

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 994 960**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)
H02P 9/48 (2006.01)
H02J 3/38 (2006.01)
H02J 3/24 (2006.01)
H02P 27/04 (2006.01)
H02P 9/42 (2006.01)
H02J 3/46 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.10.2017** **PCT/EP2017/077585**
87 Fecha y número de publicación internacional: **03.05.2018** **WO18078086**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2017** **E 17797890 (5)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2024** **EP 3533125**

54 Título: **Procedimiento para operar una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

28.10.2016 DE 102016120700

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.02.2025

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.00%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

BUSKER, KAI;
MACKENSEN, INGO;
BROMBACH, JOHANNES;
QUITMANN, ECKARD;
SHELLSCHMIDT, MARTIN y
EMANUEL, HANNA

74 Agente/Representante:

ERVITI ARBAIZA, Blanca María

ES 2 994 960 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 operar una instalación de energía eólica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para operar una instalación de energía eólica conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico para generar y alimentar energía eléctrica a la red de suministro eléctrico. Además, la presente invención se refiere a una instalación de energía eólica conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico y a un parque eólico conectado a un punto de conexión de red.

10 Es bien conocida la alimentación de energía eléctrica a una red de suministro eléctrico, como por ejemplo la red interconectada europea, que tiene una frecuencia nominal de red de 50 Hz. En general, las redes de suministro eléctrico tienen un estado de red seguro, es decir, son estables, especialmente en lo que respecta a la frecuencia de red a la que funcionan. La frecuencia de red normalmente sólo fluctúa unas pocas centésimas respecto a la frecuencia nominal de la red.

15 Sin embargo, diversos tipos de errores en la red de suministro eléctrico, los llamados errores de red, como por ejemplo un cortocircuito, pueden provocar que la red de suministro eléctrico alcance un estado de red peligroso. Entonces la red tiene un fallo. Las perturbaciones también pueden surgir por la desconexión de un gran consumidor o de una gran unidad de generación.

20 Un efecto de tales perturbaciones es, por ejemplo, la llamada sobrefrecuencia o sobrefrecuencia crítica. En tal caso, la red de suministro eléctrico tiene una frecuencia de red claramente superior a la frecuencia nominal de red. Por ejemplo, la frecuencia de red es entonces de 50,2 Hz, aunque la frecuencia nominal de la red es sólo de 50 Hz.

En tal caso, casi todas las unidades de generación suelen reducir su potencia de salida en función de la frecuencia de red para ayudar a equilibrar el equilibrio energético. Este proceso también se conoce como reducción de potencia por sobrefrecuencia.

30 La reducción de potencia por sobrefrecuencia está diseñada fundamentalmente para estabilizar la frecuencia de red en caso de excesos de potencia elevados. Si esto no se consigue, la frecuencia de red sigue aumentando hasta un umbral crítico, por ejemplo 51,5 Hz, en el que las unidades de generación suelen desconectarse de la red eléctrica.

35 Las instalaciones de energía eólica normalmente participan en la reducción de potencia ajustando las palas del rotor, lo que reduce el rendimiento de la instalación de energía eólica y, por tanto, reduce la potencia eléctrica de generador. La instalación de energía eólica suministra entonces menos energía eléctrica a la red de suministro eléctrica con un retraso de tiempo.

40 Tan pronto como la frecuencia de red vuelve a la normalidad, se aumenta correspondientemente la potencia eléctrica de generador para volver a alimentar más potencia eléctrica a la red de suministro eléctrico, también con un retraso de tiempo.

45 Debido a la creciente penetración de la red de suministro eléctrico con generadores de energías renovables, como, por ejemplo, instalaciones de energía eólica, que en gran medida están acoplados con electrónica de potencia a la red de suministro eléctrico, por ejemplo, con un inversor de corriente, las futuras estructuras de la red de suministro o las topologías de red continuarán cambiando.

50 En particular, disminuirá drásticamente el número de centrales eléctricas predominantemente convencionales y, con ello, el número de volantes de inercia que se encuentran en la red de suministro eléctrico, que tienen un efecto amortiguador, en particular amortiguador de las fluctuaciones de frecuencia, en la red de suministro eléctrico.

55 Esto puede cambiar el comportamiento de la red y hacer que sea cada vez más difícil estabilizarla. Esto también significa que los generadores de energías renovables deben garantizar cada vez más la estabilización de la red.

60 La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha buscado en la solicitud de prioridad de esta solicitud el siguiente estado de la técnica: DE 10 2012 203 334 A1, DE 10 2013 206 119 A1 y DE 10 2014 104 287 A1.

El documento EP 2 573 896 A1 comprende un procedimiento para controlar un sistema combinado para soporte de frecuencia de una red eléctrica que opera a una frecuencia de red variable.

El documento WO 03/030329 A1 comprende un procedimiento para operar un parque eólico.

El documento CN 105 074 203 comprende un procedimiento para operar una instalación de energía eólica conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico para generar y alimentar energía eléctrica a la red de suministro eléctrico según el preámbulo de la reivindicación 1.

Por lo tanto, el objetivo de la presente invención es abordar uno de los problemas mencionados anteriormente. En particular, se pretende proponer una solución que permita abordar futuros problemas de control en la red de suministro mediante una instalación de energía eólica. Se debería proponer al menos una alternativa a lo que se conoce actualmente.

Según la invención se propone por lo tanto un procedimiento para controlar una instalación de energía eólica conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico según la reivindicación 1. Por consiguiente, la instalación de energía eólica genera una potencia eléctrica de generador con un generador eléctrico para alimentar a la red de suministro eléctrico. A continuación, la instalación de energía eólica alimenta esta potencia eléctrica de generador, o parte de ella, a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación en función de la frecuencia de red.

Si ahora varía la frecuencia de red, según la invención se propone reaccionar al cambio de la frecuencia de red en dos etapas, en particular mediante un primer y un segundo nivel de soporte.

En el primer nivel de soporte se reduce la potencia eléctrica de generador en función de la frecuencia de red para reducir correspondientemente la potencia eléctrica de alimentación. De este modo, la potencia eléctrica de alimentación se reduce en el primer nivel de soporte reduciendo correspondientemente la potencia eléctrica de generador, por ejemplo, ajustando las palas del rotor de la instalación de energía eólica o modificando la corriente de excitación del generador. Esto da como resultado que el generador genere menos potencia eléctrica o sea capaz de generar menos potencia eléctrica. Por lo tanto, la potencia eléctrica de alimentación se reduce en el primer nivel de soporte a través de la potencia eléctrica de generador.

En el segundo nivel de soporte se reduce la potencia eléctrica de alimentación de modo que la potencia eléctrica de alimentación sea menor que la potencia eléctrica de generador. Esto se puede realizar, por ejemplo, mediante el llamado chopper de potencia, que está configurado para convertir la energía eléctrica en energía térmica. El chopper de potencia está configurado especialmente para convertir grandes potencias, en particular toda la potencia eléctrica de alimentación de la instalación de energía eólica. El chopper de potencia corresponde preferentemente a la clase de potencia del generador.

Una reducción de la potencia eléctrica de alimentación debe entenderse en particular como una reducción técnica deseada de la potencia, que debe diferenciarse claramente de las pérdidas que se producen habitualmente.

Según la invención, se proporcionan por tanto al menos dos niveles de soporte para soportar o apoyar la red. Cada nivel de soporte puede contribuir a su manera al soporte de la red de suministro eléctrico. Por eso se propone especialmente para ello reducir la potencia eléctrica de alimentación en el primer nivel de soporte a través de la potencia eléctrica de generador y también o alternativamente reducirla en el segundo nivel de soporte a través de un sumidero de potencia, como por ejemplo un chopper de potencia. Por lo tanto, el chopper de potencia está configurado especialmente para reducir directamente la potencia eléctrica de alimentación de la instalación de energía eólica.

El procedimiento según la invención permite así una reducción especialmente rápida de la potencia eléctrica de alimentación de una instalación de energía eólica. En particular, el procedimiento propuesto crea así la posibilidad de reducir completamente la potencia eléctrica de alimentación en menos de 0,4 segundos, de modo que la instalación de energía eólica ya no suministre potencia a la red de suministro eléctrico, especialmente cuando sea necesario, en un tiempo muy corto, preferiblemente en menos de un segundo.

Según la invención, la potencia eléctrica de alimentación se reduce según, o en, el segundo nivel de soporte cuando la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia que excede un gradiente límite predeterminado.

Por lo tanto, el segundo nivel de soporte se activa cuando la red de suministro eléctrico tiene un gradiente de frecuencia superior a un gradiente límite predeterminado. Por ejemplo, si el gradiente de frecuencia de red de suministro eléctrico supera el gradiente límite predeterminado, se activa el chopper de potencia para reducir la potencia eléctrica de alimentación de la instalación de energía eólica.

Lo que resulta especialmente ventajoso en este caso es que un procedimiento de este tipo presenta constantes de tiempo claramente más pequeñas que el ajuste de la orientación acimutal de la instalación de energía eólica o el ajuste de las palas del rotor. En este segundo nivel de soporte la potencia se reduce de una manera significativamente más rápida que en el primer nivel de soporte. Se reconoció que una reducción tan rápida no es necesaria en todas las situaciones. Para determinar rápidamente si una reducción tan rápida es necesaria o deseable, se propone aquí evaluar un cambio en la frecuencia de red en función de su gradiente de frecuencia. Si su gradiente de frecuencia está por debajo del gradiente límite, el soporte en el primer nivel de soporte, en el que se reduce la potencia de generador, puede ser suficiente.

Preferiblemente, el gradiente límite predeterminado se elige en función del punto de conexión a la red de la instalación de energía eólica; ha demostrado ser ventajoso un gradiente límite predeterminado de al menos 0,4 Hz por segundo, en particular 0,5 Hz por segundo.

El propio gradiente de frecuencia de red se puede determinar midiendo la frecuencia de red a lo largo del tiempo. Esto puede ser realizado localmente por la instalación de energía eólica o por el parque eólico que comprende la instalación de energía eólica, preferentemente por la unidad de control de parque eólico o por el operador de la red de suministro, que transmite el gradiente de frecuencia registrado al parque eólico o a la instalación de energía eólica. Alternativamente, el operador de la red de suministro también puede transmitir valores objetivo o deseados para el parque eólico o la instalación de energía eólica en función del gradiente de frecuencia registrado.

Preferiblemente, según, o en, el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación se reduce si la frecuencia de red está por encima de un valor de frecuencia predeterminado.

Por lo tanto, el segundo nivel de soporte se activa preferiblemente cuando la frecuencia de red está por encima de un valor de frecuencia predeterminado. El valor de frecuencia predeterminado es mayor que la frecuencia nominal de red, por ejemplo, el valor de frecuencia predeterminado es 50,2 Hz con una frecuencia nominal de red de 50 Hz.

El segundo nivel de soporte tiene entonces una zona muerta de frecuencia en la que el segundo nivel de soporte no se activa inicialmente.

El hecho de que la potencia eléctrica de alimentación se reduzca según el segundo nivel de soporte cuando la frecuencia de red se encuentra por encima de un valor de frecuencia predeterminado, puede tener lugar adicional, o alternativamente, si el gradiente de frecuencia se encuentra por encima del gradiente límite.

En el caso de que para aplicar el segundo nivel de soporte se controlen tanto un gradiente límite como un valor de frecuencia absoluta, se puede prever que el segundo nivel de soporte se active si sólo se cumple uno de los dos criterios, o si se cumplen ambos criterios. También se puede prever otro criterio, como por ejemplo otros valores límite, para tener en cuenta ambos criterios juntos.

Con una combinación de ambos criterios puede estar previsto que sólo se compruebe fuera de la banda muerta de frecuencia si el gradiente de frecuencia de red supera el gradiente límite predeterminado. Si la frecuencia de red se encuentra por encima de un valor de frecuencia predeterminado y la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia que excede un valor límite predeterminado, se reduce la potencia eléctrica de alimentación, en particular se dispara o activa el segundo nivel de soporte.

El valor de frecuencia predeterminado está preferiblemente en el rango del 0,1 % al 1 % de la frecuencia nominal de red, en particular en el rango del 0,2 % al 0,5 % y el valor preferido del valor límite es el 0,4 % de la frecuencia nominal de la red.

Preferiblemente, según, o en, el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación se reduce si la potencia eléctrica de alimentación es superior a una potencia deseada durante un periodo de tiempo predeterminado y/o al menos en un valor de excedencia predeterminado, en particular una potencia deseada u objetivo que es inferior a la potencia eléctrica de generador generada por el generador.

Por lo tanto, de manera especialmente preferente se activa el segundo nivel de soporte o se reduce la potencia eléctrica de alimentación, cuando la potencia eléctrica de alimentación se encuentra durante un período de tiempo predeterminado por encima de una determinada potencia nominal. Este es el caso, por ejemplo, cuando la potencia eléctrica de alimentación debe reducirse con un gradiente que el generador eléctrico no debe o no puede cumplir por razones técnicas, por ejemplo, porque la góndola no se aparta del viento con suficiente rapidez y, por tanto, el rendimiento de la instalación de energía eólica es demasiado alto. Entonces, la potencia

deseada u objetivo se reduce rápidamente según los requisitos, por ejemplo, a través de una norma o de otra especificación, pero la reducción real, es decir, la potencia real, no se puede seguirla tan rápidamente. Para ello se sugiere el uso del segundo nivel de soporte. En tal caso, la potencia eléctrica de alimentación se reduce entonces por debajo de la potencia de generador generada en ese momento, en particular mediante un chopper de potencia.

Lo que resulta especialmente ventajoso en este caso es que la instalación de energía eólica no tiene que estar sometida a cargas mecánicas innecesariamente elevadas para alcanzar los valores de potencia deseados, en particular una configuración de este tipo permite un funcionamiento especialmente cuidadoso del sistema, en particular del tren accionamiento de la instalación de energía eólica.

Preferiblemente, según, o en, el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación se reduce cuando el segundo nivel de soporte es solicitado, en particular por un operador de la red de suministro eléctrico o por una sala de control.

Esto hace posible, por ejemplo, que la instalación de energía eólica, aunque no aporte energía eléctrica a la red de suministro eléctrico, pueda ser operada por el operador de la red de suministro como sumidero de energía o como consumidor, en particular de potencia activa. Para ello puede estar prevista preferentemente una entrada de control para una señal de consulta externa de este tipo.

De este modo, el procedimiento permite un efecto de apoyo o soporte a la red para instalaciones de energía eólica, incluso si el generador de la instalación de energía eólica no genera potencia eléctrica de generador para alimentar la red de suministro eléctrico. Esto tiene un efecto especialmente beneficioso para la red de suministro eléctrico.

Preferiblemente, el segundo nivel de soporte sólo se lleva a cabo después de haya realizado el primer nivel de soporte.

Por lo tanto, el segundo nivel de soporte sólo se activa preferentemente después de que la potencia eléctrica de generador se haya reducido en función de la frecuencia de red. Sólo cuando la reducción de la potencia eléctrica de generador ya no es suficiente para proporcionar una potencia eléctrica de alimentación correspondiente, se reduce adicionalmente la potencia eléctrica de alimentación, por ejemplo, mediante un chopper de potencia.

Alternativamente, el segundo nivel de soporte se lleva a cabo independientemente del primer nivel de soporte.

Lo que resulta especialmente ventajoso en este caso es que el procedimiento presenta dos líneas de control, que regulan la potencia eléctrica de alimentación de una instalación de energía eólica en función de dos variables diferentes, es decir, en función de la desviación de frecuencia de red y del gradiente de frecuencia de red. De este modo se proporcionan o posibilitan un bucle de control rápido y uno lento.

Por ejemplo, si la frecuencia de red cambia a partir de 50 Hz con un gradiente de frecuencia, por ejemplo, superior a 0,5 Hz por segundo, la potencia eléctrica de alimentación se reduce preferentemente mediante un chopper de potencia. Si a pesar de esta medida la frecuencia de red supera una frecuencia objetivo predeterminada, por ejemplo 50,2 Hz, se reduce adicionalmente la potencia eléctrica de generador, por ejemplo, mediante la excitación del generador. Por lo tanto, además de reducir la potencia eléctrica de alimentación, es decir, el segundo nivel de soporte, se reduce la potencia eléctrica de generador, es decir, el primer nivel de soporte, en particular cuando sea necesario.

Preferentemente, la producción de la potencia eléctrica de generador para alimentación a la red de suministro eléctrico se realiza con el generador eléctrico en función de la frecuencia de red, en particular en función de una desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal de la red, donde la potencia eléctrica de generador se reduce si la frecuencia de red está por encima de una frecuencia deseada o frecuencia objetivo predeterminada.

Por lo tanto, el generador se regula preferentemente en función de la frecuencia de red. Si se supera la frecuencia de red por encima de una determinada frecuencia objetivo, por ejemplo 50 Hz o 50,2 Hz, se reduce la potencia eléctrica de generador de tal manera que también se reduce la potencia eléctrica de alimentación. Sin embargo, si la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia, por ejemplo, superior a 0,5 Hz por segundo, preferentemente se reduce la potencia eléctrica de alimentación independientemente de la potencia eléctrica de generador. La reducción de la potencia eléctrica de alimentación se puede lograr convirtiendo la potencia eléctrica de generador en energía térmica mediante un chopper de potencia. De manera especialmente preferida, la reducción de la potencia eléctrica de alimentación se realiza reduciendo la potencia

eléctrica de alimentación mediante la reducción de la potencia eléctrica de generador. Para ello, el generador se controla preferentemente en función de otra variable, en particular mediante la desviación de la frecuencia de red con respecto a la frecuencia nominal de red, por lo que el generador eléctrico no se controla, o no se controla únicamente, en función del gradiente de frecuencia. El gradiente de frecuencia puede ser un desencadenante de un control dependiente de la frecuencia.

Preferiblemente, la potencia eléctrica de alimentación se reduce de tal manera que la potencia eléctrica de alimentación sea igual a cero.

Por lo tanto, la instalación de energía eólica está configurada para reducir su potencia eléctrica de alimentación desde la potencia nominal hasta la potencia 0 en un tiempo muy corto, por ejemplo, mediante destrucción de potencia y/o disipación de potencia. El chopper de potencia de la instalación de energía eólica tiene una clase de potencia correspondiente, que se diferencia claramente de los choppers de frenado o palancas convencionales, especialmente en lo que respecta a la potencia eléctrica máxima absorbible, el tiempo de funcionamiento y los gradientes de potencia admisibles.

Preferiblemente, la energía eléctrica se extrae de la red de suministro eléctrico, en particular si la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia que excede un límite predeterminado y/o la frecuencia de red está por encima de una, o la, frecuencia objetivo predeterminada.

Controlando la potencia eléctrica de generador en función de una desviación de frecuencia y controlando la potencia eléctrica de alimentación en función de un gradiente de frecuencia, se posibilita que la instalación de energía eólica también pueda absorber potencia eléctrica, en particular potencia activa, de la red de suministro eléctrico para apoyar la red de suministro eléctrico o hacer una contribución a la misma. o proporcionar un soporte de frecuencia mayor que la potencia nominal de generador o de instalación, o al menos mayor que la potencia de generador actual.

En una realización preferida, la instalación de energía eólica está configurada para alimentar potencia eléctrica reactiva a la red de suministro eléctrico y para obtener energía eléctrica activa de la red de suministro eléctrico. Por ejemplo, en una instalación de energía eólica con concepto de convertidor completo, el chopper de potencia está dispuesto en el circuito intermedio de tensión continua del convertidor completo y el inversor del convertidor completo está diseñado de forma bidireccional para tomar potencia activa de la red de suministro eléctrico y convertirla en potencia térmica mediante el chopper de potencia, mientras que la instalación de energía eólica continúa alimentando energía reactiva a la red de suministro eléctrico.

Esto hace posible el funcionamiento en al menos 2 cuadrantes, es decir, alimentando potencia reactiva y extrayendo potencia activa. Además, el procedimiento se puede aplicar a modelos de instalaciones de energía eólica existentes. Preferiblemente, la energía eléctrica, en particular la energía activa, se extrae de la red eléctrica en función de un gradiente de frecuencia y/o en función de una desviación de frecuencia.

Preferiblemente se propone que el valor límite predeterminado del gradiente de frecuencia sea de 0,5 Hz por segundo. Por consiguiente, la potencia eléctrica de alimentación sólo se reduce cuando la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia superior a 0,5 Hz por segundo. Por debajo del límite preferido de 0,5 Hz por segundo, la potencia suministrada se ajusta exclusivamente a través de la potencia eléctrica de generador. Por lo tanto, la potencia eléctrica de alimentación está determinada esencialmente en su totalidad por la potencia eléctrica de generador por debajo del límite preferido de 0,5 Hz por segundo. Esto significa que la energía eléctrica generada por el generador se alimenta íntegramente a la red eléctrica, menos las pérdidas y las necesidades propias de la instalación de energía eólica. Si se supera el límite predeterminado de 0,5 Hz por segundo, se reduce adicionalmente la potencia eléctrica de alimentación, por ejemplo, transformando la potencia eléctrica de generador en potencia térmica.

De este modo, el procedimiento crea la posibilidad de reducir la potencia eléctrica alimentada de una manera, especialmente a una velocidad, que normalmente no se puede lograr con un simple ajuste de las palas del rotor. Además, el procedimiento según la invención es especialmente respetuoso con el generador de la instalación de energía eólica, ya que para una reducción rápida de potencia no es necesario modificar bruscamente su excitación, sino que puede ajustarse con constantes de tiempo elevadas.

El valor límite predeterminado también puede estar entre 0,5 Hz por segundo y 2 Hz por segundo, por ejemplo 0,6 Hz por segundo o 1,2 Hz por segundo, dependiendo de la topología de la red o, si es requerido, en particular por parte del operador de la red. Esto es especialmente ventajoso en redes de suministro eléctrico débiles, es decir, aquellas que debido a su topología ya presentan una gran variación de frecuencia, lo cual también está permitido.

- Preferiblemente, la potencia eléctrica de alimentación se reduce de modo que la potencia eléctrica de alimentación sea igual a la potencia eléctrica de generador cuando la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia que cae por debajo del valor límite predeterminado, en particular vuelve a caer por debajo de él. Según esta realización, la potencia de alimentación solo se reduce solo en el caso de un gradiente de frecuencia alto por debajo de la potencia de generador.
- Si la red de suministro eléctrico vuelve a recuperarse, es decir, el gradiente de frecuencia de red de la frecuencia de red se normaliza de nuevo, es decir, se vuelve más pequeño y vuelve a caer por debajo del valor límite predeterminado, preferiblemente se detiene la reducción de la potencia alimentada. La energía del generador eléctrico ya no se convierte en energía térmica cuando el gradiente de frecuencia de red vuelve a caer por debajo del valor límite predeterminado.
- Según una forma de realización preferida, se reconoció, además, que un límite máximo del gradiente predeterminado de 2 Hz por segundo es particularmente ventajoso, ya que el procedimiento también se puede utilizar como alternativa a la desconexión completa de la instalación de energía eólica.
- Por lo tanto, el procedimiento también se puede utilizar en lugar de desconectar la instalación de energía eólica, como se haría de otro modo, por ejemplo, con 2 Hz por segundo.
- Preferiblemente, la reducción de la potencia eléctrica de alimentación comprende el consumo de potencia eléctrica, en particular el consumo de al menos parte de la potencia eléctrica de generador, lo que se realiza al menos parcialmente mediante un dispositivo de conmutación para convertir la potencia eléctrica en potencia térmica.
- La reducción de la potencia eléctrica de alimentación se consigue así consumiendo la potencia eléctrica de generador o una parte de la misma. La potencia eléctrica de generador se consume mediante un dispositivo de conmutación que convierte la potencia eléctrica en potencia térmica, por ejemplo, a través de un circuito de resistencia de alta potencia o mediante un gran chopper interruptor, en particular un chopper de potencia. La instalación de energía eólica, o el circuito de resistencia o el chopper están configurados de tal manera que convierten una potencia eléctrica correspondientemente grande en potencia térmica, para reducir la potencia eléctrica alimentada independientemente de la potencia eléctrica de generador.
- El dispositivo de conmutación para la conversión de potencia eléctrica en potencia térmica está configurado preferiblemente para convertir la potencia eléctrica correspondiente a la potencia nominal de generador en potencia térmica durante al menos 3 segundos, en particular durante al menos 5 segundos.
- Por lo tanto, el dispositivo de conmutación está configurado para convertir al menos durante 3 segundos toda la potencia de generador en potencia térmica, de tal manera que la potencia eléctrica suministrada se reduzca a cero. Por lo tanto, la instalación de energía eólica está configurada para no suministrar ninguna potencia eléctrica a la red de suministro eléctrico durante al menos 3 segundos, incluso aunque el generador funcione a la potencia nominal y genere una potencia eléctrica de generador que corresponde a la potencia nominal de generador.
- De manera especialmente preferida, el dispositivo de conmutación para la conversión de potencia eléctrica en potencia térmica está configurado para convertir la potencia eléctrica, que corresponde al doble de la potencia nominal de generador, en potencia térmica durante al menos 3 segundos, en particular durante al menos 5 segundos.
- En una realización particularmente preferida, el dispositivo de conmutación está configurado para absorber o convertir en calor el doble de la potencia nominal de generador durante al menos tres segundos, preferiblemente cinco segundos. Por lo tanto, la instalación de energía eólica está configurada para no suministrar ninguna potencia eléctrica a la red de suministro eléctrico durante al menos tres segundos, aunque el generador funciona con la potencia nominal y genera una potencia eléctrica de generador que corresponde a la potencia nominal de generador y puede alimentar adicionalmente la red de suministro eléctrico con una potencia eléctrica, en particular potencia activa, que corresponde a la potencia de generador.
- Por lo tanto, el dispositivo de conmutación para la conversión de potencia eléctrica en potencia térmica comprende al menos un chopper o está configurado como circuito interruptor o de resistencia y está dispuesto preferiblemente en el circuito intermedio de tensión continua de un inversor de la instalación de energía eólica, en particular en el circuito intermedio de tensión continua del convertidor completo de la instalación de energía eólica.

Por lo tanto, el dispositivo de conmutación tiene un tamaño adecuado, en particular el dispositivo de conmutación se compone de un gran número de choppers dispuestos en paralelo entre sí para convertir la mayor cantidad de potencia eléctrica posible en potencia térmica, en particular calor, durante un largo período de tiempo. Sin embargo, también se pueden denominar varios o un gran número de choppers como chopper o banco de choppers.

Según la invención, se propone además un procedimiento para operar una instalación de energía eólica conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico, donde la red de suministro eléctrico tiene una frecuencia de red y la instalación de energía eólica, que incluye un generador eléctrico con una potencia nominal de generador, se puede regular en función de la frecuencia de red. Este procedimiento incluye el paso etapa de convertir potencia eléctrica en potencia térmica, donde la potencia eléctrica se extrae de la red de suministro eléctrico para soportar o apoyar la frecuencia de red de la red de suministro cuando la frecuencia de red varía con un gradiente de frecuencia que excede un límite predeterminado.

El procedimiento permite así absorber potencia eléctrica, en particular potencia activa, de la red de suministro eléctrico, incluso si la propia instalación de energía eólica no la alimenta. La instalación de energía eólica funciona entonces exclusivamente como consumidor, donde la característica de consumo de la instalación de energía eólica se posibilita mediante un dispositivo de conmutación descrito anteriormente o más adelante. Además, la instalación de energía eólica está preparada para funcionar, en caso necesario, como consumidor eléctrico, especialmente un gran consumidor con una potencia nominal superior a 1 MW.

Según la invención, también se propone una instalación de energía eólica que comprende un generador con una potencia nominal de generador para generar una potencia eléctrica de generador, donde la instalación de energía eólica está preparada para ser conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico para alimentar la potencia eléctrica de generador, o una parte de la misma, a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación en función de una frecuencia de red de la red de suministro eléctrico y donde la instalación de energía eólica está configurada para llevar a cabo un procedimiento descrito anteriormente o más adelante.

En particular, la instalación de energía eólica está configurada de tal manera que en un primer nivel de soporte se reduce la potencia eléctrica de generador en función de la frecuencia de red para reducir correspondientemente la potencia eléctrica de alimentación y en un segundo nivel de soporte se reduce la potencia eléctrica de alimentación de manera que la potencia eléctrica de alimentación sea menor que la potencia eléctrica de generador. Para ello, la instalación de energía eólica presenta preferentemente una unidad de control de alimentación correspondiente, que puede controlar el generador o al menos activar el control del generador, así como controlar el segundo nivel de soporte. Para controlar el segundo nivel de soporte, la unidad de control de alimentación está particularmente conectada a un dispositivo de consumo de energía eléctrica para controlar este dispositivo de manera que consuma energía para realizar el segundo nivel de soporte.

Preferiblemente, la instalación de energía eólica comprende un dispositivo de conmutación para convertir potencia eléctrica en potencia térmica, donde el dispositivo de conmutación está configurado para consumir al menos parte de la potencia eléctrica de generador para reducir la potencia eléctrica de alimentación. En particular, el dispositivo de conmutación está conectado a la unidad de control de alimentación, de modo que la unidad de control de alimentación puede controlar el dispositivo de conmutación, provocando así que la potencia eléctrica se convierta en potencia térmica.

El dispositivo de conmutación para la conversión de potencia eléctrica en potencia térmica está configurado preferentemente para convertir la potencia eléctrica, que corresponde preferentemente al doble de la potencia nominal de generador, en potencia térmica durante al menos 3 segundos, en particular durante al menos 5 segundos.

El dispositivo de conmutación está configurado de manera especialmente preferible como banco de choppers o banco de choppers de potencia y/o incluye un rectificador.

De este modo, el chopper de potencia o el banco de choppers de potencia pueden estar dispuestos tanto en el circuito intermedio de tensión continua como también en la salida del inversor de la instalación de energía eólica para convertir la potencia eléctrica de generador en potencia térmica para reducir la potencia eléctrica de alimentación de la instalación de energía eólica. Preferiblemente, el banco de choppers tiene en la entrada un rectificador de diodos, que está configurado para absorber la potencia eléctrica de generador en la salida de un inversor de la instalación de energía eólica.

Según la invención, se propone además un parque eólico que comprende al menos una instalación de energía eólica descrita anteriormente o a continuación, donde el parque eólico tiene una unidad de control de parque eólico que está configurada para enviar señales de control a las instalaciones de energía eólica del parque eólico y recibir señales de estado proporcionadas por las instalaciones de energía eólica del parque eólico con el fin de determinar la potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa.

El parque eólico presenta así una unidad de control de parque, que está configurada para determinar las posibles potencias o energías negativas de cada una de las instalaciones de energía eólica del parque eólico, que son proporcionadas por las instalaciones de energía eólica según la invención, en particular a través de sus dispositivos de conmutación. que están configurados para llevar a cabo los procedimientos, como se ha descrito anteriormente o se describe a continuación. Potencia o energía negativa es la potencia o energía en la que la potencia o energía actualmente alimentada se puede reducir. De este modo se puede planificar o al menos determinar una reducción de la potencia alimentada. Puesto que también es importante tener en cuenta el tiempo durante el cual se puede o debe llevar a cabo la reducción, se sugiere preferentemente tener en cuenta la energía.

Según la invención, también se propone un procedimiento para controlar un parque eólico descrito anteriormente o a continuación, que comprende los pasos: solicitar señales de estado de las instalaciones de energía eólica, en particular la disponibilidad para consumir energía de los dispositivos de conmutación de las instalaciones de energía eólica, determinar una potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa en función de las señales de estado solicitadas de las instalaciones de energía eólica y proporcionar la potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa determinada a un operador de red de suministro y/o a una sala de control que controla el parque eólico.

Las potencias o energías negativas determinadas de las instalaciones de energía eólica individuales, que son proporcionadas por los dispositivos de conmutación de las instalaciones de energía eólica, se suman para formar una potencia o energía eléctrica negativa del parque eólico y, por ejemplo, se ponen a disposición del operador de la red de suministro como información. En caso necesario, el operador de la red de suministro puede recurrir a esta potencia o energía negativa de parque eólico suministrada para apoyar la red de suministro eléctrico. La presente invención se explicará ahora con más detalle a continuación utilizando realizaciones ejemplares con referencia a las figuras adjuntas.

Fig. 1. muestra una vista esquemática de una instalación de energía eólica preferida.

Fig. 2 muestra una estructura esquemática de una línea eléctrica de una instalación de energía eólica para generar y alimentar energía eléctrica según una realización.

Fig. 3 muestra esquemáticamente una secuencia del procedimiento según la invención para operar una instalación de energía eólica en una realización preferida.

Fig. 4 muestra esquemáticamente un consumo de potencia de sobrefrecuencia con una instalación de energía eólica según una realización.

Fig. 5 muestra una estructura esquemática de un parque eólico para generar y suministrar energía eléctrica según una realización.

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 100 para generar y alimentar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico.

Para ello, la instalación de energía eólica 100 presenta una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor aerodinámico 106 con tres palas de rotor 108 y un spinner 110. Durante el funcionamiento, el viento hace girar el rotor 106 y, por lo tanto, acciona un generador eléctrico en la góndola 104, donde el generador está configurado preferiblemente como un generador anular de 6 fases.

La figura 2 muestra, en forma simplificada, una línea eléctrica 200 de una instalación de energía eólica mostrada en la figura 1.

La línea eléctrica 200 comprende un generador anular de 6 fases 210 con una potencia nominal de generador para generar una potencia eléctrica de generador P_{GEN} , que se pone en rotación por el viento a través de un tren de accionamiento mecánico de la instalación de energía eólica para generar una corriente eléctrica alterna de 6 fases. La corriente alterna de 6 fases se transfiere desde el generador eléctrico 210 al rectificador 220, que está conectado al inversor trifásico 240 a través de un circuito intermedio de tensión continua 230. El generador anular de 6 fases 210, configurado como generador síncrono, se controla mediante una excitación

250 del circuito intermedio de tensión continua 230, donde la excitación se puede suministrar también desde otra fuente, en particular a través de un regulador de corriente independiente.

La línea eléctrica 200 tiene así un concepto de convertidor completo, en el que la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} se alimenta a la red 270 por medio del inversor trifásico 240 a través del transformador de instalación de energía eólica 260. Esta red 270 es normalmente una red de parque eólico, que alimenta una red de suministro eléctrico a través de un transformador de parque eólico.

Para generar la corriente trifásica I_1, I_2, I_3 para cada una de las fases U, V, W, el inversor 240 se controla usando un procedimiento de banda de tolerancia. El control se realiza a través del controlador 242, que detecta cada una de las tres corrientes I_1, I_2, I_3 generadas por el inversor 240 mediante una detección de corriente 244. El controlador 242 está así configurado para controlar cada fase del inversor 240 individualmente por medio de la detección de corriente 244. Para ello, al controlador 242 se le puede asignar un valor objetivo de corriente I_{SOLL} , dependiendo del cual se ajustan las corrientes I_1, I_2, I_3 . El valor objetivo I_{SOLL} se calcula preferiblemente individualmente dentro del sistema para cada fase U, V, W y se especifica para el controlador 242.

La línea eléctrica 200 también tiene un dispositivo de conmutación 280 para convertir potencia eléctrica en potencia térmica, que está configurado para convertir potencia eléctrica, que corresponde al doble de la potencia nominal de generador, en potencia térmica ΔP_{TH} durante al menos 5 segundos.

El dispositivo de conmutación 280 se puede conectar (A) con el circuito intermedio de tensión continua 230 o (B) con las fases U, V, W entre el inversor 240 y el transformador de instalación de energía eólica 260 a través de un rectificador de diodo 282 para reducir la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} de modo que la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} sea menor que la potencia eléctrica de generador P_{GEN} cuando la frecuencia de red varía con un gradiente de frecuencia que excede un valor límite predeterminado. Por lo tanto, el dispositivo de conmutación 280 está configurado para transformar grandes potencias.

Para reducir la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} , el dispositivo de conmutación 280 presenta una entrada de control 284 para recibir señales de control S del control de la instalación de energía eólica o del control de parque eólico o para transferir o devolver otras señales al control.

Por ejemplo, si la frecuencia de red cambia con un gradiente de frecuencia que excede un límite predeterminado, el dispositivo de conmutación 280 se activa para reducir la potencia de alimentación P_{EIN} . La potencia eléctrica de generador P_{GEN} generada por el generador 210 se reduce mediante el dispositivo de conmutación 280 de tal manera que se reduce la potencia de alimentación P_{EIN} . El dispositivo de conmutación 280 es por lo tanto un dispositivo para convertir alta potencia eléctrica en potencia térmica. Para ello, el dispositivo de conmutación está configurado preferentemente como banco de choppers para la conversión de grandes potencias y energías. El dispositivo de conmutación 280 también se controla en función de la frecuencia de red, en particular en función de un gradiente de frecuencia.

La figura 3 muestra esquemáticamente una secuencia 300 del procedimiento según la invención para operar una instalación de energía eólica en una realización preferida. El procedimiento se refiere en particular a reducir la potencia eléctrica de alimentación de modo que la potencia eléctrica de alimentación sea menor que la potencia eléctrica de generador cuando la frecuencia de red varía con un gradiente de frecuencia que excede un valor límite predeterminado.

Para ello, el generador de la instalación de energía eólica genera energía eléctrica de generador para alimentarla a la red de suministro eléctrico mientras la red de suministro se encuentra en un estado estable. Esto significa en particular que la frecuencia de red f_N corresponde esencialmente a la frecuencia nominal de red f_{NENN} y el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt es menor que el valor límite predeterminado G. Que el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt sea menor que el valor límite predeterminado G del gradiente de frecuencia o que la frecuencia de red f_N corresponde esencialmente a la frecuencia nominal de red f_{NENN} está determinado mediante el bloque 310 y por el bloque 340.

Si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt es menor que el valor límite predeterminado G, el dispositivo de conmutación para convertir potencia eléctrica en potencia térmica no convierte ninguna energía térmica ΔP_{TH} . Esto se indica mediante el bloque 320.

La comprobación de si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt es menor que el valor límite predeterminado G se lleva a cabo dinámicamente, por ejemplo, detectando la frecuencia de red f_N y luego promediando la frecuencia de red f_N registrada dinámicamente a lo largo del tiempo t. La detección dinámica del gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt se indica en el bloque 325.

Si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt es menor que el valor límite predeterminado G , el dispositivo de conmutación continúa sin convertir ninguna potencia térmica P_{TH} .

5 Sin embargo, si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt excede el valor límite predeterminado G , el dispositivo de conmutación convierte la potencia eléctrica, en particular parte de la potencia eléctrica de generador P_{GEN} , en potencia térmica P_{TH} . Esto reduce directamente la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} . El hecho de que la potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} se reduzca directamente convirtiendo la potencia eléctrica en potencia térmica ΔP_{TH} se indica en el bloque 330.

10 Si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt es nuevamente menor que el valor límite predeterminado G , el dispositivo de conmutación deja de convertir la potencia eléctrica.

15 Si el gradiente de frecuencia de la frecuencia de red df_N/dt continúa excediendo el valor límite predeterminado G , se continúa convirtiendo potencia eléctrica o se aumenta aún más la cantidad de potencia eléctrica convertida.

Para evitar una sobrecarga del dispositivo de conmutación, preferentemente se controla la temperatura del dispositivo de conmutación. Esto está indicado por el bloque 335.

20 Si la energía térmica convertida ΔE_{TH} supera un valor límite crítico E_{KRIT} , se reduce adicionalmente la potencia eléctrica de generador P_{GEN} o se para el generador eléctrico, de modo que la instalación de energía eólica ya no suministre potencia eléctrica. Esto está indicado por el bloque 390.

25 Por lo tanto, el procedimiento según la invención se puede llevar a cabo independientemente del control del generador, que regula un generador en función de la frecuencia de red.

Preferiblemente, el control del generador se opera independientemente del control del dispositivo de conmutación.

30 Si la frecuencia de red f_N es esencialmente menor o igual que la frecuencia nominal de red f_{NENN} , el generador suministra preferiblemente toda la potencia eléctrica de generador P_{GEN} generada a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} . Esto está indicado por el bloque 350.

35 La verificación de si la frecuencia de red f_N es menor o igual que la frecuencia nominal de red f_{NENN} o menor o igual que una frecuencia objetivo predeterminada f_{SOLL} se indica en el bloque 355. Por ejemplo, la frecuencia nominal de la red es 50 Hz y la frecuencia objetivo es 50,1 Hz, por lo que el generador tiene una especie de banda muerta para su control. La detección de la frecuencia de red f_N también puede realizarse mediante una unidad de control de parque eólico, que mediante comparación determina si la frecuencia de red f_N excede la frecuencia nominal de red f_{NENN} o la frecuencia objetivo f_{SOLL} .

40 Si la frecuencia de red f_N es esencialmente menor o igual que la frecuencia nominal de red f_{NENN} o la frecuencia objetivo f_{SOLL} , el generador continúa suministrando toda la potencia eléctrica de generador P_{GEN} generada a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} .

45 Sin embargo, si la frecuencia de red f_N excede la frecuencia nominal de la red f_{NENN} o la frecuencia objetivo f_{SOLL} , la potencia eléctrica de generador P_{GEN} se reduce. A continuación, el generador suministra una potencia eléctrica de generador P_{GEN} reducida a la red eléctrica como potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} . Que el generador suministre una potencia eléctrica de generador reducida a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} cuando se excede una frecuencia objetivo f_{SOLL} , dependiendo de la frecuencia de red f_N , se indica en el bloque 360.

Si la frecuencia de red f_N vuelve a caer por debajo de o corresponde con la frecuencia nominal de red f_{NENN} o la frecuencia objetivo f_{SOLL} , el generador eléctrico mantiene su estado o se pone en marcha de nuevo.

55 Si la frecuencia de red f_N continúa superando la frecuencia nominal de red f_{NENN} o la frecuencia objetivo f_{SOLL} , la potencia eléctrica de generador P_{GEN} se reduce nuevamente o continúa reduciéndose.

60 Si, no obstante, la frecuencia de red f_N excede una frecuencia crítica f_{KRIT} , que es especificada, por ejemplo, por el operador de red, la potencia eléctrica de generador P_{GEN} se reduce significativamente o el generador se lleva a un estado en el que ya no genera energía eléctrica de generador. El hecho de que el generador eléctrico se apague de modo que la instalación de energía eólica ya no alimente potencia eléctrica se indica en el bloque 390.

La figura 4 muestra esquemáticamente un consumo de energía de sobrefrecuencia 400 con una instalación de energía eólica según una realización. En particular, el modo de funcionamiento del procedimiento según la invención se muestra mediante una fluctuación en la frecuencia de red f_N .

5 En el diagrama superior 410, la frecuencia de red f_N se traza a lo largo del tiempo t . La frecuencia de red es unas centésimas mayor que la frecuencia nominal de la red f_{NENN} de 50 Hz, por ejemplo, 50,02 Hz, y fluctúa ligeramente. Por lo tanto, la red de suministro eléctrico se comporta esencialmente de forma estable en frecuencia hasta el instante t_1 , es decir, no presenta una desviación de frecuencia grande ni un gradiente de frecuencia pronunciado.

10 En el diagrama central 420, la potencia eléctrica de generador P_{GEN} se traza a lo largo del tiempo. El generador se controla en función de la frecuencia de red f_N y genera la potencia de generador ligeramente oscilante P_{GEN} . La potencia térmica ΔP_{TH} convertida por el dispositivo de conmutación también se muestra en el diagrama central 420. El dispositivo de conmutación se controla en función del gradiente de frecuencia df_N/dt . Puesto que la red de suministro eléctrico no tiene un gradiente de frecuencia df_N/dt que exceda el valor límite predeterminado G , ninguna potencia eléctrica, en particular potencia eléctrica de generador, se convierte en potencia térmica.

15 La potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} resulta de la potencia eléctrica de generador P_{GEN} y de la potencia convertida térmicamente, que corresponde esencialmente a la potencia eléctrica de generador P_{GEN} hasta el instante t_1 . Esto se muestra en el diagrama inferior 430.

20 En el instante t_1 la red eléctrica presenta una perturbación en forma de un gradiente de frecuencia 412 mayor que el valor límite predeterminado G . Esto puede detectarse, por ejemplo, mediante un dispositivo de medición.

25 A continuación, se activa el dispositivo de conmutación, en particular el chopper de potencia. Esto se muestra en el semiplano inferior 422 del diagrama central. Esto no afecta al generador eléctrico, que se controla en función de una desviación de frecuencia, al menos por el momento.

30 Al conectar el dispositivo de conmutación, tanto toda la potencia eléctrica de generador P_{GEN} como una parte de la potencia eléctrica tomada de la red eléctrica para estabilizar la red eléctrica se convierten en potencia térmica, en particular calor. Esto se muestra en el diagrama 430. Por lo tanto, el dispositivo de conmutación no sólo reduce la potencia eléctrica de alimentación a 0 mediante la conversión de la potencia eléctrica de generador en potencia térmica, sino que también convierte la potencia excedente adicional, en particular potencia activa, de la red eléctrica en potencia térmica. Por lo tanto, la instalación de energía eólica presenta en el punto de conexión una potencia negativa, en particular un balance de potencia activa negativo.

35 Mediante esta medida según la invención la frecuencia de red se recupera lentamente de nuevo, de modo que la frecuencia de red se aproxima a la frecuencia nominal de red con un gradiente de frecuencia 414, siendo el gradiente de frecuencia 414 menor que el valor límite predeterminado.

40 A continuación, el dispositivo de conmutación reduce lentamente su consumo de potencia de la potencia eléctrica de generador hasta que la red de suministro vuelve a tener un estado de frecuencia estable en el instante t_2 .

45 Durante la ejecución del procedimiento según la invención se reduce también preferentemente la potencia eléctrica de generador en función de la frecuencia de red, en particular si una desviación de frecuencia es superior a 0,2 Hz con respecto a la frecuencia nominal de la red y dura más de 5 segundos. Esto se muestra como ejemplo en el diagrama central 420 en el área 424.

50 La figura 5 muestra un parque eólico 500 con, por ejemplo, tres instalaciones de energía eólica 100 según la figura 1. Por lo tanto, las tres instalaciones de energía eólica son representativas de básicamente cualquier número de instalaciones de energía eólica en un parque eólico 500. Las instalaciones de energía eólica 100 suministran su potencia eléctrica de alimentación P_{EIN} a través de una red eléctrica de parque eólico 570. Estas potencias de alimentación individuales P_{EIN} se alimentan juntas como potencia de parque eólico P_{PARK} a la red de suministro 594 en un punto de conexión de red PCC a través del transformador de parque eólico 590, que aumenta la tensión en el parque.

55 El parque eólico 500 se controla a través de una unidad de control de parque eólico 542, que también se denomina unidad de control de parque FCU (Farm control unit). Para ello, la unidad de control de parque eólico 542 detecta la frecuencia de red y, en particular, la desviación de frecuencia y el gradiente de frecuencia mediante medios de medición 544. La unidad de control de parque eólico también puede comunicarse con las instalaciones de energía eólica individuales a través de las líneas de control 546. En particular, aquí se pueden

consultar señales de estado S de la instalación de energía eólica, como por ejemplo la disponibilidad para consumir energía de los dispositivos de conmutación. Basándose en estas señales de estado S consultadas, la unidad de control de parque eólico 542 puede calcular la energía eléctrica negativa del parque eólico. Es decir, la energía que el parque eólico está dispuesto a, o preparado para absorber. Esta energía negativa de parque eólico calculada de esta manera se transmite luego a un operador de red de suministro mediante una señal de reducción R. De este modo, el operador de red de suministro siempre está informado de cuánta energía eléctrica, en particular potencia activa, puede absorber el parque eólico y puede solicitarla. Por lo tanto, el parque eólico está configurado para actuar como consumidor de potencia activa durante al menos 5 segundos, en particular con una potencia negativa que corresponde a la potencia nominal de parque eólico.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar una instalación de energía eólica (100) conectada a un punto de conexión a red de una red de suministro eléctrico para generar y alimentar energía eléctrica a la red de suministro eléctrico, donde la red de suministro eléctrico tiene una frecuencia nominal de red (f_{NENN}) y se opera con una frecuencia de red (f_N), y la instalación de energía eólica (100), que comprende un generador eléctrico (210) con una potencia nominal de generador, se puede regular en función de la frecuencia de red (f_N), comprendiendo los pasos de:
 - generar una potencia eléctrica de generador con el generador eléctrico (210) para alimentar a la red de suministro eléctrico,
 - alimentar la potencia eléctrica de generador o una parte de ella en la red de suministro eléctrico en función de la frecuencia de red (f_N) como potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}), donde
 - en un primer nivel de soporte, se reduce la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}) en función de la frecuencia de red (f_N) para reducir en consecuencia la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}), y
 - en un segundo nivel de soporte, se reduce la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) de manera que la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) es menor que la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}), caracterizado por que
 - según el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) se reduce si la frecuencia de red (f_N) cambia con un gradiente de frecuencia (df_N/dt) que excede un gradiente límite predeterminado.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que
 - según el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) se reduce si la frecuencia de red (f_N) es superior a un valor de frecuencia predeterminado.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado por que
 - según el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) se reduce si la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) es superior a una potencia objetivo durante un periodo de tiempo predeterminado y/o al menos en un valor de excedencia predeterminado, en particular una potencia objetivo que es inferior a la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}) generada por el generador (210).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
 - según el segundo nivel de soporte, la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) se reduce si el segundo nivel de soporte es solicitado, en particular por un operador de la red de suministro eléctrico o por una sala de control.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
 - el segundo nivel de soporte se lleva a cabo sólo después de que se haya realizado el primer nivel de soporte.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por que
 - el segundo nivel de soporte puede realizarse independientemente del primer nivel de soporte.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
 - la generación de la potencia eléctrica de generador para alimentar a la red de suministro eléctrico se realiza con el generador eléctrico (210) en función de la frecuencia de red (f_N), en particular en función de una desviación de la frecuencia de red (f_N) con respecto a la frecuencia nominal de red (f_{NENN}), donde la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}) se reduce si la frecuencia de red (f_N) es superior a una frecuencia objetivo predeterminada (f_{SOLL}).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
 - la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) se reduce de manera que la potencia eléctrica de alimentación es igual a cero.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, que comprende, además, el paso de:
 - retirar potencia eléctrica de la red de suministro eléctrico, en particular si la frecuencia de red (f_N) cambia con un gradiente de frecuencia (df_N/dt) que excede un, o el, gradiente límite predeterminado y/o la frecuencia de red (f_N) es superior a un, o al, valor de frecuencia predeterminado.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
 - un, o el, gradiente límite predeterminado es:
 - 0,5 Hz por segundo o
 - entre 0,5 Hz por segundo y 2 Hz por segundo o
 - 2 Hz por segundo.
11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que

- la reducción de la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) en el segundo nivel de soporte se realiza de tal manera que la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) es igual a la potencia eléctrica de generador si la frecuencia de red (f_N) varía con un gradiente de frecuencia (df_N/dt) que cae por debajo del gradiente límite predeterminado, en particular vuelve a caer por debajo de dicho gradiente.

5

12. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
- la reducción de la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) en el segundo nivel de soporte comprende un consumo de potencia eléctrica, en particular potencia eléctrica de generador y/o potencia eléctrica de la red de suministro, donde el consumo se realiza al menos parcialmente, preferiblemente en su totalidad, mediante un dispositivo de conmutación para convertir potencia eléctrica en potencia térmica (ΔP_{TH}).

10

13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
- un, o el, dispositivo de conmutación (280) para convertir potencia eléctrica en potencia térmica (ΔP_{TH}) está configurado para convertir potencia eléctrica, que corresponde a la potencia nominal de generador, en energía térmica (ΔP_{TH}) durante al menos tres segundos, en particular al menos cinco segundos.

15

14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que
- un, o el, dispositivo de conmutación (280) para convertir energía eléctrica en energía térmica (ΔP_{TH}) está configurado para convertir potencia eléctrica, que corresponde al doble de la potencia nominal de generador, en energía térmica (ΔP_{TH}) durante al menos tres segundos, en particular al menos cinco segundos.

20

15. Procedimiento según una de las reivindicaciones 12 a 14, caracterizado por que
- el dispositivo de conmutación (280) comprende al menos un chopper.

25

16. Procedimiento según una de las reivindicaciones 13 a 15, caracterizado por que
- el dispositivo de conmutación (280) está configurado como banco de choppers.

17. Instalación de energía eólica (100) que comprende un generador (210) con una potencia nominal de generador para generar una potencia eléctrica de generador, donde la instalación de energía eólica (100) está preparada para ser conectada a un punto de conexión de red de una red de suministro eléctrico para alimentar la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}), o una parte de ella, a la red de suministro eléctrico como potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) en función de una frecuencia de red (f_N) de la red de suministro eléctrico, donde la instalación de energía eólica (100) está configurada de manera que

30

- en un primer nivel de soporte, se reduce la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}) en función de la frecuencia de red (f_N) para reducir en consecuencia la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}), y
- en un segundo nivel de soporte se reduce la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) de manera que la potencia eléctrica de alimentación (P_{EIN}) es menor que la potencia eléctrica de generador (P_{GEN}), en particular la instalación de energía eólica (100) está configurada para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 16.

40

18. Instalación de energía eólica (100) según la reivindicación 17, caracterizada por
- un dispositivo de conmutación (280) para convertir potencia eléctrica en potencia térmica (ΔP_{TH}), donde el dispositivo de conmutación (280) está configurado para consumir al menos parte de la potencia eléctrica de generador para reducir la energía eléctrica de alimentación (P_{EIN}).

45

19. Instalación de energía eólica (100) según la reivindicación 18, caracterizada por que
- el dispositivo de conmutación (280) para convertir potencia eléctrica en potencia térmica (ΔP_{TH}) está configurado para convertir energía eléctrica que corresponde a una potencia nominal de generador, preferiblemente al doble de una potencia nominal de generador, en energía térmica (ΔP_{TH}) durante al menos tres segundos, en particular al menos cinco segundos.

50

20. Instalación de energía eólica (100) según la reivindicación 18 o 19, caracterizada por que
- el dispositivo de conmutación (280) está configurado como banco de choppers y/o comprende un rectificador (220).

55

21. Parque eólico (500) que comprende al menos una instalación de energía eólica (100) según una de las reivindicaciones 17 a 20, caracterizado por una unidad de control de parque eólico (542) que está configurada para transmitir señales de control (S) a las instalaciones de energía eólica (100) del parque eólico (500) y para recibir señales de estado proporcionadas por las instalaciones de energía eólica (100) del parque eólico (500) para determinar una potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa.

60

22. Procedimiento para controlar un parque eólico (500) según la reivindicación 21, que comprende los pasos de:

- solicitar señales de estado (S) de las instalaciones de energía eólica (100), en particular la disponibilidad para consumir potencia o energía de los dispositivos de conmutación de las instalaciones de energía eólica (100),
 - determinar una potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa en función de las señales de estado solicitadas (S) de las instalaciones de energía eólica (100)
- 5 - proporcionar la potencia o energía eléctrica de parque eólico negativa determinada a un operador de red de suministro y/o a una sala de control que controla el parque eólico (500).

DIBUJOS

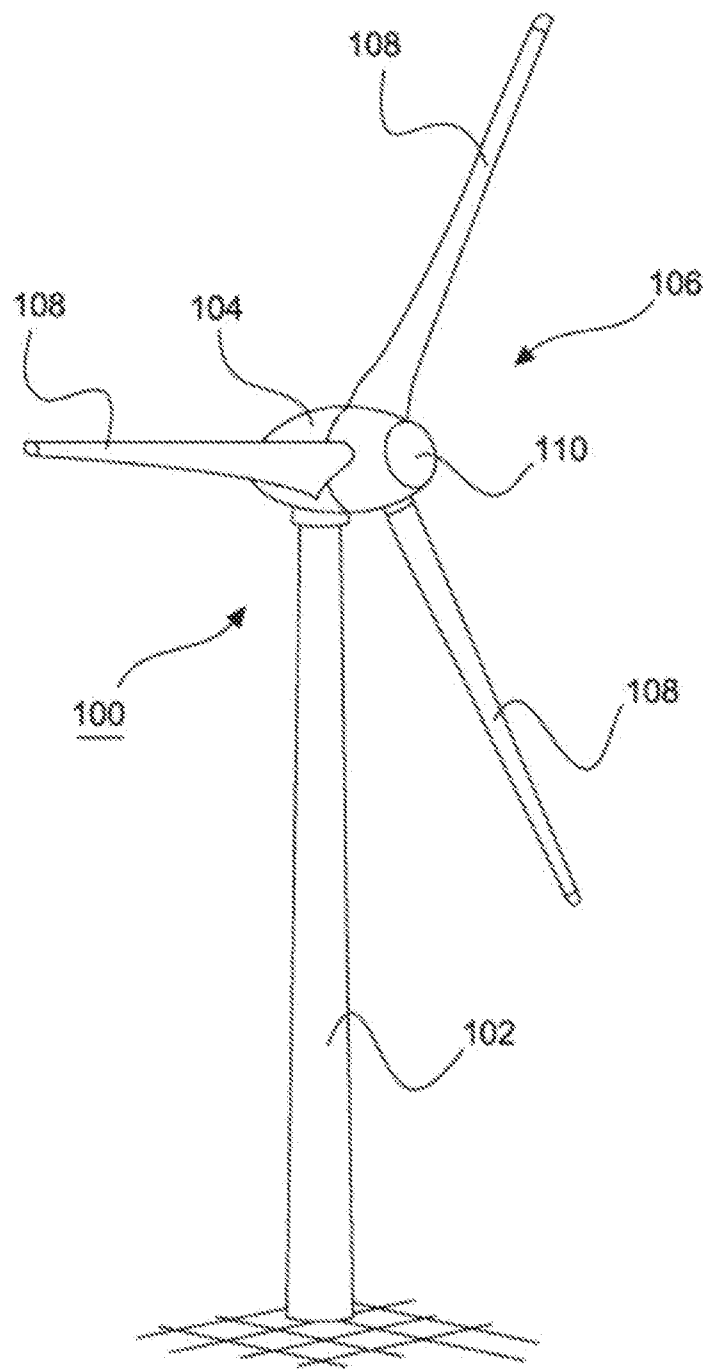
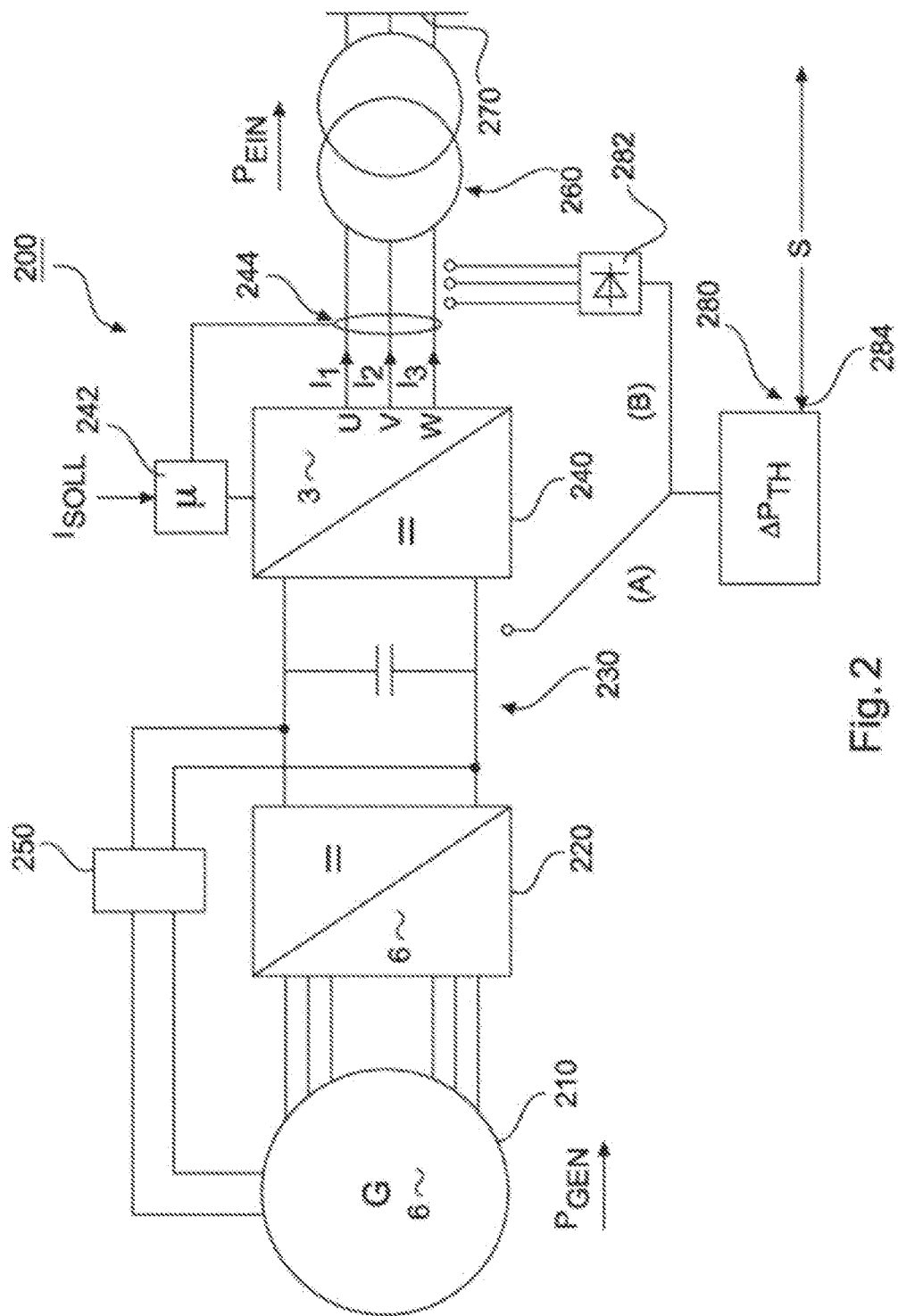


Fig. 1



2013

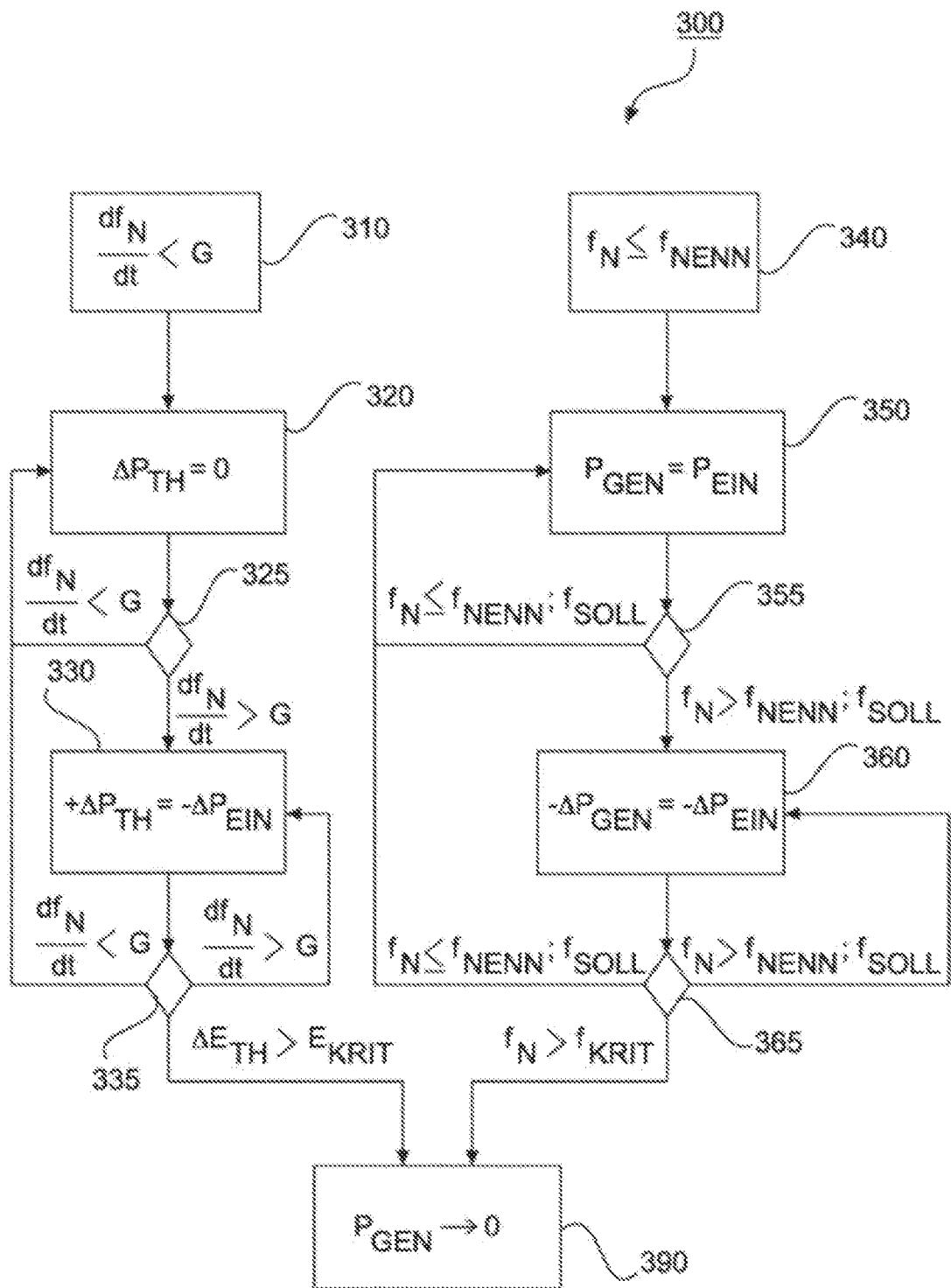


Fig. 3

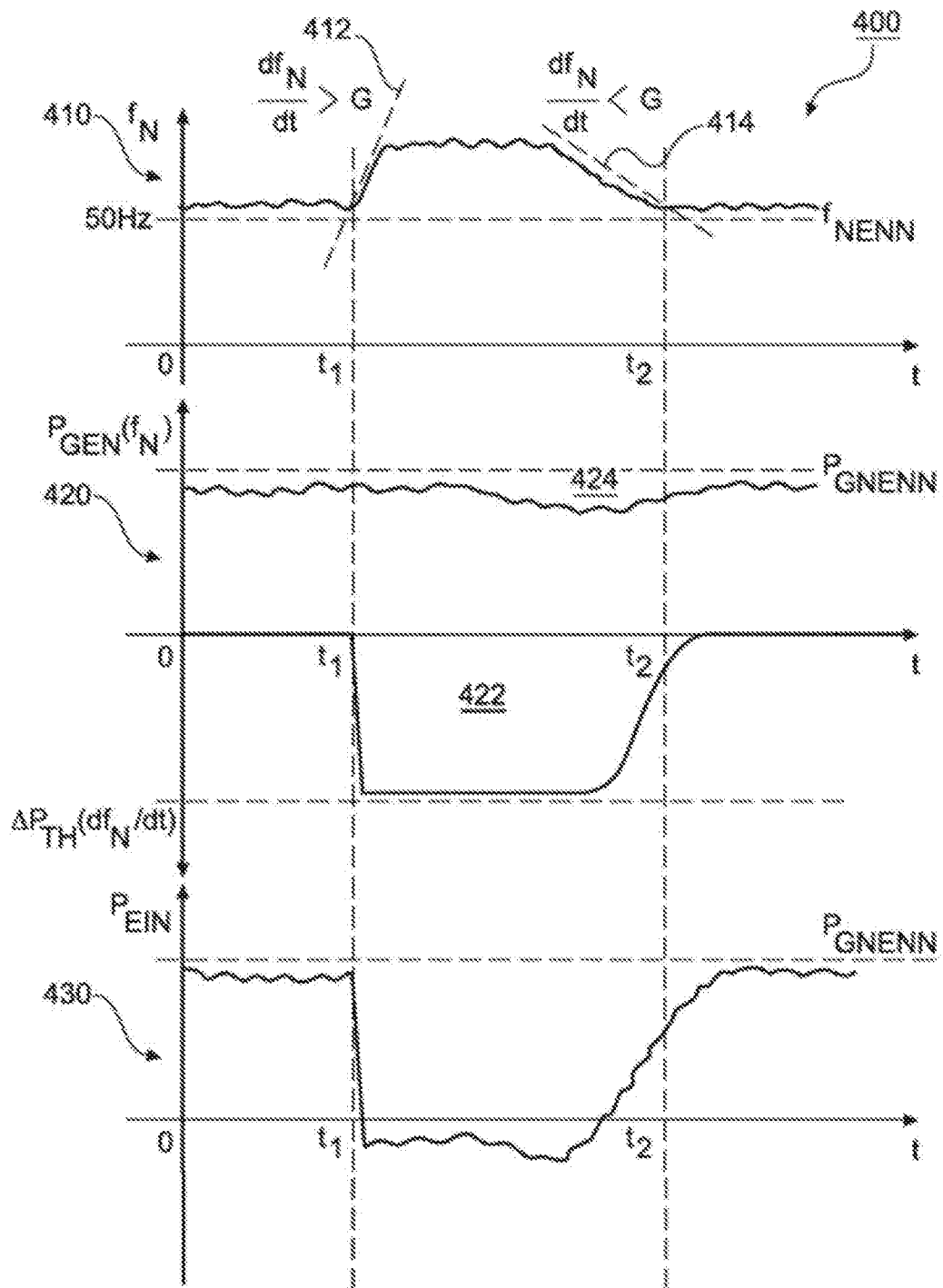


Fig. 4

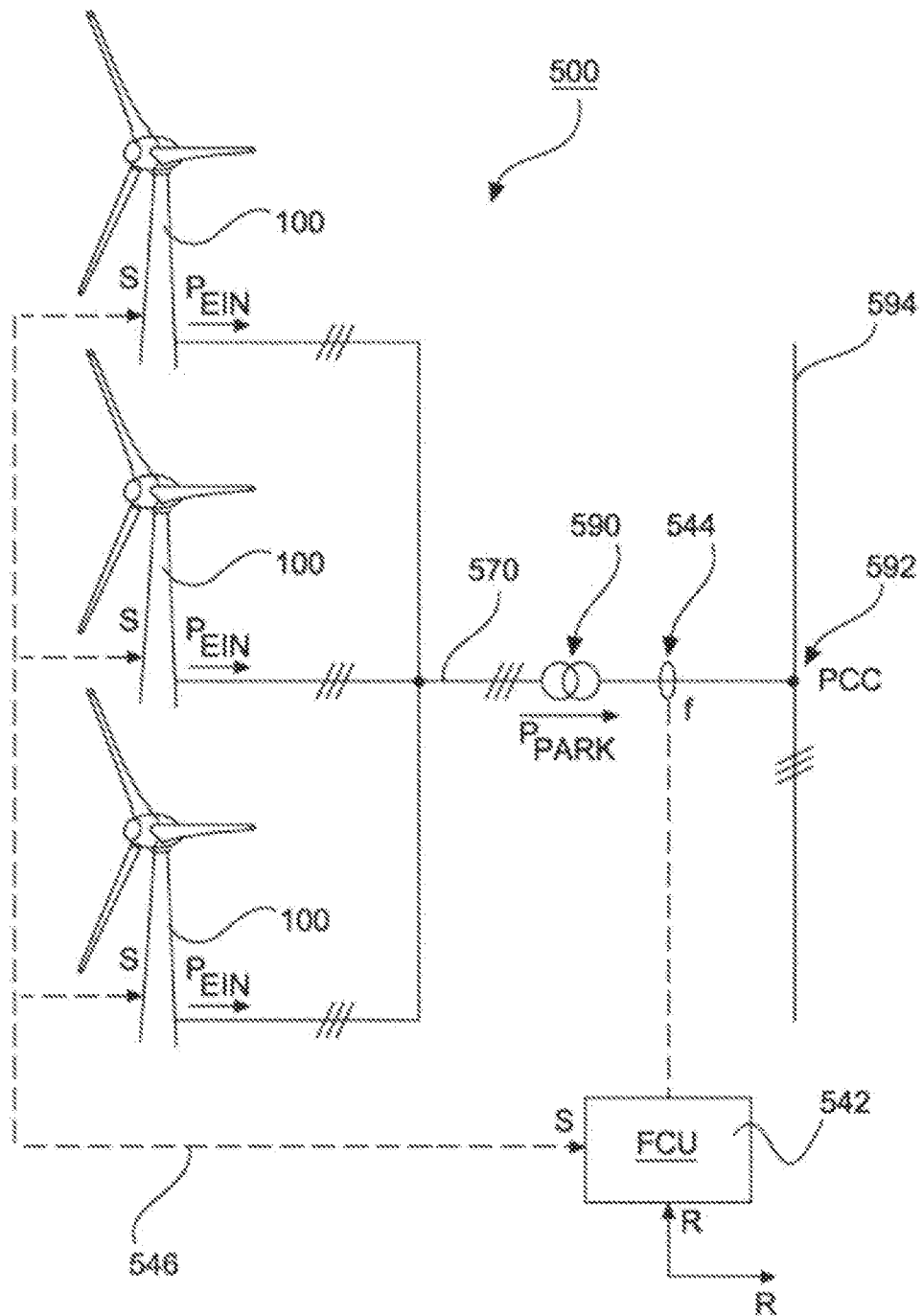


Fig. 5