

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 791 625**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)
F03D 7/04 (2006.01)
H02J 3/48 (2006.01)
H02J 3/50 (2006.01)
F03D 7/02 (2006.01)
H02P 9/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.04.2014 PCT/EP2014/058731**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.11.2014 WO14180717**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.04.2014 E 14721331 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.03.2020 EP 2994970**

54 Título: **Procedimiento para alimentar con potencia eléctrica una red de suministro eléctrico**

30 Prioridad:
07.05.2013 DE 102013208410

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.11.2020

73 Titular/es:
**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:
**BEEKMANN, ALFRED y
BUSKER, KAI**

74 Agente/Representante:
ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 791 625 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 alimentar con potencia eléctrica una red de suministro eléctrico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para alimentar con potencia eléctrica al menos una instalación de energía eólica o un parque eólico en una red de suministro eléctrico. Además, la presente invención se refiere a una instalación de energía eólica para alimentar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico y se refiere a un parque eólico, que comprende varias instalaciones de energía eólica, para alimentar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico.
- 10 Una instalación de energía eólica se muestra esquemáticamente en la figura 1 y un parque eólico se muestra esquemáticamente en la figura 2.
- 15 Las instalaciones de energía eólica son generalmente conocidas y se usan hoy principalmente para alimentar una red de suministro eléctrico. La instalación de energía eólica ajusta la corriente a alimentar según la frecuencia y fase y en función del voltaje correspondiente a la red de suministro eléctrico. Este es un requisito básico que debe cumplirse en cualquier caso y también lo cumplen las instalaciones de energía eólica conocidas. Lo mismo se aplica a un parque eólico que presenta varias instalaciones de energía eólica que se unen a una red eléctrica a través de un punto de conexión de red común (PCC). En este caso, el parque eólico alimenta la red de suministro eléctrico.
- 20 Hace algún tiempo se reconoció que no solo sería deseable alimentar tanta energía eléctrica como sea posible a la red de suministro con la instalación de energía eólica o el parque eólico, que también se conoce simplemente como la red a continuación, sino también usar la instalación de energía eólica o el parque eólico para el apoyo de la red. Las soluciones propuestas correspondientes se describen en las solicitudes de patente US 6.784.564, US 6.891.281, US 25 6.965.174 2 p, US 7.462.946 y US. Estas aplicaciones ya sugieren cambiar la potencia o corriente a alimentar en función de un voltaje o una frecuencia en la red de suministro, según el nivel y/o tipo, para apoyar así la red de suministro.
- 30 En la actualidad, en muchos países existe una situación en la que las instalaciones de energía eólica en una red de suministro representan una parte cada vez mayor de la producción total. Esto significa que la necesidad de apoyar la red con instalaciones de energía eólica está aumentando. El predominio de las instalaciones de energía eólica en la red y, por lo tanto, su posibilidad de influencia también está aumentando. El apoyo de red de las instalaciones de energía eólica o parques eólicos en la red también puede ser correspondientemente efectivo.
- 35 La presente invención, por lo tanto, tiene el objeto de abordar al menos uno de los problemas anteriormente mencionados. En particular, se debe proponer una solución que haga justicia a la creciente importancia de las instalaciones de energía eólica para apoyar la red o, al menos, hacer una contribución a esta. En particular, el apoyo a la red de las instalaciones de energía eólica o parques eólicos se mejorará cualitativa y/o cuantitativamente. Al menos, se recomienda una solución alternativa.
- 40 Según la invención, se propone un procedimiento según la reivindicación 1. En consecuencia, la energía eléctrica de al menos una instalación de energía eólica o parque eólico se alimenta a una red de suministro eléctrico. La red de suministro comprende una tensión de red y una frecuencia de red. El procedimiento está preparado para alimentar la potencia eléctrica activa P y también la potencia reactiva Q. El procedimiento y, en consecuencia, la instalación de 45 energía eólica o el parque eólico que implementa el procedimiento están preparados para alimentar tanto energía eléctrica activa y como energía eléctrica reactiva.
- 50 La potencia activa alimentada P puede ajustarse mediante un control de potencia activa en función de al menos un estado de red. Por lo tanto, la potencia activa no está predefinida ni solo se alimenta en función del viento predominante, sino que se establece en función de al menos un estado de red, como la frecuencia de red.
- Además, o como alternativa, la potencia reactiva alimentada Q no está predeterminada, sino que se establece en función de al menos un estado de red, como la tensión de red.
- 55 El control de potencia activa o el control de potencia reactiva se lleva a cabo preferiblemente como un estado de red en función de la sensibilidad de red. En particular, se propone reducir la potencia activa cuando aumenta la sensibilidad de red, lo que estabiliza la red.
- 60 Se prefiere además considerar varias, en particular dos, dependencias al mismo tiempo, es decir, considerar dos funciones de configuración. Por ejemplo, una función de configuración indica una potencia activa en función de la frecuencia de red, mientras que la otra función de configuración indica la potencia activa en función de la sensibilidad de red. El valor más bajo se tiene en cuenta en ambas funciones de configuración.

Aquí, el control de potencia activa o el control de potencia reactiva especifican un punto de ajuste a alimentar, que se establece en cada caso mediante una función de configuración en función de al menos un estado de red. La instalación de energía eólica o el parque eólico, en particular un inversor utilizado para esto, implementa esta especificación y genera una corriente correspondiente, en particular una corriente trifásica correspondiente, que alimenta la potencia activa deseada o la potencia reactiva deseada en el suministro red.

Se propone para la función de configuración que esto se especifique con la ayuda de puntos de referencia. Dichos puntos de referencia se definen por pares de valores de un valor para la potencia activa o un valor para la potencia reactiva y de un valor para el estado de red, como, por ejemplo, la frecuencia de red o la tensión de red.

Por lo tanto, se especifican al menos dos de estos pares de valores, que pueden definir la función de configuración, con información adicional posiblemente incluida, como las formas de la función. Si se utilizan dos puntos de referencia, es decir, dos pares de valores, para la función de configuración o una subsección de la función de configuración, pueden definir, en particular, un punto inicial y final de la función de configuración o la subfunción.

Por ejemplo, en el caso más simple, una sección de una curva de ajuste para la potencia activa se puede definir mediante dos puntos de referencia con una línea recta que conecta estos puntos de referencia para el control de la potencia activa en función de la frecuencia de red. El primer punto de referencia puede definirse por el par de valores (f_1, P_1) y el segundo punto de referencia puede definirse por el par de valores (f_2, P_2) , donde f_1 y f_2 indican cada uno un valor de frecuencia de frecuencia de red y P_1 y P_2 el valor de potencia asociado. Este es solo un ejemplo simple de la potencia activa en función de la frecuencia. Preferiblemente, se pueden especificar puntos de referencia adicionales y, por lo tanto, se puede especificar una función mejorada de la potencia activa a alimentar como una función de la frecuencia de red.

Según una realización, se propone que la función de configuración se cambie en función de un criterio de cambio. El criterio de cambio es un criterio que determina si se realizan cambios. Dado el caso, el criterio de cambio también puede determinar cómo cambiar. El criterio de cambio se explica a continuación y, en un caso, puede consistir en una especificación externa. El cambio se realiza al menos en parte cambiando al menos un par de valores. De esta manera, se puede lograr una adaptación del control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva a los requisitos modificados de una manera simple, al cambiar solo un par de valores en el caso más simple. El procedimiento ahora puede determinar un nuevo perfil de función para la función de configuración basado en un nuevo conjunto de pares de valores, es decir, un nuevo conjunto de puntos de referencia y posiblemente más información sobre el curso de la función entre los puntos de referencia. Como la función de configuración se calcula según los puntos de referencia según el procedimiento propuesto, este recálculo también se puede implementar en cualquier caso en una calculadora de procesos sin ningún esfuerzo considerable.

La función de configuración se compone preferiblemente en secciones de varias subfunciones. Por lo tanto, la función de configuración puede implementar distintos perfiles funcionales para distintas secciones. En cada caso, dos de las subfunciones, y según una realización, solo se usan dos subfunciones, se ensamblan en un punto de referencia y tienen el mismo valor en este punto de referencia. Como resultado, se puede implementar una función de configuración compuesta de una manera simple y, como resultado, se pueden tener en cuenta distintas zonas, en particular distintas zonas del estado de red subyacente. En el caso más simple, es posible definir una función de configuración con dos subfunciones utilizando tres pares de valores, es decir, tres puntos de referencia. Sin embargo, las subfunciones o al menos una de las subfunciones están predeterminadas preferiblemente por más de dos puntos de referencia, en particular por más de tres puntos de referencia. De esta manera, se puede modelar la función de configuración respectiva y, por ejemplo, también se puede cambiar una transición entre dos subfunciones. Debido a que las subfunciones presentan el mismo valor en su punto de referencia común, se evita un salto entre estas dos subfunciones.

Preferiblemente, se propone que la función de establecimiento o al menos una subfunción, por su naturaleza, describa

- una función polinómica de primer orden,
- una función polinómica de segundo orden,
- una función polinómica de tercer o mayor orden,
- una función exponencial
- una función de histéresis
- una función trigonométrica u
- otra función no lineal.

Una función polinómica de primer orden describe una línea recta. De esta manera, una función entre dos puntos de referencia se puede definir de manera simple. Una función polinómica de segundo orden habilita una función que es

más compleja que la de primer orden y que, en comparación con una línea recta, básicamente puede conectar dos puntos de referencia con un tipo de función abombada. Esta función abombada en comparación con una línea recta a veces puede responder mejor a un requisito del sistema. Esta función polinómica de segundo orden se puede definir de manera simple especificando un tercer punto de referencia. La función polinómica de segundo orden puede 5 definirse claramente por tres puntos de referencia. Sin embargo, es fácil ver que una función de configuración ventajosa que va más allá de un comportamiento puramente lineal se puede especificar de una manera muy simple.

Con una función polinómica de tercer orden o de orden superior, es posible implementar funciones de configuración aún más individualizadas. En función de la parametrización, un punto de inflexión ya puede ocurrir con una función 10 polinómica de tercer orden. Tal punto de inflexión puede ser indeseable, pero él o la función compleja correspondiente en la que se basa posiblemente puede evitar una combinación en sección de varias subfunciones para formar la función de configuración. Al menos se puede lograr dividir la función de configuración en menos secciones.

Una función exponencial se caracteriza en particular por un aumento lento, cada vez mayor, que también puede ser 15 negativo si se usa el signo correspondiente. Para una especificación de potencia activa dependiente de la frecuencia, por ejemplo, se puede realizar una caída débil de potencia con frecuencia creciente, que a continuación aumente mucho más, es decir, la potencia activa cae más rápido con frecuencia creciente y puede alcanzar el valor de potencia 0 hasta una frecuencia máxima con una caída muy pronunciada, En el caso de que la potencia deba alcanzar el valor de potencia 0 para un valor de frecuencia dado debido a las circunstancias, en particular la topología actual, dicha 20 función exponencial negativa permite que la potencia se mantenga alta el mayor tiempo posible, de modo que se desperdicie lo mínimo posible de la energía disponible.

Al usar una función de histéresis, por ejemplo, se pueden lograr distintos cursos de la función de configuración en función de si el estado de red subyacente aumenta o disminuye.

25 Se puede usar una función trigonométrica, en particular una función de seno, coseno y tangente o combinaciones de las mismas o modificaciones de las mismas, para lograr perfiles especiales para la función de configuración, que luego se pueden implementar de manera comparativa especificando los puntos de referencia. Por ejemplo, se puede lograr mediante una función tangencial hiperbólica, una función similar a una función de saturación, que es continuamente 30 diferenciable. De esta manera, por ejemplo, se puede definir un control de potencia reactiva dependiente de la tensión, es decir, una función de configuración que especifica una potencia reactiva a alimentar como una función de la tensión de red. El punto cero de esta función tangencial hiperbólica deberá establecerse en el valor de la tensión nominal de la tensión de red.

35 Las funciones hiperbólicas o las funciones logarítmicas o las funciones raíz también se pueden considerar como otras funciones no lineales, por nombrar solo algunos ejemplos.

Según una realización, se propone que la función de configuración o al menos una de sus subfunciones esté determinada por al menos dos puntos de referencia y su tipo, es decir, el tipo de función de configuración. La forma 40 de la función o subfunción se puede utilizar, en particular, gráficamente hablando, para determinar su forma. A través de los puntos de referencia, que están dispuestos en particular al principio y al final de la función o subfunción, la función que ahora se define en su forma puede definirse específicamente.

La función de configuración o al menos una función parcial se determina preferiblemente usando una función 45 polinómica de primer orden y especificando dos puntos de referencia. Esta función o subfunción está claramente determinada por esto. Alternativamente, la función de configuración o al menos una función parcial se determina utilizando una función polinómica de segundo orden y especificando tres puntos de referencia. Como resultado, se puede especificar una función de configuración más compleja, que está claramente definida por estos tres puntos de referencia.

50 Además, el control de potencia activa y, además o alternativamente, el control de potencia reactiva se cambia en función de la sensibilidad de red.

Aquí, se entiende que una sensibilidad de red significa la reacción de la red, en particular con respecto al punto de 55 conexión de red común, a un cambio en una variable que actúa en la red. La sensibilidad de red se puede definir como la diferencia de una reacción de red en relación con una diferencia de una variable que influye en la red. En particular, en el presente caso se puede considerar una definición con respecto a la potencia activa alimentada y el nivel de la tensión de red. Por ejemplo, la siguiente fórmula se puede definir simplemente para la sensibilidad de red NS:

$$NS = \frac{\Delta U}{\Delta P}$$

60

Aquí, ΔP denota el cambio en la potencia activa alimentada, a saber, la potencia del parque alimentada y ΔU el cambio resultante en la tensión de red U . Estas diferencias se forman en un período de tiempo muy corto, en particular en el intervalo de un segundo o menos y ventajosamente, en lugar de esta fórmula ilustrativa, se puede formar una derivación parcial de la tensión de red U según la potencia del parque P alimentada correspondientemente a través de la diferencia de tensión con respecto a la diferencia de potencia. El cambio de la frecuencia de red f también puede considerarse como reacción de red. Una forma adicional de considerar la sensibilidad de red sería a través de la fórmula:

$$NS = \frac{\Delta f}{\Delta P}$$

10 Por lo tanto, la sensibilidad de red se usa preferiblemente como una medida del control de potencia activa a seleccionar y/o el control de potencia reactiva a seleccionar. Si la sensibilidad de red cambia al menos considerablemente, el control de potencia activa correspondiente y/o el control de potencia reactiva correspondiente se pueden cambiar en tipo y/o parametrización. Un cambio en el tipo corresponde a un cambio en el tipo de control, que aquí se usa como sinónimo. Alternativamente, la sensibilidad de red puede influir directamente en el control, en particular el control de potencia activa, es decir, como el estado de red subyacente.

Además, el control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva se cambian en función de una relación de corriente de cortocircuito en el punto de alimentación.

20 La relación de corriente de cortocircuito, que también se conoce como SCR (del inglés, *Short Circuit Ratio*), describe la relación de la potencia de cortocircuito a la potencia de conexión. En este caso, se entiende por potencia de cortocircuito la potencia que la red de suministro en cuestión puede proporcionar en el punto de conexión de red considerado, al que está conectada la instalación de energía eólica o el parque eólico, si ocurre un cortocircuito en este punto de conexión de red. La potencia de conexión es la potencia de conexión de la instalación de energía eólica conectada o del parque eólico conectado y, por lo tanto, en particular, la potencia nominal del generador a conectar o la suma de todas las potencias nominales de los generadores de parques eólicos. La relación de corriente de cortocircuito es, por lo tanto, un criterio para la intensidad de la red de suministro eléctrico en relación con este punto de conexión de red en consideración. Una red de suministro eléctrico intensa relacionada con este punto de conexión de red generalmente presenta una relación de corriente de cortocircuito alta de, por ejemplo, SCR = 10 o mayor.

30 Se reconoció que la relación de corriente de cortocircuito también puede proporcionar información sobre el comportamiento de la red de suministro relevante en el punto de conexión de red. La relación de corriente de cortocircuito también puede variar.

35 Es ventajoso tener en cuenta la relación de corriente de cortocircuito al instalar un nuevo parque eólico o una instalación de energía eólica y adaptar el control de potencia activa y el control de potencia reactiva. Preferiblemente, se propone además registrar la relación de corriente de cortocircuito a intervalos regulares incluso después de la instalación y puesta en servicio de una instalación de energía eólica o un parque eólico. La potencia de cortocircuito se puede registrar, por ejemplo, utilizando información sobre la topología de la red mediante una simulación. La potencia de conexión se puede realizar simplemente conociendo la instalación de energía eólica instalada en un parque y/o puede realizarse midiendo la potencia alimentada por viento nominal.

Una potencia de conexión para el cálculo propuesto y la consideración de la relación de corriente de cortocircuito se define y calcula preferiblemente como la suma de la potencia nominal de todas las instalaciones de energía eólica disponibles actualmente. En este sentido, la potencia de conexión cambiaría, o al menos temporalmente, incluso si falla una instalación de energía eólica. Esto también cambiaría la relación de corriente de cortocircuito y esto podría desencadenar un cambio en el control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva.

Según otra forma de realización, se propone que la potencia de conexión se calcule como la suma de la potencia disponible actualmente en el parque eólico, teniendo en cuenta las condiciones de viento predominantes, o que en lugar de la potencia de conexión del parque eólico, la suma de las potencias actualmente disponibles del parque eólico se use para calcular la relación de corriente de cortocircuito y/o se use como criterio de cambio para cambiar el control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva. La relación de corriente de cortocircuito se vuelve a calcular sobre la base de la potencia del parque determinada de esta manera para determinar esta condición de cambio, o un criterio de cambio también puede derivarse directamente de la potencia disponible en el parque. Por ejemplo, la condición de conmutación puede ser tal que un parámetro, como un factor de ganancia o la pendiente de una función, dependa de la relación de corriente de cortocircuito u otro criterio. Por ejemplo, podría haber una dependencia

proporcional. Como otro ejemplo, pero que no es concluyente, se puede definir un valor límite y cambiar de un control de potencia activa a un tipo distinto de control de potencia activa si la relación de corriente de cortocircuito u otro criterio excede o cae por debajo de este valor límite. Lo mismo se aplica a un cambio en el control de potencia reactiva.

- 5 El control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva se cambian preferiblemente por una especificación externa, como, por ejemplo, a través de una señal externa que se introduce en una calculadora de procesos que lleva a cabo el control de potencia activa y/o el control de potencia reactiva. Dicha especificación la realiza preferiblemente un operador de red que transmite dicha señal externa para este propósito.
- 10 De esta manera, también, uno o más parámetros se pueden cambiar o se realiza un cambio a un tipo distinto o un modo distinto de control de potencia activa o control de potencia reactiva. Según una realización, la nueva configuración deseada del respectivo control de potencia activa o control de potencia reactiva también se puede transmitir. Por lo tanto, los parámetros a cambiar se pueden transferir o incluso se puede transferir un nuevo algoritmo.
- 15 En este caso, los pares de valores se transmiten preferiblemente para determinar el punto de referencia. Al menos se propone transferir un par de valores.

Según una realización, se propone que se cambie un control de potencia reactiva o una función de configuración para el control de potencia reactiva en función de la potencia activa alimentada y/o alimentable de la instalación de energía eólica o del parque eólico, en particular de tal manera que en el caso de una potencia activa de alimentación o alimentable inferior, se realiza un cambio a un control de potencia reactiva o se cambia de tal manera que la cantidad de una potencia reactiva más alta se alimenta y/o que el control de potencia reactiva presenta la cantidad de un valor final de potencia reactiva más alto para la alimentación.

- 25 Además, se propone una instalación de energía eólica que esté preparada para implementar un procedimiento según una de las realizaciones descritas. En particular, dicha instalación de energía eólica comprende una calculadora de procesos correspondiente y un inversor de frecuencia correspondiente, que es adecuado para llevar a cabo dicha alimentación de energía reactiva y/o alimentación de energía activa. En particular, el inversor o la instalación de energía eólica utilizada deberán ser compatibles con FACTS.
- 30 Además, se propone un parque eólico preparado para implementar un procedimiento según una de las realizaciones descritas. En particular, está preparado para alimentar potencia eléctrica activa y potencia eléctrica reactiva en una red de suministro y usar un control de potencia activa variable y/o un control de potencia reactiva variable. Este parque eólico preferiblemente alimenta la red de suministro a través de un punto de conexión de red común. También es
- 35 ventajoso para el parque eólico que sea compatible con FACTS.

A continuación, la invención se explica más en detalle a modo de ejemplo mediante realizaciones en relación con las figuras adjunta.

- 40 La figura 1 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica.
La figura 2 muestra esquemáticamente un parque eólico.
La figura 3 muestra esquemáticamente una instalación de energía eólica que utiliza un procedimiento inventivo según una realización para la alimentación.
La figura 4 ilustra para un control de potencia activa dependiente de la frecuencia la predeterminación de una
- 45 función de configuración con la ayuda de puntos de referencia.
La figura 5 ilustra la predeterminación de la función de configuración con la ayuda de puntos de referencia y una posibilidad de variación, para el ejemplo de un control de potencia reactiva dependiente de la tensión de red.

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y un buje 110. El rotor 106 se pone en movimiento de giro durante el funcionamiento debido al viento y, de este modo, acciona un generador en la góndola 104.

La figura 2 muestra un parque eólico 112 con tres instalaciones de energía eólica 100, a modo de ejemplo, que pueden ser iguales o diferentes. Las tres instalaciones de energía eólica 100 son, por tanto, representativas de prácticamente cualquier número de instalaciones de energía eólica de un parque eólico 112. Las instalaciones de energía eólica 100 proporcionan su energía, en particular, la electricidad generada a través de una red de parque eléctrico 114. A este respecto se suman las corrientes o potencias generadas de las instalaciones de energía eólica 100 individuales y normalmente está previsto un transformador 116, que eleva la tensión en el parque a fin de alimentarla a la red de suministro 120 en el punto de alimentación 118, también designado en general como PCC. La figura 2 es solo una

60 representación simplificada de un parque eólico 112, que, por ejemplo, no muestra ningún control, aunque naturalmente está presente un control. Por ejemplo, la red del parque 114 también puede estar conformada de manera distinta, donde, por ejemplo, está presente un transformador a la salida de cada instalación de energía eólica 100, por

nombrar solo otro ejemplo de realización.

La figura 3 ilustra una instalación de energía eólica 100 que, por ejemplo, alimenta una corriente trifásica del generador a un rectificador 2, que a su vez está conectado a un inversor 4, que genera una corriente alterna trifásica, para alimentarla a través de un transformador 6 en un punto de alimentación 8 (PCC) en una red de suministro eléctrico 10. El inversor 4 se controla a través de una unidad de control 12, que puede diseñarse, por ejemplo, como una o más calculadoras de procesos. La unidad de control 12 utiliza o también mide valores sobre corriente y voltaje según la amplitud, frecuencia y fase de su salida de corriente trifásica. Para este propósito, se ilustra una retroalimentación de medición 14.

La estructura de la figura 3 también ilustra que la unidad de control 12 tiene en cuenta un valor nominal de potencia y, en consecuencia, controlará el inversor 4 de tal manera que produzca la potencia P deseada. Idealmente, la potencia P producida por el inversor 4 es idéntica a la potencia objetivo P_{soll} , de modo que $P = P_{soll}$. Además, por las presentes consideraciones, se puede suponer idealmente que la potencia generada P es también la que se alimenta a la red 10. Las pérdidas en los procesos de alimentación y dinámica entre la potencia objetivo y la potencia generada, por lo tanto, se descuidan en el presente análisis.

La estructura de la figura 3 ahora ilustra que este valor nominal de potencia activa P_{soll} y, por lo tanto, idealmente también la potencia activa P a alimentar, se determina o especifica como una función de la frecuencia f . Dos funciones de configuración F_{s1} y F_{s2} están disponibles para este propósito, que se muestran en la presente invención en representación de otras funciones de configuración. Ahora hay un interruptor S y un interruptor S' trabajando con él, lo que ilustra que, según la configuración del interruptor, es decir, según la elección, la potencia activa P_{soll} se puede especificar a través de la primera o segunda función de configuración F_{s1} y F_{s2} . La posibilidad de elección por medio del interruptor S o S' es solo una ilustración a este respecto y dicha posibilidad de elegir también puede implementarse en la unidad de control 12, por ejemplo, de modo que la unidad de control 12 reciba así la frecuencia de red f directamente. Además, dicha conmutación se implementa preferiblemente en la calculadora de procesos porque, por ejemplo, en función de la función de configuración seleccionada, accede a una memoria de datos correspondiente en la que se almacena la función de configuración deseada.

La figura 3 ilustra que se puede cambiar una función de configuración para la potencia activa a alimentar y, por lo tanto, un control de potencia activa. Aquí se muestra un control de potencia activa en función de la frecuencia de red f a modo de ejemplo. Sin embargo, la ilustración también deberá ser representativa de un sistema de control que depende de otro estado de red, como la tensión de red o un cambio en la frecuencia de red. También se puede implementar un control de potencia reactiva dependiente del estado de red de la manera ilustrada y descrita. Aquí, también, se pueden usar distintos estados de red como una variable de entrada para el control de potencia reactiva.

Para el ejemplo de un control de potencia activa dependiente de la frecuencia, la figura 4 muestra cómo se especifica la función de configuración básica según una realización. Para una mejor ilustración, esto se muestra utilizando el ejemplo de la función de configuración F_{s2} , que también está contenida como un pictograma en la representación esquemática de la figura. La función de configuración F_{s1} también se muestra en líneas discontinuas en la figura 4 en la medida en que difiere de la función de configuración F_{s2} y corresponde básicamente a la función de configuración F_{s1} como se usa en la figura 3 y se indica en el pictograma.

Según la figura 4, la función de configuración F_{s2} se muestra a través de la frecuencia de red f desde la frecuencia nominal f_N a la frecuencia f_3 . Esta función de configuración comprende una función parcial que se determina desde la frecuencia f_1 hasta la frecuencia f_3 . Esta subfunción es una función polinómica de segundo orden y se puede describir en general como

$$P = a+b \cdot f+c \cdot f^2.$$

Los puntos de referencia ST_1 , ST_2 y ST_3 se utilizan para especificar esta subfunción. Los puntos respectivos de estos puntos de referencia están resaltados por un círculo. Estos puntos de referencia están definidos por los siguientes pares de valores:

$$ST_1 = (f_1, P_1), ST_2 = (f_2, P_2) \text{ und } ST_3 = (f_3, P_3).$$

Se puede ver que esto permite definir fácilmente una función de configuración continua F_{s2} , que también presenta ventajas sobre la primera función de configuración F_{s1} , que se muestra en líneas discontinuas. En particular, la segunda función de configuración F_{s2} que se muestra es adecuada para el apoyo de red porque puede reducir la potencia activa en función de la frecuencia, mientras que se puede alimentar más potencia al mismo tiempo que la primera función de configuración de referencia F_{s1} . Este es claramente el caso con el segundo punto de referencia

ST₂, en el que la segunda función de configuración F_{s2} alimenta considerablemente más potencia que la primera función de configuración F_{s1}. El ajuste de esta función de configuración F_{s2}, que es más barato a este respecto, es muy simple, ya que solo se especifican los tres puntos de referencia ST₁, ST₂ y ST₃ mostrados. Los puntos de referencia primero y tercero ST₁ o ST₃ permiten especificar la función de configuración F_{s2} a través de los puntos de inicio y finalización específicos de esta subsección de la segunda función de configuración. Las funciones de configuración primera y segunda F_{s1} y F_{s2} comprenden los mismos valores en estos puntos de referencia. El acuerdo de estos valores es fácil de implementar, ya que exactamente estos puntos se especifican como el primer y el tercer punto de referencia ST₁ o ST₃. El curso de esta segunda función de configuración F_{s2} puede mejorarse fácilmente mediante el punto de referencia medio ST₂. Por ejemplo, de este modo, se podría especificar directamente una alimentación de potencia superior deseada a la frecuencia f₂.

La figura 4 ilustra así una posibilidad de especificar un control de potencia activa dependiente de la frecuencia o una función de configuración correspondiente a través de puntos de referencia. En una aplicación práctica, el valor de potencia P₁ puede corresponder a la potencia nominal de la instalación de energía eólica subyacente o del parque eólico subyacente. La frecuencia f₁ puede ser una frecuencia umbral por encima de la cual se deberá reducir la potencia si la frecuencia de red f aumenta aún más. El valor P₃ puede corresponder al valor de potencia 0 y la frecuencia de red asociada f₃ puede representar una frecuencia superior por encima de la cual no se alimentará más potencia. El valor de potencia P₂ representa un servicio auxiliar que se puede seleccionar como se describió anteriormente, es decir, para aumentar la potencia. En consecuencia, la frecuencia de red f₂ de este segundo punto de referencia ST₂ es un valor correspondido entre la frecuencia umbral f₁ y la frecuencia más alta f₃ y se elige ventajosamente con una distancia equidistante entre estos dos valores. Además, se muestra una frecuencia f_N en el diagrama, que puede representar la frecuencia nominal de la frecuencia de red. La función de configuración F_{s2} se ejecuta horizontalmente entre el primer punto de referencia y el valor de potencia P₁ en la frecuencia nominal f_N, de modo que no se produzca una reducción de potencia en esta zona.

La figura 5 selecciona otro ejemplo de especificación de una función de configuración F_s. Esta función de configuración F_s especifica una potencia reactiva Q en función de la tensión de red U. En la figura 5, solo se considera la función parcial desde la tensión de red U₁ hasta la tensión de red U₃. Para tensiones de red inferiores a U₁ hasta la tensión de red nominal U_N, la función de configuración puede ejecutarse horizontalmente y asumir el valor 0, de modo que no se alimente ni se alimente energía reactiva en el área. Por encima de la tensión de red U₃, la potencia reactiva también funciona a un valor constante, es decir, el valor Q₃. Alternativamente, sin embargo, también se pueden tomar medidas para desconectar la instalación de energía eólica para las tensiones en la zona.

La función de configuración F_s mostrada ahora está predeterminada por los puntos de referencia ST₁, ST₂ y ST₃, que aquí tienen la misma designación que en la figura 3, pero por supuesto tienen valores completamente distintos, es decir, están determinados por los siguientes pares de valores:

$$ST_1 = (U_1, Q_1); ST_2 = (U_2, Q_2) \text{ y } ST_3 = (U_3, Q_3).$$

Por lo tanto, una función de configuración para la potencia reactiva como una función de la tensión de red U se especifica de manera simple. Presenta el valor Q₁, en particular 0, siempre que la tensión de red no haya superado aún el valor de tensión U₁. A medida que aumenta la tensión de red U, la potencia reactiva Q aumenta hasta el valor Q₃, que se produce en la tensión de red U₃. Sin embargo, para poder alcanzar una pendiente pronunciada con un signo negativo para la potencia reactiva justo al principio, el segundo punto de referencia ST₂ se especifica para el valor de tensión de red U₂ con un valor de potencia reactiva Q₂ correspondientemente alto. Esto significa que la alta potencia reactiva puede alimentarse inicialmente muy rápidamente, con un signo negativo, para poder contrarrestar rápidamente un aumento adicional de la tensión de red, especialmente si hay una potencia de conexión inductiva larga y/o dominante a la red o una potencia de conexión en la red. Por lo demás se puede usar una función de configuración similar o idéntica básicamente reflejada sobre el punto (U_N, Q₁) para una caída de tensión. A continuación, se propone alimentar con potencia reactiva positiva de la misma manera, es decir, cuando la tensión de red cae por debajo del valor de tensión nominal U_N para contrarrestar una nueva caída de tensión.

La figura 5 también ilustra la posibilidad de aumentar el valor de potencia reactiva Q₃, que inicialmente representa un valor máximo para la alimentación de potencia reactiva, en términos de cantidad. En particular, se propone proporcionar dicho aumento adicional si la instalación de energía eólica o el parque eólico en el que se basa esta alimentación de energía reactiva ilustrada se alimenta con poca potencia activa o ninguna potencia activa. Por ejemplo, puede proporcionarse como criterio para aumentar la cantidad del valor máximo de la potencia reactiva si la potencia activa alimentada cae por debajo del 50 por ciento de su potencia nominal, por nombrar solo un valor ejemplar. Del mismo modo, para dar otro ejemplo, se puede proponer un cambio en el valor de potencia reactiva Q₃ si no se alimenta ninguna potencia activa. Se ha demostrado que se puede alimentar una potencia reactiva más alta si se alimenta menos potencia activa.

Para realizar dicho cambio en la función de configuración F_s , es decir, para obtener la función de configuración F_s' mostrada en líneas discontinuas, solo deberá cambiarse el tercer punto de referencia ST_3 al punto de referencia cambiado ST_3' . El segundo punto de referencia ST_2 también se puede cambiar, pero no se ha cambiado en la ilustración mostrada en la figura 5. De esta manera, se puede lograr que la función de aumento ya muy intensa, en 5 términos de cantidad, de la potencia reactiva a alimentar no necesite incrementarse más, sino solo el tercer punto de referencia ST_3 a ST_3' .

A este respecto, la figura 5 muestra la especificación de tres puntos de referencia ST_1 , ST_2 y ST_3 o ST_3' y, por lo tanto, puede definir una función polinómica de segundo orden. Otra subsección de la función de configuración F_s se establece 10 en el primer punto de referencia ST_1 y, asimismo, en el tercer punto de referencia ST_3 o ST_3' . Alternativamente, sin embargo, también se puede usar otra función en la presente invención, como una función tangencial hiperbólica o una función raíz.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para alimentar energía eléctrica al menos a una instalación de energía eólica (100) o un parque eólico (112) en una red de suministro eléctrico (120) con una tensión de red (U) y una frecuencia de red (f),
5 donde el procedimiento
- está preparado para alimentar la potencia activa eléctrica (P) y la potencia reactiva eléctrica (Q) y
 - la potencia activa alimentada (P) se puede configurar mediante un control de potencia activa (R₁, R₂) según el estado de red (U, f) y/o
- 10 - la potencia reactiva alimentada (Q) se puede configurar mediante un control de potencia reactiva en función de al menos un estado de red (U, f) y
- el control de potencia activa (R₁, R₂) o el control de potencia reactiva predeterminan un valor nominal a alimentar, que se establece en cada caso mediante una función de configuración (F_s) que depende de al menos un estado de red (U, f), donde
- 15 - la función de configuración (F_s) se especifica con la ayuda de puntos de referencia (ST₁, ST₂, ST₃), que se forman mediante pares de valores ([P_i, f_i]) definidos por respectivamente un valor para la potencia activa (P) o potencia reactiva (Q) y un valor para el estado de red (U, f),
- caracterizado porque
- 20 la función de configuración (F_s) se cambia en función de
- una sensibilidad de red (NS) y/o
 - una relación de corriente de cortocircuito (SCR).
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque la función de configuración (F_s) cambia según un criterio de cambio y el cambio se lleva a cabo al menos cambiando uno de los pares de valores ([P_i, f_i]).
- 30 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, caracterizado porque la función de configuración (F_s) está compuesta en secciones por varias subfunciones y dos de las subfunciones están compuestas en uno de los puntos de referencia (ST₁) y presentan el mismo valor en el punto de referencia (ST₁).
- 35 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la función de configuración (F_s) o al menos una de sus subfunciones según su tipo es
- una función polinómica de primer orden,
 - 40 - una función polinómica de segundo orden,
 - una función polinómica de tercer o mayor orden,
 - una función exponencial
 - una función de histéresis
 - una función trigonométrica u
 - 45 - otra función no lineal.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la función de configuración (F_s) o al menos una de sus subfunciones está determinada por al menos dos puntos de referencia (ST₁, ST₂, ST₃) y su tipo.
- 50
6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la función de configuración (F_s) o al menos una de sus subfunciones
- 55
- se determina utilizando una función polinómica de primer orden y especificando dos puntos de referencia (ST₁, ST₂) o
 - se determina utilizando una función polinómica de segundo orden y especificando tres puntos de referencia (ST₁, ST₂, ST₃).
- 60
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la función de configuración (F_s) se establece en función de

- la tensión de red,
- la frecuencia de red y/o
- la sensibilidad de red.

5

8. instalación de energía eólica (100) para alimentar con potencia eléctrica (P) una red de suministro (120), caracterizada porque la instalación de energía eólica (100) está diseñada para usar un procedimiento de alimentación según una de las reivindicaciones anteriores.

10 9. Un parque eólico (112) para suministrar con potencia eléctrica (P) una red de suministro (120), donde el parque eólico (112) está preparado para aplicar un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

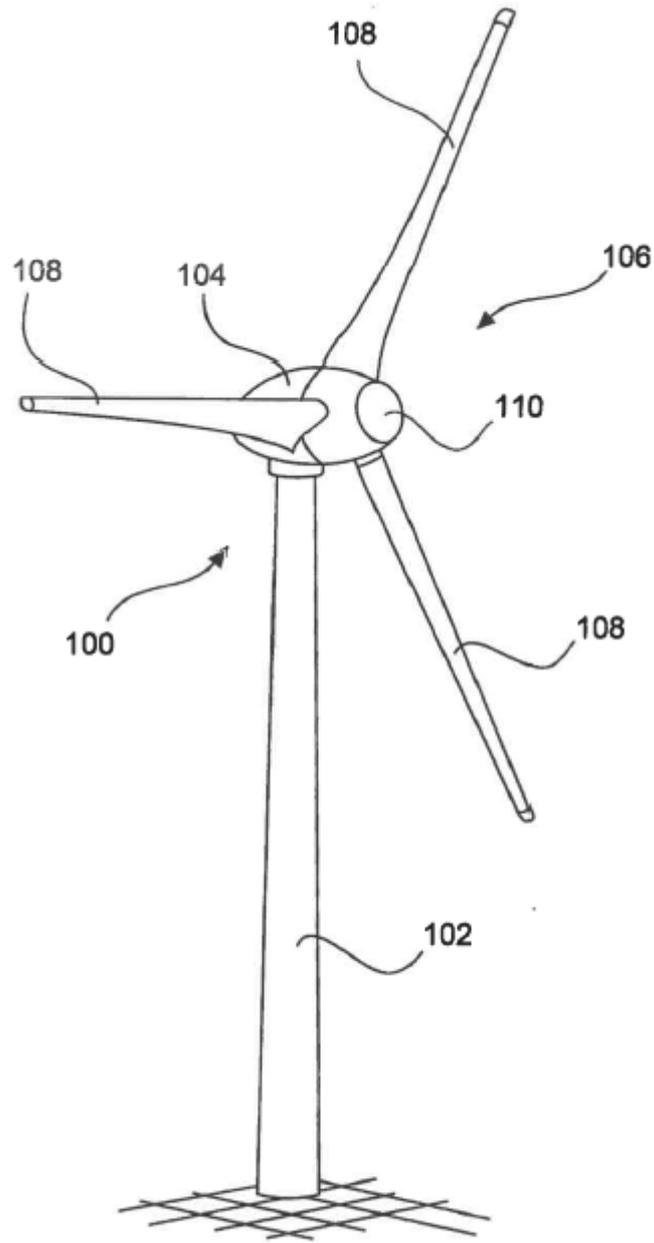


Fig. 1

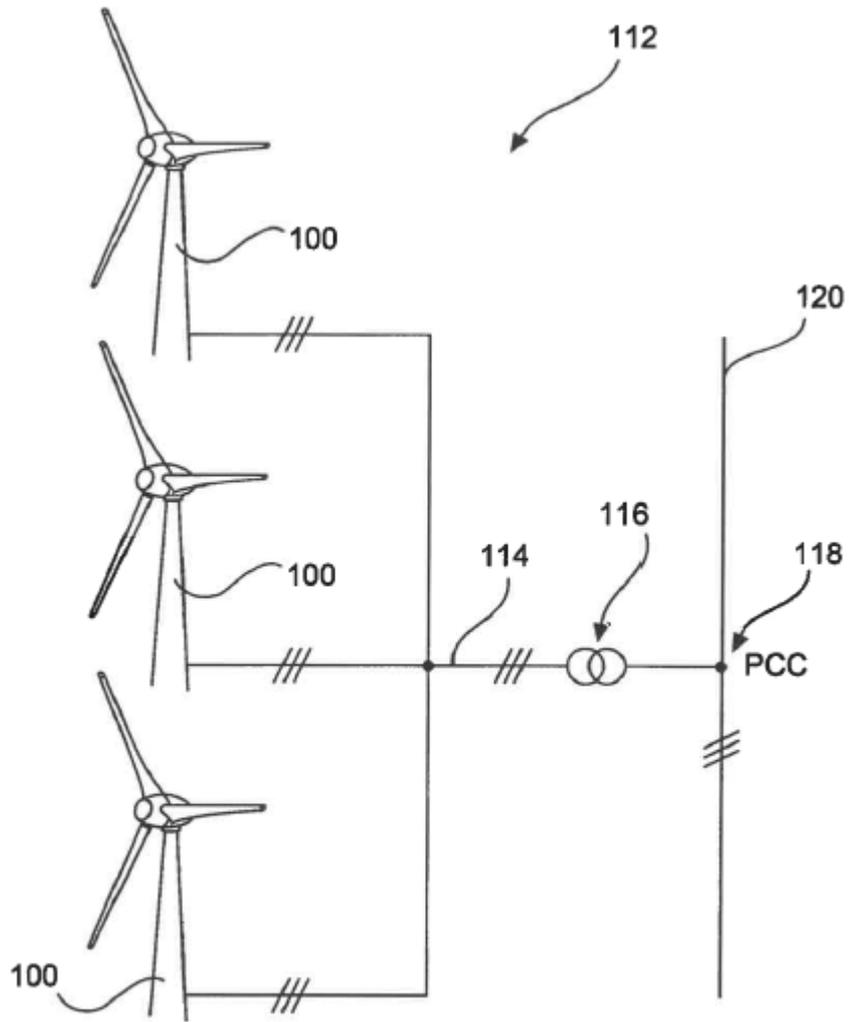


Fig. 2

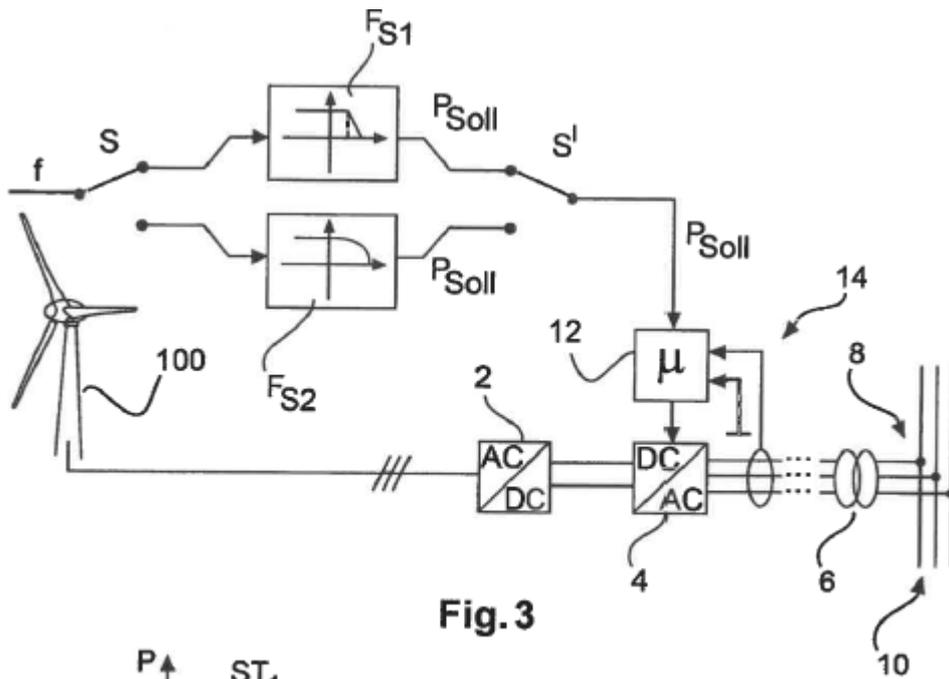


Fig. 3

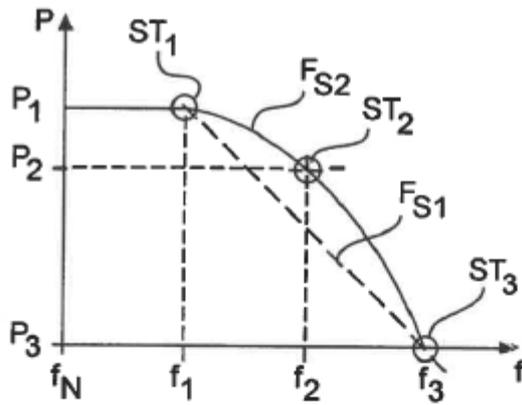


Fig. 4

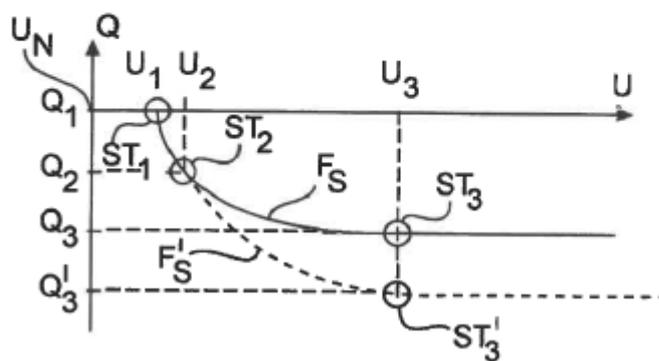


Fig. 5