Según una variante opcional también se puede incluir el comportamiento durante el funcionamiento de plena carga en el procedimiento según la invención. Esto se produce cuando en el punto de decisión 105 se procede al desvío a la pista 107 para plena carga. En el bloque 116 se demanda, de forma análoga a la del bloque 108, un valor de reducción superior predeterminado. En el punto de decisión 117 se comprueba, al igual que en el punto de decisión 109, en qué medida el valor predeterminado para el aerogenerador individual 1 está por debajo del 100 % o no. Si es inferior al 100 %, se produce el desvío a la pista 118; esto significa que existe una reducción basada en una reducción de orden superior, es decir, externa. Se activa la correspondiente señal de emisión "E" (131). En caso contrario se desvía a la pista 119, lo que significa que no existe ninguna reducción. De forma correspondiente no se activa ninguna señal de reducción en el bloque 121.

De este modo se puede determinar, tanto para el caso de carga parcial como para el caso de plena carga si, debido a órdenes desde el exterior, especialmente de una instancia superior como un operador de red, se ha producido una reducción del aerogenerador 1 que ha sido efectiva en el funcionamiento del aerogenerador 1.

40 Con referencia a la figura 4 se describe ahora un dispositivo de evaluación con el que se puede implementar el procedimiento descrito. El dispositivo de evaluación, definida en su conjunto con el número de referencia 6, comprende un detector de actividad de inclinación 7 así como una báscula de carga 8. El detector de actividad de inclinación 7 contiene entradas para el ángulo de inclinación  $\theta_i$  como valor de medición del captador 31, así como en otra entrada la señal para el valor de referencia  $\theta_{ref}$  32. Se aplican a un comparador 71. Si los valores son iguales, no se emite ninguna señal (lo mismo ocurre si el ángulo de inclinación medido es menor que el valor de referencia). 45 En cambio, si el ángulo de inclinación medido es mayor que el valor de referencia, el comparador 71 emite una señal. Ésta se aporta a un bloque de formación de señales 72. Este bloque se diseña para conseguir una mejora de la calidad de la señal. En una forma de realización conveniente se trata de un filtro de promedio móvil que forma, por ejemplo, una media de los últimos 100 valores de medición (o de un determinado período de tiempo predeterminado como, por ejemplo, el último minuto o los últimos 10 minutos). Con este filtro de formación de señales 72 se eliminan valores extraños y se consigue una estabilización del procesamiento de señales. En la salida 7 se emite una señal 50 que indica si el ángulo de inclinación real es menor que el valor de referencia. Si es así, existe una actividad de inclinación, lo que se indica en la línea de señales 73.

La báscula de carga 8 comprende como primer componente un detector de carga 81. Al mismo se aplican las entradas para la potencia  $P_i$  suministrada realmente por el aerogenerador 1 como para un factor de valor umbral  $\epsilon$  regulable para la diferenciación entre plena carga y funcionamiento de carga parcial. A partir del valor para el factor de valor umbral  $\epsilon$  se genera, por multiplicación con un valor almacenado para la potencia nominal del respectivo aerogenerador 1, un valor de potencia umbral  $P_{th}$ , que se aporta a una entrada de un comparador 82. A otra entrada del comparador 82 se aplica el valor de medición para la potencia  $P_i$  realmente producida. Si la potencia producida es inferior al valor umbral, el comparador emite una señal nula que, después de la inversión en un elemento de inversión 83, se convierte en una señal positiva. De este modo se registra en la salida una señal positiva, cuando el aerogenerador 1 funciona con carga parcial. Esta señal se aplica, a través de una línea de señales 84, a un elemento AND 86. Éste presenta como otra entrada un valor para el valor de reducción  $r$ . El mismo se conduce a través de un elemento de comparación 85, que determina si el valor  $r$  es superior o inferior al 100 %. Si es inferior,

se emite una señal correspondiente al elemento AND 86. A una tercera entrada del elemento AND 86 se aplica un valor de estado del aerogenerador 1. Si el aerogenerador 1 puede funcionar, según la señal de estado, plenamente sin restricción (estado 0 u o.k.). éste valor se considera activo. El elemento AND 86 comprueba si en todas las entradas existe una señal activa. En caso afirmativo, emite en su salida 87 una señal de liberación. Ésta activa un relé de liberación 88 que conecta el estado de salida generado por el detector de actividad de inclinación. A continuación el dispositivo de evaluación 6 emite una señal "E" en la salida 89, según la cual existe una reducción desde el exterior.

Opcionalmente se puede llevar a cabo otra evaluación de restricciones a causa de condiciones internas, especialmente estados de alarma o de fallo del aerogenerador 1. Para ello se prevé otro elemento AND 91 a una de cuyas entradas se aplica la señal de salida del detector de inclinación 7. A la otra de sus entradas se aplica una señal de estado invertida 80, que se conduce a través de un elemento inversor 90. La salida del elemento inversor 90 se considera activa cuando se produce un estado de fallo o de alarma en el aerogenerador 1. De esta forma se libera la señal de actividad de inclinación emitida por el detector de inclinación 7, lo que significa la existencia de una reducción del aerogenerador 1, concretamente a causa de factores internos (señal "I").

El efecto del procedimiento según la invención se describe ahora con referencia a las figuras 5 y 6. La figura 5a muestra con una línea discontinua la curva de la potencia suministrada por un aerogenerador que funciona sin restricciones, es decir, sin reducciones. En la abscisa se indica la velocidad del viento y en la ordenada la potencia activa suministrada. En la parte izquierda se reconoce una subida a modo de parábola de la potencia activa con el aumento de la velocidad del viento hasta alcanzar, aproximadamente en el centro de la imagen, la potencia nominal. Después, la potencia suministrada ya no sigue aumentando con la fuerza del viento. En la figura 5b se muestra el desarrollo correspondiente del ángulo de inclinación  $\theta$ . Se puede ver que en la zona de carga parcial (es decir, en caso de suministro de potencia inferior a la potencia nominal) el ángulo de inclinación se mantiene constante, mientras que al alcanzar la potencia nominal el ángulo de inclinación varía. Con la línea continua se representan las curvas correspondientes para un aerogenerador 1 que funciona con una reducción de potencia. La reducción de potencia se basa en este caso en dos causas, por una parte en un funcionamiento silencioso con carga parcial y suministro de potencia reducido en caso de carga plena. Con el aumento del viento, la subida de la potencia suministrada se produce inicialmente como en el caso del aerogenerador no reducido (línea discontinua), pero a una velocidad de viento mayor difiere. El correspondiente desarrollo del ángulo de inclinación se representa en la figura 5b. Se reconoce que inicialmente el ángulo de inclinación se vuelve a mantener constante cerca de la línea cero, pero la actividad de inclinación y se produce mucho antes y el ángulo de inclinación de la línea cero aumenta. En esta zona el aerogenerador 1 empieza a no absorber toda la energía aerodinámica disponible del viento en el rotor de viento 12, sino que deja pasar parte de la energía eólica sin aprovecharla. Así se consigue la reducción de potencia deseada.

Diferentes parámetros empleados en el procedimiento según la invención para la detección de la puesta en práctica de la reducción se representan en la figura 6. En la figura 6a se muestra si existe un valor de reducción aplicado por una instancia superior. En la figura 6b se representa en qué medida el aerogenerador funciona con carga parcial, tal como se ha determinado en el punto de decisión 105. La señal indica un valor de 1, si el funcionamiento es de carga parcial. En la figura 6c se indica si existe una actividad de inclinación. Por actividad de inclinación se entiende que el ángulo de inclinación ha abandonado la línea cero que constituye aquí el valor de referencia. En la figura 6d se muestra el estado del aerogenerador. El funcionamiento normal sin restricciones por parte del aerogenerador debido a fallos o estados de alarma se caracteriza por el estado de ok activo. Por medio de estos parámetros el procedimiento según la invención determina el momento a partir del cual resulta efectiva la reducción durante todo el tiempo. Esto se representa en la figura 6e. Se puede ver que en principio la reducción no se produce con una fuerza de viento baja, sino que empieza cuando la fuerza del viento alcanza un valor determinado. Si esto ocurre de manera que la reducción influya (negativamente) en el rendimiento de la producción de energía, se activa la señal "E". De este modo se puede determinar de forma inequívoca el momento a partir del cual se hace efectiva la reducción ordenada por una instancia superior.

Se hace constar que el procedimiento según la invención sirve tanto para la ejecución durante el funcionamiento como para la ejecución offline, especialmente con posterioridad, por medio de datos de protocolo registrados. El procedimiento según la invención también es apropiado tanto para la aplicación local en el aerogenerador, como para la aplicación centralizada en el ordenador central o descentralizada en un lugar completamente distinto, siempre que este otro lugar totalmente distinto disponga de los correspondientes datos de protocolo (ya sea durante el funcionamiento o como datos almacenados). Esta última posibilidad se puede realizar, por ejemplo, con ayuda de sistemas SCADA comerciales.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para la supervisión del funcionamiento de un aerogenerador (1) que presenta un generador (15) accionado por un rotor de viento (12) con al menos una pala de rotor (13), cuyo ángulo de inclinación ( $\theta$ ) se puede regular, para el suministro de energía eléctrica, pudiendo funcionar el aerogenerador (1) con un valor teórico de reducción de potencia ( $r$ ) predeterminable desde el exterior, caracterizado por una determinación de si el aerogenerador (1) funciona de forma reducida o no, con los pasos de:
- 10 I. determinación de la existencia de una variación de un parámetro de funcionamiento del rotor de viento, seleccionado de entre un grupo formado por un número de revoluciones del rotor de viento y el ángulo de inclinación ( $\theta$ ), frente a un valor de referencia ( $\theta_{ref}$ ),  
 II. determinación de si el aerogenerador (1) funciona con carga parcial,  
 III. comprobación de si se ha predeterminado un valor teórico de reducción de potencia y  
 15 IV. puesta a disposición de una señal para la reducción efectiva ("E") cuando se cumplen todas las condiciones antes enumeradas.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por un registro adicional de un funcionamiento de plena carga con los pasos de:
- 20 I. determinación de si el funcionamiento es de plena carga,  
 II. comprobación si se registra el valor teórico de reducción de potencia y  
 III. emisión de la señal ("R") para la reducción real, incluso en el supuesto de que se cumplan las dos condiciones.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por la emisión de una señal de salida ("I") alternativa en caso de un estado de fallo o de alarma detectado del aerogenerador (1).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que como valor de referencia se emplea un valor teórico de inclinación para el funcionamiento de potencia óptima.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por que como valor de referencia se emplea un valor teórico del número de revoluciones para un funcionamiento óptimo.
- 30 6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que el valor teórico para un funcionamiento óptimo se determina por medio de una curva característica para el rendimiento máximo.
7. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, caracterizado por que el valor teórico para el funcionamiento óptimo se determina por medio de una curva característica para un funcionamiento silencioso.
- 35 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado por que el valor teórico se modifica por medio de una regulación de inclinación de precisión y por que el valor modificado constituye el valor de referencia.
- 40 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que se emplea un factor de valor umbral ( $\epsilon$ ) para la delimitación del funcionamiento de plena carga y del funcionamiento de carga parcial, siendo el factor de valor umbral ( $\epsilon$ ) del orden del 90 al 99 %, preferiblemente del 92 al 97 %, de la potencia nominal del aerogenerador (1).
- 45 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se realiza durante el funcionamiento.
11. procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que se realiza por medio de datos registrados.
- 50 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el procedimiento se realiza en un lugar alejado del aerogenerador (1).
- 55 13. Aerogenerador con un generador (15) accionado por un rotor de viento (12) con al menos una pala de rotor (13), cuyo ángulo de inclinación se puede regular, para el suministro de energía eléctrica, presentando el aerogenerador la entrada para un valor teórico de reducción de potencia  $r$  predeterminable desde el exterior, con un dispositivo de evaluación, caracterizado por que el dispositivo de evaluación se diseña para determinar si el aerogenerador (1) funciona de forma reducida o no, presentando el dispositivo de evaluación
- 60 un detector de actividad de inclinación (7) diseñado para determinar si existe una variación de un parámetro de funcionamiento del rotor de viento seleccionado de entre un grupo formado por un número de revoluciones del rotor de viento y el ángulo de inclinación ( $\theta$ ), frente a un valor de referencia ( $\theta_{ref}$ );  
 una báscula de carga (8) diseñada para determinar si el aerogenerador (1) funciona con carga parcial y para comprobar si se ha predeterminado un valor teórico de reducción de potencia, así como

un dispositivo para la liberación (86, 88) diseñado para proporcionar una señal para una reducción afectiva ("E") cuando se cumplen todas las condiciones antes mencionadas.

5 14. Aerogenerador según la reivindicación 13, caracterizado por que el dispositivo de evaluación se diseña además para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 12.



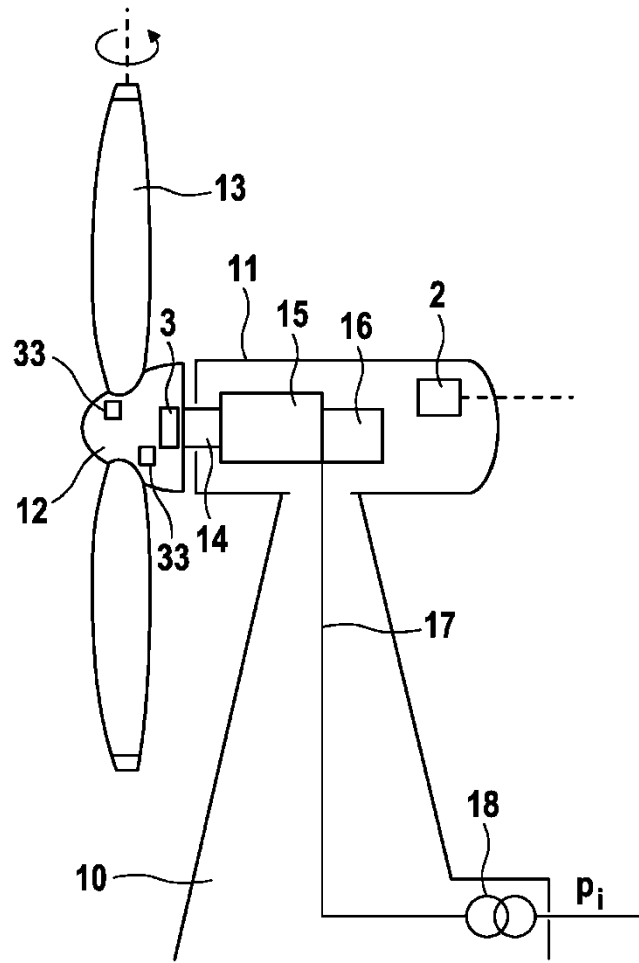


Fig. 1

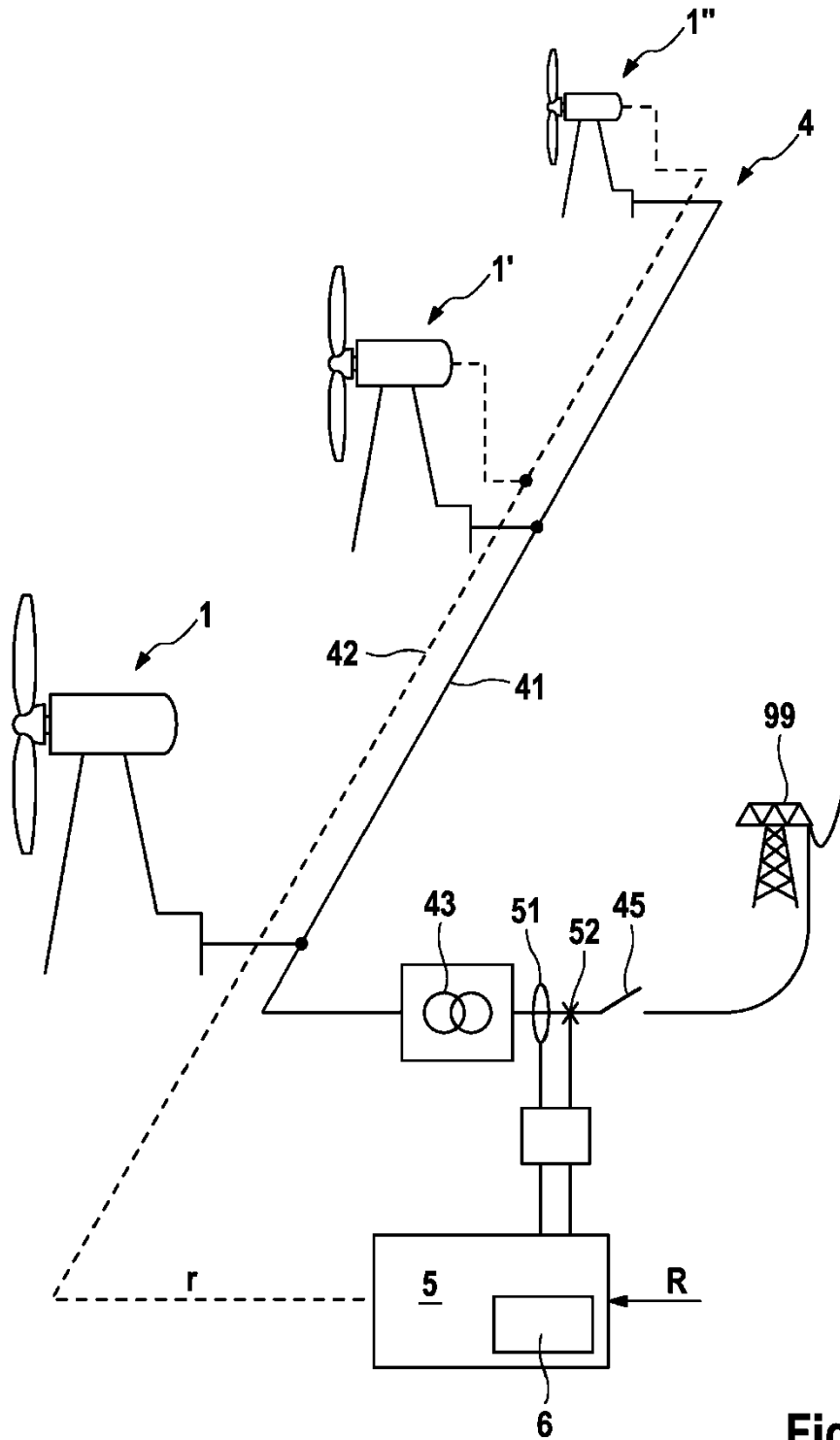


Fig. 2

Fig. 3

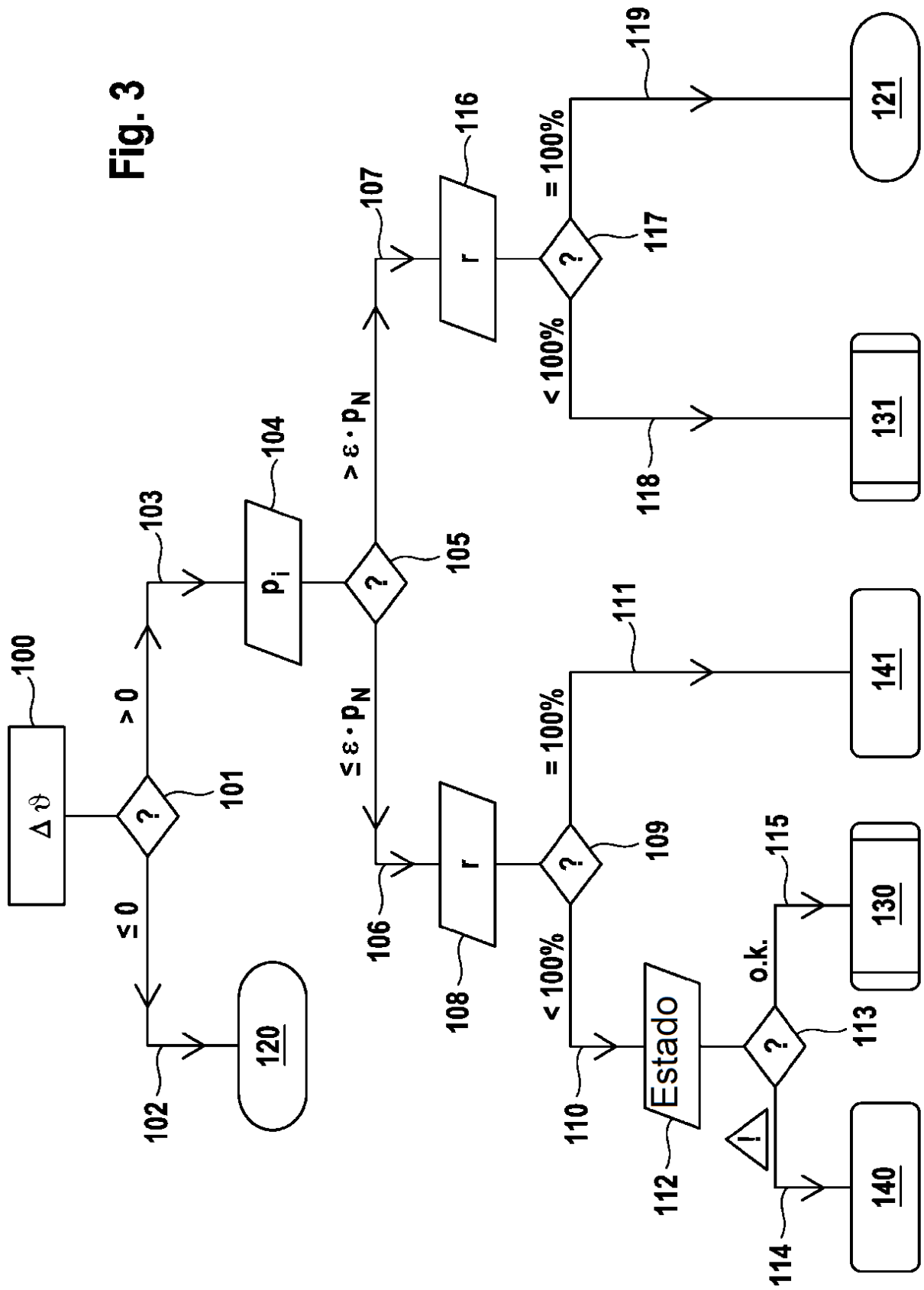


Fig. 4

