

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 656 387**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2015** **E 15173137 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.12.2017** **EP 2963285**

54 Título: **Un método para el control de una turbina eólica incluyendo la inversión de un flujo de energía a través de un generador**

30 Prioridad:

02.07.2014 DK 201470413

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

27.02.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

PEDERSEN, TUNE

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 656 387 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

Un método para el control de una turbina eólica incluyendo la inversión de un flujo de energía a través de un generador

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un método para el control de una turbina eólica. De acuerdo con la invención se invierte un flujo de energía a través del generador de la turbina eólica cuando se cumplen ciertos criterios. De ese modo la turbina eólica consume energía de una red eléctrica en lugar de producir energía para la red eléctrica.

10

Antecedentes de la invención

Las redes eléctricas tienen un cierto número de productores de potencia y un cierto número de consumidores de potencia conectados a la misma. Los productores de potencia producen potencia y proporcionan la potencia producida a la red eléctrica. Pueden conectarse varias clases de productores de potencia a la red eléctrica, tales como plantas eléctricas de combustible fósil, plantas eléctricas nucleares, turbinas eólicas, por ejemplo en la forma de turbinas eólicas individuales o granjas eólicas, células solares fotovoltaicas, plantas hidroeléctricas, etc.

15

Los mayores productores de potencia convencional, tales como las plantas eléctricas de combustible fósil y las plantas nucleares, proporcionan una producción de potencia estable, que puede mantenerse constante en cualquier escala de tiempo deseada, pero puede ser difícil y frecuentemente caro ajustar la producción de potencia de estos productores de potencia, al menos en escalas de tiempo cortas. Adicionalmente, la demanda de energía definida por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica también cambia, por ejemplo durante el transcurso del día, en el transcurso del año, dependiendo de la temperatura exterior, etc.

20

25

Para mantener la red eléctrica estable, es deseable mantener esencialmente una igualdad entre la potencia suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia y la potencia consumida desde la red eléctrica por los consumidores de potencia. En situaciones de alta producción de potencia y baja demanda de potencia, existe el riesgo de que la red eléctrica se convierta en inestable.

30

El documento EP 2 733 810 A1 divulga un método de control de una red eléctrica que incluye una pluralidad de instalaciones de generación de potencia y una pluralidad de instalaciones de almacenamiento de energía conectadas a las instalaciones de generación de potencia. En el caso de una producción de potencia en exceso por las instalaciones de generación de potencia, la energía puede almacenarse en las instalaciones de almacenamiento de energía, y en caso de escasez de potencia, puede consumirse la energía desde las estaciones de almacenamiento de energía.

35

El documento EP 1 775 819 A2 y el documento publicado posteriormente WO 2015/067408 A1 son dos ejemplos de control de una turbina eólica en un modo motor para consumir energía desde la red y mejorar su estabilidad.

40

Descripción de la invención

Es un objeto de las realizaciones de la invención proporcionar un método para controlar la operación de una turbina eólica que permita la estabilización de una red eléctrica a la que está conectada la turbina eólica.

45

Es un objeto adicional de las realizaciones de la invención proporcionar un método para el control de la operación de una turbina eólica que permita que una turbina eólica reaccione rápidamente tras inestabilidades de una red eléctrica a la que está conectada la turbina eólica.

50

De acuerdo con un primer aspecto la invención proporciona un método para el control de la operación de una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un rotor que lleva una o más palas de turbina eólica, y un generador dispuesto para acoplarse a una red eléctrica, comprendiendo el método las etapas de:

- supervisar la red eléctrica para determinar si hay o no una igualdad entre una demanda de energía definida por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica y el suministro de energía desde los productores de potencia conectados a la red eléctrica,
- en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un primer valor de umbral, generar una señal de inversión para la turbina eólica, y
- invertir un flujo de energía a través del generador tras la recepción de la señal de inversión, provocando de ese modo que el generador consuma potencia recibida desde la red eléctrica.

55

60

65

El método de acuerdo con el primer aspecto de la invención es un método para el control de la operación de una turbina eólica. La turbina eólica comprende un rotor que lleva una o más palas de turbina eólica, y un generador dispuesto para acoplarse a una red eléctrica. La turbina eólica puede comprender adicionalmente un tren de accionamiento, por ejemplo que incluya un sistema de engranajes, que interconectan el rotor y el generador. Como alternativa, la turbina eólica puede ser una turbina eólica sin engranajes, o una turbina eólica denominada de accionamiento directo.

Durante la operación normal de la turbina eólica las palas de la turbina eólica capturan el viento, haciendo de ese modo que gire el rotor. El movimiento de giro del rotor se transfiere al generador, posiblemente a través de un tren de accionamiento. De ese modo el generador produce energía eléctrica, que se suministra a la red eléctrica.

La red eléctrica tiene una pluralidad de productores de potencia y una pluralidad de consumidores de potencia conectados a la misma. Los productores de potencia, tales como la turbina eólica, suministran energía a la red eléctrica, y los consumidores de potencia consumen energía desde la red eléctrica. Como se ha descrito anteriormente, es deseable que la energía suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia iguale esencialmente a la energía consumida por los consumidores de potencia, para estabilizar la red eléctrica.

En el método de acuerdo con el primer aspecto de la invención se supervisa la red eléctrica para determinar si hay o no una igualdad entre la demanda de energía definida por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica y el suministro de energía desde los productores de potencia conectados a la red eléctrica.

En el caso de que resulte que el suministro de energía desde los productores de potencia excede la demanda de energía entonces hay un excedente de energía disponible en la red eléctrica, y por lo tanto existe el riesgo de que la red eléctrica se convierta en inestable. Puede ser necesario por lo tanto tomar medidas para impedir esto. Con este fin los operadores de la red eléctrica pueden ajustar el precio de la energía en una dirección descendente para incentivar a los consumidores de potencia a consumir más energía, y para incentivar a los productores de potencia a producir menos energía, intentando de ese modo disminuir la deficiencia entre la energía producida y la energía consumida. Si esto no tiene el efecto deseado, el precio de la energía puede continuar disminuyendo, y puede hacerse incluso negativo. En este caso los productores de potencia deben pagar al propietario de la red eléctrica por recibir la energía producida en lugar de recibir un ingreso del propietario de la red eléctrica.

De ese modo, si el suministro de energía desde los productores de potencia excede la demanda de energía, se investiga cómo de grande es la deficiencia para determinar la gravedad del problema. Si la deficiencia excede un primer valor de umbral, se determina que se requieren medidas adicionales para impedir que la red eléctrica se haga inestable. Por lo tanto se genera una señal de inversión para la turbina eólica.

Tras la recepción de la señal de inversión, la turbina eólica invierte el flujo de energía a través del generador, provocando de ese modo que el generador consuma potencia recibida desde la red eléctrica, en lugar de producir potencia y suministrarla a la red eléctrica. De ese modo, el generador funciona como un motor. En consecuencia, en esta situación la turbina eólica se transforma de un productor de potencia a un consumidor de potencia, y por lo tanto ayuda eficientemente a la reducción de la deficiencia entre la energía producida y la energía consumida. Adicionalmente, en el caso de que el precio de la energía sea negativo, el propietario de la turbina eólica puede incluso recibir un ingreso en este caso.

La etapa de supervisar la red eléctrica comprende supervisar un precio de la energía suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia, y el primer valor de umbral puede definirse por un precio negativo de la energía suministrada a la red eléctrica. En consecuencia, el flujo de energía a través del generador se invierte cuando el precio de la energía se hace negativo, o posiblemente cuando el precio alcanza un cierto valor negativo. De ese modo el propietario de la turbina eólica recibirá un pago del propietario de la red eléctrica en lugar de tener que pagar al propietario de la red eléctrica por aceptar la energía producida. Como se ha descrito anteriormente, el precio de la energía puede reducirse en el caso de que esté disponible en la red eléctrica un excedente de energía, y esto puede conducir a veces a un precio negativo de la energía. Por lo tanto el precio de la energía proporciona una medida de si la energía suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia iguala o no la energía demandada por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica.

De ese modo, de acuerdo con un primer aspecto de la invención, la turbina eólica es capaz de contribuir a estabilizar la red eléctrica en caso de exceso de producción de energía, y la turbina eólica es adicionalmente capaz de reaccionar rápidamente.

Cuando se incrementa la participación en la energía producida originada a partir de fuentes de energía renovables, el riesgo de inestabilidad de la red eléctrica debido a falta de igualdad entre la energía producida y la energía consumida se incrementa. Por lo tanto es cada vez más importante ser capaz de tomar las acciones hacia la estabilización de la red eléctrica, y ser capaz de reaccionar rápidamente. Por lo tanto el método de acuerdo con el primer aspecto de la invención hace posible permitir que se conecte a la red eléctrica una participación mayor de fuentes de energía renovables, proporcionando de ese modo una producción de energía más verde en la que puede reducirse el consumo de combustible fósil.

El flujo de energía invertido a través del generador puede dar como resultado que el rotor sea forzado a girar por el generador. De acuerdo con esta realización el generador, actuando como motor, impulsa el rotor, haciendo que gire, produciendo de ese modo energía mecánica. Esto es lo opuesto a la situación durante el funcionamiento normal, en la que el viento impulsa el movimiento de giro del rotor, y este movimiento de giro se transfiere al generador para generar energía eléctrica.

En una realización, la etapa de supervisar la red eléctrica puede comprender adicionalmente, por ejemplo, la supervisión de la tensión, frecuencia y/o cualquier otro parámetro adecuado que pueda indicar que hay una falta de igualación entre la energía suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia y la demanda de energía definida por los consumidores de potencia. Por ejemplo, en el caso de que la demanda de energía disminuya, mientras la producción de energía permanece constante, la frecuencia de la red eléctrica se incrementará. Por lo tanto la frecuencia de la red eléctrica es un parámetro adecuado para detectar una falta de igualación entre la producción de energía y la demanda de energía.

El método puede comprender adicionalmente las etapas de:

- en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un segundo valor de umbral, siendo dicho segundo valor de umbral más bajo que el primer valor de umbral, generar una señal de reducción de potencia para la turbina eólica, y
- disminuir la producción de potencia de la turbina eólica hacia la red eléctrica tras la recepción de la señal de reducción de potencia.

De acuerdo con esta realización, si la deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía alcanza un segundo valor de umbral, siendo más bajo que el primer valor de umbral lo que da como resultado que se invierta el flujo de energía a través del generador, se reduce la producción de potencia desde la turbina eólica, es decir la potencia producida por la turbina eólica y suministrada a la red eléctrica se fija a un nivel que está por debajo de la producción de potencia máxima posible de la turbina eólica, bajo las circunstancias dadas, incluyendo las condiciones de viento actuales.

De ese modo, de acuerdo con la presente realización, cuando el suministro de energía a la red eléctrica excede la demanda de energía, y la deficiencia entre la energía producida y la demanda de energía se incrementa gradualmente, se alcanza el segundo valor de umbral. Cuando esto sucede, se reduce la producción de potencia desde la turbina eólica para disminuir el suministro de energía producida a la red eléctrica, intentando de ese modo detener el incremento en la deficiencia entre la energía producida y la demanda de energía.

Sin embargo, si la reducción de la producción de potencia desde la turbina eólica no es suficiente para equilibrar la producción de energía y la demanda de energía, la deficiencia continuará incrementándose. De ese modo se alcanzará el primer valor de umbral, dando como resultado que se invierte el flujo de energía a través del generador, como se ha descrito anteriormente.

La producción de potencia desde la turbina eólica puede disminuirse gradualmente desde un nivel máximo a cero cuando la deficiencia de la energía producida y la demanda de energía se incrementan desde el segundo valor de umbral al primer valor de umbral. De ese modo se obtiene una transferencia suave desde la producción de potencia máxima hacia la producción de potencia cero, y adicionalmente hacia la inversión del flujo de energía a través de los generadores.

El método puede comprender adicionalmente la etapa de ajustar el ángulo de paso de la(s) pala(s) de la turbina eólica hacia la posición de frenado tras la recepción de la señal de inversión. Cuando el ángulo de paso de la(s) pala(s) de la turbina eólica se ajusta hacia una posición de frenado, la(s) pala(s) de la turbina eólica contrarresta(n) los movimientos de rotación del rotor provocados por el flujo de energía invertido a través del generador. De ese modo puede incrementarse el consumo de energía del generador, y la turbina eólica puede pasar a contribuir en un mayor grado a la estabilización de la red eléctrica.

La turbina eólica puede formar parte de una granja eólica que comprenda una pluralidad de turbinas eólicas, y la granja eólica puede comprender adicionalmente un controlador de la granja eólica dispuesto para controlar la operación de la granja eólica.

En el presente contexto el término "granja eólica" debería interpretarse como que significa una pluralidad de turbinas eólicas dispuestas en un emplazamiento. Las turbinas eólicas en la granja eólica se controlan a menudo dependiendo entre sí para maximizar la producción de energía mientras se minimiza el desgaste con respecto a toda la granja eólica en lugar de con respecto a la turbina eólica individual. Esto puede realizarse por medio de un controlador de granja eólica central.

La etapa de generar una señal de inversión puede realizarse por el controlador de la granja eólica. De acuerdo con esta realización, el controlador de la granja eólica es el que decide cuándo debería invertirse el flujo de energía a través del generador de una turbina eólica dada de la granja eólica. El controlador de la granja eólica puede decidir adicionalmente cuál de las turbinas eólicas de la granja eólica debería recibir una señal de inversión y cuál no, si se determina que se requieren señales de inversión para una o más de las turbinas eólicas para estabilizar la red eléctrica. En este caso las turbinas eólicas de la granja eólica que no reciben una señal de inversión pueden continuar funcionando normalmente, o pueden reducir su potencia o incluso detenerse.

Como una alternativa, la etapa de generar una señal de inversión puede realizarse por la turbina eólica en sí, o puede realizarse por una unidad de control externa, por ejemplo una unidad de control que forme parte del sistema de la red eléctrica.

Alternativa o adicionalmente, la etapa de supervisar la red eléctrica puede realizarse por el controlador de la granja eólica. De acuerdo con esta realización, el controlador de la granja eólica supervisa la red eléctrica, y de ese modo detecta cuándo tiene lugar una condición que requiere que una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica invierta el flujo de energía a través del generador. Cuando se detecta esto, el controlador de la granja eólica puede o bien generar señales de inversión para una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica, o bien el controlador de la granja eólica puede alertar a todas las turbinas eólicas de la granja eólica, y basándose en esa información, cada una de las turbinas eólicas de la granja eólica puede determinar si generar o no una señal de inversión para sí misma.

Como una alternativa, la etapa de supervisar la red eléctrica puede realizarse por la turbina eólica en sí, o puede realizarse por una unidad de control externo, por ejemplo una unidad de control que forme parte de la red eléctrica.

De acuerdo con una realización, la señal de inversión puede proporcionarse manualmente por un operador de la turbina eólica, por ejemplo a través de una interfaz de comunicación. En este caso el operador puede proporcionar la señal de inversión directamente a una turbina dada, o el operador puede proporcionar la señal de inversión a un controlador de la granja eólica, que a su vez distribuye la señal de inversión a las turbinas eólicas apropiadas de la granja eólica. O el operador puede proporcionar señales de inversión para turbinas eólicas seleccionadas, basándose en una señal generada por el controlador de la granja eólica.

El método puede comprender adicionalmente las etapas de:

- seleccionar una o más turbinas eólicas de la granja eólica para recibir una señal de inversión en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un primer valor de umbral, y
- generar una señal de inversión para cada una de las turbinas eólicas seleccionadas.

Estas etapas pueden realizarse ventajosamente por el controlador de la granja eólica. Puede(n) seleccionarse la(s) turbina(s) eólica(s) a recibir la señal de inversión, por ejemplo, de tal manera que la producción de energía y/o el consumo de energía total de la granja eólica satisfaga los requisitos específicos u objetivos globales. Alternativa o adicionalmente, la(s) turbina(s) eólica(s) puede(n) seleccionarse de acuerdo con consideraciones de carga de las turbinas eólicas individuales y/o de tal manera que las turbinas eólicas seleccionadas no sean las mismas turbinas eólicas que se seleccionaron la vez anterior en que se requirió la inversión del flujo de energía a través del generador de una o más turbinas eólicas.

La señal de inversión puede estar en la forma de una señal de referencia de potencia que define una referencia de potencia negativa. Normalmente, una señal de referente de potencia es una señal que indica el nivel de potencia que debe proporcionar la turbina eólica para la red eléctrica. A veces, la red eléctrica puede tener una gran capacidad para recibir la potencia producida. En este caso la señal de referencia de potencia para la turbina eólica corresponderá normalmente a una producción de potencia máxima desde la turbina eólica bajo las circunstancias dadas, incluyendo las condiciones de viento actuales. A veces la red eléctrica puede tener una capacidad limitada para recibir potencia. En este caso la señal de referencia de potencia para la turbina eólica puede corresponder a una producción de potencia desde la turbina eólica, que sea más baja que la producción de potencia máxima posible, es decir se reduce la potencia de la turbina eólica, para limitar la potencia suministrada a la red eléctrica. En el caso de que la capacidad para recibir potencia de la red eléctrica disminuya, la señal de referencia de potencia para la turbina eólica puede cambiarse en correspondencia para disminuir gradualmente la producción de potencia de la turbina eólica. Esto puede continuarse hasta que la producción de potencia de la turbina eólica sea cero, es decir hasta que se detenga la turbina eólica. De acuerdo con el método de la invención, la señal de referencia de potencia puede disminuirse incluso adicionalmente hasta un valor negativo, indicando que la turbina eólica debería consumir potencia en lugar de producir potencia. Por ello, de acuerdo con esta realización puede proporcionarse una transferencia suave desde la producción de potencia al consumo de potencia.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un rotor que lleva una o más palas de turbina eólica, y un generador dispuesto para acoplarse a una red eléctrica, en el que la turbina

eólica es capaz de llevar a cabo el método de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Debería observarse que un experto en la materia reconocerá fácilmente que cualquier característica descrita en combinación con el primer aspecto de la invención podría combinarse también con el segundo aspecto de la invención, y viceversa. Por ello, las observaciones expuestas anteriormente son igualmente aplicables aquí.

Se ha de observar que la turbina eólica puede ser capaz de proporcionar potencia reactiva a la red eléctrica. Esta capacidad está disponible, independientemente de si la turbina eólica suministra energía a la red eléctrica o consume energía desde la red eléctrica.

Adicionalmente, la invención proporciona una granja eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas y un controlador de granja eólica dispuesto para controlar la operación de la granja eólica, en el que una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica son una turbina eólica de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora con detalle adicional con referencia a los dibujos adjuntos en los que

la fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una turbina eólica que es capaz de realizar un método de acuerdo con una realización de la invención,

la fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método de acuerdo con una realización de la invención, y

la fig. 3 es una vista en diagrama de una granja eólica de acuerdo con una realización de la invención.

Descripción detallada de los dibujos

La fig. 1 es un diagrama de bloques que ilustra una turbina eólica 1 que es capaz de realizar un método de acuerdo con una realización de la invención. La turbina eólica 1 comprende un rotor 2 que lleva un número de palas 3 de turbina eólica, de las que se muestran dos.

Durante la operación normal, las palas 3 de la turbina eólica capturan el viento, provocando de ese modo que gire el rotor 2. El rotor 2 se conecta a un generador 4, y los movimientos giratorios del rotor 2 hacen que el generador 4 produzca energía eléctrica. La energía eléctrica se suministra entonces a una red eléctrica a través de un convertidor 5 y un transformador 6.

En un método de acuerdo con la presente invención, se supervisa la red eléctrica para determinar si hay una igualación o no entre una demanda de energía definida por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica y el suministro de energía a la red eléctrica desde los productores de potencia conectados a la red eléctrica, tales como la turbina eólica 1. Si se determina que hay un excedente de energía disponible en la red eléctrica, y que el excedente de energía es suficientemente grande, pueden tomarse medidas para eliminar, o al menos reducir, esta deficiencia. Un excedente de energía en la red eléctrica puede conducir a inestabilidad de la red eléctrica, y es por lo tanto muy indeseable.

La presencia de un excedente de energía puede detectarse, por ejemplo, mediante la supervisión del precio de la energía de la red eléctrica. Por ejemplo, si el precio se convierte en negativo, es decir si los productores de potencia han de pagar a la red eléctrica para tener permitido proporcionar la potencia producida a la red eléctrica, esta es una indicación de que hay disponible un gran excedente de energía, y que existe el riesgo de que la red eléctrica se convierta en inestable.

De ese modo, cuando se ha detectado un excedente de energía suficientemente grande en la red eléctrica, se genera una señal de inversión para la turbina eólica 1. La señal de inversión puede generarse, por ejemplo, por la turbina eólica 1 en sí, por una unidad de control de la red eléctrica, o por un controlador de la granja eólica de una granja eólica de la que forma parte la turbina eólica 1.

En respuesta a la señal de inversión, la turbina eólica 1 invierte el flujo de energía a través del generador 4. De ese modo la turbina eólica 1 consume potencia desde la red eléctrica en lugar de producir potencia y suministrarla a la red eléctrica. Debido al flujo de energía invertido a través del generador 4, el generador 4 actúa como un motor e impulsa un movimiento giratorio del rotor 2, incluyendo las palas 3 de la turbina eólica.

La fig. 2 es un diagrama de flujo que ilustra un método para el control de la operación de una turbina eólica de acuerdo con una realización de la invención. El proceso se inicia en la etapa 7. En la etapa 8 se investiga si un precio de la energía de una red eléctrica está o no por debajo de un primer valor de umbral. Esto puede realizarse mediante la supervisión de una red eléctrica a la que está conectada la turbina eólica, en particular mediante la supervisión del precio de la energía.

Si la etapa 8 revela que el precio de la energía está por encima del primer valor de umbral, entonces se determina que no hay necesidad de ajustar la potencia producida por la turbina eólica y suministrada a la red eléctrica. En

consecuencia, el proceso se dirige a la etapa 9, en donde la turbina eólica es operada con la producción máxima de potencia. A continuación el proceso se devuelve a la etapa 8 para una supervisión continuada de la red eléctrica.

5 Si la etapa 8 revela que el precio de la energía está por debajo del primer valor de umbral, esta es una indicación de que hay un excedente de energía disponible en la red eléctrica, y que puede existir el riesgo de que la red eléctrica se convierta en inestable. Por lo tanto el proceso se dirige a la etapa 10, en donde se investiga si el precio de la energía está o no por debajo del segundo valor de umbral, que es más bajo que el primer valor de umbral.

10 Si la etapa 10 revela que el precio de la energía está por encima del segundo valor de umbral, es decir que el precio de la energía está entre el segundo valor de umbral y el primer valor de umbral, entonces se determina que es necesario ajustar el suministro de potencia a la red eléctrica, pero que no hay un riesgo inminente de que la red eléctrica se convierta en inestable. En consecuencia, el proceso se envía a la etapa 11, en donde se reduce la producción de potencia de la turbina eólica, es decir la turbina eólica es operada de tal manera que la producción de potencia suministrada a la red eléctrica es más baja que la producción de potencia máxima posible de la turbina eólica bajo las circunstancias dadas, incluyendo las condiciones del viento actuales. De ese modo se reduce el suministro de potencia a la red eléctrica, y esto puede ser suficiente para reducir la deficiencia entre la energía producida y la demanda de energía, incrementando de ese modo el precio de la energía, o al menos deteniendo la disminución en el precio de la energía. De ese modo, la reducción en la producción de potencia de la turbina eólica puede ser suficiente para impedir que la deficiencia entre la producción de energía y la demanda de energía alcance un nivel que provoque que la red eléctrica se convierta en inestable. Adicionalmente, el precio de la energía se usa como un indicador para, o una medida de, esta deficiencia. El proceso se devuelve entonces a la etapa 8 para una supervisión continuada de la red eléctrica.

25 Si la etapa 10 revela que el precio de la energía está también por debajo del segundo valor de umbral, entonces se determina que el precio de la energía es críticamente bajo, es decir el precio de la energía indica que la deficiencia entre la energía producida y la demanda de energía es críticamente alta, y que hay un riesgo inminente de que la red eléctrica se convierta en inestable. En consecuencia, el proceso se envía a la etapa 12, en la que se invierte el flujo de energía a través del generador. De ese modo la turbina eólica consume energía desde la red eléctrica en lugar de suministrar energía a la red eléctrica. Esto ayudará a la disminución de la deficiencia entre la energía producida y la demanda de energía, incrementando de ese modo el precio de la energía, y estabilizando la red eléctrica. Finalmente, el proceso se devolverá a la etapa 8 para una supervisión continuada de la red eléctrica.

35 La fig. 3 es una vista en diagrama de una granja eólica 13 de acuerdo con una realización de la invención. La granja eólica 13 comprende una pluralidad de turbinas eólicas 1 situadas dentro de un emplazamiento, y al menos una de las turbinas eólicas 1 de la granja eólica 13 es capaz de realizar el método de acuerdo con la invención.

40 La granja eólica 13 comprende un controlador de granja eólica 14 dispuesto para controlar la operación de la granja eólica 13. Las turbinas eólicas 1 de la granja eólica 13 se conectan a una red eléctrica 15 a través de un transformador de subestación 6. Las turbinas eólicas 1 son, de ese modo, capaces de producir potencia debido al viento, en la manera descrita anteriormente, y de suministrar la potencia producida a la red eléctrica 15.

45 Adicionalmente, al menos una de las turbinas eólicas 1 de la granja eólica 13 es capaz de realizar el método de acuerdo con la invención, es decir al menos una de las turbinas eólicas 1 es capaz de invertir el flujo de energía a través del generador de la turbina eólica 1 en el caso de que haya un excedente de energía suficientemente grande disponible en la red eléctrica 15. En este caso la(s) turbina(s) eólica(s) 1 consumirá(n) energía de la red eléctrica 15 en lugar de suministrar energía a la red eléctrica 15, como se ha descrito anteriormente.

REIVINDICACIONES

1. Un método para el control de la operación de una turbina eólica, comprendiendo la turbina eólica un rotor que lleva una o más palas de turbina eólica, y un generador dispuesto para acoplarse a una red eléctrica, comprendiendo el método las etapas de:
- supervisar la red eléctrica para determinar si hay o no una igualación entre una demanda de energía definida por los consumidores de potencia conectados a la red eléctrica y el suministro de energía desde los productores de potencia conectados a la red eléctrica, comprendiendo la supervisión supervisar un precio de la energía suministrada a la red eléctrica por los productores de potencia,
 - en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un primer valor de umbral, siendo definido el primer valor de umbral por un precio negativo de la energía suministrada a la red eléctrica, generar una señal de inversión para la turbina eólica, e
 - invertir un flujo de energía a través del generador tras la recepción de la señal de inversión, provocando de ese modo que el generador consuma potencia recibida desde la red eléctrica.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el flujo de energía invertida a través del generador da como resultado que el rotor sea forzado a girar por el generador.
3. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente las etapas de:
- en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un segundo valor de umbral, siendo dicho segundo valor de umbral más bajo que el primer valor de umbral, generar una señal de reducción de potencia para la turbina eólica, y
 - disminuir la producción de potencia de la turbina eólica hacia la red eléctrica tras la recepción de la señal de reducción de potencia.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende adicionalmente la etapa de ajustar un ángulo de paso de la(s) pala(s) de la turbina eólica hacia una posición de frenado tras la recepción de la señal de inversión.
5. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la turbina eólica forma parte de una granja eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas, comprendiendo la granja eólica además un controlador de granja eólica dispuesto para controlar la operación de la granja eólica.
6. Un método de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la etapa de generar una señal de inversión se realiza por el controlador de la granja eólica.
7. Un método de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en el que la etapa de supervisar la red eléctrica se realiza por el controlador de la granja eólica.
8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que comprende adicionalmente las etapas de:
- seleccionar una o más turbinas eólicas de la granja eólica para recibir una señal de inversión en el caso de que el suministro de energía desde los productores de potencia exceda la demanda de energía, y una deficiencia entre la demanda de energía y el suministro de energía exceda un primer valor de umbral, y
 - generar una señal de inversión para cada una de las turbinas eólicas seleccionadas.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la señal de inversión está en la forma de una señal de referencia de potencia que define una referencia de potencia negativa.
10. Una turbina eólica que comprende un rotor que lleva una o más palas de turbina eólica, y un generador dispuesto para acoplarse a una red eléctrica, en el que la turbina eólica está adaptada para llevar a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9.
11. Una granja eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas y un controlador de granja eólica dispuesto para controlar la operación de la granja eólica, en el que una o más de las turbinas eólicas de la granja eólica es una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 10.

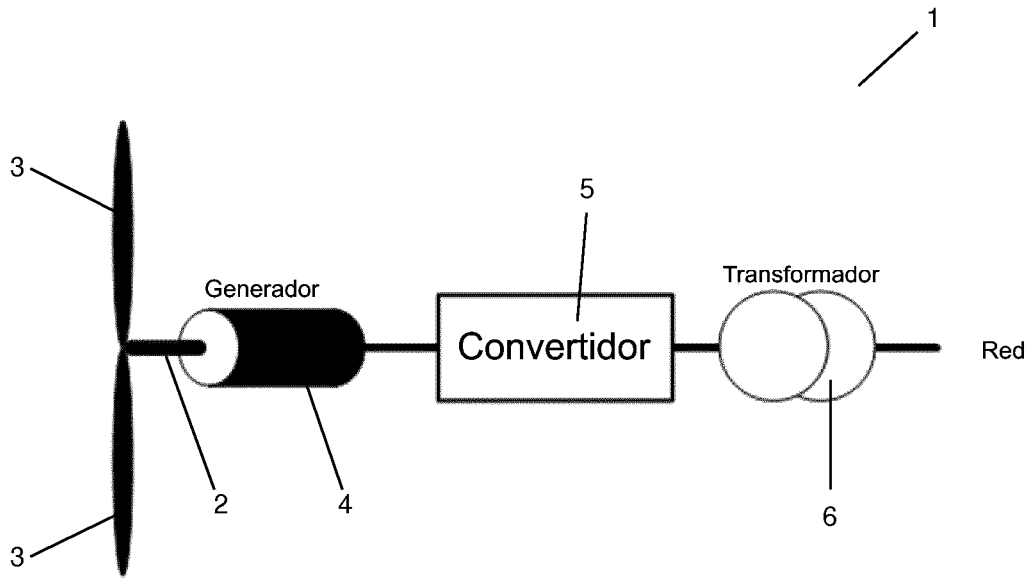


Fig. 1

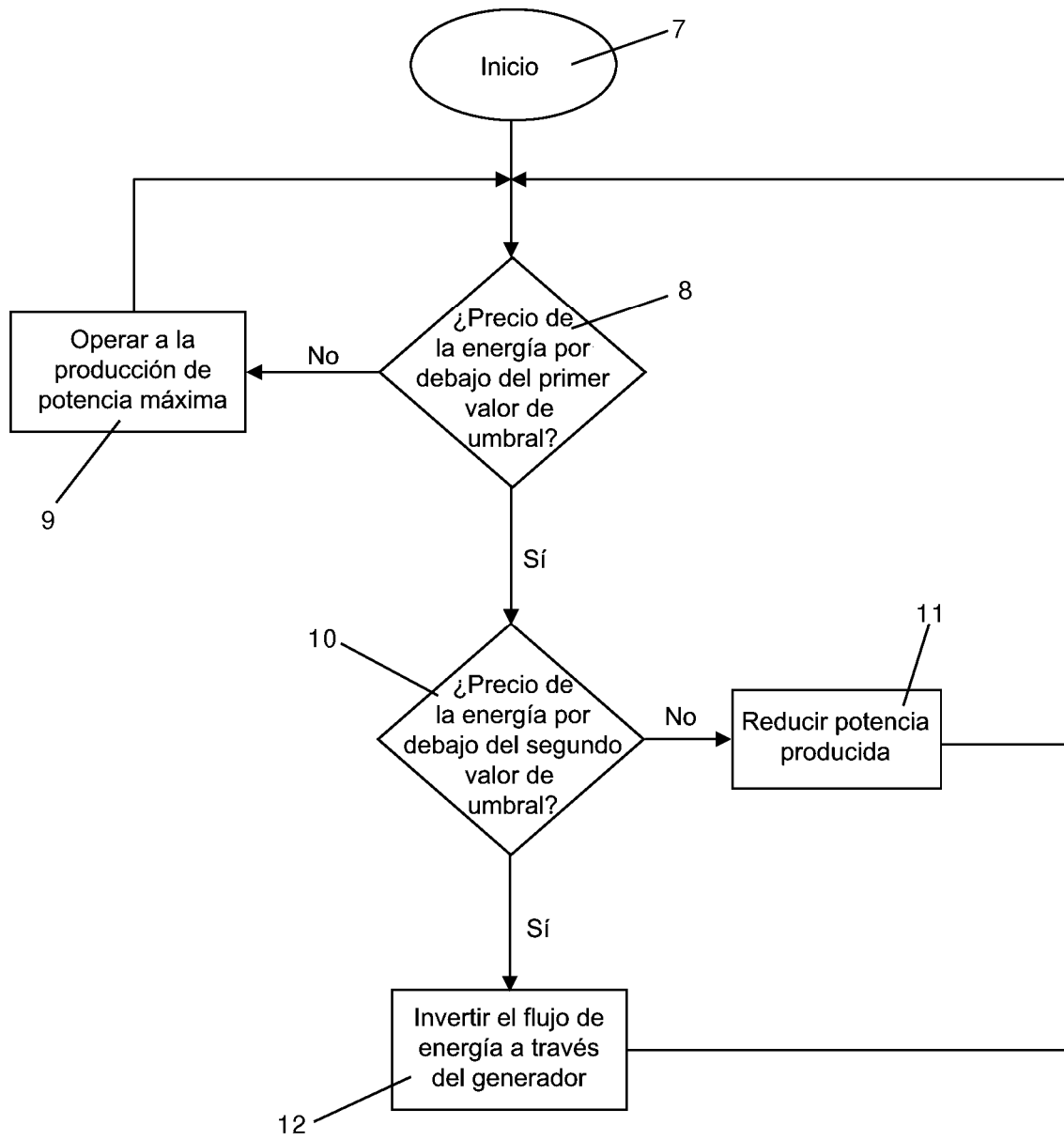


Fig. 2

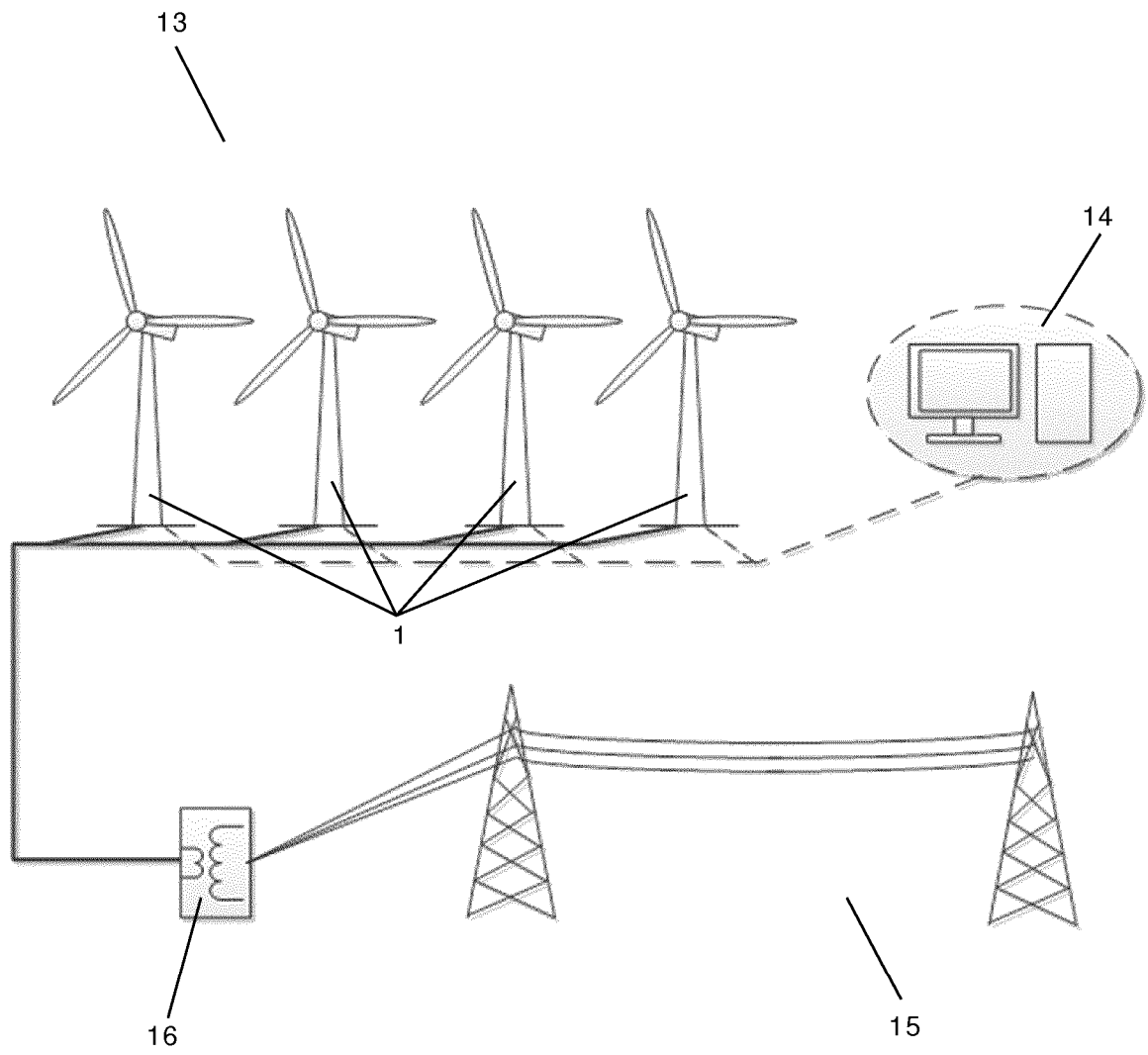


Fig. 3