

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 695**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.07.2017 E 17180518 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 3429050**

54 Título: **Procedimiento para la regulación de la emisión de potencia efectiva de un parque eólico así como un parque eólico correspondiente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.07.2020

73 Titular/es:
NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:

DROSSEL, DETLEF y
BODE, FLORIAN

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 774 695 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para la regulación de la emisión de potencia efectiva de un parque eólico así como un parque eólico correspondiente

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la regulación de la emisión de potencia activa de un parque eólico así como a un parque eólico con varias instalaciones de energía eólica.

10 Con el creciente uso de instalaciones de energía eólica, ya sea en tierra o en la mar, aumenta su importancia para la red de suministro eléctrico. Con vistas a la alimentación de potencia activa, esto conduce a que los valores teóricos predefinidos para la potencia activa alimentada en el punto de conexión de red deben cumplirse con la mayor exactitud posible. Esto se refiere tanto al estado estacionario en el que, suponiendo que hay viento suficiente, se alimenta un importe constante de potencia activa, como al comportamiento dinámico, durante el que un valor teórico predefinido varía en el tiempo y/o en el que existen condiciones de viento variables.

15 Por el documento DE102014000790A1 se dio a conocer una regulación de parque eólico con un comportamiento de valor teórico mejorado. El parque eólico presenta un maestro de parque con un regulador de potencia para la regulación de las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico. Un valor teórico para la emisión de potencia del parque eólico está presente en el maestro de parque y se emite para las instalaciones de energía eólica como señales de valor teórico para la emisión de potencia. Los valores teóricos para las instalaciones de energía eólica se corrigen en caso de una variación de la señal de valor teórico para el parque eólico, estando conectado el valor teórico corregido al regulador de potencia. Con un predictor se calcula el valor teórico para la instalación de energía eólica, para lo que se tienen en cuenta diferentes estados de funcionamiento de las instalaciones de energía eólica y diferentes valores de potencia.

25 Por el documento DE102014000784A1 se dio a conocer un parque eólico con precontrol en el regulador de potencia. El parque eólico presenta un maestro de parque que está realizado para la gestión de las instalaciones de energía eólica, comprendiendo el maestro de parque un regulador de potencia. El regulador de potencia presenta un módulo de precontrol que conecta una medida para la potencia teórica, a través de un elemento de multiplicación, a la salida del regulador de potencia. De esta manera, se pretende conseguir un comportamiento de respuesta acelerado del precontrol en caso de una reducción de valor teórico y un comportamiento de respuesta robusto del parque eólico.

30 Del documento EP2516849A2 se conoce un parque eólico con una regulación basada en modelos. No sólo se suministran parámetros eléctricos, sino también se captan magnitudes referidas al viento y se suministran a un modelo predictivo.

35 La presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la regulación de un parque eólico que con medios lo más sencillos posible realice de forma rápida y exacta los valores teóricos predefinidos para el parque eólico, así como de proporcionar un parque eólico regulado de manera correspondiente.

40 Según la invención, el objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características según la reivindicación 1 así como mediante un parque eólico con las características según la reivindicación 7. Variantes ventajosas son objeto de las reivindicaciones subordinadas.

45 El procedimiento según la invención está previsto para la regulación de la emisión de potencia activa de un parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica. Básicamente, también es posible regular según la invención otras magnitudes eléctricas del parque eólico. El parque eólico presenta al menos dos instalaciones de energía eólica, cuya emisión de potencia es regulada respectivamente por un regulador de instalación de energía eólica. Las instalaciones de energía eólica pueden ser de tipo de construcción idéntico o distinto. En el procedimiento según la invención, un valor teórico de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico se aplica en una unidad de división que genera un valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico. El valor teórico de potencia activa modelado corresponde de forma agregada a un valor teórico corregido para el parque eólico, que este debe alimentar en total en su punto de enlace de red con una red de suministro de energía. El valor teórico de potencia activa modelado puede diferir del valor teórico, presente en la unidad de división, de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico. Para la generación del valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico, la unidad de división divide el valor teórico presente de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico, en valores teóricos de potencia activa para la simulación por las instalaciones de energía eólica individuales. Además, en la unidad de división están presentes los valores teóricos de potencia activa simulados o modelados de las instalaciones de energía eólica individuales para generar el valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico.

60 La división del valor teórico de potencia activa para el parque eólico en los valores teóricos de potencia activa para la simulación por las instalaciones de energía eólica individuales por la unidad de división se realiza a base de al menos una magnitud de funcionamiento proporcionada respectivamente por las instalaciones de energía eólica individuales y presente en la unidad de división. Las magnitudes de funcionamiento pueden indicar preferentemente

la potencia activa disponible de las respectivas instalaciones. Básicamente, para la división se debe recurrir a la menor cantidad posible de magnitudes de funcionamiento seleccionadas.

5 El valor teórico de potencia activa modelado se aplica en un regulador de potencia junto al valor real de la potencia de parque eólico emitida por el parque eólico. El regulador de potencia proporciona una magnitud de ajuste de regulador en función de las magnitudes de entrada presentes. A la magnitud de ajuste de regulador se suma una magnitud de ajuste de precontrol determinada independientemente de los estados del parque eólico y sus valores reales, formando una magnitud de ajuste total.

10 Según la invención, en la unidad de división, el valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico está determinado por una suma de valores teóricos de potencia activa modelados de las instalaciones de energía eólica individuales en el parque eólico. El valor teórico de potencia activa del parque eólico o un valor representativo de este se dividen entre modelos de las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico, que simulan el comportamiento de las instalaciones de energía eólica individuales y se ejecutan en las respectivas instalaciones de energía eólica, determinando los modelos respectivamente un valor teórico modelado de la potencia activa de la respectiva instalación de energía eólica, en función de la parte del valor teórico del parque eólico, correspondiente al modelo, así como magnitudes de funcionamiento de la respectiva instalación de energía eólica. El valor representativo puede ser por ejemplo un valor porcentual referido a una potencia activa disponible o a un valor nominal. En el procedimiento según la invención, el valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico se forma por muchos modelos individuales que reflejan respectivamente el comportamiento de las instalaciones de energía eólica individuales, de manera que, para cada instalación de energía eólica, el respectivo valor teórico modelado corresponde, en el marco de una precisión de modelo, al valor teórico determinado para la respectiva instalación de energía eólica. Según la invención, los modelos de las respectivas instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico están asignados a los respectivos reguladores de instalación de energía eólica. La ventaja de esta asignación consiste en que la multiplicidad de parámetros, magnitudes de funcionamiento e indicadores de estado presentes en los reguladores de instalación de energía eólica individuales quedan también directamente a disposición del modelo de la respectiva instalación de energía eólica. Los modelos preferentemente pueden ejecutarse en los respectivos reguladores de instalación de energía eólica. Alternativamente, a los reguladores también puede estar asignado un equipo de procesamiento de datos adicional que a través de una interfaz esté unido al regulador o en el que estén presentes las mismas magnitudes de entrada que en el regulador. La arquitectura descrita anteriormente permite prescindir de un complicado transporte de datos de las instalaciones de energía eólica, a través del parque eólico, a un control central. Dado que los modelos suministran sólo los resultados de la simulación, se consigue evitar un alto tráfico de datos. Además, se evitan eficazmente retardos y pérdidas de datos y, por tanto, se optimiza el comportamiento de regulación general del parque eólico. Los parámetros, las magnitudes de funcionamiento y los indicadores de estado de una instalación pueden comprender sin limitación: valores reales, valores teóricos o valores medios de magnitudes eléctricas de la instalación, el número de revoluciones, el ángulo de paso, el ángulo acimutal, datos de oscilación, magnitudes externas como la dirección del viento, la velocidad del viento, la densidad del aire, la temperatura exterior, así como la variación de los mismos en el tiempo y otros datos, informaciones relativas a modos de funcionamiento presentes, como un funcionamiento con sonido reducido, un funcionamiento teniendo en cuenta la proyección de sombras, la aparición de animales voladores o un funcionamiento con una dispersión de RADAR reducida, modos de funcionamiento relevantes para las directivas de conexión de red, etc., así como informaciones de estado y magnitudes de medición de cualesquiera subsistemas de la instalación de energía eólica. Básicamente, por los términos se entiende cualquier valor o cualquier información tales como se tienen en cuenta también en la regulación de la instalación de energía eólica por su regulador. Los modelos están concebidos de tal forma que pueden proporcionar resultados de simulación aproximadamente en tiempo real. Por lo tanto, los modelos se someten a las magnitudes de entrada con la misma resolución de tiempo y sin diferencia de tiempo. La simulación del comportamiento de potencia activa puede realizarse por ejemplo de tal forma que los modelos determinen y proporcionen en un ciclo de reloj de aproximadamente 1.000 milisegundos valores de salida para la potencia activa modelada.

50 Preferentemente, la asignación del modelo de la instalación de energía eólica y del regulador de instalación de energía eólica consiste en que el modelo puede acceder directamente a los parámetros, las magnitudes de funcionamiento y los indicadores de estado o que forme este último por sí mismo a partir de las magnitudes presentes, sin que se tenga que realizar una transmisión de datos al o por el parque eólico. Los parámetros, las magnitudes de funcionamiento y los indicadores de estado pueden ser de cualquier tipo de datos que esté previsto en el regulador de instalación de energía eólica para la gestión del funcionamiento y la regulación de la instalación de energía eólica.

60 En una forma de realización preferible, en el procedimiento según la invención, la magnitud de ajuste total se divide entre magnitudes de ajuste de instalación de las instalaciones de energía eólica en el parque eólico. La magnitud de ajuste total determinada con un precontrol aditivo se divide en el procedimiento según la invención en magnitudes de ajuste de instalación. Las magnitudes de ajuste de instalación determinadas por la división están presentes para ello en los reguladores de las instalaciones de energía eólica individuales como valores teóricos para la potencia activa que ha de ser puesta a disposición por la respectiva instalación de energía eólica. Como magnitud de ajuste de instalación se puede usar por ejemplo un valor teórico de potencia activa o un valor porcentual referido a la potencia nominal de la respectiva instalación de energía eólica o a su potencia activa disponible actualmente.

5 La división de la magnitud de ajuste total en las magnitudes de ajuste de instalación se realiza mediante una unidad de división de regulador en la que está presente la magnitud de ajuste total. Además, en la unidad de división de regulador, para cada una de las instalaciones de energía eólica está presente respectivamente al menos una magnitud de funcionamiento, por ejemplo su potencia activa disponible, que puede ser usada para la división de la magnitud de ajuste total. En una forma de realización especialmente preferible del procedimiento según la invención, la división de la magnitud de ajuste total se realiza con la ayuda de valores para la potencia activa disponible de las instalaciones de energía eólica individuales.

10 En el procedimiento según la invención, en dos puntos se realiza una división de valores, predefinidos para el parque eólico completo, en valores específicos de las instalaciones. Una división se realiza en la unidad de división durante la formación de los valores teóricos de potencia activa para los modelos individuales de las instalaciones de energía eólica. Los valores teóricos de potencia activa de las instalaciones de energía eólica, modelados respectivamente por los modelos correspondientes, se modelan recurriendo a magnitudes de funcionamiento, parámetros e indicadores de estado del regulador de instalación de energía eólica. Los modelos de las instalaciones de energía eólica determinan respectivamente, en función de los valores teóricos de potencia activa divididos presentes, el valor teórico de potencia activa modelado que se transmite a la unidad de división y que entonces, junto con los otros valores teóricos de potencia activa modelados, se suma formando un valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico. La totalidad de los modelos de las instalaciones de energía eólica refleja el comportamiento del parque eólico. Otra división se realiza en la puesta a disposición de magnitudes de ajuste para los reguladores individuales de las instalaciones de energía eólica del parque eólico por la unidad de división de regulador. Las magnitudes de ajuste divididas se determinan a partir de la magnitud de ajuste total. La división de la magnitud de ajuste total en las magnitudes de ajuste de instalación puede realizarse por ejemplo con la ayuda de valores de potencia activa disponibles, indicados por las instalaciones de energía eólica individuales o sus reguladores. Igualmente, la división del valor teórico de potencia activa del parque eólico para la modelación por modelos de las instalaciones de energía eólica individuales puede realizarse con la ayuda de la potencia activa disponible, indicada por las instalaciones de energía eólica individuales. En una variante preferible, las magnitudes de ajuste de instalación son determinadas por la unidad de división de regulador con la ayuda de las mismas magnitudes, a base de las que son determinados los valores teóricos para la simulación por las instalaciones individuales por la unidad de división. De manera especialmente preferible, la división se realiza en ambos casos con la ayuda de las potencias activas disponibles de las instalaciones de energía eólica individuales.

35 En una variante están presentes respectivamente al menos una magnitud de funcionamiento, un parámetro y/o un indicador de estado de las instalaciones de energía eólica en los respectivos modelos de las instalaciones de energía eólica, para minimizar una diferencia entre el valor real de la potencia activa de la instalación de energía eólica y el valor de potencia modelado. Asimismo, preferentemente, alternativamente o adicionalmente a la potencia activa disponible está presente al menos una magnitud de funcionamiento, un parámetro adicional o un indicador de estado adicional de las instalaciones de energía eólica en la unidad de división, para tenerlos en consideración en la división del valor teórico para el parque eólico en los valores teóricos para la simulación por los modelos individuales de las instalaciones de energía eólica. Preferentemente, en la magnitud de funcionamiento adicional, el parámetro adicional o el indicador de estado adicional se trata de una información sobre un modo de funcionamiento activo en las respectivas instalaciones de energía eólica. Para la reducción de información, se pueden definir modos de funcionamiento en la unidad de división. Ejemplos de un modo de este tipo es un funcionamiento con sonido reducido, un funcionamiento con potencia reducida a causa de un componente defectuoso o un funcionamiento con potencia reducida a causa de una temperatura de funcionamiento. Básicamente, este tipo de modos pueden describir cualquier estado referido a una instalación de energía eólica específica. Alternativamente o adicionalmente, como magnitudes adicionales también pueden ser puestos a disposición por las instalaciones de energía eólica individuales unas pocas magnitudes de funcionamiento, parámetros y/o indicadores de estado seleccionados, por ejemplo, una información sobre un número de revoluciones actual. Para procedimientos de modelación complejos, no es necesario diseñar la red de parque eólico para grandes volúmenes de datos, ya que la modelación se realiza completamente de forma local en las instalaciones de energía eólica. La transmisión de una o unas pocas magnitudes de funcionamiento, parámetros y/o indicadores de estado adicionales incrementaría sólo en medida insignificante el tráfico de datos en la red de parque eólico y puede contribuir a una optimización de la división inicial. El hecho de que los modelos recurren a magnitudes de funcionamiento, parámetros y/o indicadores de estado no significa que aquí se produzca una regulación de magnitudes del parque eólico al nivel de las instalaciones de energía eólica individuales. Más bien, estas magnitudes de las instalaciones de energía eólica sirven para tener en consideración en la modelación el comportamiento actual de las instalaciones de energía eólica, que está sujeto fuertemente a influjos locales e individuales, y poder evitar diferencias por la elección de una forma de modelo errónea. Con la ayuda del acceso a estas magnitudes se minimizan los errores en la formación de modelo y queda mejor reflejado el comportamiento dinámico de las instalaciones de energía eólica individuales. El valor teórico de potencia activa modelado de una instalación de energía eólica individual, al igual que la potencia activa alimentada realmente por la instalación de energía eólica, depende de magnitudes de funcionamiento / modos de funcionamiento actuales.

65 El objetivo según la invención también se consigue mediante un parque eólico con las características de la reivindicación 6. El parque eólico según la invención presenta al menos dos instalaciones de energía eólica, así

como un regulador de parque eólico en el que está presente un valor teórico de potencia activa predefinido para la potencia activa que ha de ser alimentada por el parque eólico en su punto de enlace de red. El regulador de parque eólico presenta una unidad de precontrol que independientemente de los estados de funcionamiento del parque eólico y sus valores teóricos determina una magnitud de ajuste de precontrol. Además, el regulador de parque eólico presenta una unidad de división que está prevista y concebida para generar a partir del valor teórico de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico un valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico. Par este fin, la unidad de división está concebida para determinar y poner a disposición valores teóricos de potencia activa como magnitudes de entrada para una modelación mediante modelos de las instalaciones de energía eólica individuales. Además, la unidad de división está concebida para recibir los valores teóricos de potencia activa modelados como magnitudes de salida de los modelos individuales, sumarlos formando un valor de potencia activa modelado del parque eólico y ponerlo a disposición de un elemento diferencial. El elemento diferencial está concebido para determinar a partir del valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico y de un valor real de la potencia activa emitida por el parque eólico una diferencia de regulación. Además, un regulador de potencia está concebido para determinar a partir de la diferencia de regulación una magnitud de ajuste de regulador. Un elemento de adición previsto además está concebido para determinar a partir de la magnitud de ajuste de precontrol y de la magnitud de ajuste de regulador una magnitud de ajuste total para el parque eólico y ponerla a disposición de una unidad de división de regulador. La unidad de división de regulador está prevista y concebida para determinar, en función de la magnitud de ajuste total presente para el parque eólico, valores teóricos de potencia activa para las instalaciones de energía eólica individuales del parque eólico y ponerlos a la disposición de las respectivas instalaciones de energía eólica. Alternativamente a los valores teóricos de potencia activa para las instalaciones de energía eólica individuales, también se pueden poner a disposición para la potencia activa magnitudes de ajuste características de la instalación, por ejemplo, un valor porcentual referido a la potencia nominal de la respectiva instalación de energía eólica o a su potencia activa actualmente disponible, para reguladores de las instalaciones de energía eólica. Las instalaciones de energía eólica individuales del parque eólico presentan respectivamente uno de los reguladores que están previstos y concebidos para regular la respectiva instalación de energía eólica. Especialmente, los reguladores están concebidos para regular la emisión de potencia activa de la respectiva instalación de energía eólica en función del valor teórico de potencia activa puesto a disposición por la unidad de división de regulador o de la magnitud de ajuste de instalación. Además, las instalaciones de energía eólica presentan respectivamente un modelo que está concebido para simular el comportamiento de la respectiva instalación de energía eólica en función de magnitudes de entrada presentes. Para ello, en los respectivos modelos de instalación está presente como magnitud de entrada respectivamente una parte del valor teórico de potencia activa o del valor representativo para ello para el parque eólico. Los modelos de las instalaciones de energía eólica individuales están concebidos determinar, en función de la parte predefinida respectivamente como magnitud de salida, un valor teórico de potencia activa modelado o el valor representado para ello de la potencia activa que ha de ser generada por la respectiva instalación de energía eólica, y ponerlo a la disposición de la unidad de división.

Por el valor teórico de potencia activa definido de forma externa se entienden en relación con la presente invención también valores teóricos que se determinen de forma interna en el parque eólico. Por ejemplo, puede estar previsto que el regulador de parque eólico determine el valor teórico a base de predefiniciones externas que se tienen en consideración en el regulador. Por ejemplo, puede estar predefinida una línea característica para el valor teórico de potencia activa en función de la frecuencia de red, sobre cuya base el regulador de parque eólico determina, en función de una frecuencia presente, medida en el punto de enlace de red del parque eólico, el valor teórico de potencia activa en función de predefiniciones externas. Pero el valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa también puede ser puesto a disposición directamente por el explotador de la red de suministro de energía.

En el parque eólico según la invención, los modelos de las instalaciones de energía eólica están asignados a los reguladores de instalación de energía eólica, de tal forma que las magnitudes de funcionamiento, los parámetros y/o los indicadores de estado de los reguladores de instalación de energía eólica no tienen que ser transmitidos por el parque eólico, sino que el modelo de la instalación de energía eólica preferentemente puede acceder directamente a los mismos. En una forma de realización preferible, los modelos de instalación están concebidos para modelar el comportamiento de las respectivas instalaciones de energía eólica individuales en función de las magnitudes presentes. Los modelos preferentemente pueden ejecutarse en los respectivos reguladores de instalación de energía eólica. Alternativamente, a los reguladores también puede estar asignado un equipo de procesamiento de datos adicional que a través de una interfaz esté unida al regulador, o en el que estén presentes las mismas magnitudes de entrada que en el regulador. Por ejemplo, el regulador puede estar realizado de forma redundante, de modo que, en el estado normal, el segundo regulador realiza únicamente la simulación y, en caso de que falle el primer regulador, se puede emplear como backup (reserva) para este, de manera que además se puede evitar un fallo de la instalación de energía eólica.

La potencia activa que ha de ser generada por el parque eólico se divide, como valor teórico de potencia activa para la simulación, por una unidad de división entre los modelos de las instalaciones de energía eólica individuales, estando concebidos los modelos para determinar, en función de los valores teóricos de potencia activa divididos presentes, así como en función de al menos una magnitud de funcionamiento presente de la instalación de energía eólica modelada, sobre la base del modelo de instalación correspondiente, un valor teórico de potencia activa modelado para la potencia activa que ha de ser generada por las instalaciones modeladas. La unidad de división está concebida para dividir el valor teórico de potencia activa predefinido del parque eólico entre los modelos para

las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico. La división puede realizarse por ejemplo con la ayuda de valores de potencia activa disponibles que son indicados por las instalaciones de energía eólica individuales o sus reguladores y que están presentes como magnitudes de entrada en la unidad de división. Alternativamente o adicionalmente, como magnitudes adicionales también pueden ponerse a disposición unas pocas magnitudes de funcionamiento, parámetros y/o indicadores de estado seleccionados de las instalaciones de energía eólica individuales, por ejemplo una información sobre un número de revoluciones actual. Para procedimientos de modelación complejos, no es necesario diseñar la red de parque eólico para grandes volúmenes de datos, ya que la modelación se realiza completamente de forma local en las instalaciones de energía eólica. La transmisión de una o unas pocas magnitudes de funcionamiento, parámetros y/o indicadores de estado adicionales incrementaría sólo en medida insignificante el tráfico de datos en la red de parque eólico y puede contribuir a una optimización de la división inicial.

La unidad de división de regulador del regulador de parque eólico está concebida para dividir la magnitud de ajuste total para la potencia activa, que ha de ser emitida por el parque eólico, en valores teóricos previstos para las instalaciones de energía eólica individuales y poner a disposición un valor teórico de potencia activa correspondiente para las instalaciones de energía eólica individuales o los reguladores de estas. La división, ya sea de la magnitud de ajuste total o del valor teórico de potencia activa, se realiza preferentemente con la ayuda de la potencia activa comunicada como disponible por las instalaciones de energía eólica individuales, es decir, en función del estado de funcionamiento de las instalaciones individuales. En función del precontrol y de los modelos empleados se puede conseguir que los valores teóricos modelados para las instalaciones individuales y los valores teóricos puestos a disposición por la unidad de división de regulador para las instalaciones individuales difieran sólo ligeramente unos de otros, incluso en caso de fuertes variaciones de la entrada del valor teórico presente en el regulador de parque eólico.

Las unidades mencionadas anteriormente del parque eólico están unidas entre sí para la comunicación de datos de manera conocida, por ejemplo, a través de una red de parque eólico. Para la comunicación en la red de parque eólico pueden emplearse cualesquiera protocolos conocidos. Elementos individuales del regulador descrito anteriormente pueden reunirse en un conjunto o realizarse como módulos de software en un conjunto. Por ejemplo, la unidad de división, los elementos de adición y de sustracción, el regulador de potencia, la unidad de división de regulador y la unidad de precontrol pueden estar reunidos en un regulador de parque eólico.

Una ventaja especial del parque eólico según la invención consiste en que, a través de los modelos que tienen en consideración aproximadamente en tiempo real los estados de funcionamiento de las instalaciones de energía eólica individuales, la regulación de la potencia activa que ha de ser alimentada por el parque eólico se distribuye entre las instalaciones de energía eólica generadoras y de esta manera se puede lograr una mejor dinámica de la regulación, sin necesidad de ampliar para ello la capacidad de transmisión de datos de la red de parque eólico. Por la consideración de magnitudes individuales de las instalaciones de energía eólica en la división para la modelación así como el precontrol, el valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico se aproxima al valor real de la potencia activa alimentada en el punto de enlace de red del parque eólico, y la diferencia de regulación en el elemento de sustracción converge hacia cero. De esta manera, el modelo compensa o reduce una dinámica insuficiente del regulador de potencia. En caso de una implementación de los modelos en los reguladores existentes de las instalaciones de energía eólica, se evitan costes adicionales.

Un ejemplo de realización preferible se describe a continuación. La única figura muestra un diagrama de bloques de un parque eólico con un precontrol y con una división de las magnitudes de ajuste entre las instalaciones de energía eólica individuales.

La figura muestra en un diagrama de bloques cómo un valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa del parque eólico $P_{set,global}$ se aplica en una unidad de limitación y de rampa 10 de un regulador de parque eólico 70. El valor teórico de potencia activa del parque eólico $P_{set,global}$ es un valor teórico predefinido de forma externa para la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico. En el ejemplo de realización, dicho valor teórico predefinido de forma externa es predefinido para el parque eólico por una unidad de orden superior en la lógica del explotador de red. Dicho valor teórico predefinido debe cumplirse en la medida de lo posible y de la forma más exacta posible con las condiciones de viento dadas. En la unidad de rampa y de limitación 10, el valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa para el parque eólico se limita a los valores teóricos y saltos de valor teórico posibles para el parque eólico. Asimismo, variaciones en el valor teórico de potencia activa predefinido se perpetúan mediante rampas. En el lenguaje técnico, el valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa puede ser considerado como una magnitud guía que por la unidad de rampa y de limitación es convertido en un valor teórico P_{set} interno del parque eólico. El valor teórico perpetuado de esta manera para la potencia activa P_{set} está presente en una unidad de división 20 del regulador de parque eólico 70. La unidad de división 20 genera un valor teórico de potencia activa modelado para el parque eólico P'_{set} . El valor teórico de potencia activa modelado indica la respuesta del parque eólico, basada en una modelación de las instalaciones de energía eólica individuales, al valor teórico de potencia activa P_{set} interno. El valor teórico de potencia activa modelado P'_{set} puede ser considerado como un valor real esperado que indica qué valor real se genera como respuesta al valor teórico. A partir del valor teórico de potencia activa modelado P'_{set} y del valor real medido de la potencia activa P_{act} alimentada en el punto de enlace de red del parque eólico se forma, por un elemento de sustracción del regulador de parque

eólico 70 una diferencia de regulación. La diferencia de regulación e es la diferencia del valor teórico de potencia activa modelado y del valor real de la potencia activa emitida. A través de un regulador de potencia 30 del regulador de parque eólico 70, a partir de la magnitud de regulación e se determina una magnitud de ajuste de regulador u_{reg} . Para ello, el regulador de potencia 30 está parametrizado con una línea característica correspondiente. Si los resultados de los modelos coinciden con el comportamiento real del parque eólico y si, por tanto, el regulador de parque eólico 30 se encuentra en su estado estabilizado, desaparecerá sustancialmente (será igual a cero) la magnitud de regulación e y, por tanto, también la magnitud de ajuste de regulador u_{reg} .

La magnitud de ajuste total u es formada por un elemento de adición del regulador de parque eólico 70, que forma la suma de la magnitud de ajuste de precontrol u_{ff} , determinada por una unidad de precontrol 60 del regulador de parque eólico 70, y la magnitud de ajuste de regulador u_{reg} . La conexión de la unidad de precontrol 60 se realiza por adición. En el marco del precontrol es posible dimensionar el regulador de potencia 30 con sus constantes de tiempo y su comportamiento de respuesta conforme a las magnitudes perturbadoras que habitualmente aparecen en un parque eólico. La magnitud de ajuste total u para el parque eólico es dividida, en una unidad de división de regulador 40 del regulador de parque eólico 70, en las magnitudes de ajuste individuales $u_{wea,1}, u_{wea,2}, \dots, u_{wea,n}$ que constituyen las magnitudes de ajuste para las instalaciones de energía eólica individuales en el parque eólico.

Cada instalación de energía eólica en el parque eólico posee un regulador. El regulador de las instalaciones de energía eólica 51, 52, ..., 5n están representados esquemáticamente en la figura 1. En la división de las magnitudes de ajuste $u_{wea,1}, u_{wea,2}, \dots, u_{wea,n}$ por la unidad de división de regulador 40, las magnitudes de ajuste se dividen entre las instalaciones de energía eólica individuales de tal forma que en total correspondan a la magnitud de ajuste total u y que las instalaciones de energía eólica, respondiendo a las magnitudes de ajuste, pongan a disposición potencias activas $P_{act,i}$ que en total correspondan, en el punto de enlace de red del parque eólico, al valor real de la potencia activa P_{act} . Cada instalación de energía eólica [HAI] aporta una contribución a la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico. En la división de la magnitud de ajuste total u se puede tener en consideración por ejemplo el hecho de que las instalaciones de energía eólica reunidas en el parque eólico pueden tener estados de funcionamiento diferentes. También se pueden tener en consideración aquí las reservas de potencia, los trabajos de mantenimiento y otras magnitudes y predefiniciones específicas de las instalaciones. Para poder seguir con la mayor rapidez posible el valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa, se pueden tener en consideración en la división por ejemplo también los tiempos de regulación diferentes de las instalaciones de energía eólica individuales. Una rápida regulación puede garantizarse por ejemplo si la división del valor teórico u entre las instalaciones individuales se realiza a base de la potencia $p_{avail,1}, p_{avail,2}, \dots, p_{avail,n}$ comunicada como disponible por las instalaciones individuales.

La unidad de división 20 divide el valor teórico para el parque eólico P_{set} en valores teóricos o valores de entrada para la simulación por los modelos de las instalaciones de energía eólica individuales $p_{siml,1}, p_{siml,2}, \dots, p_{siml,n}$. Los valores teóricos divididos están presentes en el respectivo modelo de la instalación de energía eólica 221, 222, ..., 22n. Magnitudes de salida de los modelos con respecto a las instalaciones de energía eólica son los valores teóricos de potencia activa modelados de las instalaciones de energía eólica $p_{simO,1}, p_{simO,2}, \dots, p_{simO,n}$. Estas magnitudes son transmitidas a la unidad de división 20 y sumadas por esta formando el valor de potencia activa modelado P'_{set} .

Los modelos 221, 222, ..., 22n corresponden respectivamente a modelos de las instalaciones de energía eólica individuales que se ejecutan en las instalaciones de energía eólica, preferentemente por los reguladores 51, 52, ..., 5n de estas.

Un aspecto importante en el ejemplo de realización representado consiste en que las potencias activas modeladas de las instalaciones de energía eólica individuales $p_{simO,i}$ corresponden aproximadamente a los valores reales de potencia activa de la instalación de energía eólica $P_{act,i}$. Esto significa que la división del valor teórico P_{set} para la simulación se produce de forma complementaria a la división de la magnitud de ajuste u entre las instalaciones de energía eólica individuales.

Una ventaja especial resulta obvia para la conexión de datos entre la unidad de división 20 y los modelos de las instalaciones de energía eólica 221, 222 ... 22n. Mirando un modelo 22i cualquiera de la i-ésima instalación de energía eólica, $p_{siml,i}$ es transmitido por la unidad de división al modelo 22i. Por el regulador de instalación de energía eólica 5i, en el modelo están presentes todas las informaciones necesarias para modelar el valor teórico $p_{simO,i}$. Por el regulador de instalación de energía eólica 5i y/o por el modelo de instalación de energía eólica 22i son transmitidas una o pocas magnitudes de funcionamiento seleccionadas $S_{i,1}, S_{i,2}, \dots, S_{i,k}$ a la unidad de división 20 donde pueden ser consideradas en la división de los valores teóricos. Igualmente, puede ser transmitida también la potencia activa $p_{avail,i}$ disponible en la i-ésima instalación de energía eólica, para tener en consideración la magnitud en la división de los valores teóricos entre las instalaciones de energía eólica.

Lista de signos de referencia

	10	Unidad de limitación y de rampa
	20	Unidad de división
5	221	Modelo de la 1ª instalación de energía eólica
	222	Modelo de la 2ª instalación de energía eólica
	22n	Modelo de n-ésima instalación de energía eólica
	30	Regulador de potencia
	40	Unidad de división de regulador
10	51	Regulador de la 1ª instalación de energía eólica
	52	Regulador de la 2ª instalación de energía eólica
	5n	Regulador de la n-ésima instalación de energía eólica
	60	Unidad de precontrol
	70	Regulador de parque eólico
15	$P_{set,global}$	Valor teórico de potencia activa predefinido de forma externa del parque eólico
	P_{set}	Valor teórico de potencia activa interno del parque eólico
	$P_{sim,1}$	Valor teórico de potencia activa dividido en la 1ª instalación de energía eólica para la modelación
	$P_{sim,2}$	Valor teórico de potencia activa dividido en la 2ª instalación de energía eólica para la modelación
	$P_{sim,n}$	Valor teórico de potencia activa dividido en la n-ésima instalación de energía eólica para la modelación
20	$P_{simO,1}$	Valor teórico de potencia activa modelado de la 1ª instalación de energía eólica
	$P_{simO,2}$	Valor teórico de potencia activa modelado de la 2ª instalación de energía eólica
	$P_{simO,n}$	Valor teórico de potencia activa modelado de n-ésima instalación de energía eólica
	P'_{set}	Valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico
25	P_{act}	Valor real de la potencia activa alimentada en el punto de enlace de red del parque eólico
	e	Diferencia de regulación entre el valor teórico de potencia activa modelado y el valor real de la potencia activa emitida del parque eólico
	u_{reg}	Magnitud de ajuste de regulador
	u_{ff}	Magnitud de ajuste de precontrol
30	u	Magnitud de ajuste total como suma de la magnitud de ajuste de precontrol y la magnitud de ajuste de regulador
	$u_{WT,1}$	Magnitud de ajuste dividida para la 1ª instalación de energía eólica
	$u_{WT,2}$	Magnitud de ajuste dividida para la 2ª instalación de energía eólica
	$u_{WT,n}$	Magnitud de ajuste dividida para la n-ésima instalación de energía eólica
35	$p_{avail,1}$	Potencia activa disponible de la 1ª instalación de energía eólica
	$p_{avail,2}$	Potencia activa disponible de la 2ª instalación de energía eólica
	$p_{avail,n}$	Potencia activa disponible de la n-ésima instalación de energía eólica
	$p_{act,1}$	Valor real de potencia activa de la 1ª instalación de energía eólica
	$p_{act,2}$	Valor real de potencia activa de la 2ª instalación de energía eólica
40	$p_{act,n}$	Valor real de potencia activa de la n-ésima instalación de energía eólica
	$\{S_{i,1}, \dots, S_{i,k}\}$	Cantidad de magnitudes de funcionamiento k de la 1ª instalación de energía eólica
	$\{S_{n,1}, \dots, S_{n,k}\}$	Cantidad de magnitudes de funcionamiento k de la n-ésima instalación de energía eólica

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación de una potencia activa en un parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica, cuya emisión de potencia es regulada por respectivamente un regulador de instalación de energía eólica (51, ..., 5n), en el cual un valor teórico de la potencia activa ($P_{set}, P_{set,global}$) que ha de ser emitida por el parque eólico está presente en una unidad de división (20) que divide el valor teórico presente de la potencia activa ($P_{set}, P_{set,global}$) que ha de ser emitida por el parque eólico en valores teóricos de potencia activa para la simulación por las instalaciones de energía eólica individuales ($p_{siml,1}, p_{siml,2}, \dots, p_{siml,n}$), y que recibe valores teóricos de potencia activa modelados de las instalaciones de energía eólica ($P_{simO,1}, P_{simO,2}, P_{simO,n}$) y, a partir de los valores teóricos de potencia activa recibidos de las instalaciones de energía eólica ($P_{simO,1}, P_{simO,2}, P_{simO,n}$) genera por adición un valor teórico de potencia activa modelado del parque eólico (P'_{set}) que junto con un valor real de la potencia activa (P_{act}) emitida por el parque eólico está presente en un elemento de sustracción que proporciona una diferencia de regulación (e) para un regulador de potencia (30) que genera una magnitud de ajuste de regulador (u_{reg}) a la que, se suma una magnitud de ajuste de precontrol (u_{ff}), determinada independientemente de estados de funcionamiento de las instalaciones de energía eólica y de sus valores reales, formando una magnitud de ajuste total (u), y el valor teórico de potencia activa del parque eólico ($P_{set}, P_{set,global}$) se divide en modelos (21, 22, 22n) de las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico, y los modelos (221, 222, 22n) de las instalaciones de energía eólica determinan el respectivamente un valor teórico de potencia activa modelado de la respectiva instalación de energía eólica ($P_{simO,1}, P_{simO,2}, P_{simO,n}$) en función de la parte del valor teórico de potencia activa ($p_{siml,1}, p_{siml,2}, \dots, p_{siml,n}$) dividida para el respectivo modelo, estando asignados los modelos (221, 222, 22n) de las instalaciones de energía eólica a los respectivos reguladores de instalación de energía eólica (51, 52, ... 5n).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque los modelos (221, 222, 22n) de las instalaciones de energía eólica recurren a al menos una magnitud de funcionamiento, un parámetro y/o un indicador de estado de la respectiva instalación de energía eólica.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el comportamiento del parque eólico queda reflejado por la totalidad de los modelos (221, 222, 22n) de las instalaciones de energía eólica.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque la magnitud de ajuste total (u) se divide en magnitudes de ajuste para las instalaciones de energía eólica individuales ($u_{WT,1}, u_{WT,2}, \dots, u_{WT,n}$).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado porque la magnitud de ajuste total (u) se divide en función de la potencia activa ($p_{avail,1}, p_{avail,2}, \dots$) para las instalaciones de energía eólica individuales ($u_{WT,1}, u_{WT,2}, \dots$).
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque la unidad de división (20) divide el valor teórico ($P_{set}, P_{set,global}$) presente de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico, en función de al menos una magnitud seleccionada de entre las siguientes magnitudes: una magnitud de funcionamiento, un parámetro y un indicador de estado de la instalación de energía eólica.
7. Parque eólico con al menos dos instalaciones de energía eólica y con un regulador de parque eólico (70), en el que está presente un valor teórico para la potencia activa ($P_{set}, P_{set,global}$) que ha de ser emitida por el parque eólico, para el control de las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico, presentando el regulador de parque eólico (70) lo siguiente:
 - una unidad de precontrol (60) que está concebida para determinar, independientemente de estados de funcionamiento de las instalaciones de energía eólica del parque eólico y de sus valores reales, una magnitud de ajuste de precontrol (u_{ff}), y
 - una unidad de división (20) que está concebida para dividir el valor teórico de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico en valores teóricos de potencia activa para las instalaciones de energía eólica individuales ($p_{siml,1}, p_{siml,2}, \dots, p_{siml,n}$), para recibir valores teóricos de potencia activa modelados de las instalaciones de energía eólica ($P_{simO,1}, P_{simO,2}, P_{simO,n}$) y, a partir de los valores teóricos de potencia activa recibidos de las instalaciones de energía eólica ($P_{simO,1}, P_{simO,2}, P_{simO,n}$), determinar por adición un valor teórico de potencia activa modelado (P'_{set}) del parque eólico,
 - un elemento de sustracción que está concebido para determinar a partir del valor de potencia activa modelado (P'_{set}) y de un valor real de la potencia activa (P_{act}) emitida por el parque eólico una diferencia de regulación (e),
 - un regulador de potencia (30) que está concebido para determinar a partir de la diferencia de regulación (e) una magnitud de ajuste de regulador (u_{reg}), y
 - un elemento de adición que está concebido para determinar a partir de la magnitud de ajuste de precontrol (u_{ff}) y de la magnitud de ajuste de regulador (u_{reg}) una magnitud de ajuste total (u) para el parque eólico,
 - presentando las instalaciones de energía eólica contenidas en el parque eólico respectivamente un modelo de la instalación de energía eólica (221, 222, 22n) en el que está presente el valor teórico de potencia activa dividido para la instalación de energía eólica (p_{siml}) y que está asignado al respectivo regulador de instalación de energía eólica (51, 52, 5n) y determina un valor teórico de potencia activa modelado de la instalación de energía eólica (p_{simO}).

8. Parque eólico según la reivindicación 7, caracterizado porque cada uno de los modelos de la instalación de energía eólica (221, 222, 22n) puede acceder a al menos una magnitud de funcionamiento, un parámetro y/o un indicador de estado de la respectiva instalación de energía eólica.
- 5
9. Parque eólico según una de las reivindicaciones 7 a 8, caracterizado porque está prevista una unidad de división de regulador (40) que divide la magnitud de ajuste total (u) en magnitudes de ajuste para las instalaciones de energía eólica individuales ($u_{WT,1}$, $u_{WT,2}$, $u_{WT,n}$).
- 10
10. Parque eólico según la reivindicación 9, caracterizado porque la unidad de división de regulador (40) divide la magnitud de ajuste total (u), en función de la potencia activa ($p_{avail,1}$, $p_{avail,2}$, ...) disponible respectivamente, para las instalaciones de energía eólica individuales ($u_{WT,1}$, $u_{WT,2}$, ...).
- 15
11. Parque eólico según una de las reivindicaciones 7 a 10, caracterizado porque la unidad de división (20) divide el valor teórico presente de la potencia activa que ha de ser emitida por el parque eólico, en función de al menos una magnitud seleccionada de entre las siguientes magnitudes: una magnitud de funcionamiento, un parámetro y un indicador de estado de la instalación de energía eólica.

Fig. 1

