

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 261**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/46** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09705952 .1**

96 Fecha de presentación: **28.01.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2238665**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **13.10.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA HACER FUNCIONAR UNA TURBINA EÓLICA.**

30 Prioridad:  
**01.02.2008 DE 102008007448**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**17.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**17.01.2012**

73 Titular/es:  
**Woodward Kempen GmbH  
Krefelder Weg 47  
47906 Kempen, DE**

72 Inventor/es:  
**ENGELHARDT, Stephan y  
GENIUSZ, Andrzej**

74 Agente: **Carpintero López, Mario**

ES 2 372 261 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 hacer funcionar una instalacion de energía eólica

5 La invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalacion de energía eólica con un dispositivo de generador para el suministro de energía eléctrica a una red, comprendiendo el dispositivo de generador un estator y un dispositivo de control para el control del dispositivo de generador, midiéndose al menos con un primer equipo de medición una tensión de estator del dispositivo de generador y midiéndose al menos con un segundo equipo de medición una corriente de red suministrada a la red. Además, la invención se refiere a un programa informático así como a un producto de programa informático para la realización del procedimiento mediante el uso de un procesador así como un dispositivo de control de un dispositivo de generador de una instalacion de energía eólica y una instalacion de energía eólica.

15 Es un deseo constante optimizar el suministro de potencia activa de una instalacion de energía eólica a una red y evitar perjuicios tanto en la red como en la instalacion de energía eólica. Particularmente con un hueco de tensión, la potencia activa suministrada por la instalacion de energía eólica puede superar a la potencia activa que se puede suministrar como máximo a la red. Esto puede conducir a una inestabilidad del dispositivo de generador de la instalacion de energía eólica. Si el dispositivo de generador se desestabiliza, esto tiene como consecuencia que se tiene que desconectar la instalacion de energía eólica para evitar daños en la instalacion de energía eólica.

20 Por el documento EP 1 040 564 B1 se conoce un procedimiento para hacer funcionar una instalacion de energía eólica para evitar modificaciones indeseadas de la tensión de red para evitar una desactivación requerida de lo contrario de la instalacion de energía eólica. A este respecto, la instalacion de energía eólica comprende un captador de tensión para captar una tensión eléctrica aplicada en una red eléctrica. Cuando la tensión de red es mayor o menor que un valor predeterminado de tensión de red, la instalacion de energía eólica se puede hacer funcionar sin emisión de potencia a la red eléctrica. Sin embargo, en este procedimiento para hacer funcionar una instalacion de energía eólica es desventajoso que este procedimiento esté diseñado para la protección de la red, sin embargo, no para la protección de la instalacion de energía eólica. Asimismo es deseable no tener que hacer funcionar la instalacion de energía eólica incluso con fuertes modificaciones de la tensión de red sin emisión de potencia y poder garantizar al mismo tiempo una protección suficiente de la instalacion de energía eólica.

30 Además, por el documento DE 100 19 362 A1 se conoce un procedimiento para hacer funcionar una instalacion de energía eólica, en el que a partir de valores de corriente y tensión medidos en el lado de la red se determina la potencia activa suministrada y se usa para la corrección de la potencia activa del generador. Por lo demás, mediante variación del ángulo de fase entre corriente y tensión del convertidor del lado de la red se debe generar potencia reactiva y al mismo tiempo mantenerse la corriente total en límites admisibles. No está prevista una determinación de la potencia activa que se puede suministrar como máximo teniendo en cuenta un ángulo de fase máximo predefinido entre la tensión de estator y de red así como la regulación del suministro de potencia activa teniendo en cuenta el suministro de potencia activa teórica y la potencia activa que se puede suministrar como máximo.

35 Se conocen otros procedimientos para hacer funcionar turbinas eólicas por el documento US 2005/0042098 A1 así como por el documento US 2003/0151259 A1.

40 Partiendo de este estado de la técnica, la presente invención se basa en el objetivo de proporcionar un procedimiento genérico para hacer funcionar una instalacion de energía eólica que garantice un funcionamiento fiable de la instalacion de energía eólica con variaciones de la tensión de red y posibilite al mismo tiempo una protección fiable de la instalacion de energía eólica contra daños sin que sea necesaria una desconexión de la instalacion de energía eólica.

45 El objetivo indicado anteriormente se resuelve de acuerdo con una primera enseñanza de la presente invención mediante un procedimiento genérico por el hecho de que al menos en función de la tensión del estator y de la corriente de red con un modelo de red se determina una tensión de red, a partir de la tensión de red determinada y un ángulo de fase máximo predeterminable que existe entre la tensión de estator y la tensión de red se determina la potencia activa que se puede suministrar como máximo de la instalacion de energía eólica y la potencia activa suministrada se regula en función de la potencia activa que se puede suministrar como máximo determinada y una potencia activa teórica predeterminada por el dispositivo de control.

50 A diferencia de los procedimientos conocidos, el procedimiento de acuerdo con la invención tiene como objetivo la protección de la instalacion de energía eólica evitando el mismo estados inestables de la instalacion de energía eólica. Mediante la determinación de la tensión de red y mediante el ángulo de fase máximo predeterminable que existe entre la tensión de estator y la tensión de red se puede determinar la potencia activa que se puede suministrar como máximo por el dispositivo de generador a una red, que posibilita todavía un funcionamiento estable de la instalacion de energía eólica. Como consecuencia, la potencia activa suministrada realmente se puede regular en función de la potencia activa que se puede suministrar como máximo y se pueden evitar situaciones críticas de funcionamiento sin que se requiera un funcionamiento de marcha en vacío o una desactivación de la instalacion de energía eólica.

De acuerdo con una primera configuración de acuerdo con la invención, la potencia activa que se puede suministrar

como máximo determinada se puede comparar con la potencia activa teórica predeterminada y al sobrepasar la potencia activa teórica la potencia activa que se puede suministrar como máximo se puede limitar la potencia activa teórica a la potencia activa que se puede suministrar como máximo. En caso contrario se emite a la red la potencia activa teórica. Se ha observado que se pueden evitar de forma particularmente sencilla situaciones de funcionamiento inestable provocadas por una caída de tensión en la red si la potencia activa teórica suministrada vale una potencia activa que se puede suministrar como máximo menor se limita a la potencia activa que se puede suministrar como máximo. Mediante una reducción de la potencia activa suministrada realmente se puede evitar una aceleración indeseada del dispositivo de generador. La instalación de energía eólica puede hacerse funcionar además en un punto de funcionamiento dinámico estable y se puede evitar una desactivación de la instalación de energía eólica.

Además, la potencia activa que se puede suministrar como máximo puede determinarse de acuerdo con un ejemplo de realización adicional de la presente invención de manera continua, periódica y/o una única vez. En redes cuya potencia es aproximadamente constante y parece improbable un hueco de tensión se puede determinar la potencia activa que se puede suministrar como máximo de una vez, por ejemplo, durante la puesta en marcha de la instalación de energía eólica. De este modo se puede reducir la complejidad del cálculo para la determinación de la potencia activa que se puede suministrar como máximo. Se puede conseguir una mayor seguridad mediante una determinación periódica o, si se requiere, continua, de la potencia activa que se puede suministrar como máximo para reaccionar de manera adecuada incluso frente a huecos de tensión relativamente repentinos y poder limitar particularmente la potencia activa teórica suministrada lo suficientemente rápido a la potencia activa que se puede suministrar como máximo.

La tensión de red usada para la determinación de la potencia activa que se puede suministrar como máximo puede calcularse de acuerdo con la siguiente configuración del procedimiento de acuerdo con la invención a partir de la tensión de estator, la corriente de red y una impedancia de red. Mediante el uso de estos parámetros para la determinación de la tensión de red se puede determinar de manera sencilla la tensión de red sin una medición requerida de otro modo de la tensión de red, que estaría asociada a una alta complejidad.

Para obtener valores exactos de la impedancia de red se puede calcular la impedancia de red a partir de al menos dos tensiones de estator medidas en dos momentos diferentes y a partir de al menos dos corrientes de red medidas en momentos diferentes. La determinación de la impedancia de red que comprende una parte real y una imaginaria puede llevarse a cabo mediante dos mediciones tanto de la tensión de estator como de la corriente de red de manera sencilla a partir de las dos ecuaciones que se deducen de lo mismo. Para la medición pueden estar previstos equipos de medición adecuados y para la determinación de la impedancia de red, medios de procesamiento adecuados en el dispositivo de control.

La impedancia de red se puede establecer de manera continua, periódica y/o una única vez. Particularmente en redes que presentan una impedancia de red prácticamente constante sin modificaciones esenciales se puede establecer la impedancia de red para la reducción del tiempo de cálculo una única vez, por ejemplo, durante la puesta en marcha de la instalación de energía eólica. Para redes en las que puede variar la impedancia de red puede ser ventajoso establecer la impedancia de red periódicamente, con impedancias de red que se modifican rápidamente, también de manera continua, para incluir modificaciones de las impedancias de red en el cálculo de la potencia activa que se puede suministrar como máximo. La precisión del modelo de red y las determinaciones de parámetros que se basan en el modelo de red se pueden mejorar junto con una mejora de la seguridad de la instalación de energía eólica.

Se ha observado que mediante una selección adecuada del ángulo de fase máximo entre la tensión de estator y la tensión de red se puede conseguir una protección suficiente de la instalación. El ángulo de fase máximo entre la tensión de estator y la tensión de red puede fijarse en menor o igual a  $85^\circ$ , preferentemente menor o igual a  $70^\circ$  de acuerdo con la siguiente configuración del procedimiento de acuerdo con la invención. El ángulo de fase requerido para la potencia activa que se puede suministrar como máximo en teoría y máximo posible asciende a  $90^\circ$ . Sin embargo, para obtener suficientes reservas de seguridad en vista a un funcionamiento estable de la instalación de energía eólica, que solamente es posible con ángulos de fase menores de  $90^\circ$ , es ventajosa una fijación del ángulo de fase en al menos menor o igual a  $85^\circ$ , poniendo a disposición un ángulo de fase máximo de menor o igual a  $70^\circ$  mayores reservas de seguridad.

De acuerdo con otro ejemplo de realización de la presente invención se puede usar una máquina asíncrona con doble alimentación. Las máquinas asíncronas con doble alimentación son adecuadas particularmente para un uso como dispositivo de generador en una instalación de energía eólica.

De acuerdo con una segunda enseñanza de la presente invención, el objetivo que se ha indicado anteriormente se resuelve mediante un programa informático con órdenes cuya ejecución hace que un procesador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. Lo mismo se aplica también a un producto de programa informático que contiene un programa informático con órdenes cuya ejecución hace que un procesador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con la invención. Con respecto a las ventajas del programa informático o producto de programa informático de acuerdo con la invención se hace referencia a la descripción del procedimiento de acuerdo con la invención.

El objetivo que se ha indicado anteriormente se resuelve de acuerdo con una enseñanza adicional de la presente invención mediante un dispositivo de control de un dispositivo de generador de una instalación de energía eólica, comprendiendo el dispositivo de control medios para el control del suministro de potencia activa del dispositivo de generador a una red de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención. El dispositivo de control de acuerdo con la invención permite el funcionamiento de un dispositivo de generador de una instalación de energía eólica y evita situaciones críticas de funcionamiento, particularmente una inestabilidad del dispositivo de generador y una desactivación requerida asociada a esto de la instalación de energía eólica. Además de esto se puede garantizar una emisión de potencia incluso con fuertes variaciones de la tensión de red.

Lo mismo se aplica finalmente también a una instalación de energía eólica que comprende un dispositivo de generador así como un dispositivo de control de acuerdo con la invención. La instalación de energía eólica de acuerdo con la invención es particularmente adecuada para hacer funcionar redes "débiles" o con una conexión de red débil. Esto se aplica, por ejemplo, a turbinas eólicas en parques eólicos cerca de la costa (offshore).

Ahora existen múltiples posibilidades de configurar y perfeccionar el procedimiento de acuerdo con la invención, el dispositivo de control así como la instalación de energía eólica. Para esto se remite por un lado a las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1 y por otro lado a la descripción de ejemplos de realización en conexión con el dibujo. En el dibujo muestran

La Figura 1, una representación esquemática de un ejemplo de realización de una instalación de energía eólica de acuerdo con la invención,

La Figura 2, un diagrama de flujo de un ejemplo de realización de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención así como

La Figura 3 un diagrama de curvas características de potencia de un ejemplo de realización de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención.

La Figura 1 muestra en primer lugar una representación esquemática de un ejemplo de realización de una instalación de energía eólica de acuerdo con la invención. El rotor 1 representado está previsto para accionar el dispositivo de generador 2. Como dispositivo de generador 2 se puede usar ventajosamente una máquina asíncrona con doble alimentación. El dispositivo de generador 2 puede suministrar potencia activa a una red 8 con una impedancia de red 7. La corriente de red suministrada a la red 8 puede establecerse mediante un segundo equipo de medición 4. Además, mediante un primer equipo de medición 3 se puede detectar una tensión de estator del dispositivo de generador 2. Los valores detectados tanto de la tensión de estator como de la corriente de red suministrada a la red 8 pueden transmitirse en un formato adecuado, por ejemplo, como datos analógicos o digitales, a un dispositivo de control 5. El dispositivo de control 5 puede presentar medios adecuados para el procesamiento de los datos detectados de acuerdo con el presente procedimiento, pudiendo ser posible particularmente un procesamiento digital. Además, el dispositivo de control 5 es adecuado para controlar un dispositivo de limitador 6 para limitar, en caso de que sea necesario, la potencia activa suministrada realmente.

El funcionamiento de un ejemplo de realización de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención se explica mediante el diagrama de flujo simplificado representado en la Figura 2. Para la regulación de la potencia activa suministrada realmente en primer lugar es necesario determinar parámetros de un modelo de red. Sin embargo, también se puede concebir predefinir de manera fija la impedancia de red. Particularmente se puede determinar en primer lugar la impedancia de red  $Z_N$ . En una primera etapa 10 se pueden detectar la tensión de estator  $\underline{U}_{S1}$  y la corriente de red  $\underline{I}_{N1}$  suministrada a la red 8 mediante los equipos de medición 3, 4 previstos. La detección de estos valores de medición se realiza en un primer momento de trabajo  $t_1$ . Se entiende que esta etapa también se puede llevar a cabo en dos etapas separadas. En un segundo momento de trabajo  $t_2$  se puede llevar a cabo en una segunda etapa 11 una segunda medición de la tensión de estator  $\underline{U}_{S2}$  y de la corriente de red  $\underline{I}_{N2}$  suministrada mediante los equipos de medición 3, 4 previstos. Los valores de medición detectados se pueden transmitir para el procesamiento posterior al dispositivo de control 5. En una siguiente etapa 12 se pueden calcular las magnitudes buscadas  $R_N$  y  $X_N$  de la impedancia de red  $Z_N$  mediante medios de procesamiento adecuados del dispositivo de control 5 del siguiente modo. Si se parte de la ecuación general

$$\underline{U}_Q = \underline{U}_S - Z_N \underline{I}_N, \text{ con } Z_N = R_N + jX_N \quad (a)$$

para una tensión de fuente  $\underline{U}_Q$ , se obtienen para los dos momentos de trabajo  $t_1$  y  $t_2$  las siguientes dos ecuaciones

$$\underline{U}_{Q1} = \underline{U}_{S1} - (R_{N1} + jX_{N1}) \underline{I}_{N1}, \quad (b)$$

$$\underline{U}_{Q2} = \underline{U}_{S2} - (R_{N2} + jX_{N2}) \underline{I}_{N2}. \quad (c)$$

Además se puede partir del hecho de que la tensión de fuente  $\underline{U}_Q$  en un intervalo de tiempo lo suficientemente corto entre el primer momento de trabajo  $t_1$  y el segundo momento de trabajo  $t_2$  permanece aproximadamente constante y, por tanto, también los componentes  $R_N$  y  $X_N$  permanecen prácticamente constantes. Como consecuencia se pueden simplificar las anteriores ecuaciones y se obtienen las ecuaciones

$$\underline{U}_Q = \underline{U}_{S1} - (R_N + jX_N)I_{N1}, \quad (d)$$

$$\underline{U}_Q = \underline{U}_{S2} - (R_N + jX_N)I_{N2}. \quad (e)$$

Mediante resta de las dos ecuaciones (d) y (e) se obtiene la ecuación

$$0 = \underline{U}_{S1} - \underline{U}_{S2} - (R_N + jX_N)(I_{N1} - I_{N2}). \quad (f)$$

5 A partir de la ecuación (f) se obtienen por descomposición de la ecuación (f) en parte real e imaginaria dos ecuaciones con dos incógnitas  $R_N$  y  $X_N$ . Mediante resolución de estas ecuaciones se pueden determinar los componentes buscados  $R_N$  y  $X_N$ . Las etapas del procedimiento 10 a 12 se pueden realizar una única vez, por ejemplo, durante la puesta en marcha de la instalación de energía eólica, particularmente cuando se tiene que partir de que la impedancia de red  $Z_N$  permanece lo suficientemente constante. Además puede ser ventajoso determinar la impedancia de red  $Z_N$  también de manera periódica o continua. Se pueden detectar modificaciones de la impedancia de red  $Z_N$  y tener en cuenta en el modelo de red, en particular directamente después de su generación.

10 Los cálculos se pueden llevar a cabo con medios adecuados de procesamiento, tales como un microprocesador o similares, en la unidad de control 5. Se entiende que de acuerdo con otras variantes de la invención también se omiten las etapas 10 a 12 y la impedancia de red  $Z_N$  se puede determinar de forma fija mediante estimación o deducción de valores conocidos de impedancia de red de redes comparables.

15 Cuando ahora se han determinado los parámetros  $R_N$  y  $X_N$  del modelo de red, en una etapa 13 se pueden detectar la tensión de estator  $\underline{U}_S$  y la corriente de red  $I_N$  suministrada mediante los equipos de medición 3, 4 previstos. También es posible que se recurra a los valores de medición ya detectados para la determinación del modelo de red. En la siguiente etapa 14 mediante los medios de procesamiento previstos en el dispositivo de control 5 se determina al menos a partir de la tensión de estator  $\underline{U}_S$  medida y de la corriente de red  $I_N$  suministrada a la red 8 mediante el modelo de red la tensión de red  $\underline{U}_N$ . Particularmente se puede calcular la tensión de red  $\underline{U}_N$  de acuerdo con la siguiente ecuación

$$\underline{U}_N = \underline{U}_S - I_N (R_N + jX_N). \quad (g)$$

25 En la siguiente etapa 15 se determina la potencia activa máxima que se puede suministrar  $P_{\text{máx}}$ . Generalmente se obtiene la potencia activa  $P$  que se puede suministrar a la red 8 a partir de la ecuación

$$P = |\underline{U}_N| |\underline{U}_S| \frac{1}{|R_N + jX_N|} \text{sen}(\delta), \quad (h)$$

30 siendo  $\delta$  el ángulo de fase entre la tensión de estator  $\underline{U}_S$  y la tensión de red  $\underline{U}_N$ . De acuerdo con la invención, por motivos de seguridad, particularmente para la protección de la instalación de energía eólica con variaciones de red, se predefine un ángulo de fase máximo  $\delta_{\text{máx}}$  que se encuentra entre la tensión de estator  $\underline{U}_S$  y la tensión de red  $\underline{U}_N$ . Preferentemente el ángulo de fase máximo  $\delta_{\text{máx}}$  entre la tensión de estator  $\underline{U}_S$  y la tensión de red  $\underline{U}_N$  es menor o igual a  $85^\circ$ , particularmente menor o igual a  $70^\circ$ , para poner a disposición todavía reservas de seguridad para variaciones de regulación.

35 Para aclarar la relación entre la potencia activa  $P$  que se puede suministrar y el ángulo de fase  $\delta$  se muestra en la Figura 3 un diagrama ilustrativo de curvas características de potencia de un ejemplo de realización de acuerdo con el procedimiento de acuerdo con la invención. Como es evidente a partir de las curvas características de potencia de la Figura 3, se obtiene la potencia activa que se puede suministrar como máximo en teoría para un ángulo de fase  $\delta = \pi/2$  o  $90^\circ$ . Sin embargo, ángulos de fase  $\delta$  mayores conducen a una aceleración del dispositivo de generador 2 y, por tanto, a una inestabilidad del dispositivo de generador 2. En un caso de este tipo se requeriría la desconexión de la instalación de energía eólica para evitar daños en la instalación de energía eólica. Como consecuencia se deben evitar necesariamente mayores ángulos de fase  $\delta$ . Como precaución se debe mantener una distancia de seguridad con respecto al ángulo de fase  $\delta = \pi/2$  o  $90^\circ$ , habiéndose comprobado que es particularmente adecuado un ángulo de fase máximo  $\delta_{\text{máx}}$  de  $70^\circ$ .

45 De nuevo con referencia al diagrama de flujo representado en la Figura 2 se calcula en la etapa 15 la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{\text{máx}}$  de acuerdo con la siguiente ecuación mediante medios de procesamiento adecuados del dispositivo de control 5

$$P_{\text{máx}} = |\underline{U}_N| |\underline{U}_S| \frac{1}{|R_N + jX_N|} \text{sen}(\delta_{\text{máx}}). \quad (i)$$

La determinación de la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{\text{máx}}$  se puede llevar a cabo de

manera continua, periódica y/o una única vez. En este caso se puede tener en cuenta, por ejemplo, cómo de elevada es la probabilidad de variaciones de red, cómo de grandes pueden ser estas variaciones de red, cómo de grande es la potencia de cálculo disponible o si se debe alcanzar la máxima protección posible de la instalación de energía eólica.

- 5 En la siguiente etapa 16 se compara la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x}$  determinada con una potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$ , que se predefine por el dispositivo de control 5. La potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  se puede predefinir, por ejemplo, en función de condiciones del sistema, tales como la productividad de la instalación de energía eólica. Además, la potencia activa teórica se puede modificar durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica, por ejemplo, adaptarse a la velocidad del viento. En una comparación en la etapa 16 son posibles tres casos diferentes. La potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  puede ser menor que la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x}$ , igual a la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x}$  o mayor que la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x}$ .

- 15 Mediante las curvas características de potencia de la Figura 3 se explican a continuación los tres casos. El primer caso considerado es aquel en el que en función del ángulo de fase máximo  $\delta_{m\acute{a}x}$  se ha determinado la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x1}$ . Como se puede observar en la Figura 3, la potencia activa máxima que se puede suministrar  $P_{m\acute{a}x1}$  es mayor que la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  predeterminada. En este caso mediante el dispositivo de generador 2 se emite la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  a la red 8 (etapa 17). Para el caso en el que la potencia activa que se puede suministrar como máximo determinada  $P_{m\acute{a}x2}$  sea igual a la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  predeterminada se puede continuar asimismo con la etapa 17. La potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  se emite también en este caso a la red 8.

- 25 En el tercer caso, la potencia activa que se puede suministrar como máximo determinada  $P_{m\acute{a}x3}$  es menor que la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  predeterminada. Este caso puede presentarse, por ejemplo, debido a una caída de tensión en la red 8. Si en este caso el dispositivo de generador 2 intentase suministrar la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  a la red 8, el dispositivo de generador 2 podría desestabilizarse y podría requerirse una desconexión del dispositivo de generador 2 para evitar un daño en la instalación de energía eólica. Para evitar estos efectos se limita la potencia activa  $P$  suministrada a la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x3}$  (etapa 18). Por ejemplo, el equipo de control 5 puede controlar de manera correspondiente el dispositivo de limitador 6 y limitar la potencia activa  $P$  suministrada realmente a la potencia activa máxima que se puede suministrar  $P_{m\acute{a}x3}$ . En este caso se entiende que la potencia activa  $P$  suministrada realmente se puede regular de nuevo a la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$  cuando la potencia activa que se puede suministrar como máximo  $P_{m\acute{a}x}$  ha aumentado al menos de nuevo hasta la potencia activa teórica  $P_{te\acute{o}rica}$ .

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica con un dispositivo de generador (2) para el suministro de energía eléctrica a una red (8), comprendiendo el dispositivo de generador un estator y un dispositivo de control (5) para el control del dispositivo de generador, midiéndose al menos con un primer equipo de medición (3) una tensión de estator del dispositivo de generador y midiéndose al menos con un segundo equipo de medición (4) una corriente de red suministrada a la red (13),
- 10 **caracterizado porque** al menos en función de la tensión de estator y de la corriente de red con un modelo de red (10, 11, 12) se determina una tensión de red (13), a partir de la tensión de red determinada y un ángulo de fase máximo predeterminable que existe entre la tensión de estator y la tensión de red se determina la potencia activa máxima se puede suministrar la instalación de energía eólica (15) y la potencia activa suministrada se regula en función de la potencia activa que se puede suministrar determinada y una potencia activa teórica predeterminada por el dispositivo de control (16, 17, 18).
- 15 2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1,
- caracterizado porque** la potencia activa máxima que se puede suministrar se compara con la potencia activa teórica predeterminada y al sobrepasar la potencia activa teórica la potencia activa máxima que se puede suministrar se limita la potencia activa teórica hasta la potencia activa máxima que se puede suministrar.
- 20 3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 o 2,
- caracterizado porque** la potencia activa que se puede suministrar como máximo se determina de manera continua, periódica y/o una única vez.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3,
- caracterizado porque** la tensión de red se calcula a partir de la tensión de estator, la corriente de red y una impedancia de red.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4,
- 25 **caracterizado porque** la impedancia de red se calcula a partir de al menos dos tensiones de estator medidas en momentos diferentes y a partir de al menos dos corrientes de red medidas en dos momentos diferentes.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5,
- caracterizado porque** la impedancia de red se determina de manera continua, periódica y/o una única vez.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6,
- 30 **caracterizado porque** el ángulo de fase máximo ( $\delta_{\text{máx}}$ ) entre la tensión de estator y la tensión de red se determina en menor que o igual a  $85^\circ$ , preferentemente menor que o igual a  $70^\circ$ .
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7,
- caracterizado porque** se usa una máquina asíncrona con doble alimentación.
9. Programa informático con órdenes cuya ejecución hace que un procesador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8.
- 35 10. Producto de programa informático que contiene un programa informático con órdenes cuya ejecución hace que un procesador lleve a cabo el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8.
11. Dispositivo de control (5) de un dispositivo de generador (2) de una instalación de energía eólica, comprendiendo el dispositivo de control medios para el control del suministro de potencia activa del dispositivo de generador a una red de acuerdo con un procedimiento según las reivindicaciones 1 a 8.
- 40 12. Instalación de energía eólica que comprende un dispositivo de generador así como un dispositivo de control de acuerdo con la reivindicación 11.

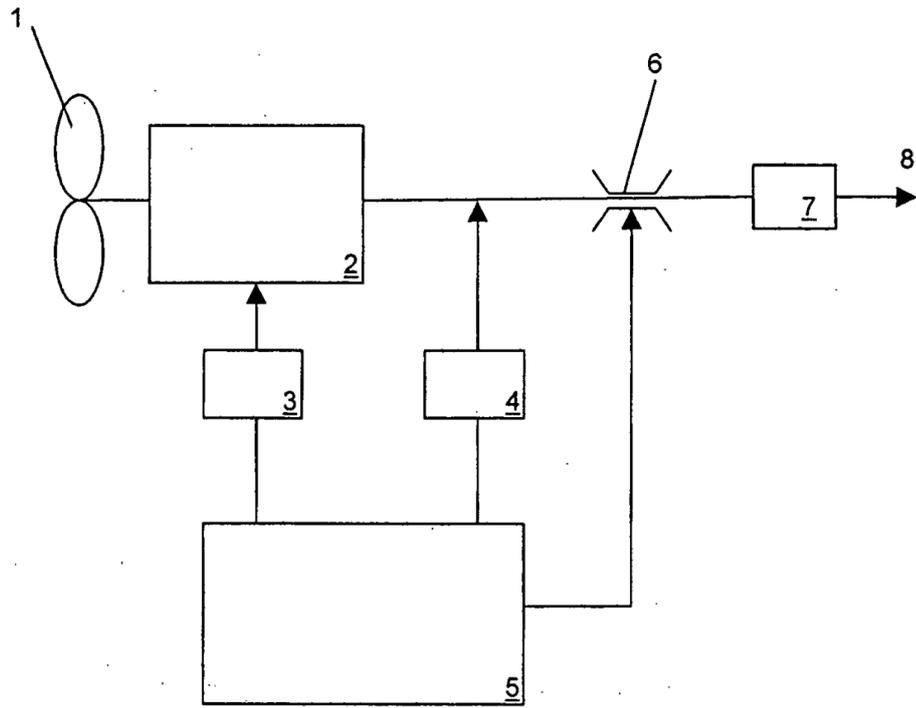


Fig. 1

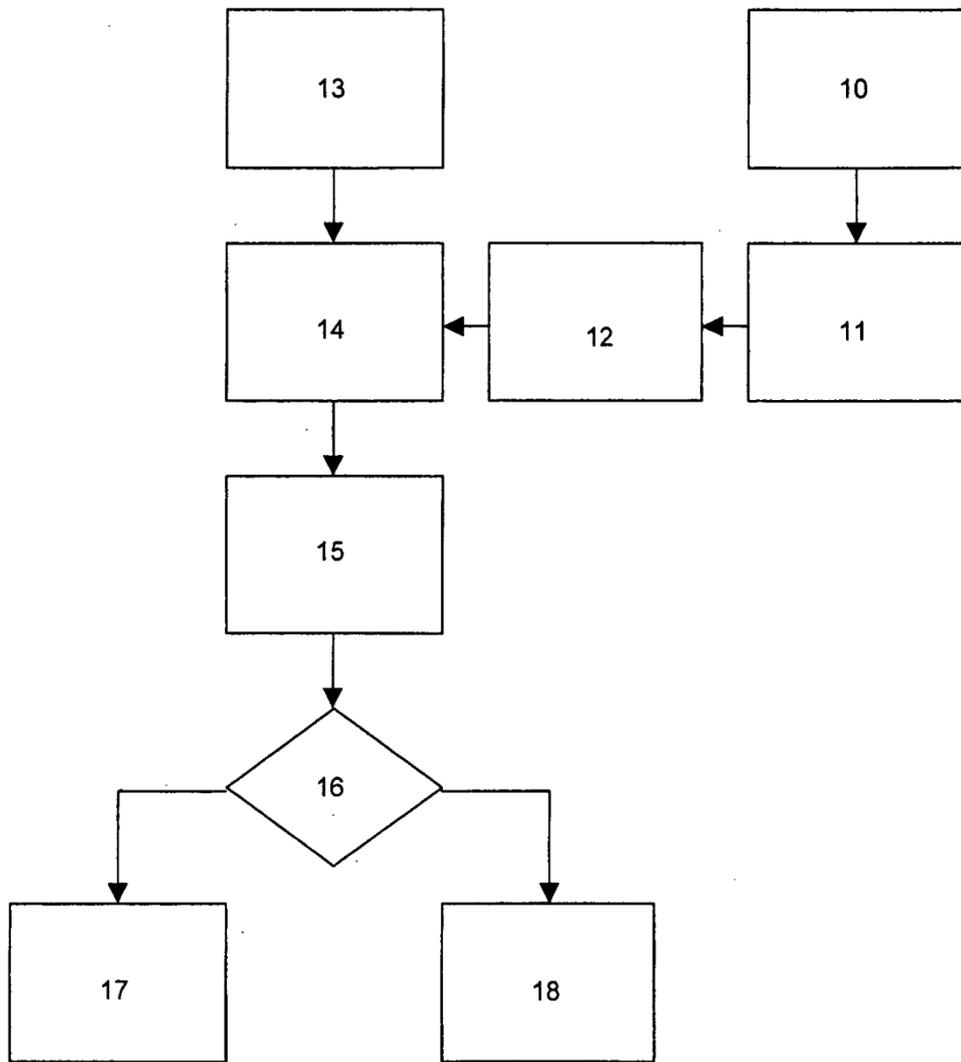


Fig. 2

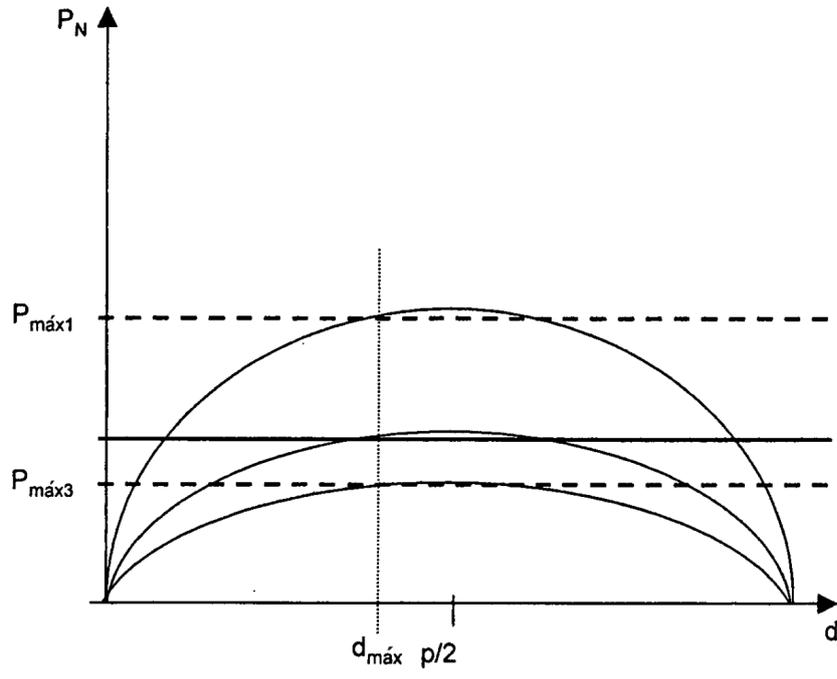


Fig. 3