

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 649 838**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2010 E 10002090 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 2226500**

54 Título: **Regulador de parque eólico**

30 Prioridad:

02.03.2009 DE 102009011053

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

15.01.2018

73 Titular/es:

**BTC BUSINESS TECHNOLOGY CONSULTING AG
(100.0%)
ESCHERWEG 5
26121 OLDENBURG, DE**

72 Inventor/es:

**WITTEK, THOMAS y
GUO, XIN DR.**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 649 838 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

Regulador de parque eólico

La presente invención se refiere a un regulador para un parque eólico con varios aerogeneradores con las características del preámbulo de la reivindicación 1.

5 Los parques eólicos son grupos de aerogeneradores, los cuales entregan la energía eléctrica producida conjuntamente a un punto de conexión de red. En lo que se refiere a la red eléctrica, hay fijadas reglas de conexión de red, las cuales determinan como ha de comportarse el parque eólico en la red de alimentación eléctrica. Forman parte de estas reglas de conexión de red en particular el comportamiento al conectarse el parque eólico, la puesta a disposición de potencia reactiva, la potencia de salida, así como el comportamiento en caso de fallos.

10 Las tareas del regulador de parque eólico consisten en garantizar el cumplimiento de las reglas de conexión de red en el punto de conexión de red, así como en poner en práctica las especificaciones para la potencia activa a producir y la potencia reactiva a poner a disposición. En este caso ha de producirse mediante una regulación de factor de potencia, una optimización de la producción de energía.

15 En la práctica se dividen en el caso de los parques eólicos las diversas tareas de regulación. Un regulador de orden superior predetermina en el caso de los aerogeneradores individuales los valores teóricos para la potencia activa y la potencia reactiva. Cada aerogenerador tiene un regulador secundario individual, el cual regula de manera eléctrica y de manera mecánica de tal forma el aerogenerador que se cumplen estas especificaciones.

20 De la publicación DE 10 2007 036 444 A1 se conoce la distribución de la potencia requerida en un parque eólico en aerogeneradores con potencias máximas individuales diferentes. Un control de orden superior controla y/o recibe un valor permisible máximo actualmente para esa magnitud eléctrica. Un cálculo de flujo de cargas no se produce. Más bien se determina la potencia total máxima como suma simple de las potencias individuales. El procedimiento de este documento no está previsto para una regulación de potencia reactiva ni tampoco se adecua para ello.

25 De la publicación WO 2006/037576 A1 se conoce un parque eólico con una regulación de potencia reactiva, en cuyo caso la regulación de potencia reactiva está configurada como regulador distribuido. Un regulador de orden superior está configurado de tal manera para el ajuste de un coeficiente de potencia global de la potencia entregada a la red de transmisión de energía, que se determina un valor teórico de potencia reactiva para cada aerogenerador y se facilita como señal. Cada aerogenerador individual dispone de un regulador secundario, el cual mediante una regulación mantiene el valor teórico de potencia reactiva predeterminada en la alimentación en la base de la torre del aerogenerador.

30 La regulación de potencia reactiva de parques eólicos mediante modelos de cálculo es además de ello objeto de las publicaciones EP1643609, WO2006120033, WO2008025162 y JPH03168815.

Es tarea del regulador de parque eólico determinar especificaciones de forma adecuada para los reguladores secundarios individuales de los aerogeneradores, para garantizar por un lado el cumplimiento de las reglas de conexión de red y por el otro lado permitir el rendimiento máximo del parque eólico.

35 Esta tarea se soluciona mediante un regulador con las características de la reivindicación 1.

Dado que en el caso de un procedimiento para la regulación de la potencia reactiva de un parque eólico que comprende al menos dos aerogeneradores (i) están previstos los siguientes pasos:

40 a) predeterminar un valor teórico (w) que caracterice la potencia reactiva del parque eólico
 b) consultar valores actuales de la potencia reactiva (q(i)) individual y de la potencia activa (p(i)) individual de los aerogeneradores individuales,
 c) calcular la potencia reactiva (Qnap) y potencia activa (Pnap) a esperar en el punto de conexión de red mediante un cálculo de flujo de cargas a partir de los valores p(i) y q(i),
 d) calcular la desviación de la potencia reactiva (Qnap) a esperar del valor teórico (w) y

45 d1) cuando la desviación es mayor a un valor límite (x), calcular un valor de ajuste (u), el cual ha de indicarse para la reducción de la desviación, y continuar con el paso e), o
 d2) cuando la desviación es menor o igual al valor límite (x), emitir el valor de ajuste (u) al parque eólico y volver al paso a),

e) calcular la potencia reactiva q(i) y la potencia activa p(i), que debido al valor de ajuste (u) resultaría en los aerogeneradores y procesamiento posterior de estos valores q(i) y p(i) calculados en el paso c),

50 se logra el objetivo de cumplir con las reglas de conexión de red en el punto de conexión de red y también de optimizar el grado de eficacia de la totalidad del parque eólico.

Cuando se compara en el punto de conexión de red en el paso d2) tras la indicación del valor de ajuste (u) al parque eólico la potencia reactiva (Qnap) realmente producida, con una potencia reactiva (Qteórica) requerida determinada

a partir del valor teórico (w) y la desviación se indica como magnitud de perturbación (d) sobre un regulador posterior (8), es posible una regulación muy precisa con necesidad de regulación posterior muy baja.

5 Cuando entre los aerogeneradores y el control de orden superior está previsto al menos un transformador, es posible con el procedimiento según la invención aún así regular en tiempo real la potencia reactiva, siendo suficiente una frecuencia de regulación en el intervalo de 1 Hz o menos.

A continuación se describe con mayor detalle un ejemplo de realización de la presente invención mediante el dibujo. Muestran:

La Fig. 1: el regulador de parque eólico según la invención en un diagrama de bloques;

La Fig. 2: el desarrollo de un cálculo de flujo de cargas del regulador según la Fig. 1 como diagrama de flujo;

10 La Fig. 3: una curva característica típica de un transformador de parque eólico; así como

La Fig. 4: un parque eólico, el cual está conectado a través de un transformador a la red de alta tensión.

15 En la Fig. 1 se ilustra el regulador para un parque eólico con las magnitudes de entrada y de salida como diagrama de bloques. El regulador obtiene en su lado de entrada, en la Fig. 1 a la izquierda, la magnitud guía w predeterminada a partir del funcionamiento de red. Esta magnitud guía w es en general el factor de potencia $\cos \phi$, el cual ha de alcanzarse en un punto de conexión de red. El conjunto del regulador se esboza dentro de la caja 1. A partir de la magnitud de guía w se determina en primer lugar en un nivel de entrada 2 el valor teórico $Q_{TEORICA}$ de la potencia reactiva del parque eólico conectado. Éste se compara más tarde con la potencia reactiva Q_{CES} total producida realmente.

20 La magnitud de guía w se aporta a un cálculo de flujo de cargas 3. El cálculo de flujo de cargas 3 determina de manera iterativa la potencia reactiva necesaria que ha de existir en un punto de conexión de red 4, para regular la magnitud de guía w y el valor teórico $Q_{TEORICA}$ de la potencia reactiva. El cálculo de flujo de cargas 3 se explica abajo mediante la Fig. 2 con mayor detalle.

25 El resultado del cálculo de flujo de cargas 3 es una potencia reactiva calculada y se transmite como magnitud de entrada a una distribución de potencia reactiva 5. La distribución de potencia reactiva 5 obtiene como magnitudes de entrada adicionales además de ello informaciones sobre factores 6 externos. Mediante estas señales de entrada, la distribución de potencia reactiva 5 determina mediante cálculo qué potencias reactivas individuales $q_1 \dots q_n$ han de poner a disposición los aerogeneradores 1 hasta n de un parque eólico 7, para poner a disposición en el punto de conexión de red 4 la potencia reactiva conjunta Q_{CES} deseada. En la Fig. 1 se parte de cinco aerogeneradores, tiene validez por lo tanto $n = 5$.

30 Las especificaciones para las potencias reactivas $q_1 \dots q_n$ se presentan entonces como valor de ajuste u al parque eólico 7. Para la continuación de la regulación se mide dentro del regulador 1 la potencia reactiva total Q_{tot} que llega al punto de conexión de red 4 y se conforma la diferencia con el valor teórico $Q_{teórica}$ a partir del nivel de entrada 2. Esta diferencia se pasa a un regulador posterior 8, el cual emite una magnitud de perturbación d . La magnitud de perturbación d se suma finalmente al valor de ajuste u y la suma se traslada a través de la conducción de control 16 como magnitud de regulación a los distribuidores Q de los aerogeneradores.

35 En este caso se pretende determinar a través del cálculo de flujo de cargas 3 esta especificación ya con una exactitud tal que la regulación posterior necesaria a razón de la magnitud de perturbación d sea mínima. El regulador de parque eólico 1 está configurado como regulador de orden superior. Indica solo valores teóricos para el requerimiento de potencia reactiva $q_1 \dots q_n$ a los aerogeneradores 1 – n . La regulación interna mecánica y eléctrica de los aerogeneradores individuales se produce a través del regulador secundario allí previsto, sin que el regulador de orden superior deba asumir en este caso otras tareas de regulación.

40 La Fig. 2 muestra el desarrollo del cálculo de flujo de cargas 3 en un diagrama de flujo. El cálculo de flujo de cargas 3 obtiene por un lado la especificación de potencia reactiva w y por otro lado los valores de medición actuales $p(i)$ y $q(i)$ para las potencias activa y reactiva de cada aerogenerador individual $i = 1 \dots n$. A partir de estos valores se calcula matemáticamente el valor resultante para la potencia activa total P_{nap} y potencia reactiva total Q_{NAP} en el punto de conexión de red 4.

En el siguiente paso se compara el valor calculado Q_{nap} para la totalidad de la potencia reactiva en el punto de conexión de red 4 con el valor teórico de potencia reactiva w y se determina una diferencia x .

45 Si la diferencia x es mayor que un valor de ajuste z , entonces se considera que el valor teórico de potencia reactiva con $p(i)$ y $q(i)$ predeterminados no se ha alcanzado. Este es el siguiente caso 1.

Si la diferencia x es menor que z , entonces se considera que el valor teórico de potencia reactiva con $p(i)$ y $q(i)$ predeterminados se ha alcanzado. Este es el siguiente caso 2.

Caso 1

5 En el caso 1 se distribuye mediante cálculo la diferencia x determinada entre w y Q_{NAP} en el siguiente paso 14, a los diferentes aerogeneradores 1 ... n como una especificación meramente de cálculo, que se aporta entonces a través de la conducción 13 en lugar de los valores de potencia reactiva $q_1 \dots q_n$ realmente medidos, al cálculo de la potencia activa total P_{nap} y potencia reactiva Q_{nap} total. El cálculo de flujo de cargas se lleva a cabo entonces de nuevo con las potencias reactivas calculadas para determinar si la modificación calculada en el paso 14 conduce a la Q_{nap} deseada, es decir, la diferencia x entre w y Q_{nap} se convierte en menor a z .

10 Este procedimiento iterativo se lleva a cabo durante tanto tiempo hasta que el valor de potencia reactiva Q_{NAP} resultante del cálculo de flujo de cargas, a esperar teóricamente, se ha aproximado lo suficiente al valor teórico w . Solo en este caso se llega al caso 2.

Caso 2

En el caso 2 se indican las especificaciones $q_1 \dots q_n$ calculadas durante la iteración a los aerogeneradores 1 ... n. El valor Q_{nap} calculado anteriormente se ajustará entonces como potencia reactiva total Q_{tot} hasta desviaciones mínimas dentro de la tolerancia z permitida en el punto de conexión de red 4.

15 La regulación posterior de la desviación x que resulta eventualmente se produce en la Fig. 1 mediante el regulador posterior 8. Una regulación posterior de este tipo será necesaria ya que las condiciones físicas dentro del aerogenerador y en el recorrido eléctrico entre cada aerogenerador y el punto de conexión de red, no pueden predecirse con una exactitud absoluta. Estas condiciones ya se tienen en consideración en los factores 6 externos en la Fig. 1. Una nueva especificación w conduce entonces a un nuevo inicio del proceso de regulación.

20 En la Fig. 3 se representa la potencia reactiva Q_T del transformador a través de su potencia aparente S_T normada. La relación entre la potencia aparente S_T y la potencia reactiva Q_T es conocida, pero no lineal. Esta curva característica es una característica individual para cada parque eólico e influye de manera esencial en la regulación de potencia reactiva de un parque eólico. Según la Fig. 4 tienen validez $Q_W = Q_{teórica} - Q_T$ (Q_T es dependiente de S_T), siendo Q_W la potencia reactiva necesaria en los aerogeneradores ($Q_W = q_1 + q_2 + \dots q_n$) representa). El objetivo del procedimiento de regulación descrito es calcular e indicar la potencia reactiva necesaria en el aerogenerador previamente con una exactitud tal que la influencia debida a la potencia reactiva del transformador Q_T se elimina. Una necesidad de regulación posterior resulta prácticamente solo en un intervalo muy pequeño, a considerarse como lineal.

30 El procedimiento según la invención, en el cual un cálculo de flujo de cargas calcula la potencia reactiva $q(i)$ necesaria para cada aerogenerador individual i de manera iterativa y la potencia reactiva total Q_{nap} resultante se compara con el valor predeterminado w antes de indicarse el valor de ajuste a los aerogeneradores individuales, minimiza la necesidad de regulación dentro de los aerogeneradores individuales, es decir, dentro de cada regulador secundario individual.

35 Debido a ello se logra el objetivo de cumplir las reglas de conexión de red en el punto de conexión de red y también optimizar el grado de eficacia de la totalidad del parque eólico.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de la potencia reactiva de un parque eólico que comprende al menos dos aerogeneradores (i), con los siguientes pasos:

- 5 a) predeterminar un valor teórico (w) que caracterice la potencia reactiva del parque eólico
b) consultar valores actuales de la potencia reactiva $q(i)$ individual y de la potencia activa $p(i)$ individual de los distintos aerogeneradores,
c) calcular la potencia reactiva (Q_{nap}) y la potencia activa (P_{nap}) a esperar en el punto de conexión de red mediante un cálculo de flujo de cargas a partir de los valores $p(i)$ y $q(i)$,
d) calcular la desviación de la potencia reactiva (Q_{nap}) a esperar del valor teórico (w) y
- 10 d1) cuando la desviación (x) es mayor a un valor límite (z), calcular un valor de ajuste a partir de las especificaciones para las potencias reactivas $q(i)$, que ha de emitirse para la reducción de la desviación, y continuar con el paso e), o
d2) cuando la desviación (x) es menor o igual al valor límite (z), emitir un valor de ajuste (u) calculado a partir de las especificaciones para las potencias reactivas $q(i)$ al parque eólico y volver al paso a).
- 15 e) Calcular la potencia reactiva $q(i)$ y la potencia activa $p(i)$ que, debido al valor de ajuste (u), resultarían en los aerogeneradores y seguir procesando estos valores $q(i)$ y $p(i)$ calculados en el paso c).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** en el paso d2) tras la emisión del valor de ajuste (u) al parque eólico se compara la potencia reactiva (Q_{nap}) realmente producida en el punto de conexión de red con una potencia reactiva ($Q_{teórica}$) requerida determinada a partir del valor teórico (w) y emitiéndose la desviación como magnitud de perturbación (d) a un regulador posterior (8).

3. Procedimiento según las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** el paso c) se produce en un control de orden superior, estando previsto entre los aerogeneradores y el control de orden superior al menos un transformador.

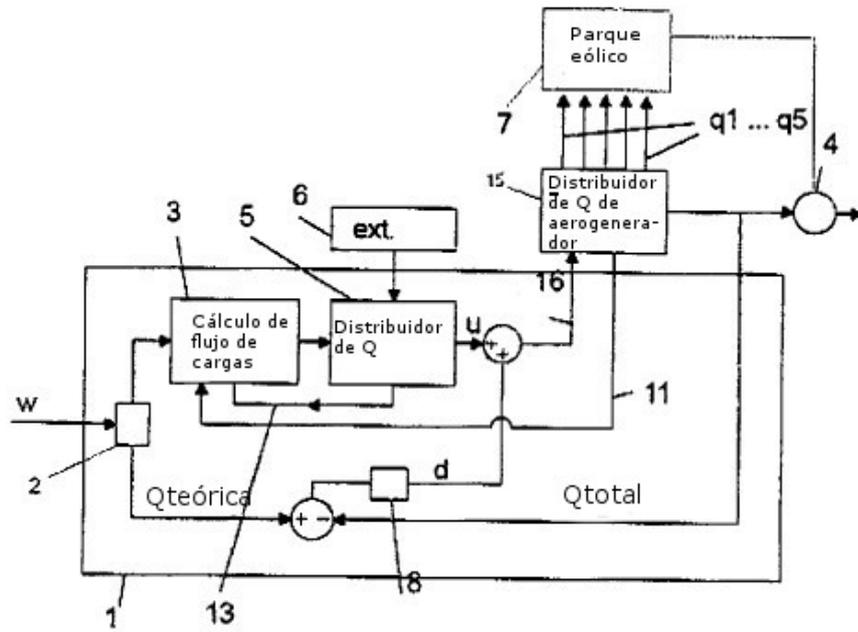


Fig. 1

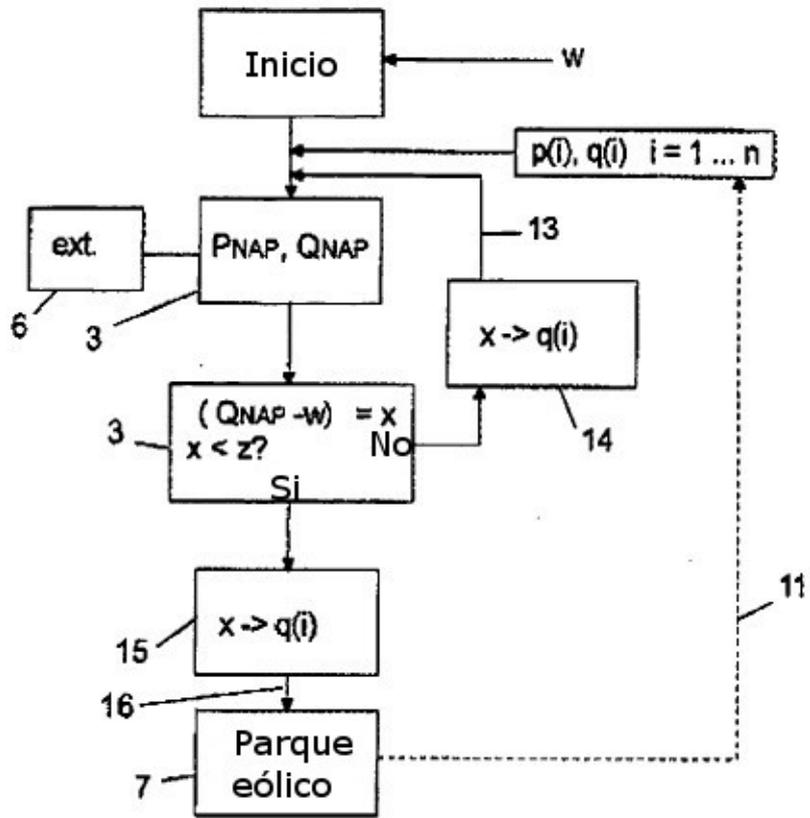


Fig. 2

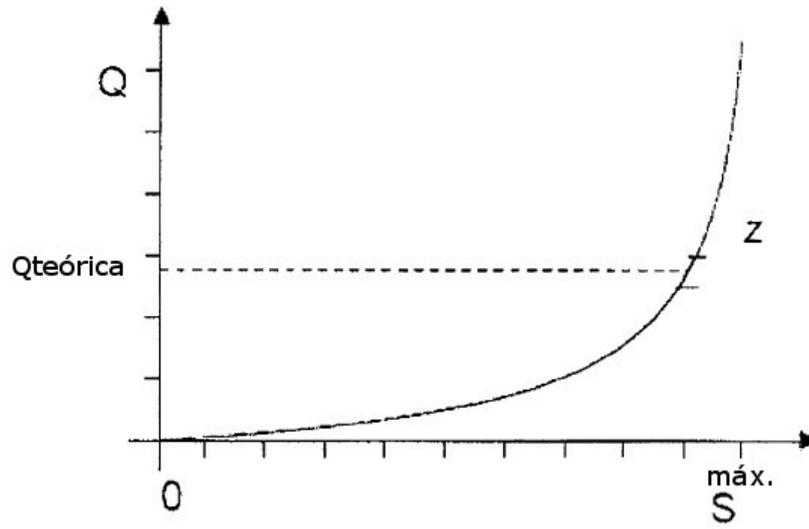


Fig. 3

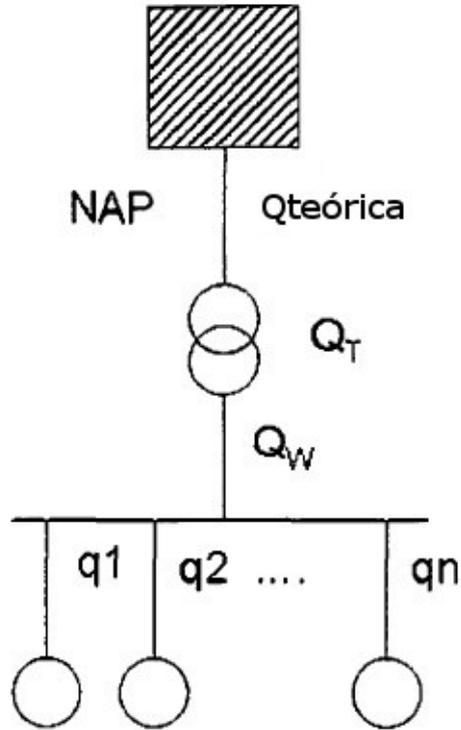


Fig. 4