



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

⑪ Número de publicación: **2 225 376**

⑤① Int. Cl.7: **H02P 9/30**

⑫

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧⑥ Número de solicitud europea: **01122899 .6**

⑧⑥ Fecha de presentación: **18.12.1998**

⑧⑦ Número de publicación de la solicitud: **1164691**

⑧⑦ Fecha de publicación de la solicitud: **19.12.2001**

⑤④ Título: **Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica.**

③⑩ Prioridad: **19.12.1997 DE 197 56 777**

④⑤ Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.03.2005

④⑤ Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.03.2005

⑦③ Titular/es: **Aloys Wobben**
Argestrasse 19
26607 Aurich, DE

⑦② Inventor/es: **Wobben, Aloys**

⑦④ Agente: **Roeb Díaz-Álvarez, María**

ES 2 225 376 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 instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica.

La presente invención se refiere a un procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica con un generador eléctrico, que puede accionarse por un rotor, para emitir potencia eléctrica a un consumidor eléctrico, especialmente a una red eléctrica.

Además, la invención se refiere a una instalación de energía eólica con un rotor y con un generador eléctrico acoplado al rotor para emitir potencia eléctrica a un consumidor eléctrico, especialmente a una red eléctrica.

En el caso de las instalaciones de energía eólica conocidas para generar energía eléctrica a partir del viento, el generador se hace funcionar en funcionamiento en paralelo con el consumidor eléctrico, frecuentemente una red eléctrica. Durante el funcionamiento de la instalación de energía eólica varía la potencia eléctrica facilitada por el generador en función de la velocidad actual del viento y, por consiguiente, de la potencia del viento. Esto tiene como consecuencia que también sea variable la tensión eléctrica del generador en función de la potencia del viento. Esto conduce a los siguientes problemas:

En el caso de la alimentación de la potencia eléctrica generada a una red eléctrica, por ejemplo, a una red eléctrica pública, se llega a un aumento de la tensión de la red en un punto de unión o de conexión a la red en el que se alimenta la potencia eléctrica del generador a la red. Especialmente en el caso de fuertes variaciones de la tensión del generador se llega a fuertes variaciones no deseadas de la tensión de la red.

Además, en circunstancias especiales puede llegarse a que la tensión de la red en la red de alimentación aumente a un valor alto no deseado. Éste es especialmente el caso cuando la potencia tomada por parte del consumidor es muy reducida, mientras que se aplica una potencia eléctrica alta a la red de alimentación. Este tipo de situaciones pueden presentarse, por ejemplo, por la noche, cuando la potencia eléctrica de consumo en los hogares es más bien reducida, mientras que con viento intenso, un convertidor de energía eólica pone a disposición de la red de alimentación una potencia eléctrica correspondientemente alta. Si la tensión en la red de alimentación o en el punto de conexión a la red de la instalación de energía eólica aumenta por encima de un valor predeterminado, la instalación de energía eólica, o su generador, tiene que desacoplarse de la red, y la instalación de energía eólica debería, puesto que ya no puede tomarse más potencia, desconectarse totalmente de la red. Una desconexión de este tipo conduce a una interrupción, no deseada igualmente por el operador de la instalación de energía eólica y por el operador de la red, de la alimentación de potencia eléctrica.

A partir de los documentos DE-PS 368 799, DE-OS 44 28 085, así como del documento DE-OS 30 23 195 se conoce comúnmente, que en el caso de instalaciones, tales como las instalaciones eólicas o los generadores solares, fluctúa la potencia facilitada por el generador, lo que conduce a los problemas descritos anteriormente en el caso de la alimentación a la red 24.

Además, a partir del documento DE-PS 38 33 719 se conoce una red y una central generadora de energía

para la alimentación a consumidores, la cual está en forma de una instalación de energía eólica en la que la potencia eléctrica que el generador pone a disposición de la instalación de energía eólica, se alimenta a la red mediante un ondulator.

La tarea de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica, así como una instalación de energía eólica que evite las desventajas del estado de la técnica y, especialmente, que evite fluctuaciones excesivas de la tensión en el caso del consumidor, especialmente en el caso de una red eléctrica, así como una desconexión no deseada de la instalación de energía eólica.

La invención soluciona la tarea con un procedimiento con las características según la reivindicación 1 y con una instalación de energía eólica con las características según la reivindicación 7.

En el caso de un dispositivo del tipo citado al principio, la tarea se soluciona mediante un dispositivo de regulación con un sensor de tensión para registrar una tensión eléctrica que se presenta en el consumidor, por ejemplo, una tensión de la red, de manera que la potencia emitida por el generador al consumidor puede regularse en función de la tensión registrada por el sensor de tensión.

Como se ha descrito, durante la generación de energía puede llegarse a la fluctuación de la energía que puede generarse, lo que, en el caso de las instalaciones de energía eólica, está en función de la intensidad del viento natural. Sin embargo, estas fluctuaciones no son el punto de partida de la invención. La invención se ocupa más bien del problema de que también en el lado del consumidor existen fluctuaciones en el consumo de la potencia, lo que repercute como tensión fluctuante de la red. Como es sabido, este tipo de tensiones de la red son críticas porque los aparatos eléctricos (especialmente el ordenador) frecuentemente están protegidos sólo de forma insuficiente respecto a fluctuaciones críticas de la tensión. Por consiguiente, la invención prevé que no sólo se tenga en cuenta la fluctuación en la generación de energía en el lado del generador, sino también la fluctuación en el lado del consumidor durante la alimentación de la energía, de tal manera que la tensión eléctrica facilitada se regule en el punto de alimentación al valor teórico deseado.

La invención evita fluctuaciones no deseadas de la tensión que se presenta en el consumidor, especialmente de la tensión eléctrica existente en una red, al regularse la potencia eléctrica suministrada del generador en función de la tensión del consumidor o de la red. Por ello, también se evitan fluctuaciones no deseadas de la tensión que pueden producirse a partir de variaciones de la potencia del viento.

Otra ventaja de la invención consiste en que, incluso en el caso de fuertes variaciones de la potencia del viento, la instalación de energía eólica no necesita desconectarse para impedir fluctuaciones de la red. Según la invención, la instalación de energía eólica sigue haciéndose funcionar también en el caso de fuertes variaciones de la potencia del viento, sin que se presenten variaciones de la tensión de la red. Para ello, el dispositivo de regulación según la invención está equipado con sensores de la tensión para registrar la tensión que se presenta en el consumidor o en la red.

Además, con ayuda de la invención también pue-

den compensarse fluctuaciones de la tensión de la red en el caso de una potencia constante del viento, tal como se presenta regularmente en redes eléctricas para el suministro de electricidad, puesto que algunos consumidores conectados a la red reciben provisionalmente grandes potencias de la red, de lo que puede resultar una reducción de la tensión. En el caso de una reducción de la tensión de este tipo, la instalación de energía eólica según la invención puede alimentar a la red una potencia eléctrica aumentada y compensar de esta manera fluctuaciones de la tensión. Para ello, se aumenta, por ejemplo, sobre la base del valor registrado de la tensión de la red, la tensión de alimentación en el punto de conexión entre la instalación de energía eólica y la red.

Según una forma de realización preferida del procedimiento según la invención, la potencia suministrada se regula al regular a un valor teórico deseado la tensión eléctrica facilitada. Aquí, puede efectuarse de manera especialmente sencilla una compensación de la tensión de la red, que (como se ha descrito anteriormente) puede aparecer, por ejemplo, cuando un consumidor conectado a la red necesita una potencia alta.

Según otra forma de realización preferida de la invención, la tensión eléctrica se facilita como tensión alterna con una frecuencia que puede predeterminarse. De esta manera, la potencia alimentada puede ajustarse a las condiciones en la red, y puede influenciarse la frecuencia de la red. De manera conveniente, la frecuencia que puede predeterminarse corresponde a la frecuencia de la red.

La instalación de energía eólica según la invención se perfecciona de manera ventajosa mediante un dispositivo de regulación que presenta un microprocesador, puesto que de esta manera puede realizarse una regulación digital.

A continuación, haciendo referencia a los dibujos, se ilustra la invención mediante un ejemplo de realización de un procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica. Se muestra:

la figura 1, una instalación de energía eólica que alimenta una red en una representación esquemática;

la figura 2, un dispositivo de regulación según la invención para hacer funcionar una instalación de energía eólica, y

la figura 3, un diagrama que ilustra la relación entre la potencia del viento y la tensión de la red.

Una instalación 2 de energía eólica, mostrada esquemáticamente en la figura 1, con un rotor 4 está conectada con una red 6 eléctrica, que puede ser, por ejemplo, una red pública. A la red están conectados varios consumidores 8 eléctricos.

El generador eléctrico de la instalación 2 de energía eólica, no mostrado en la figura 1, está acoplado con una estructura 10 eléctrica de control y regulación que primero rectifica la corriente alterna generada en el generador y, a continuación, la transforma en una tensión alterna que corresponde a la frecuencia de la red. En lugar de a una red 6, la instalación 2 de energía eólica también podría suministrar energía eléctrica a un consumidor individual. La estructura 10 de control y de regulación presenta un dispositivo de regulación según la invención.

La figura 2 ilustra el dispositivo de regulación según la invención. El rotor 4 mostrado esquemática-

mente está acoplado con un generador 12 que facilita una potencia eléctrica que depende de la velocidad del viento y, por consiguiente, de la potencia del viento. La tensión alterna generada en el generador 12 puede rectificarse primero y, a continuación, transformarse en una tensión alterna que presenta una frecuencia que corresponde a la frecuencia de la red.

Con ayuda de un sensor de la tensión (no mostrado), se determina la tensión de la red en un lugar de la red 6 (figura 1). En función de la tensión determinada de la red, se calcula (dado el caso con ayuda de un microprocesador mostrado en la figura 4) una tensión $U_{\text{teórica}}$ óptima del generador (véase la figura 2). Luego, con ayuda del dispositivo de regulación, la tensión U_{real} del generador se regula al valor $U_{\text{teórico}}$ deseado de la tensión. Mediante esta regulación de la tensión del generador, se regula la potencia eléctrica alimentada por el generador 12 a un consumidor, en el ejemplo de realización, la red 6, que se alimenta a la red 6. Mediante una alimentación, regulada de esta manera, de la potencia emitida por la instalación de energía eólica pueden evitarse, o reducirse considerablemente, fluctuaciones de la tensión de red en la red 6.

El diagrama mostrado en la figura 3 ilustra la relación entre la potencia emitida por la instalación de energía eólica, aplicada sobre la ordenada, y la tensión de la red, aplicada sobre la abscisa. Si la tensión de la red se desvía sólo un poco de su valor teórico, que se encuentra entre los valores $U_{\text{mín}}$ y $U_{\text{máx}}$ de la tensión, entonces, según la sección superior recta de la curva (línea recta paralela a la abscisa), el generador emite a la red una potencia constante. Si la tensión de la red aumenta adicionalmente y sobrepasa un valor que está definido por el punto P1, entonces se reduce la potencia alimentada. Si se alcanza el valor $U_{\text{máx}}$, entonces la potencia alimentada es igual a cero (punto P2). Incluso en el caso de que exista una alta potencia eólica, en el punto P2 no se alimenta ninguna potencia a la red. Si desciende intensamente la potencia del viento, entonces tan sólo puede alimentarse a la red una potencia reducida. Incluso si ya no se suministra ninguna potencia por parte del convertidor de energía eólica, éste (aunque sin suministro de potencia) sigue haciéndose funcionar, de manera que siempre puede tener lugar un suministro de potencia tan pronto como la tensión de la red haya adoptado un valor entre $U_{\text{mín}}$ y $U_{\text{máx}}$.

La figura 4 muestra componentes fundamentales de la estructura 10 de control y regulación de la figura 1. La estructura 10 de control y regulación presenta un rectificador 16, en el que se rectifica la tensión alterna generada en el generador. Un convertidor 18 de frecuencia, conectado con el rectificador 16, transforma la tensión continua, primero rectificada, en una tensión alterna que se alimenta a la red 6 como tensión alterna trifásica, a través de los conductos L1, L2 y L3. El convertidor 18 de frecuencia se controla con ayuda de un microprocesador 20 que es parte del dispositivo de regulación en conjunto. Para ello, el microprocesador 20 se acopla con el convertidor 18 de frecuencia. La tensión U actual de la red, la frecuencia f de la red, la potencia P eléctrica del generador, el factor $\cos \varphi$ de potencia devotiada, así como el gradiente dP/dt de potencia son magnitudes de entrada para la regulación de la tensión con la que se alimenta a la red 6 la potencia eléctrica puesta a disposición

por la instalación 2 de energía eólica. En el microprocesador 20 se realiza la regulación según la invención de la tensión a alimentar.

La figura 5 ilustra el desarrollo temporal de las tensiones y corrientes de las tres fases de la red 6.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica con un generador eléctrico, que puede accionarse por un rotor, para suministrar potencia eléctrica a una red (6) eléctrica, especialmente a su consumidor (8) conectado, regulándose la potencia suministrada a la red (6) por el generador en función de una tensión eléctrica que se presenta en la red (6), y realizándose un suministro de potencia que es más reducido que la potencia disponible del generador de la instalación de energía eólica, para la protección de la red contra el exceso de tensión, **caracterizado** porque el suministro de potencia reducido se realiza ya antes de alcanzar un valor ($U_{m\acute{a}x}$) máximo de tensión definido de la red tras sobrepasar un valor (P1) determinado de la tensión de la red.

2. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica con un generador, que puede accionarse por un rotor, para suministrar potencia eléctrica a una red (6) eléctrica, especialmente a su consumidor (8) conectado, **caracterizado** porque la potencia suministrada a la red (6) por el generador se regula en función de una tensión eléctrica que se presenta en la red (6), porque para la protección de la red se realiza un suministro de potencia que es más reducido que la potencia disponible del generador de la instalación de energía eólica y, porque el suministro reducido de potencia se realiza ya antes de alcanzar un valor ($U_{m\acute{i}n}$) mínimo definido de la tensión de la red, tras sobrepasar un valor (P3) determinado de la tensión de la red.

3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque la magnitud de la potencia alimentada a la red (6), suministrada por el generador, se regula en función de una tensión eléctrica que se presenta en el punto (21) de alimentación de la red.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque la tensión eléctrica se facilita como tensión alterna con una frecuencia que puede

predeterminarse.

5. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado** porque la frecuencia que puede predeterminarse corresponde fundamentalmente a la frecuencia de la red.

6. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica según la reivindicación 1 ó 2, en el que la instalación de energía eólica se hace funcionar sin suministro de potencia a la red eléctrica si la tensión de la red es mayor o menor que su valor ($U_{m\acute{i}n}$, $U_{m\acute{a}x}$) predeterminado de tensión de la red, siendo los valores predefinidos de la tensión mayores o menores que el valor teórico de la tensión de la red.

7. Procedimiento para hacer funcionar una instalación de energía eólica según la reivindicación 6, **caracterizado** porque la instalación de energía eólica se hace funcionar también sin suministro de potencia a la red, de manera que siempre puede realizarse un suministro de potencia si la tensión de la red ha bajado de nuevo por debajo de un valor ($U_{m\acute{a}x}$) predeterminado.

8. Instalación de energía eólica, especialmente para la realización de un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, con un rotor (4) y un generador eléctrico acoplado con el rotor (4) para suministrar potencia eléctrica a una red (6) eléctrica, **caracterizada** por un dispositivo de regulación con un sensor de la tensión para registrar el nivel de una tensión eléctrica que se presenta en la red (6), de tal manera que puede regularse el nivel de la potencia suministrada por el generador a la red (6) en función de la tensión registrada por el sensor de tensión, y de tal manera que la potencia suministrada a la red se reduce si se sobrepasa, o se baja por debajo de, un valor predefinido de la tensión de la red.

9. Instalación de energía eólica según la reivindicación 8, **caracterizada** porque la potencia suministrada a la red se regula según una curva característica predeterminada de tensión de la red-potencia (figura 3).

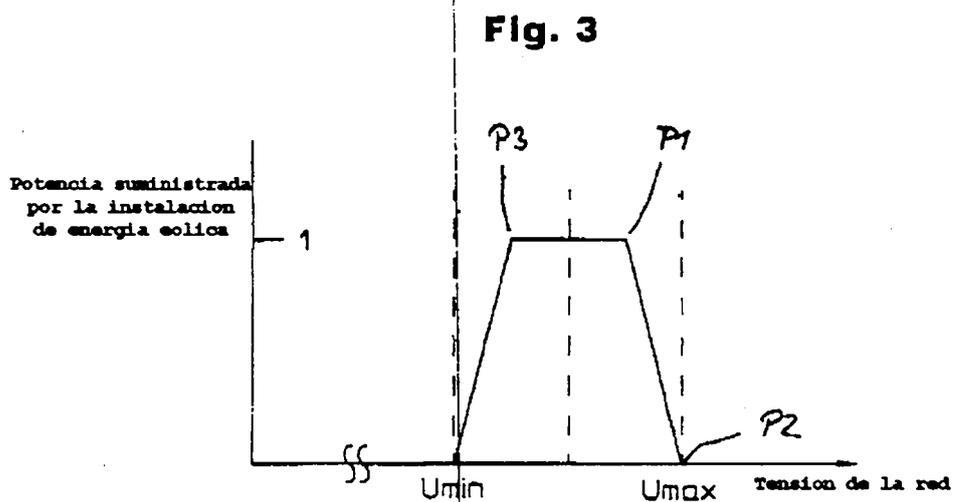
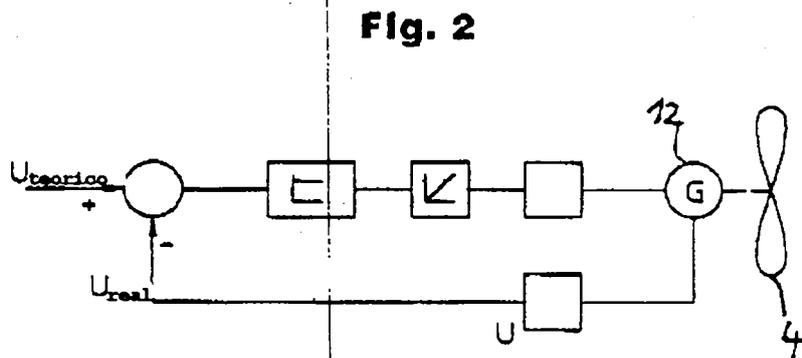
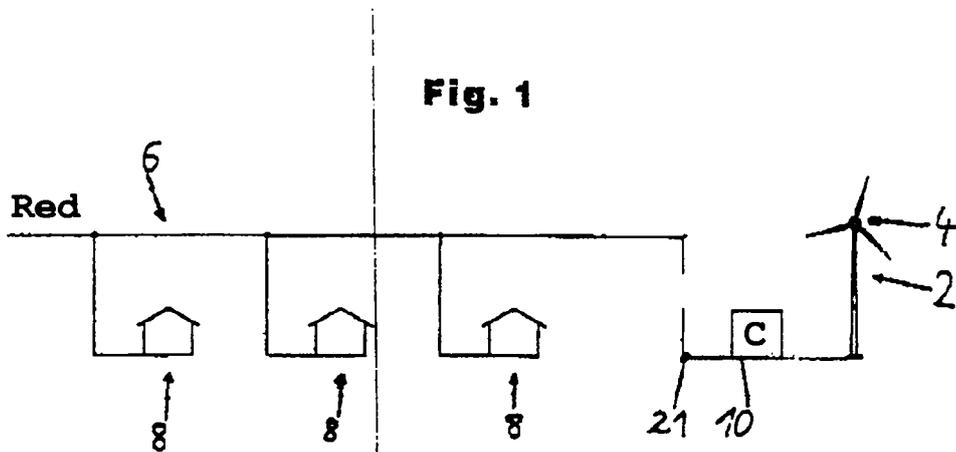


Fig. 4

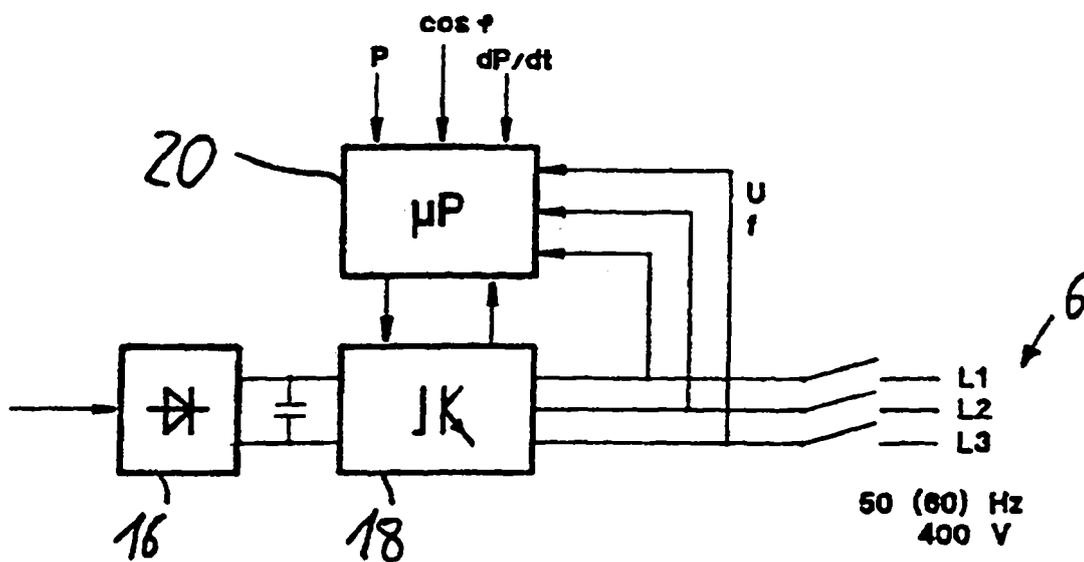


Fig. 5

