

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 427**

51 Int. Cl.:

H02P 9/04 (2006.01)
H02P 9/10 (2006.01)
H02J 3/16 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
G05F 1/70 (2006.01)
H02J 3/50 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.12.2009 E 09795963 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2016 EP 2376773**

54 Título: **Método y aparato de control**

30 Prioridad:

12.12.2008 DK 200801776
12.12.2008 US 122090 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.09.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

GARCÍA, JORGE MARTÍNEZ

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 581 427 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

Método y aparato de control

5 Campo técnico

La presente divulgación se refiere a un método para controlar un sistema de generación de energía eólica conectado a una red en un punto de conexión, en el que el sistema se concibe para suministrar potencia reactiva a la red en condiciones transitorias para mejorar la estabilidad de la red. La divulgación se refiere adicionalmente a un controlador correspondiente.

Antecedentes

Se muestra un método de ese tipo, por ejemplo, en el documento EP 1855367. Al tener la capacidad para manejar las fluctuaciones de tensión en la red y suministrar potencia reactiva a la red, el sistema de generación de energía puede mejorar la estabilidad global de la red. Un problema asociado con dicho método de control es cómo evitar situaciones en las que la tensión colapsa de modo que el sistema de generación deba desconectarse.

El documento US 2007/0216164 divulga una turbina eólica de velocidad variable que tiene un generador de inducción doblemente alimentado (DFIG, del inglés "Doubly Fed Induction Generator"), en el que se coloca un convertidor de potencia entre el rotor del DFIG y una máquina excitatriz para evitar la distorsión armónica cuando se suministra potencia reactiva a la red.

Sumario

Un objeto de la presente divulgación es por lo tanto proporcionar un método de control de la clase inicialmente mencionada con estabilidad mejorada. Este objeto se consigue por medio de un método como se define en la reivindicación 1. Más específicamente, el método implica la determinación de una característica Q-V para la red en el punto de conexión, y el control del suministro de potencia reactiva basándose en la característica Q-V. De esta manera, puede evitarse que el controlador impulse la corriente reactiva hasta un punto en el que la tensión colapse como resultado de la misma. Esto mejora la estabilidad del sistema.

El método implica adicionalmente la determinación de un punto de vértice de la característica Q-V y la determinación de una corriente reactiva mínima, i_{Qmin} , que se asegura desde el punto de vértice. El control del suministro de potencia reactiva incluye el mantenimiento de la corriente reactiva más alta que la corriente reactiva mínima. Esto proporciona una fiabilidad mejorada, y el porcentaje de las corrientes reactivas mínimas de la corriente del punto de vértice lo puede fijar un usuario.

La característica Q-V puede determinarse inyectando una perturbación en el punto de conexión. Esto significa que la característica Q-V puede determinarse a intervalos regulares, dado que no hay necesidad de esperar a una perturbación en la red.

El suministro de potencia reactiva a la red puede controlarse mediante el control de las corrientes del rotor de un generador de inducción doblemente alimentado, DFIG, o, alternativamente, mediante el control de los interruptores de una configuración de convertidor CA/CC/CA que conecta un generador con la red. Un controlador que lleve a cabo el método puede integrarse fácilmente en los lazos de control de cualquier sistema de ese tipo, dado que están provistos ya de medios para el control de la potencia reactiva.

El método puede usarse tanto en condiciones transitorias como en estado estable, para mejorar la estabilidad de la red. Un controlador que comprende bloques funcionales capaces de llevar a cabo las acciones del método implica las ventajas correspondientes y puede variarse en consecuencia.

Dicho controlador puede incluirse en un sistema de generación de energía eólica.

55 Breve descripción de los dibujos

La Fig. 1 ilustra un sistema de generación de energía eólica conectado a una red.

La Fig. 2 ilustra una característica Q-V.

La Fig. 3 ilustra un diagrama de flujo del método de control.

La Fig. 4 muestra una configuración de un sistema de generación de energía eólica con un generador de inducción doblemente alimentado.

La Fig. 5 muestra una configuración del sistema de generación de energía eólica con un convertidor completo.

La Fig. 6 ilustra esquemáticamente un controlador de un sistema de generación de energía eólica.

65

Descripción detallada

La Fig. 1 ilustra una instalación de generación de energía eólica 1 conectada a una red 3. En general, la instalación comprende una turbina 5, que incluye una pluralidad de palas y que está montada sobre una torre 7 y conectada, frecuentemente a través de una caja de engranajes, a un generador en la torre. El generador, a su vez, está conectado a la red 3 con una conexión trifásica (conexión cero no mostrada) en un punto de conexión 9, frecuentemente a través de un convertidor de conmutación (no mostrado), y normalmente a través de uno o más transformadores (no mostrados).

En el caso ilustrado, la instalación de generación de energía eólica 1 tiene solo una turbina 5. Sin embargo, una instalación de generación de energía eólica 1 en el contexto de esta divulgación puede comprender una pluralidad de turbinas, en la que cada una está montada en una torre. La instalación de generación de energía eólica 1 puede ser así un parque eólico. Además del tipo de turbina eólica ilustrado, también pueden diseñarse turbinas de eje vertical.

La normativa de la red establecida por las autoridades y operarios de la red requiere que las instalaciones de generación de energía eólica sean capaces de permanecer conectadas a la red durante un fallo en la red, capacidad que es conocida como paso por baja tensión, LVRT (del inglés "Low Voltage Ride Through"). Más aún, las instalaciones de generación de energía deberían ser capaces de suministrar potencia reactiva a, o absorber potencia reactiva desde, la red durante una condición transitoria. Por ejemplo, si tiene lugar una caída de tensión debido a un fallo en una o más fases de la red, la instalación de generación de potencia debería ser capaz de suministrar corriente reactiva a la red para mejorar la estabilidad. Los medios de regulación 11 de la potencia reactiva, por lo tanto, están conectados a la red 3 en el punto de conexión. Los medios de regulación 11 de la potencia reactiva pueden integrarse con el enlace de conversión de energía en el sistema o pueden proporcionarse como una unidad auxiliar aparte. Se describirán a continuación varias formas de regulación de la potencia reactiva de acuerdo con la presente divulgación, en conexión con las Figs. 4 y 5.

En esta divulgación, una condición transitoria se refiere no solamente a caídas de tensión en la red, sino a cualquier cambio brusco en los parámetros de la red que puedan verse afectados por la inyección o absorción de potencia reactiva a o desde la red en el punto de conexión. Por ello, por ejemplo, también se incluye un pico de tensión.

La Fig. 2 ilustra una característica Q-V 13 para un punto de conexión típico de una red. En esta divulgación Q se refiere a la cantidad de potencia reactiva (VAr) inyectada a o absorbida desde la red mediante la adición o sustracción de corriente reactiva en el punto de conexión de la red. V se refiere a la tensión de la red en el punto de conexión. La característica Q-V muestra la relación entre los dos parámetros. La característica es, para corrientes reactivas añadidas más altas, relativamente lineal. Véanse las características Q-V a la derecha de la tensión V en relación al punto Q_{\min} . Para estas corrientes relativamente más altas en las características ilustradas la tensión aumenta con el aumento de la corriente reactiva añadida. Sin embargo, la curva Q-V en su conjunto tiene una naturaleza parabólica. En consecuencia, en el punto 15 de la característica Q-V, dV/dQ es cero. Este punto se denomina punto de vértice 15, y las presentes características de la red determinan donde se sitúa el punto de vértice 15. Por debajo de este punto, un aumento en la corriente reactiva añadida disminuirá la tensión en lugar de aumentarla, y dicho aumento de la corriente reactiva añadida empeorará en consecuencia el estado de la red.

Por lo tanto, la presente divulgación proporciona un método de control en el que la provisión de potencia reactiva se controla de modo que se mantenga en una parte segura de las características Q-V, donde se proporciona un cierto margen hasta el punto de vértice. Esto significa que se elimina más o menos el riesgo de que el sistema de generación de energía eólica empeore el estado de la red. La Fig. 3 ilustra un diagrama de flujo para un método de control.

En primer lugar, se determina en 21 la característica Q-V para la red en el punto de conexión. Para cualquier nivel de potencia activa dado, la curva Q-V en el intervalo de operación deseado se asemeja a una función parabólica de la forma:

$$aQ = V^2 + bV + c$$

Mediante la inyección de una perturbación, típicamente mediante el aumento de la corriente reactiva inyectada, pueden determinarse los parámetros a, b y c. Es posible sin embargo utilizar también otras perturbaciones en el sistema, por ejemplo una caída de tensión, para determinar la característica.

Se determina en 23 el punto de vértice para la característica Q-V. Esto puede realizarse simplemente mediante el hallazgo del punto en la característica en donde dQ/dV es cero con una operación muy simple.

A continuación, en tercer lugar, se determina en 25 una corriente reactiva mínima, $i_{Q\min}$. Esta corriente debería ser segura desde el punto de vértice, es decir, a alguna distancia desde y por encima del punto de vértice, lo que típicamente significa que $i_{Q\min}$ es el 110 % de la corriente que corresponde al punto de vértice. Sin embargo, este porcentaje es solo un ejemplo y puede variarse de acuerdo con los requisitos de estabilidad de la red o ajustes del

operario. De ese modo, la operación se mantiene en los puntos de la característica Q-V con corrientes reactivas i_Q mayores que la corriente reactiva mínima i_{Qmin} de modo que se mantiene la tensión V más alta que la tensión que corresponde al punto de vértice. De ese modo, se asegura que un aumento en la corriente reactiva añadida aumentará la tensión.

5 A continuación, el controlador se ajusta en 27 para proporcionar i_{Qmin} como una corriente reactiva mínima, de modo que la corriente reactiva añadida se mantenga más alta que el nivel que proporciona la corriente reactiva mínima incluso durante una condición LVRT.

10 Un medio de regulación de la potencia reactiva 11 (compárese con la Fig. 1) debería comprender bloques funcionales para llevar a cabo estas acciones. La Fig. 6 ilustra un regulador que comprende tales bloques, concretamente un detector 51 de la característica Q-V, un detector 53 del punto de vértice, una unidad 55 de determinación de i_{Qmin} , y un controlador de corriente 57. Dichos bloques pueden ser típicamente de software implementados como rutinas ejecutadas en un procesador de señal digital aunque podrían concebirse en principio
15 varias configuraciones de hardware, por ejemplo que utilicen circuitos integrados de aplicación específica, ASIC.

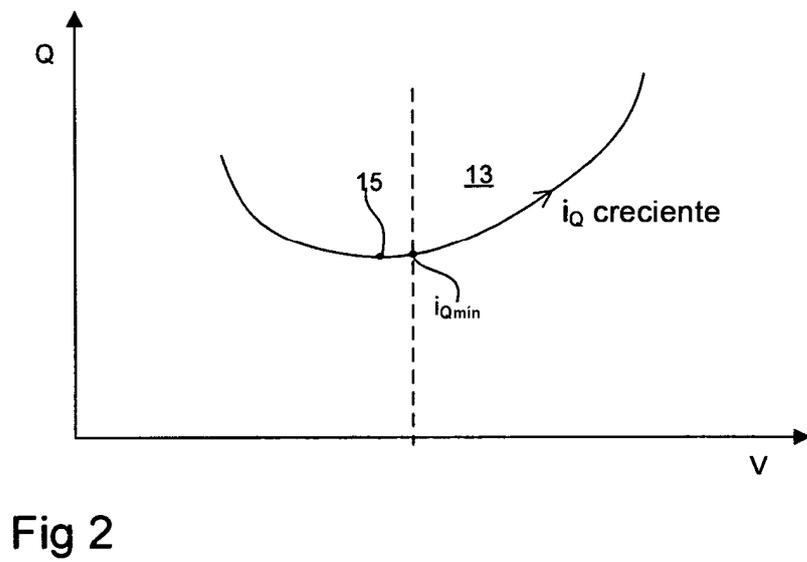
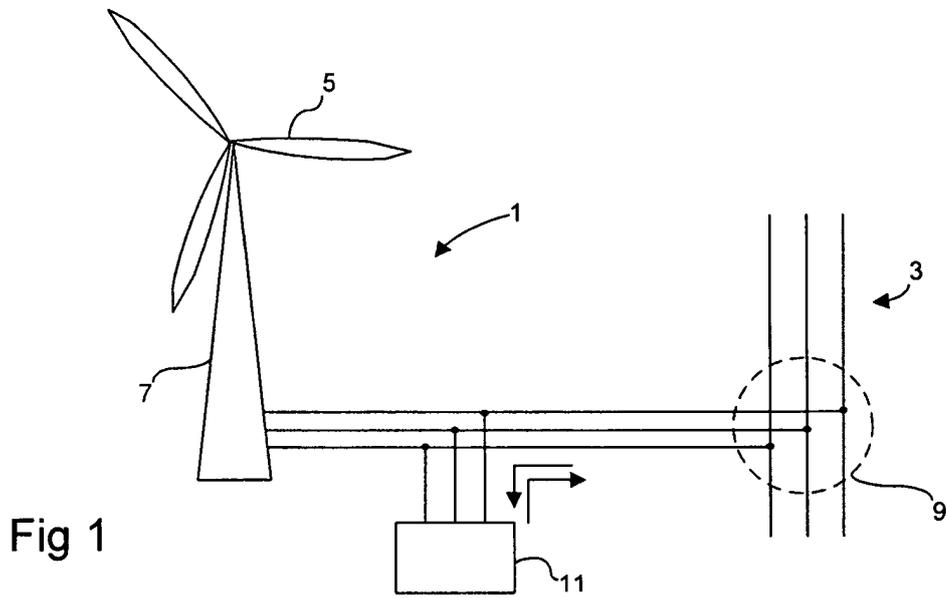
La Fig. 4 muestra una configuración de conversión de potencia con un generador de inducción doblemente alimentado 31, conectado a una turbina eólica (no mostrada). Puede usarse un anillo colector para suministrar las corrientes 33 a los devanados en el rotor. Las corrientes del rotor 33 pueden proporcionarse mediante un convertidor CA/CC/CA 35 conectado a la salida del generador 31. Dicho generador de inducción doblemente alimentado permite que el rotor del generador gire con una velocidad de giro variable, no sincronizada con la frecuencia de la red. Opcionalmente, puede colocarse un transformador (no mostrado) entre la red 3 y el generador 31. Adicionalmente, como se sabe bien *per se*, la cantidad de potencia activa y reactiva que se suministra a la red puede controlarse mediante el control de las corrientes suministradas a los devanados del rotor del generador. En el contexto de la
20 presente divulgación, el regulador 11 puede tener entonces un convertidor 35 como una parte integral, generando el rotor corrientes que proporcionan la cantidad deseada de potencia reactiva añadida.

La Fig. 5 muestra una configuración de conversión de potencia para un generador síncrono 41, conectado a una turbina eólica (no mostrada). Entonces, se usa un generador síncrono de imanes permanentes PMSG 41 (del inglés "Permanent Magnet Synchronous Generator") junto con una configuración CA/CC/CA del convertidor 43, 45, 47. La configuración del convertidor comprende un convertidor CA/CC 43, conectado a los devanados del estátor del generador 41. El convertidor CA/CC 43 suministra la potencia en CC a un filtro de condensador 45. Un convertidor CC/CA 47 suministra potencia desde el condensador de filtro 45 a la red 3. La cantidad de potencia activa y reactiva suministrada a la red puede controlarse mediante el control de los interruptores del convertidor CC/CA en la
35 configuración, que forma parte del regulador de potencia reactiva 11.

Como otra alternativa, el regulador de potencia reactiva 11 puede incluir un banco de condensadores VAR estáticos que puede usarse para controlar la potencia reactiva producida. En principio, podría usarse también un compensador rotativo de la misma manera.
40

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un método para controlar un sistema (1) de generación de energía eólica conectado a una red (3) en un punto de conexión (9), en el que el sistema (1) se concibe para suministrar potencia reactiva a la red, caracterizado por:
- determinar (21) una característica Q-V (13) para la red (3) en el punto de conexión;
 - determinar (23) un punto de vértice (15) para la característica Q-V (13);
 - determinar (25) una corriente reactiva mínima (i_{Qmin}) que sea segura desde el punto de vértice (15); y
 - 10 - controlar (27) el suministro de potencia reactiva basándose en la característica Q-V (13) para mantener una corriente reactiva (i_Q) más alta que la corriente reactiva mínima (i_{Qmin}).
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la característica Q-V (13) se determina inyectando una perturbación en el punto de conexión (9).
- 15 3. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el suministro de potencia reactiva a la red (3) se controla mediante el control de las corrientes del rotor de un generador de inducción doblemente alimentado (31), DFIG.
- 20 4. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el suministro de potencia reactiva a la red (3) se controla mediante el control de los interruptores de una configuración de convertidor CA/CC/CA (35) que conecta un generador con la red.
- 25 5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el método se usa en condiciones transitorias.
6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que el método se usa en condiciones de estado estable.
- 30 7. Un controlador (11) para controlar un sistema (1) de generación de energía eólica conectado a una red (3) en un punto de conexión, en el que el sistema (1) se concibe para suministrar potencia reactiva a la red (3); caracterizado por:
- un detector (51) de una característica Q-V para determinar la característica Q-V (13) para la red (3) en el punto de conexión;
 - 35 - un detector (53) del punto de vértice para determinar un punto de vértice (15) de la característica Q-V;
 - una unidad (55) de determinación que determina una corriente reactiva mínima (i_{Qmin}) que sea segura desde el punto de vértice (15); y
 - un controlador (57), que controla el suministro de potencia reactiva basándose en la característica Q-V (13) para mantener una corriente reactiva (i_Q) más alta que la corriente reactiva mínima (i_{Qmin}).
 - 40
8. Un sistema (1) de generación de energía eólica que comprende un controlador (11) de acuerdo con la reivindicación 7.



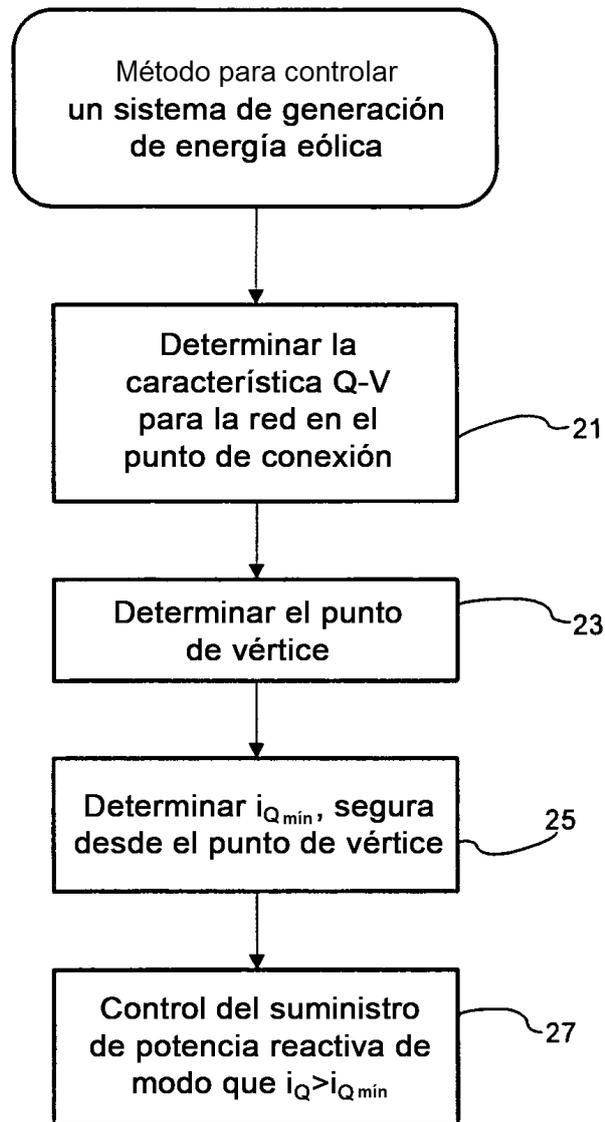


Fig 3

