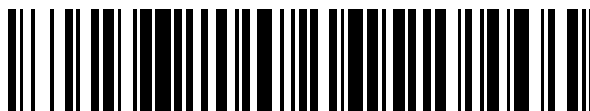


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 310**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 80/00 (2006.01)

G06F 13/37 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H04L 12/407 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.11.2008** **PCT/ES2008/000722**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.05.2009** **WO09065985**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2008** **E 08852042 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.06.2016** **EP 2233737**

54 Título: **Parque eólico**

30 Prioridad:

20.11.2007 ES 200703055

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.11.2016

73 Titular/es:

ACCIONA WINDPOWER S.A. (100.0%)
AVENIDA CIUDAD DE LA INNOVACIÓN, 5
31621 SARRIGUREN, NAVARRA, ES

72 Inventor/es:

ALONSO SÁDABA, ÓSCAR;
ROYO GARCÍA, RICARDO y
NÚÑEZ POLO, MIGUEL

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 588 310 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

Parque eólico

5 Objeto de la invención

Como se indica en el enunciado de esta memoria descriptiva, la siguiente invención se refiere a un parque eólico, que tiene el objetivo fundamental de proporcionar al menos dos generadores de turbinas eólicas con un sistema de control que permite un funcionamiento del parque eólico del que forman parte de tal manera que uno de los generadores de turbinas eólicas actúa como líder rigiendo el comportamiento de los otros generadores de turbinas eólicas.

Por otra parte, dichos generadores de turbinas eólicas son capaces de funcionar de dos maneras diferentes, ya sea en calidad de líder para el resto de los generadores de turbinas eólicas de tal manera que envía instrucciones de generación para cada uno de los mismos, o bien como sujeto y limitarse a obedecer la órdenes procedentes del generador de turbina eólica líder del parque eólico en ese momento con el objetivo de lograr un correcto funcionamiento de los mismos.

20 Campo de aplicación

La invención descrita en esta memoria descriptiva se aplica a un parque eólico caracterizado por que al menos dos de generadores de turbinas eólicas pueden actuar como líder, obteniendo un sistema de operación colectiva para dicho parque eólico.

Esta memoria descriptiva describe también un generador de turbina eólica capaz de actuar como líder o como sujeto dentro de un parque eólico como el descrito anteriormente.

Antecedentes de la invención.

Actualmente existen diferentes formas de realizar el control de un parque eólico compuesto por un número variable de generadores de turbinas eólicas.

Por un lado, es posible realizar el control individual de los diferentes generadores de turbinas eólicas, en cuyo caso cada generador incorpora un controlador local que supervisa los niveles de tensión, corriente, etc., en los terminales del generador.

Sin embargo, estas magnitudes no son controladas a nivel de parques eólicos, y esto puede dar lugar a infracciones de los requisitos impuestos por la red.

En cualquier caso, esta solución puede ser adecuada en parques eólicos con un pequeño número de generadores de turbinas eólicas, debido al alto coste de tener un control central en una subestación en comparación con el coste total de las instalaciones.

Un ejemplo de ese control, aplicado al caso particular de control de frecuencia, se describe en la patente EP 1 282 774. En la misma se describe el control de una turbina que adapta la potencia activa que genera, en función de las mediciones de frecuencia realizadas en los terminales del generador, con el objetivo de contribuir a la restauración de la frecuencia de la red en caso de cualquier desviación de la misma por encima o por debajo de los límites permitidos.

Por otra parte, más generalizado es el uso de una unidad de control central que controla las magnitudes globales necesarias para garantizar la correcta integración en la red del parque eólico. Es habitual ubicar esa unidad de control en la subestación eléctrica que aloja el transformador y el resto del equipo necesario para transferir la energía generada por el parque eólico a la red eléctrica.

Sin embargo, esta solución presenta también una serie de inconvenientes de tal manera que requiere de equipo adicional, pero también, en el caso de que el equipo falle, el control central quedaría fuera de servicio.

La solicitud de patente EP 1 467 463 es un buen ejemplo de este esquema de control y en la misma se describe el modo de operación de un parque eólico, en el que la unidad de control central envía las instrucciones necesarias para cada generador de turbina eólica en el parque, dependiendo de la frecuencia de la red.

Lo más común es que, además de dicho controlador central, cada generador de turbina eólica incorpora su propio control a fin de garantizar de esta manera la operación dentro de los límites de dicho generador, de tal manera que la solicitud de patente EP 1 512 869 describe un controlador central que calcula las instrucciones de potencia reactiva para cada generador de turbina eólica como una función de la tensión del parque y un control individual en cada generador de turbina eólica origina la instrucción de tensión particular para esa potencia reactiva demandada

desde el control central.

En este caso, si se produce un fallo en el control central, la instrucción de potencia reactiva puede ser errónea en cuanto al control de tensión global cuando las condiciones de operación de la red cambian. No obstante, se incorpora la ventaja en comparación con la opción anterior que, como resultado de los controles individuales que se incorporan, los niveles de tensión en los terminales de cada generador de turbina eólica se supervisan de manera que, a pesar de que podrían no ser óptimos para el control de la tensión del parque eólico, al menos no exceden de los límites permitidos.

La solicitud de patente US 2002029097 A1 divulga un sistema de control centralizado para un parque eólico compuesto por diversos generadores de turbinas eólicas.

La solicitud de patente US 2002013805 A1 divulga una red de ordenadores o de nodos que se comunican entre sí de acuerdo con un protocolo que puede ser del tipo de paso de token.

Descripción de la invención

Esta memoria descriptiva describe el método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 1 y de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 17 del tipo que comprende una serie de generadores de turbinas eólicas, comprendiendo dichos generadores de turbinas eólicas un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a la red informática para el parque eólico del que forman parte, de tal manera que al menos dos de los generadores de turbinas eólicas en el parque tienen modos de operación alternativos, de acuerdo con lo que cada uno de los mismos puede asumir:

- un modo de líder para el parque eólico, que accede a los datos de operación del resto de los generadores de turbinas eólicas, calcula y envía de instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas que conforman dicho parque eólico; o,
- un modo de sujeto, que recibe y sigue las instrucciones procedentes del generador de turbina eólica líder del parque eólico.

Asimismo, otro objetivo de la invención es proporcionar transiciones adecuadas de liderazgo entre los generadores de turbinas eólicas:

- cuando un generador de turbina eólica asume el modo de líder, envía datos de las variables presentes de las unidades de control al resto de los generadores de turbinas eólicas sujetos capaces de ejercer el modo de líder;
- cuando un generador de turbina eólica asume el modo de sujeto, guarda una copia de los datos de las variables de las unidades de control recibidas desde el generador de turbina eólica con el modo de líder y;
- cuando un generador de turbina eólica cambia su modo de operación de ejercer el modo de sujeto al modo de líder, el mismo inicia los algoritmos de control basándose en los valores de las variables del líder anterior.

De este modo, la transición del liderazgo de un generador de turbina eólica a otro se realiza sin ninguna discontinuidad.

En una realización preferida de la invención, a los generadores de turbinas eólicas que asumen una opción de jerarquía seleccionada del grupo que consiste en líder y sujeto se les asigna una posición predeterminada en una lista jerárquica para su asignación como líder del parque eólico.

Un generador de turbina eólica asume la jerarquía de líder cuando los generadores de turbinas eólicas que están por delante del mismo en la lista jerárquica no se encuentran operativos.

También, en una realización preferida de la invención, el orden pre-establecido para que los generadores de turbinas eólicas actúen como líder en la lista jerárquica, es tal que el generador de turbina eólica operativo más cercano a la subestación eléctrica del parque eólico actúa como líder.

Otro objetivo de la invención es la gestión de la generación de potencia reactiva en el parque eólico. Cuando un generador de turbina eólica asume la jerarquía de líder, calcula instrucciones de un parámetro seleccionado de la potencia reactiva, factor de potencia y la tensión para todos los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque, envía dichas instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas a través de la red informática del parque eólico.

De acuerdo con una realización preferida, cuando un generador de turbina eólica asume el modo de líder, accede a los datos de las mediciones realizadas en la subestación.

De acuerdo con una realización preferida, las instrucciones se calculan a partir de una instrucción global recibida de una opción seleccionada de un control remoto (13) y un operario del sistema.

En una realización preferida, las instrucciones se calculan teniendo en cuenta la capacidad de generación de energía reactiva del convertidor de los generadores de turbinas eólicas que están apagados.

5 En una realización preferida, el generador de turbina eólica con la jerarquía de líder calcula las instrucciones basándose en la tensión medida en el punto de conexión de dicho generador de turbina eólica líder a la red eléctrica del parque eólico.

10 Un objetivo adicional de la invención es la gestión de la generación de potencia activa en el parque eólico. Cuando un generador de turbina eólica asume la jerarquía de líder, calcula instrucciones de limitación de la potencia activa para todos los generadores de turbinas eólicas en el parque basándose en el estado de operación de todos los generadores de turbinas eólicas y en las mediciones de frecuencia de red realizadas en al menos uno de los mismos y las envía al resto de los generadores de turbinas eólicas a través de la red informática del parque eólico.

15 En una realización preferida, la limitación de la potencia del parque se logra mediante la reducción de la potencia de cada uno de los generadores de turbinas eólicas en un grado diferente basándose en las instrucciones individuales generadas por el generador de turbina eólica que ejerce la jerarquía de líder.

20 De igual modo, la limitación de potencia del parque se consigue realizando un apagado selectivo de los generadores de turbinas eólicas.

El apagado selectivo de los generadores de turbinas eólicas se realiza con el objetivo de extender la vida útil de los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque eólico, teniendo en cuenta el número de horas trabajadas.

25 En función de lo que es la variable a controlar, las mediciones pueden proceder de la subestación, del punto de conexión a la máquina que actúa como líder, o de otros generadores de turbinas eólicas. Así, por ejemplo, las mediciones procedentes de la subestación permiten realizar cualquier tipo de control colectivo (factor de potencia, tensión, frecuencia, etc.), mientras que las mediciones procedentes de los generadores de turbinas eólicas son más adecuadas para los controles colectivos sobre tensión o la frecuencia.

30 El parque eólico descrito en la presente invención muestra ventajas con respecto a la técnica anterior. Por un lado se realiza un control colectivo del parque sin necesidad de incorporar una unidad de control adicional, ya que dichas operaciones se realizan en los controladores locales del tipo con el que los generadores de turbinas eólicas están normalmente equipados. También, puesto que esta opción de control se incluye en diversos de los generadores de turbinas eólicas que forman el parque eólico, esto implica una redundancia que garantiza un control coordinado del
35 parque en cada momento. Por otra parte, un control coordinado de la potencia reactiva se puede realizar basándose en la tensión, o de la potencia activa basándose en la frecuencia, sin ninguna necesidad de disponer de medios adicionales de medición más allá de los que ya están incorporados por los generadores de turbinas eólicas individuales.

40 Otro objetivo de la presente invención es un generador de turbina eólica de tal manera que, cuando se incluye en un parque eólico como se ha descrito anteriormente, tiene dos modos de operación alternativos, de acuerdo con lo que asume una opción seleccionada de entre el grupo que consiste en :

- 45 • un modo de líder para el parque eólico, que accede a los datos de operación del resto de los generadores de turbinas eólicas, calcula y envía de instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas que conforman dicho parque eólico; y,
- un modo de sujeto, que recibe y sigue las instrucciones procedentes de los otros generadores de turbinas eólicas.

50 Con el fin de complementar la descripción que se va a realizar de inmediato, y con el objetivo de facilitar una mejor comprensión de las características de la presente invención, esta memoria descriptiva se acompaña de un conjunto de planos que contienen figuras en las que, con carácter ilustrativo y no limitativo, se han representado los detalles más característicos de la invención.

55 Breve descripción de los dibujos.

La Figura 1. Muestra una vista de un diseño de control individual en el que cada generador de turbina eólica incorpora una unidad de control.

60 La Figura 2. Muestra una vista de un diseño de control central en el que todos los generadores de turbinas eólicas en el parque eólico se gobiernan por una unidad de control central.

La Figura 3. Muestra una vista de un diseño de un parque eólico gobernado por una unidad de control central y cada generador de turbina eólica comprendiendo, además, un control individual.

65 La Figura 4. Muestra una vista de un diseño, de acuerdo con la invención, en el que todos los generadores de turbinas eólicas se conectan a través de la red informática del parque y uno de los generadores de turbinas eólicas actúa como líder controlando el resto de los generadores de turbinas eólicas que actúan como sujetos.

La Figura 5. Muestra una vista de un diseño de un parque eólico en el que el generador de turbina eólica que actuaba como líder se ha vuelto inoperante y la jerarquía de líder se ha reasignado a otro generador de turbina eólica.

La Figura 6. Muestra una vista de un diseño de un parque eólico compuesto por diversos generadores de turbinas eólicas que pueden ejercer la jerarquía de líder.

La Figura 7. Muestra una vista del diagrama del algoritmo incorporado en una base de datos de la unidad de control de un generador de turbina eólica que puede ejercer la jerarquía de líder para la asignación de dicha jerarquía de líder.

La Figura 8. Muestra una vista de un diseño general de un generador de turbina eólica.

Descripción de una realización preferida.

Con las Figuras comentadas a la vista y de acuerdo con la numeración adoptada, podemos observar cómo la Figura 1 de los diseños muestra un diseño convencional del control individual de los generadores de turbinas eólicas de un parque eólico, de tal manera que cada generador de turbina eólica 1, 2, ... n, incorpora una unidad de control local C1, C2, ..., Cn, y basándose en las mediciones realizadas en el punto de conexión PC1, PC2, ..., PCn, del generador de turbina eólica, regula la potencia reactiva, activa, etc., generando las órdenes necesarias para el convertidor de potencia, encargado de generar las corrientes de manera que el generador de turbina eólica correspondiente 1, 2, ..., n, pueda responder apropiadamente a las instrucciones de la unidad de control. La misma Figura muestra el transformador 14 normalmente presente y que forma parte de la subestación eléctrica a través de la que la energía producida se transfiere a la red eléctrica.

En la Figura 2 de los diseños se puede observar el diseño convencional de un parque eólico gobernado por una unidad de control central 16, de tal manera que, basándose en las mediciones efectuadas en el punto de conexión del parque PCC, dicha unidad de control central 16 calcula y envía instrucciones a cada uno de los generadores de turbinas eólicas 1, 2, ..., n, a través de la red informática 11 del parque eólico. Esa unidad central se encuentra por lo general en la subestación eléctrica del parque eólico.

La Figura 3 de los diseños representa el diseño convencional de un parque eólico gobernado por una unidad de control central 106, que incorpora también controles locales más rápidos C1, C2, ..., Cn, con el fin de garantizar el funcionamiento de los generadores de turbinas eólicas 1, 2, ..., n, dentro del alcance.

La Figura 4 representa un parque eólico de acuerdo con la invención compuesto por diversos generadores de turbinas eólicas 1, 2, ..., n, conectados a la red eléctrica 15 a través de un transformador elevador 14, de tal manera que uno de los generadores de turbinas eólicas 10 será el líder del parque eólico y el resto de los generadores de turbinas eólicas serán los sujetos que seguirán las órdenes del generador de turbina eólica líder 10.

Todos los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque eólico se conectarán a través de la red informática 11 del parque, de tal manera que el generador de turbina eólica líder 10 tiene acceso a los datos de operación de cada uno de los otros generadores de turbinas eólicas.

En una realización preferida, algún equipo de medición 12 en el punto de conexión del parque PCC, estará conectado a la red informática de manera que el generador de turbina eólica líder 10 puede tener acceso a los datos extraídos desde ese punto. Además, en una realización preferida, dicha red informática 11 será capaz de recibir instrucciones de una unidad de control remota 13.

Además, cada generador de turbina eólica 1, ..., n, que se muestra en mayor detalle en la Figura 8 comprende un rotor 21, un generador 22, un convertidor 23, una unidad de control D2 y medios para conectarse a la red informática 11 del parque, a través de la que recibirá las instrucciones del generador de turbina eólica líder 10 en caso de actuar como sujeto o enviarlas a los otros generadores de turbinas eólicas en caso de actuar como líder.

La unidad de control D2 será la encargada de procesar las instrucciones y de generar las órdenes necesarias para el convertidor 23 de manera que puedan realizarse.

La unidad de control D2 del generador de turbina eólica líder 10 tendrá acceso a los datos de operación de los otros generadores de turbinas eólicas, y también será capaz de generar las órdenes necesarias para el resto de los generadores de turbinas eólicas que se enviarán a través de la red informática 11 del parque eólico.

En una realización preferida, el generador de turbina eólica líder 10 será capaz de recibir instrucciones procedentes de un control remoto 13 a través de la red informática 11 y, en una realización preferida, tendrá acceso a las mediciones efectuadas en el punto de conexión del parque PCC a la red por el equipo de medición 12. Basándose en estos datos, el generador de turbina eólica líder generará instrucciones para cada uno de los generadores de turbinas eólicas, las cuales se recibirán a través de la red informática 11 del parque eólico, de tal manera que ejercerá un control colectivo a fin de garantizar que el parque se integra correctamente en la red.

La Figura 5 de los diseños muestra el caso en el que el generador de turbina eólica 1 que previamente actuó como líder y que realizó el control colectivo se ha vuelto inoperante. En vista de este evento, otro generador de turbina eólica 2 pasa por encima para actuar como líder, y su unidad de control es el que va a coordinar el funcionamiento del resto de los generadores de turbinas eólicas, como se ha explicado anteriormente, en otras palabras, actuando como generador de turbina eólica líder 10.

En una realización preferida, para la reasignación del papel de líder existe un orden preestablecido, por lo que esos generadores de turbinas eólicas que pueden asumir esa función se les asigna una posición P en una lista, de acuerdo con la orden pre-establecida. En una realización preferida se ordenan de menor a mayor de acuerdo con la idoneidad para ocupar el liderazgo. De esta manera, la máquina que ocupa la posición $P = 1$, si está operativa, actuará como líder. Si no está operativa, la máquina operativa que ocupa la posición más cercana a la prioridad uno actuará como líder. El resto de las máquinas operativas actuarán como sujetos.

En una realización preferida, solo una parte de los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque eólico tienen un sistema de control como el que se describe en la presente invención, y se puede distribuir entre las distintas formaciones del parque eólico.

De este modo, cuando, por razones de mantenimiento, una formación completa se tiene que desconectar, siempre habrá un generador de turbina eólica operativo en el resto del parque eólico con la capacidad de actuar como líder.

La Figura 6 muestra una realización preferida de un parque eólico compuesto de tres formaciones 100, 200, 300,..., cada una de las que se compone de varios generadores de turbinas eólicas.

En una realización preferida, al menos uno de los generadores de turbinas eólicas 101, 201, 301,... de cada formación 100, 200, 300,..., posee un sistema de control como el descrito en la presente invención, de modo que está listo para actuar como líder del parque eólico.

En una realización preferida, el líder del parque eólico envía a los otros generadores de turbinas eólicas capaces de adoptar ese papel el estado de las variables de los controladores de modo que todos ellos están sincronizados. De esta manera, en caso de que el generador de turbina eólica líder no pueda continuar gobernando a los otros generadores de turbinas eólicas, cuando otro generador de turbina eólica tome el control todas las unidades de control están adecuadamente preparadas y la transición del liderazgo de un generador de turbina eólica a otro se realiza sin ninguna discontinuidad ya que el nuevo generador de turbina eólica líder inicia los algoritmos de control en el mismo estado de operación en que se encontraba el líder anterior.

En una realización preferida, la posición P adecuada que cada generador de turbina eólica ocupa para asumir el papel de líder en la lista jerárquica de posibles líderes se puede establecer de tal manera que la primera esté ocupada por el generador de turbina eólica más cercano al punto de conexión del parque PCC a la red, puesto que tiene mediciones de tensión en los terminales del generador que están más cerca de aquellas del punto de conexión.

En este caso, los otros generadores de turbinas eólicas adecuados para asumir la jerarquía de líder se clasifican de menor a mayor en términos de proximidad a ese punto.

De este modo, en caso de no disponer de mediciones en el punto de conexión proporcionado por el equipo de medición 12, esas mediciones, que la unidad de control del generador de turbina eólica tiene, servirán para realizar el control colectivo y se pueden corregir después basándose en los modelos de la red del parque.

La Figura 6 muestra una realización preferida en la que los generadores de turbinas eólicas adecuados para actuar en calidad de líder 101, 201, 301, etc., son los generadores de turbinas eólicas más próximos al punto de conexión del parque PCC de cada formación.

En una realización preferida, la posición P que se asigna a cada uno de los generadores de turbinas eólicas con la posibilidad de actuar como líder se selecciona en función de su proximidad al punto de conexión del parque PCC.

La Figura 7 de los diseños se corresponde con el diagrama del algoritmo incorporado en la unidad de control del generador de turbina eólica que ocupa la posición P, cuyo objetivo es evaluar en cada instante si el generador de turbina eólica está realizando o ha realizado el control colectivo del parque.

En una realización preferida, el algoritmo es tal que, en la primera etapa 1001 se pide a cada unidad de control si es el líder. Si es así, continuará actuando como tal 1005. Si no es así, y hay una comunicación del líder 1002 su papel será el de sujeto 1006. Si no es el líder y tampoco recibe la comunicación del mismo 1003, se pregunta cuál es la posición del primer generador de turbina eólica operativo "i". Si $P > i$, el papel del generador de turbina eólica P será el de sujeto 1006. Sin embargo, si esto no es así, en ese instante la máquina P se convertirá en el líder y realizará el control colectivo 1005.

En una realización preferida, el generador de turbina eólica que conduce el funcionamiento del parque eólico calcula y envía instrucciones acerca de la potencia reactiva, o factor de potencia o tensión, a todas las turbinas que conforman el parque, haciéndolo tomando como base las mediciones de tensión en los terminales de su generador, o mediciones tomadas en el punto de conexión al que tenga acceso.

5 Del mismo modo, en una realización preferida, estas instrucciones se calculan a partir de órdenes globales recibidas de un control remoto o del operario del sistema. Por otra parte, estas instrucciones se calculan teniendo en cuenta la capacidad de generación de energía reactiva por el convertidor de los generadores de turbinas eólicas que se encuentran apagados.

10 En una realización preferida, si un generador de turbina eólica está actuando como líder, el mismo calcula instrucciones de limitación de potencia activa a partir del estado de operación de todos los generadores de turbinas eólicas y de las mediciones de frecuencia de red realizadas en varios de los mismos y las envía a los otros generadores de turbinas eólicas que conforman el parque eólico.

15 En una realización preferida, las instrucciones de potencia activa se calculan por la unidad de control del generador de turbina eólica líder a partir de las mediciones de frecuencia realizadas en el punto de conexión a la red a cuyas mediciones tiene acceso. La limitación de potencia activa se puede realizar apagando selectivamente los generadores de turbinas eólicas, teniendo en cuenta el número de horas de trabajo con el fin de extender su vida útil, o calculando instrucciones individuales para cada uno de los mismos, a partir de los datos de operación
20 disponibles para la unidad de control del generador de turbina eólica que actúa como líder.

REIVINDICACIONES

1. Método para la operación de un parque eólico, comprendiendo el parque eólico una pluralidad de generadores de turbinas eólicas, comprendiendo cada generador de turbina eólica un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a una red informática del parque eólico, **caracterizado por que** las unidades de control de al menos dos de los generadores de turbinas eólicas están configuradas para asumir dos modos de operación, un modo de operación de líder y un modo de operación de sujeto en el que:
 - el modo de operación de líder comprende las etapas de: acceder a los datos de operación del resto de los generadores de turbinas eólicas; calcular y enviar instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas que conforman dicho parque eólico; y
 - el modo de operación de sujeto comprende las etapas de: recibir y seguir las instrucciones procedentes del generador de turbina eólica líder del parque eólico; y
- 15 las unidades de control de al menos dos de los generadores de turbinas eólicas están configuradas para seleccionar entre el modo de operación de líder y el modo de operación de sujeto.
2. Método para el funcionamiento de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende además las siguientes etapas:
 - cuando un generador de turbina eólica (10) asume el modo de operación de líder, envía datos de las variables presentes de las unidades de control al resto de los generadores de turbinas eólicas sujetos capaces de ejercer la jerarquía de líder;
 - cuando un generador de turbina eólica (10) asume el modo de operación de sujeto, guarda una copia de los datos de las variables de las unidades de control recibidas desde el generador de turbina eólica con la jerarquía de líder, y;
 - cuando un generador de turbina eólica cambia su modo de operación de ejercer el modo de operación de sujeto al modo de operación de líder, el mismo inicia los algoritmos de control basándose en los valores de las variables del líder anterior.
3. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los generadores de turbinas eólicas que asumen un modo de operación seleccionado del grupo que consiste en líder y sujetos se les asigna una posición predeterminada en una lista jerárquica para su asignación como líder del parque eólico.
4. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 3, en el que un generador de turbina eólica asume el modo de operación de líder, cuando los generadores de turbinas eólicas que están por delante del mismo en la lista jerárquica no se encuentran operativos.
5. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el orden pre-establecido para que los generadores de turbinas eólicas actúen como líder en la lista jerárquica es tal que el generador de turbina eólica operativo más cercano a la subestación eléctrica del parque eólico actúa como líder.
6. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cuando un generador de turbina eólica asume el modo de operación de líder calcula instrucciones de un parámetro seleccionado de la potencia reactiva, factor de potencia y tensión para todos los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque, enviando esas instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas a través de la red informática (11) del de parque eólico.
7. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 6, en el que cuando un generador de turbina eólica asume el modo de operación de líder, accede a los datos en las mediciones realizadas en la subestación.
8. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 7, en el que las instrucciones se calculan a partir de una instrucción global recibida de una opción seleccionada de un control remoto (13) y de un operario del sistema.
9. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el generador de turbina eólica con el modo de operación de líder calcula las instrucciones basándose en la tensión medida en el punto de conexión de dicho generador de turbina eólica líder a la red eléctrica del parque eólico.
10. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 9 en el que las instrucciones se calculan teniendo en cuenta la capacidad de generación de potencia reactiva por el convertidor de los generadores de turbinas eólicas que se encuentren apagados.
11. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que

cuando un generador de turbina eólica (10) asume el modo de operación de líder calcula instrucciones de limitación de potencia activa para todos los generadores de turbinas eólicas en el parque basándose en el estado de operación de todos los generadores de turbinas eólicas y en las mediciones de frecuencia de la red realizadas en al menos uno de los mismos y las envía al resto de los generadores de turbinas eólicas a través de la red informática del parque eólico.

12. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 11, en el que cuando un generador de turbina eólica asume el modo de operación de líder, accede a los datos de las mediciones realizadas en la subestación.

13. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 12, en el que las instrucciones se calculan a partir de una instrucción global recibida de una opción seleccionada procedente de un control remoto (13) y de un operario de sistema.

14. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la limitación de la potencia del parque eólico se consigue mediante la reducción de la potencia de cada uno de los generadores de turbinas eólicas en un grado diferente basándose en las instrucciones individuales generadas por el generador de turbina eólica que ejerce el modo de operación de líder.

15. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 14, en el que la limitación de la potencia del parque se consigue apagando selectivamente los generadores de turbinas eólicas.

16. Método para la operación de un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 15, en el que la vida útil de los generadores de turbinas eólicas que conforman el parque eólico se extiende apagando selectivamente los generadores de turbinas eólicas, teniendo en cuenta el número de horas trabajadas.

17. Parque eólico adaptado para realizar el método de cualquiera de las reivindicaciones 1-17, **caracterizado por que** comprende

- una pluralidad de generadores de turbinas eólicas, comprendiendo cada generador de turbina eólica un rotor, un generador, una unidad de control y medios de conexión a una red informática del parque eólico; y
- una red informática (11) que conecta las unidades de control de todos los generadores de turbinas del parque eólico,

en el que las unidades de control de al menos dos generadores de turbinas del parque eólico comprende dos modos de operación, un modo de operación de líder y un modo de operación de sujeto en los que:

- el modo de operación de líder accede a los datos de operación del resto de los generadores de turbinas eólicas, calcula y envía instrucciones al resto de los generadores de turbinas eólicas que conforman dicho parque eólico; y
- el modo de operación de sujeto recibe y sigue las instrucciones procedentes del generador de turbina eólica líder del parque eólico; y

las unidades de control están configuradas para seleccionar el modo de operación de al menos dos generadores de turbinas eólicas.

18. Parque eólico de acuerdo con la reivindicación 17, que comprende además una unidad de control remoto (13) conectada a la red informática (11).

19. Parque eólico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 17-18, que comprende además equipos de medición conectados a la red informática (11).

20. Generador de turbina eólica, **caracterizado por que** comprende una unidad de control con dos modos de operación seleccionables que son tales modos de operación:

- un modo de operación de líder, que comprende medios para acceder a los datos de operación del resto de los generadores de turbinas eólicas de un parque eólico, medios para calcular instrucciones y medios para enviar dichas instrucciones a dicho resto de generadores de turbinas eólicas que conforman dicho parque eólico; y
- un modo de operación de sujeto, que comprende medios de recepción para recibir las instrucciones procedentes de otros generadores de turbinas eólicas.

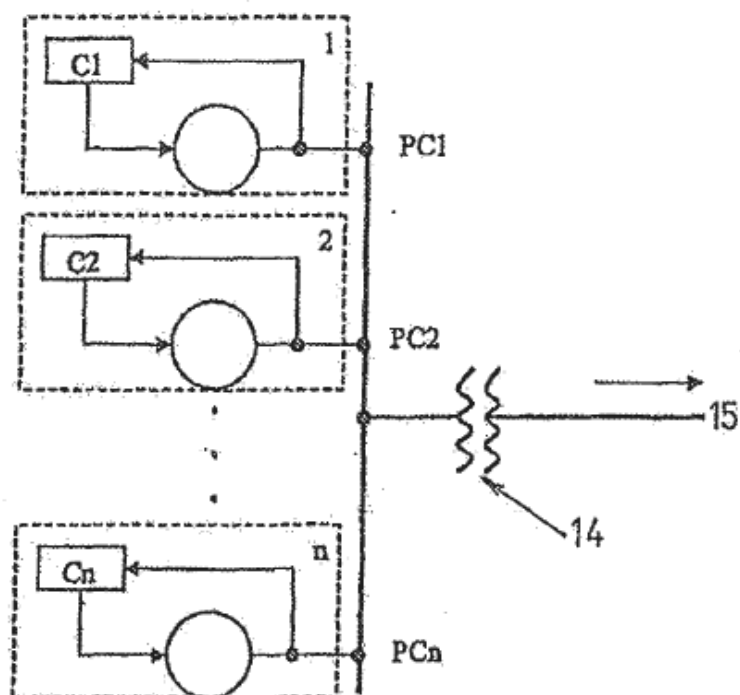


Fig. 1

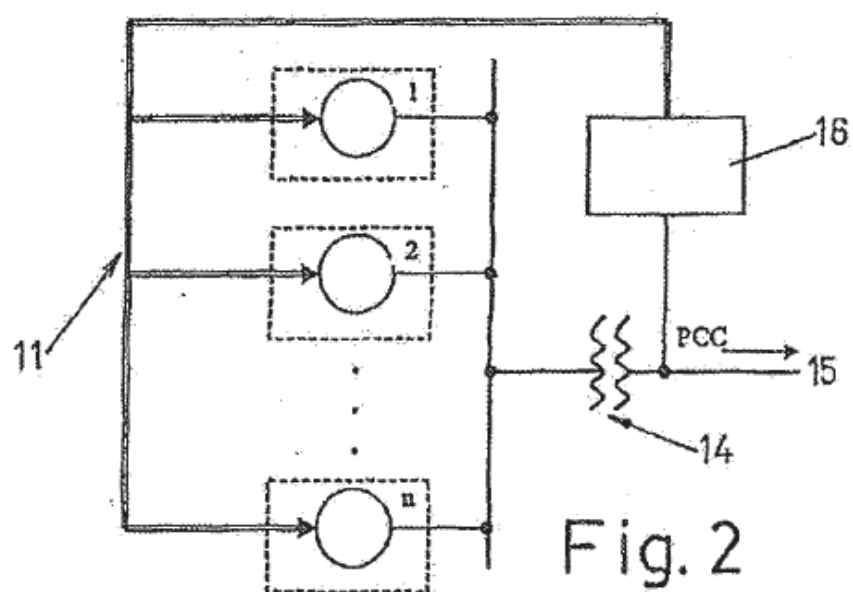


Fig. 2

