

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 969 541**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2018** **PCT/DK2018/050304**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.06.2019** **WO19120399**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2018** **E 18811437 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2024** **EP 3728839**

54 Título: **Control de tasa de aumento de potencia**

30 Prioridad:

21.12.2017 IN 201711046040

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

21.05.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

BJØRN, HANS KRISTIAN;
KNUDSEN, JAN VESTERGAARD y
SAIBABU, SANKA

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 969 541 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

Control de tasa de aumento de potencia

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a regular una tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) de un parque eólico en un punto de acoplamiento común (PCC) entre el parque eólico y una red eléctrica de empresa de servicios públicos.

Antecedentes de la invención

10 Las centrales eléctricas comprenden unidades de producción de energía para generar potencia. La potencia normalmente se alimenta a una red eléctrica de empresa de servicios públicos, donde los usuarios están conectados y consumen la energía. La red eléctrica de empresa de servicios públicos, también llamada sistema de transmisión, red de energía eléctrica, red eléctrica o simplemente red, conecta las centrales eléctricas que producen energía con consumidores tales como edificios y viviendas.

15 Las centrales eléctricas pueden tener la forma de centrales eléctricas de energía renovable que comprenden aerogeneradores y/o células solares (células fotovoltaicas). Un parque eólico es una central eléctrica que comprende una pluralidad de aerogeneradores. Las centrales eléctricas normalmente se controlan para entregar una cierta cantidad de potencia según una referencia de potencia en el Punto de Acoplamiento Común (PPC) entre la central eléctrica y la red eléctrica de empresa de servicios públicos. En el Punto de Acoplamiento Común (PCC), la tasa de aumento de potencia de la potencia alimentada hacia la red eléctrica de empresa de servicios públicos, entre otros, se debería controlar para que esté dentro de los límites especificados, por ejemplo, por un código de red eléctrica o por el operador de la red eléctrica de empresa de servicios públicos. La tasa de aumento de potencia de un parque eólico se define como la capacidad de los parques eólicos para cambiar su salida de potencia a lo largo del tiempo, $\Delta P/\Delta t$, donde P es la potencia de salida del parque eólico y t es el tiempo.

20 En lo sucesivo, central eléctrica, granja eólica, parque eólico o parque de aerogeneradores se pretende que tengan el mismo significado. Los generadores de los aerogeneradores también se conocen simplemente como turbinas, aerogeneradores o WTG. Controlar la tasa de aumento se pretende que tenga el mismo significado que regular la tasa de aumento.

25 Un parque eólico convencional comprende una pluralidad de aerogeneradores que entregan electricidad a una red interna, que está conectada a la red eléctrica de empresa de servicios públicos en el punto de acoplamiento común. Los aerogeneradores operan y entregan potencia de acuerdo con puntos de ajuste que definen las propiedades eléctricas que debería cumplir la turbina. En un ejemplo, el punto de ajuste puede ser un punto de ajuste de potencia activa, potencia reactiva, corriente y/o tensión. Los puntos de ajuste se pueden determinar y despachar desde un controlador de central eléctrica (PPC), que es una unidad central que determina y despacha puntos de ajuste a la pluralidad de aerogeneradores. Los puntos de ajuste se pueden determinar en base a una referencia, que define las propiedades eléctricas que debería cumplir el parque eólico. La red eléctrica de empresa de servicios públicos se opera por un operador del sistema de transmisión (TSO) (también llamado operador de red eléctrica).

30 Las demandas de aumento de potencia que se originan a partir de los códigos de red eléctrica o en un operador de red eléctrica pueden estar en conflicto con la protección de los componentes mecánicos de los aerogeneradores. Las oscilaciones de la torre se pueden excitar si un aerogenerador sigue una solicitud de aumentar la potencia activa con gran amplitud y alta tasa de aumento, así como variaciones no deseadas en la potencia producida. Las oscilaciones de la torre pueden reducir la vida útil del aerogenerador y, por lo tanto, se deberían evitar tanto como sea posible. Como los códigos de red eléctrica pueden establecer requisitos más altos a la capacidad del aerogenerador de cambiar la potencia de un punto de ajuste a otro punto de ajuste, los requisitos estructurales, por ejemplo, en términos de resistencia mecánica de la torre y/u otros componentes del aerogenerador, pueden aumentar. En algunos casos, los WTG están limitados a la hora de cumplir con esta solicitud de aumento, o bien en velocidad (pu/s) o bien en tamaño (pu), especialmente cuando se operan a salida de potencia baja.

35 Cuando se operan a salida de potencia baja, el rotor del aerogenerador puede tener baja energía de rotación debido a una baja velocidad de rotación del rotor y a una baja inercia. La baja velocidad de rotación significa que la turbina no puede acelerar muy rápidamente en la medida que requiere una acumulación de inercia en el rotor, lo que se logra teniendo una velocidad de rotación del rotor más alta. De este modo, la tasa de aumento de un aerogenerador con salida de potencia baja es normalmente mucho menor que la de una turbina que opera con una salida de potencia más alta. A la salida de potencia deseada, las turbinas se pueden operar individualmente con una velocidad de rotor alta con el fin de lograr una tasa de aumento más alta, no obstante, esto es altamente indeseable en la medida que conducirá a cargas sustancialmente más altas en el tren motriz.

50 Los documentos US 2011/153099 A1 y EP 1 672 779 A2 son ejemplos de parque eólico en donde se controla la tasa de aumento de potencia.

Por consiguiente, existe la necesidad de mejorar la regulación de la tasa de aumento de potencia de la salida de potencia de un parque eólico. En particular, existe una necesidad de mejorar la regulación de la tasa de aumento de potencia en el PCC de un parque eólico, que comprende una pluralidad de aerogeneradores.

Objeto de la invención

- 5 Un objeto de la invención es mejorar la regulación de la tasa de aumento de potencia de un parque eólico, en particular mejorar la regulación de la tasa de aumento de potencia en un punto de acoplamiento común (PCC) entre el parque eólico y una red eléctrica de empresa de servicios públicos.

En general, la invención busca preferiblemente aliviar o eliminar una o más de las desventajas anteriormente mencionadas con relación a sistemas conocidos para regular las tasas de aumento de potencia. En particular, se puede ver como un objeto de la presente invención proporcionar un método que resuelva los problemas mencionados anteriormente con relación a las tasas de aumento de potencia, u otros problemas, de la técnica anterior.

Compendio de la invención

15 En un primer aspecto de la invención, se proporciona un método según la reivindicación 1 para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico en un punto de acoplamiento común (PCC) entre el parque eólico y una red eléctrica de empresa de servicios públicos, en donde el parque eólico comprende una pluralidad de aerogeneradores, cada uno de los cuales tiene una tasa de aumento de potencia dependiente de una salida de potencia del respectivo aerogenerador, el método que comprende:

- recibir una referencia de potencia para el parque eólico,
- 20 - determinar la tasa de aumento de potencia del parque eólico en función de la salida de potencia de cada aerogenerador individual, en donde la tasa de aumento de potencia del parque eólico se basa en las tasas de aumento de potencia de los aerogeneradores individuales, y

- determinar una pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia para dicha pluralidad de aerogeneradores en base a las tasas de aumento de potencia de dicha pluralidad de aerogeneradores y la referencia de potencia para el parque eólico,

25 en donde dicha pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia se despacha a dicha pluralidad de aerogeneradores para regular dicha tasa de aumento de potencia del parque eólico en dependencia de las tasas de aumento de potencia de dicha pluralidad de aerogeneradores.

30 Ventajosamente, determinar una pluralidad de puntos de ajuste de potencia para una pluralidad correspondiente de aerogeneradores en base a las tasas de aumento de potencia de la pluralidad de aerogeneradores y la referencia de potencia para el parque eólico, y posteriormente despachar los puntos de ajuste de potencia a la pluralidad de aerogeneradores, proporciona un método fiable para asegurar el control de la tasa de aumento de potencia del parque eólico, y utilizar la capacidad de los WTG que operan como una planta.

35 Preferiblemente, los puntos de ajuste de potencia despachados aseguran que la salida de potencia de la central eléctrica sea sustancialmente igual a la referencia de potencia para el parque eólico. De este modo, el PPC puede compensar las pérdidas en las líneas eléctricas desde los aerogeneradores hasta el PCC.

De este modo, se puede usar un Controlador de Central Eléctrica (PPC) para controlar la tasa de aumento de la salida de potencia del parque eólico. Esto se puede hacer despachando diferentes puntos de ajuste de potencia a los aerogeneradores y después utilizar que las turbinas con la salida de potencia más alta también tienen la tasa de aumento más alta, dar por ello una tasa de aumento general más alta para el parque eólico. Por ejemplo, puede ser más beneficioso detener completamente algunos de los aerogeneradores para permitir que los restantes operen a una salida de potencia más alta, manteniendo por este medio una tasa de aumento alta. Esto es contrario a la técnica anterior, donde se envía el mismo punto de ajuste de potencia a todos los aerogeneradores, lo que da como resultado una tasa de aumento relativamente baja.

45 Según la invención, un primer subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores opera a una salida de potencia más alta que un segundo subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores. Preferiblemente, un tercer subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores puede operar a una salida de potencia más baja que un cuarto subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores, y/o un quinto subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores se pueden apagar.

50 Según una segunda realización, el primer subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta que el segundo subconjunto de aerogeneradores.

Según una tercera realización, el cuarto subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más baja que el tercer subconjunto de aerogeneradores.

5 Según una cuarta realización, el segundo subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, mayor o igual que el cuarto subconjunto de aerogeneradores.

10 Ventajosamente, el efecto del aumento de los subconjuntos de WTG según la primera, segunda, tercera y cuarta realización, es regular la capacidad de aumento combinada de los WTG que operan en una planta. De este modo, reduciendo el punto de ajuste en WTG específicos en una planta y aumentándolo en otros, la capacidad de aumento total disponible puede aumentar.

15 La tasa de aumento de los aerogeneradores es dependiente de la salida de potencia de las turbinas, de manera que la tasa de aumento es relativamente baja con una salida de potencia baja y aumenta a medida que la salida de potencia va hacia la potencia nominal. Esto significa que es posible que el parque eólico no sea capaz de proporcionar la tasa de aumento requerida cuando se opera con una potencia reducida. Este problema se resuelve mediante las realizaciones de la presente invención y, al mismo tiempo, asegurando que los WTG entreguen la potencia requerida por el operador.

20 Según otra realización, la determinación de la tasa de aumento de potencia del parque eólico en el punto de acoplamiento común (PCC) y/o las tasas de aumento de potencia de los aerogeneradores individuales en un terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores, comprende medir uno o más de potencia reactiva, potencia activa, tensión, corriente, factor de potencia en el punto de acoplamiento común y/o en el terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores.

Según otra realización más, la tasa de aumento de potencia determinada del parque eólico y/o las tasas de aumento de potencia de los aerogeneradores individuales se basan en un análisis de la tensión y/o la corriente medida en el punto de acoplamiento común (PCC) y/o en el terminal de salida de los aerogeneradores.

25 Según una realización, la pluralidad de puntos de ajuste de potencia se puede disponer para controlar la velocidad del rotor de la pluralidad de aerogeneradores, para regular la tasa de aumento de potencia de la pluralidad de aerogeneradores.

30 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un controlador de central eléctrica (PPC) configurado para realizar un método para regular la tasa de aumento de potencia de un parque eólico en un punto de acoplamiento común (PCC) entre el parque eólico y una red eléctrica de empresa de servicios públicos, en donde el parque eólico comprende una pluralidad de aerogeneradores, cada uno que tiene una tasa de aumento de potencia dependiente de la salida de potencia del aerogenerador respectivo, el método que comprende:

- recibir una referencia de potencia para el parque eólico,

35 - determinar la tasa de aumento de potencia del parque eólico en función de la salida de potencia de cada aerogenerador individual, en donde la tasa de aumento de potencia del parque eólico se basa en las tasas de aumento de potencia de los aerogeneradores individuales, y

- determinar una pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia para dicha pluralidad de aerogeneradores en base a las tasas de aumento de potencia de dicha pluralidad de aerogeneradores y la referencia de potencia para el parque eólico,

40 en donde dicha pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia se despacha a dicha pluralidad de aerogeneradores para regular dicha tasa de aumento de potencia del parque eólico en dependencia de las tasas de aumento de potencia de dicha pluralidad de aerogeneradores.

En el presente contexto, se usan un número de términos de una manera que es habitual para el experto en la técnica. Algunos de estos términos se detallan a continuación:

45 P se usa preferiblemente para significar/denotar la potencia activa.

Q se usa preferiblemente para significar/denotar la potencia reactiva.

WTG se usa preferiblemente para significar/denotar un Aerogenerador (Generador de Aerogenerador).

PPC se usa preferiblemente para significar/denotar un Controlador de Central Eléctrica.

STATCOM se usa preferiblemente para significar/denotar un Compensador Síncrono Estático.

50 MUS se usa preferiblemente para significar/denotar una Unidad de Conmutador Mecánico.

ES se usa preferiblemente para significar/denotar un Almacenamiento de Energía.

WPP se usa preferiblemente para significar/denotar un Parque Eólico (Central eléctrica de Energía Eólica).

Breve descripción de las figuras

Las figuras muestran una forma de implementar la presente invención y no se han de interpretar como que son limitantes de otras posibles realizaciones que caen dentro del alcance del conjunto de reivindicaciones adjunto.

La Figura 1 ilustra esquemáticamente un aerogenerador.

La Figura 2 ilustra esquemáticamente una arquitectura de una central eléctrica de energía eólica genérica.

La Figura 3 ilustra esquemáticamente un parque eólico y un controlador de central eléctrica PPC, configurado para realizar un método para regular una tasa de aumento de potencia del parque eólico en el punto de acoplamiento común.

La Figura 4 es un ejemplo de una curva de potencia y velocidad para un WTG.

Descripción detallada de una realización

La Figura 1 muestra un aerogenerador WTG 1 que comprende una torre 2 y un rotor 3. El rotor comprende tres palas de rotor 4. No obstante, el número de palas puede variar, y puede haber dos, cuatro o incluso más palas. El rotor 3 está conectado a una góndola 5, que está montada en la parte superior de la torre 2, y que está dispuesta para accionar un generador eléctrico situado dentro de la góndola. El rotor 3 es giratorio por acción del viento. La energía de rotación de las palas del rotor 4 inducida por el viento se transmite a través de un eje al generador eléctrico. De este modo, el WTG 1 es capaz de convertir la energía cinética del viento en energía mecánica por medio de las palas del rotor 4 y, posteriormente, en energía eléctrica por medio del generador eléctrico. La disposición eléctrica del WTG 1 puede incluir además del generador eléctrico un convertidor de potencia. El convertidor de potencia está conectado en serie entre el generador eléctrico y la red eléctrica para convertir la potencia de AC del generador de frecuencia variable en una potencia de AC de frecuencia de red eléctrica a ser inyectada en la red de empresa de servicios públicos/eléctrica. El generador eléctrico es, a través del convertidor de potencia, para producir una potencia correspondiente a una solicitud de potencia. Aquí, el WTG puede ser, pero no se limita a, una turbina a gran escala o una turbina de generador de inducción de doble alimentación (DFIG).

Las palas 4 se pueden inclinar con el fin de alterar las propiedades aerodinámicas de las palas, por ejemplo, con el fin de maximizar la captación de la energía eólica. Las palas 4 se inclinan mediante un sistema de paso, que incluye actuadores para inclinar las palas en dependencia de una solicitud de paso.

Un WTG, en operación normal, se establece para capturar la mayor cantidad de energía del viento, a cualquier velocidad del viento dada. Esto funciona siempre que la producción de potencia esté por debajo del límite de potencia nominal del aerogenerador, es decir, operación a carga parcial. Cuando la velocidad del viento aumenta por encima de la velocidad nominal del viento, a menudo diseñada a 10-12 m/s, el WTG tiene que inclinar las palas 4, de modo que la energía capturada sea estable a la potencia nominal, incluso si el viento está muy por encima de la velocidad nominal del viento.

Una central eléctrica de energía eólica WPP (también conocida como parque eólico) comprende una pluralidad de WTG controlados por un controlador de central eléctrica PPC y una infraestructura de interconexión. La Figura 2 muestra un ejemplo de una arquitectura de WPP genérica con una pluralidad de WTG, una red de recogida con un bus de recogida de MV y un transformador TRF. En el lado de alta tensión del transformador hay un Punto de Medición PoM, cerca del Punto de Acoplamiento Común PCC. Entre el PCC y el TRF se instala un disyuntor o engranaje de conmutación de la central eléctrica y se opera por el PPC, con el fin de que los operadores del sistema desconecten la WPP de la red eléctrica.

Desde los WTG hasta el PCC pueden existir varios componentes de infraestructura eléctrica, por ejemplo, cables de alimentación, etc. Todos los componentes son necesarios, pero contribuyen a pérdidas desde los WTG hasta el PCC. Pérdidas que tienen que ser tenidas en cuenta cuando se controla la WPP.

Las mediciones obtenidas en el PoM se comunican al PPC y opcionalmente también a un sistema SCADA. El SCADA es opcional y no está interactuando necesariamente con realizaciones de la presente invención. En base a las mediciones, el PPC controla los WTG en consecuencia. También se muestran equipos opcionales adicionales, tales como STATCOM, MSU (Unidad Conmutada Mecánicamente, en donde la unidad puede ser o bien condensadores o bien inductores), ES (Almacenamiento de Energía), todos usados para mejorar la calidad y la estabilidad de la potencia.

En una realización, el Controlador de Central Eléctrica PPC tiene la responsabilidad de controlar la potencia activa P y la potencia reactiva Q en el punto de acoplamiento común con la red eléctrica de empresa de servicios públicos. Las cantidades P y Q son los medios por los cuales se puede influir en otros parámetros del sistema, tales como la

frecuencia de red f y la tensión V . La estructura del controlador tiene como bucles internos el control de P y Q , y como bucles externos el control de f y V .

Además de las funcionalidades centrales descritas anteriormente, el PPC también puede ser responsable de otras funcionalidades de WPP, requeridas o bien por el Operador del Sistema de Transmisión TSO o bien por el propietario de la WPP.

El bucle de control de potencia activa es responsable de controlar P en el punto de acoplamiento común. Este bucle interno se puede usar para influir en la frecuencia de la red eléctrica, añadiendo bucles de control externos apropiados (por ejemplo, regulación de frecuencia primaria y respuesta de frecuencia rápida). También se puede lograr la amortiguación de las oscilaciones de potencia añadiendo un bucle de control externo adecuado.

La Figura 3 muestra un concepto general para regular una tasa de aumento de potencia PRR_PCC de un parque eólico en un punto de acoplamiento común PCC según la presente invención. La tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico se define como el intervalo de cambio de potencia disponible de la pluralidad de aerogeneradores $WTGi$ en un punto de acoplamiento común PCC.

En la Figura 3 se describe un parque eólico que comprende aerogeneradores $WTG1$; $WTG2$... $WTGi$. En el ejemplo ilustrativo de la Figura 3, el método según la presente invención regula la tasa de aumento de la pluralidad de aerogeneradores $WTG1$; $WTG2$... $WTGi$ descritos en la Figura 3, no obstante, el método puede regular, en otra realización, una tasa de aumento de un subconjunto de la pluralidad de WTG mostrados en la Figura 3, por ejemplo, el subconjunto que es $WTG1$, $WTG2$ y $WTG3$. La realización de la Figura 3 muestra una forma de implementar la presente invención y no se ha de interpretar como que es limitante de otras posibles realizaciones que caigan dentro del alcance.

En la Figura 3, los aerogeneradores $WTG1$; $WTG2$... $WTGi$ tienen, cada uno, una tasa de aumento de potencia PRR_WTGi dependiente de la salida de potencia P_WTGi del aerogenerador respectivo. El método recibe una referencia de potencia P_{REF_PCC} para el parque eólico, desde un operador de red eléctrica, por ejemplo.

El método determina la tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico en función de la salida de potencia P_WTGi de cada aerogenerador $WTGi$ individual. La tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico se basa en las tasas de aumento de potencia PRR_WTGi de los aerogeneradores individuales.

Midiendo uno o más de la potencia reactiva, la potencia activa, la tensión, la corriente, el factor de potencia en el punto de acoplamiento común PCC y/o en el terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores, el método determina la tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico en el punto de acoplamiento común PCC y/o las tasas de aumento de potencia PRR_WTGi de los aerogeneradores individuales en un terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores.

En base a un análisis de la tensión y/o corriente medidas en el punto de acoplamiento común PCC y/o en el terminal de salida de los aerogeneradores, el método determina la tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico y/o las tasas de aumento de potencia PRR_WTGi de los aerogeneradores individuales.

Además, el método determina una pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia PSP_i para la pluralidad de aerogeneradores $WTGi$ en base a las tasas de aumento de potencia PRR_WTGi de la pluralidad de aerogeneradores y la referencia de potencia P_{REF_PCC} para el parque eólico. La pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia PSP_i se despacha a la pluralidad de aerogeneradores $WTGi$ para regular la tasa de aumento de potencia PRR_PCC del parque eólico en dependencia de las tasas de aumento de potencia PRR_WTGi de la pluralidad de aerogeneradores (la señal de despacho con los puntos de ajuste de potencia PSP_i se ilustra con una línea discontinua en la Figura 3).

El punto de ajuste de potencia PSP_i está dispuesto para controlar una o más características eléctricas EC_WTGi de al menos uno de los generadores de aerogenerador $WTGi$, y se determina y despacha por el PPC.

La característica eléctrica EC_WTGi controlada de al menos uno de los generadores de aerogenerador $WTGi$ puede incluir el par del generador y/o la velocidad de rotor de generador.

De manera diferente de la técnica anterior, un método según la presente invención comprende el paso de hacer que el PPC también controle la velocidad del rotor para cada turbina. Diferenciando la velocidad del rotor para aumentar la energía de rotación almacenada para el parque eólico, pero manteniendo la salida de potencia requerida del parque eólico, se asegura una tasa de aumento más rápida para el parque eólico combinado. Cuando se controla la velocidad del rotor, el operador también puede satisfacer las capacidades de tasa de aumento del parque eólico.

En otra realización, el método según la presente invención puede regular la tasa de aumento de potencia de la pluralidad de aerogeneradores, controlando activamente subconjuntos de los WTG :

Un primer subconjunto de generadores de aerogenerador $WTGi$ dentro de la pluralidad de aerogeneradores se opera con una salida de potencia P_WTGi más alta que un segundo subconjunto de aerogeneradores $WTGi$ dentro

de la pluralidad de aerogeneradores, y un tercer subconjunto de generadores de aerogenerador WTGi dentro de la pluralidad de aerogeneradores se operan con una salida de potencia P_{WTGi} más baja que un cuarto subconjunto de aerogeneradores WTGi dentro de la pluralidad de aerogeneradores, y/o se apaga un quinto subconjunto de aerogeneradores WTGi dentro de la pluralidad de aerogeneradores.

5 La presente invención resuelve el problema de que las centrales eléctricas de energía eólica pueden no ser capaces de tener una tasa de aumento suficientemente alta cuando se operan a baja potencia de salida. La tasa de aumento de los aerogeneradores es dependiente de la salida de potencia de los aerogeneradores, de manera que la tasa de aumento es relativamente baja a una salida de potencia baja y aumenta a medida que la salida de potencia va hacia la potencia nominal. El parque eólico puede no ser capaz de proporcionar la tasa de aumento requerida cuando se opera con una potencia reducida. La solución es controlar activamente un número de aerogeneradores en el parque eólico para operar a una salida de potencia más alta y, de este modo, también proporcionen una tasa de aumento más alta y luego tener un número de otros aerogeneradores con potencia reducida, o incluso apagarlos, con el fin de entregar la potencia requerida.

10 El método puede regular una tasa de aumento de potencia del parque eólico, de modo que el primer subconjunto de aerogeneradores se operen, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta que el segundo subconjunto de aerogeneradores.

En otra realización, el método puede regular una tasa de aumento de potencia del parque eólico, de modo que el cuarto subconjunto de aerogeneradores se operen, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más baja que el tercer subconjunto de aerogeneradores.

20 En otra realización más, el método puede regular una tasa de aumento de potencia del parque eólico, de modo que el segundo subconjunto de aerogeneradores se operen, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta o igual que el cuarto subconjunto de aerogeneradores.

25 Disminuyendo la salida de potencia en WTG específicos en el parque eólico y aumentándola en otros, puede aumentar la capacidad de aumento total disponible para el parque eólico.

Los siguientes ejemplos ilustran el efecto técnico del método según la presente invención:

Ejemplo I:

30 Un parque eólico comprende 10 WTG de 2 MW cada uno; 20MW en total para el parque eólico. En este ejemplo, el controlador de la planta reenvía puntos de ajuste de potencia a las turbinas, para controlar la salida de potencia de las turbinas, estableciendo la velocidad del rotor de las turbinas. Si la referencia del parque eólico es de 4 MW, la solución directa sería reducir la potencia de todos los WTG al 20%:

=> $2\text{MW} * 20\% * 10 \text{ unidades}$: 4MW de salida del parque.

No obstante, una realización de la presente invención puede configurar el parque eólico con 5 WTG operados al 30% de potencia y 5 WTG al 10% de potencia:

35 => $2\text{MW} * 30\% * 5 \text{ unidades}$: 3MW

+

=> $2\text{MW} * 10\% * 5 \text{ unidades}$: 1MW

Salida del parque de 4MW.

40 La salida de potencia del parque eólico se mantiene para tener el mismo valor con la configuración según la invención. Dado que los 5 WTG se operan con una salida de potencia más alta, también tienen una tasa de aumento más alta, dando una tasa de aumento general más alta del parque eólico.

La tasa de aumento más alta se puede deber al hecho de que la energía en el rotor es significativamente más alta cuando se opera a una potencia del 30% en comparación con una potencia del 20% debido a la velocidad más alta - la velocidad/velocidad angular afecta la energía del rotor en términos de raíz cuadrada:

45
$$E_{\text{rotacional}} = \frac{1}{2} * I * \omega^2$$

donde I es el momento de inercia alrededor del eje de rotación, ω es la velocidad angular y $E_{\text{rotacional}}$ es la energía cinética.

Ejemplo II:

50 En este ejemplo el parque eólico también comprende 10 WTG de 2MW cada uno; 20MW en total para el parque eólico. No obstante, se considera la inercia de los rotores, lo que hace posible comparar la energía en los rotores de

las turbinas en las soluciones de la técnica anterior y una solución según la invención. En el ejemplo la referencia del parque eólico es de 4 MW. El momento de inercia (I) no se especifica en la medida que es el mismo para un rotor dado en la medida que las turbinas se considera que son idénticas. La velocidad de rotación se puede encontrar consultando el gráfico de la Figura 4. La solución directa sería reducir la potencia todos los WTG al 20%:

5 => 20% * 10x unidades: $E_{\text{rotacional}} = 10 * \frac{1}{2} * I * 800^2 = 0,32 * 10^6 \text{ I}$

Energía combinada del rotor para la planta: $0,32 * 10^6 \text{ I}$.

No obstante, una realización de la presente invención puede configurar el parque eólico con 5 WTG operados al 30% de potencia y 5 WTG al 10% de potencia:

=> P_{TM}: 30% * 5 unidades: $E_{\text{rotacional}} = 10 * \frac{1}{2} * I * 1000^2 = 0,5 * 10^6 \text{ I}$

10 +

=> P_{TM}: 10% * 5 unidades: $E_{\text{rotacional}} = 10 * \frac{1}{2} * I * 700^2 = 0,245 * 10^6 \text{ I}$

Energía del rotor combinada de la planta: $0,745 * 10^6 \text{ I}$.

De este modo, se puede ver que la energía rotacional en los rotores es significativamente más alta usando la presente invención en comparación con la técnica anterior.

15 La Figura 4 muestra un ejemplo de una curva de potencia y velocidad para un WTG. Se ha de entender que este es solamente un ejemplo y que los WTG pueden tener diferentes curvas de potencia y velocidad. No obstante, se ha de esperar que los WTG tengan curvas de potencia y velocidad similares a la mostrada en la Figura 4.

El método según la presente invención se puede implementar en el software del PPC.

20 Se observa que los aerogeneradores se deberían adaptar para manejar el punto de ajuste de potencia recibida PSP_i y regular el aumento de potencia en consecuencia. De este modo, el software para hacerlo así debería estar presente en los WTG.

Se puede usar un medidor de potencia para ejecutar el cálculo del aumento de potencia con el fin de obtener las mediciones del aumento de potencia para el PPC. El software implementado en el PPC se puede usar para ejecutar el algoritmo de cálculo y control de los puntos de ajuste de potencia PSP_i y el algoritmo de despacho.

25 Aunque la presente invención se ha descrito en conexión con las realizaciones especificadas, no se debería interpretar como que está limitada de ninguna forma a los ejemplos presentados. El alcance de la presente invención se expone por el conjunto de reivindicaciones que se acompaña. En el contexto de las reivindicaciones, los términos "que comprende" o "comprende" no excluyen otros posibles elementos o pasos. También, la mención de referencias tales como "un" o "una", etc., no se deberían interpretar como que excluyen una pluralidad. El uso de signos de
30 referencia en las reivindicaciones con respecto de los elementos indicados en las figuras tampoco se interpretará como que limita el alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Un método para regular una tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) de un parque eólico en un punto de acoplamiento común (PCC) entre el parque eólico y una red eléctrica de empresa de servicios públicos, en donde el parque eólico comprende una pluralidad de aerogeneradores (WTGi), el método que comprende
 - 5 - recibir una referencia de potencia (P_{REF_PCC}) para el parque eólico,
 - determinar la tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) del parque eólico en función de la salida de potencia (P_{WTGi}) de cada aerogenerador individual (WTGi), en donde la tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) del parque eólico se basa en tasas de aumento de potencia (PRR_WTGi) de los aerogeneradores individuales, y cada aerogenerador (WTGi) que tiene la tasa de aumento de potencia (PRR_WTGi) que depende de la salida de potencia (P_{WTGi}) del aerogenerador respectivo,
 - 10 - determinar una pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia (PSP_i) para dicha pluralidad de aerogeneradores (WTGi) en base a las tasas de aumento de potencia (PRR_WTGi) de dicha pluralidad de aerogeneradores y la referencia de potencia (P_{REF_PCC}) para el parque eólico,
 - 15 en donde dicha pluralidad correspondiente de puntos de ajuste de potencia (PSP_i) se despacha a dicha pluralidad de aerogeneradores (WTGi) para regular dicha tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) del parque eólico en dependencia de las tasas de aumento de potencia (PRR_WTGi) de dicha pluralidad de aerogeneradores,
 - 20 aumentar la tasa de aumento de potencia total del parque eólico disminuyendo la salida de potencia en un segundo subconjunto de aerogeneradores y aumentando la potencia de salida en un primer subconjunto de aerogeneradores, de manera que el primer subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores esté operando a una salida de potencia más alta de que el segundo subconjunto de aerogeneradores dentro de la pluralidad de aerogeneradores, y
 - 25 utilizar que los aerogeneradores en el primer subconjunto de aerogeneradores que operan con la salida de potencia más alta también tienen una tasa de aumento más alta que las tasas de aumento del segundo subconjunto de aerogeneradores, obteniendo por ello una tasa de aumento general más alta para el parque eólico, mientras que se mantiene la misma salida de potencia.
2. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según la reivindicación 1, en donde
 - un primer subconjunto de aerogeneradores (WTGi) dentro de dicha pluralidad de aerogeneradores opera a una salida de potencia (P_{WTGi}) más alta que un segundo subconjunto de aerogeneradores (WTGi) dentro de dicha pluralidad de aerogeneradores,
 - 30 - un tercer subconjunto de aerogeneradores (WTGi) dentro de dicha pluralidad de aerogeneradores opera a una salida de potencia (P_{WTGi}) más baja que un cuarto subconjunto de aerogeneradores (WTGi) dentro de dicha pluralidad de aerogeneradores, y/o
 - se apaga un quinto subconjunto de aerogeneradores (WTGi) dentro de dicha pluralidad de aerogeneradores.
3. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según la reivindicación 2, en donde dicho primer subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta que dicho segundo subconjunto de aerogeneradores.
4. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según la reivindicación 2, en donde dicho cuarto subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta que dicho tercer subconjunto de aerogeneradores.
5. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según la reivindicación 2, en donde dicho segundo subconjunto de aerogeneradores se operan, en promedio, a una salida de potencia de un 10%, preferiblemente un 20%, más preferiblemente un 30%, más alta o igual que dicho cuarto subconjunto de aerogeneradores.
6. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la determinación de la tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) del parque eólico en el punto de acoplamiento común (PCC) y/o las tasas de aumento de potencia (PRR_WTGi) de los aerogeneradores individuales en un terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores, comprende medir uno o más de la potencia reactiva, la potencia activa, la tensión, la corriente, el factor de potencia en el punto de acoplamiento común (PCC) y/o en el terminal de salida de cada uno de los aerogeneradores.
7. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según la reivindicación 6, en donde la tasa de aumento de potencia (PRR_PCC) determinada del parque eólico y/o las tasas de aumento de potencia

(PRR_WTG_i) de los aerogeneradores individuales se basan en un análisis de la tensión y/o corriente medidas en el punto de acoplamiento común (PCC) y/o en el terminal de salida de los aerogeneradores.

- 5 8. Un método para regular una tasa de aumento de potencia de un parque eólico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha pluralidad de puntos de ajuste de potencia (PSP_i) está dispuesta para controlar la velocidad del rotor de dicha pluralidad de aerogeneradores (WTG_i) para regular dicha tasa de aumento de potencia (PRR_WTG_i) de dicha pluralidad de aerogeneradores (WTG_i).

9. Un parque eólico que comprende una pluralidad de aerogeneradores (WTG_i), en donde un controlador de central eléctrica (PPC) está configurado para realizar el método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

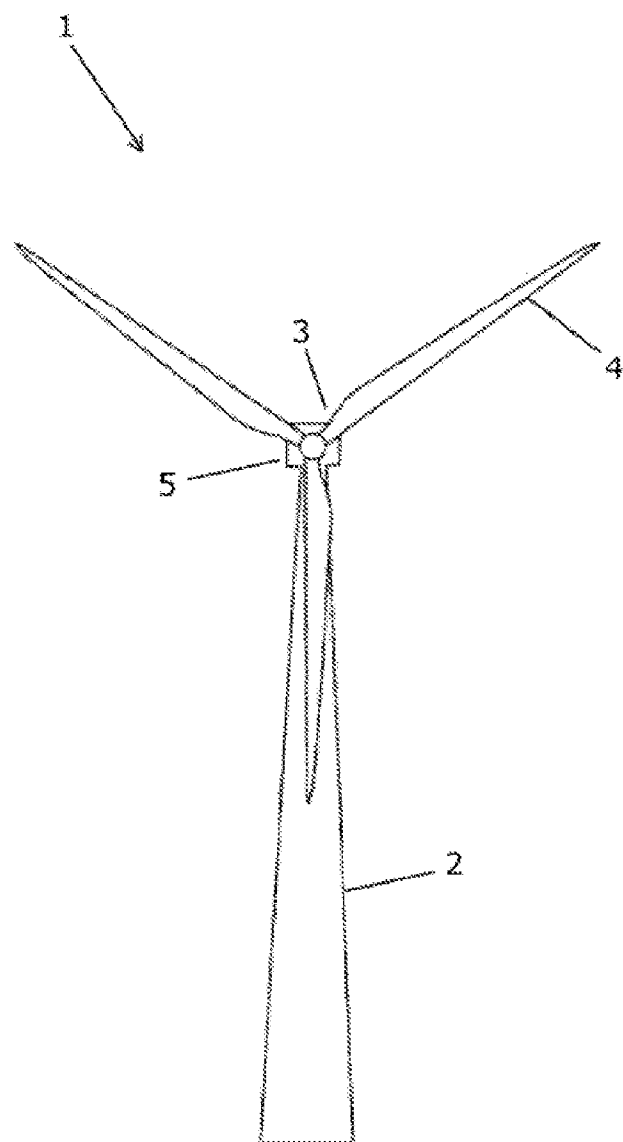


Fig. 1

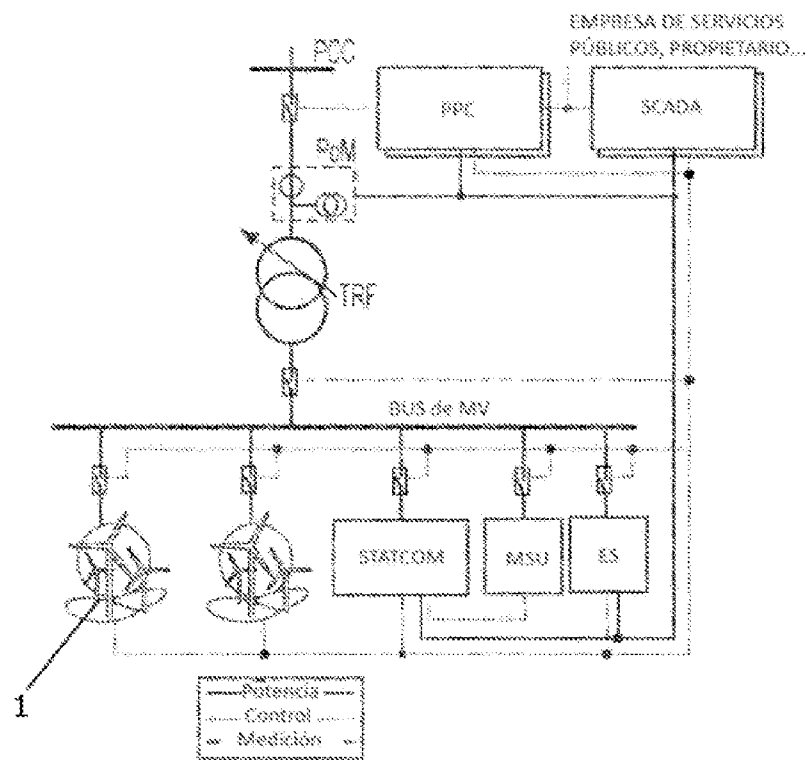


Fig. 2

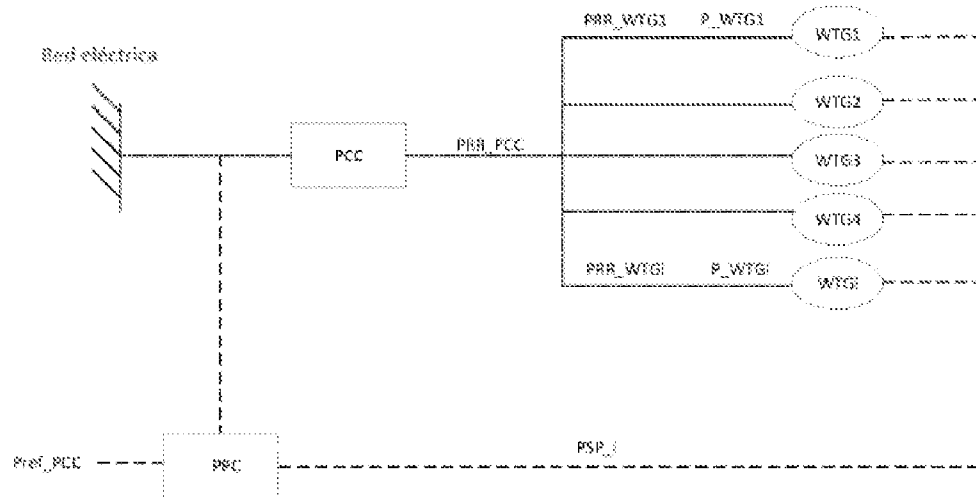


Fig. 3

Ilustración de Potencia / Velocidad

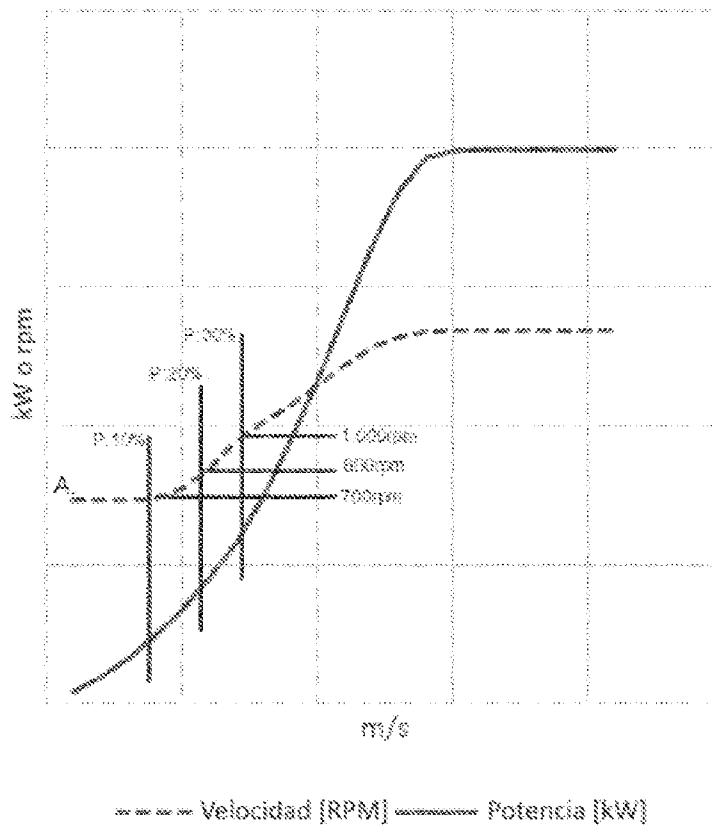


Fig. 4