

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 925 726**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.09.2020** **E 20198301 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.07.2022** **EP 3806261**

54 Título: **Procedimiento para alimentar de una forma definida por la tensión una potencia eléctrica en una red de suministro eléctrico mediante una instalación de energía ólica**

30 Prioridad:

11.10.2019 DE 102019127484

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

19.10.2022

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstraße 26
26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

BROMBACH, JOHANNES;
QUITMANN, ECKARD y
EMANUEL, HANNA

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 925 726 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para alimentar de una forma definida por la tensión una potencia eléctrica en una red de suministro eléctrico mediante una instalación de energía eólica

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para alimentar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico utilizando una instalación de energía eólica. Además, la presente invención se refiere a una instalación de energía eólica correspondiente.

10 Las instalaciones de energía eólica son conocidas. Alimentan energía eléctrica en una red de suministro eléctrico. Por lo general, las instalaciones de energía eólica alimentan de una forma definida por la corriente a una red de suministro eléctrico. Esto significa en particular que centrales eléctricas de gran escala, que también están acopladas a la red de suministro eléctrico y alimentan a la red de suministro eléctrico por medio de generadores síncronos directamente acoplados, especifican la tensión de red de la red de suministro eléctrico. También especifican la frecuencia y la fase de la red de suministro eléctrico, es decir, la frecuencia y la fase de la tensión de red. Tales centrales eléctricas de gran escala especifican la tensión y por lo tanto funcionan de una manera definida por la tensión. Esto se debe especialmente a las propiedades físicas de los generadores síncronos.

20 Se conoce un método genérico, por ejemplo, en el documento WO 2019/120397 A1, que divulga una instalación de energía eólica con un inversor y un chopper dispuesto en el circuito intermedio.

25 Al alimentar, las instalaciones de energía eólica se orientan por esta tensión predeterminado y alimentan una corriente de alimentación eléctrica que se adapta a él. La tensión no juega ningún papel o solo juega en un papel menor. Es posible que se configure o cambie un componente de corriente reactiva para influir en la tensión, pero la tensión no se especifica como el objetivo de regulación principal. Más bien, el nivel de potencia eléctrica en particular se inyecta dependiendo de la cantidad de potencia disponible debido a las condiciones del viento. El cambio de la potencia efectiva solo se considera en situaciones especiales.

30 En el caso de una alimentación definida por la tensión, la especificación de la tensión a alimentar o proporcionar en la red de suministro eléctrico es primordial. La instalación de energía eólica trata de alimentar con un nivel de tensión predeterminado y mantener en la medida de lo posible este nivel de tensión en la red de suministro eléctrico y así proceder de una forma especial. Esto también da como resultado una corriente de alimentación, pero esto es más un medio para un fin.

35 Una alimentación definida por la tensión y una alimentación definida por la corriente son términos técnicos con el significado explicado anteriormente.

40 Hasta ahora, no ha sido habitual alimentar de forma definida por la tensión con instalaciones de energía eólica, porque tal alimentación definida por la tensión en una red de suministro eléctrico controlada por tensión puede estar asociada con altas fluctuaciones en la potencia activa en caso de fluctuaciones de tensión. en la red de suministro eléctrico. Tales fluctuaciones de potencia no son deseables en las instalaciones de energía eólica y además solo están disponibles de forma limitada debido que la fuente de energía primaria es el viento.

45 No obstante, las instalaciones de energía eólica están jugando un papel cada vez más importante en algunos países o en algunas redes de suministro eléctrico y cada vez suministran una mayor proporción de la energía alimentada a la red de suministro eléctrico. Por lo tanto, puede ser deseable que las instalaciones de energía eólica también alimenten energía de manera definida por la tensión o posiblemente incluso sean los únicos alimentadores que alimenten energía de forma definida por la tensión. Esto es particularmente relevante cuando las centrales eléctricas de gran escala convencionales ya no alimenten una red de suministro eléctrico o una sección de red relevante, ya sea de forma permanente o temporal.

50 Otro problema que puede ocurrir cuando se alimenta de forma definida por la tensión por medio de instalaciones de energía eólica es que las fluctuaciones repentinas de tensión en la tensión de red pueden conducir a cambios correspondientemente fuertes y, en particular, también correspondientemente rápidos en la potencia activa alimentada por la instalación de energía eólica. Tales cambios rápidos de potencia pueden conducir a cambios igualmente rápidos en el par del generador de la Instalación de energía eólica. En particular, cambios con forma aproximada de salto en la potencia alimentada pueden conducir a cambios con forma de salto correspondientes o cambios casi con forma de salto en el par de la Instalación de energía eólica, es decir, el par del generador. Dependiendo del tamaño de tal salto de par o incluso un cambio rápido en el par, esto puede conducir a una sobrecarga mecánica o incluso a un peligro mecánico para la instalación de energía eólica.

Por lo tanto, la presente invención se basa en el objeto de abordar al menos uno de los problemas mencionados anteriormente. En particular, se debe crear una solución en la que una instalación de energía eólica pueda suministrar

tensión a la red de suministro eléctrico de forma definida por la tensión sin someter a la instalación de energía eólica a una sobrecarga mecánica. Como mínimo, se debe proponer una solución alternativa a las soluciones previamente conocidas.

- 5 De acuerdo con la invención, se propone un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1. Por lo tanto, el procedimiento se refiere a la alimentación de potencia eléctrica en una red de suministro eléctrico que tiene una tensión de red por medio de una instalación de energía eólica. Se trata de una instalación de energía eólica que dispone de un generador, un rectificador activo, un circuito intermedio de tensión continua con un circuito chopper y un inversor. Con el generador se genera una corriente de generador, en concreto normalmente una corriente de estator. A este
10 respecto, se propone en particular utilizar un generador síncrono como generador. Este puede excitarse externamente o tener imanes permanentes.

Esta corriente de generador generada, es decir, en particular la corriente de estator, se rectifica con un rectificador activo en una corriente continua, que aquí se denomina corriente rectificada, y se introduce en el circuito intermedio de tensión continua, es decir, se alimenta allí. El circuito intermedio de tensión continua absorbe esta corriente rectificada, o la energía que transporta. El rectificador activo también puede denominarse inversor del lado de generador porque establece una relación entre la corriente rectificada y la corriente de generador generada, donde el flujo de energía generalmente solo va del generador al circuito intermedio de corriente continua. Sin embargo, esto también puede ser diferente en situaciones excepcionales. Para evitar confusiones con el inversor del lado de la red,
20 se habla aquí de rectificador activo.

Este rectificador activo rectifica así la corriente de generador generada de forma dirigida y también puede controlar o regular la tensión de circuito intermedio del circuito intermedio de tensión continua. Además, la corriente de generador generada, es decir, en particular, la corriente de estator del generador, también se puede controlar con el rectificador activo. Por lo tanto, el par del generador también se puede controlar, al menos influir, con el rectificador activo. Si el generador está diseñado como un generador síncrono de excitación permanente, el par eléctrico del generador se controla básicamente a través de la corriente de estator y, por lo tanto, del rectificador activo.
25

Un inversor está conectado al circuito intermedio de corriente continua para generar una corriente de alimentación para alimentar la red de suministro eléctrico. Así, este inversor forma un inversor del lado de la red porque está conectado a la red de suministro eléctrico, donde se pueden interconectar elementos adicionales, por ejemplo, un transformador. En la medida en que se hable de un inversor a continuación, generalmente se hace referencia a este inversor del lado de la red, mientras que el inversor del lado de generador mencionado se denomina rectificador activo.
30

Entonces se sugiere que la alimentación se realice de manera definida por la tensión. Por lo tanto, el inversor contrarresta una desviación en la tensión de red de un valor de consigna de tensión adaptando la corriente alimentada. Para este propósito, se puede especificar una tensión de salida en los terminales de salida del inversor y la alimentación definida por la tensión regula esta tensión en los terminales de salida, y esto da como resultado un nivel de corriente, es decir, la corriente de alimentación. Esto da como resultado una corriente debido a la tensión de salida regulada directamente, que también puede describirse como la tensión que se fija en los terminales. En particular, la tensión se regula con precisión estacionaria. Regular la tensión es el principal objetivo de regulación. Una alimentación de forma definida por la tensión se refiere en particular a una alimentación en la que el alimentador, en este caso la Instalación de energía eólica, también registra la tensión de alimentación en términos de su nivel.
35 40

Para este propósito, ahora se propone que el rectificador activo tenga un límite de corriente inferior, que también puede denominarse simplemente límite de corriente o límite de corriente rectificada, para limitar una caída en la corriente rectificada para proteger el generador cuando la tensión de red cambie en amplitud y / o posición de fase. Para la implementación, se puede monitorear el nivel de la corriente rectificada o de la corriente de generador a rectificar, en particular la corriente del estator. Aquí se reconoció, en particular, que un aumento de tensión en la tensión de red o un cambio en el ángulo de la tensión de red, especialmente hacia el ángulo de tensión en los terminales de salida de la instalación de energía eólica, conduce a una reducción de la potencia activa alimentada. Esto tiene un efecto en el circuito intermedio de tensión continua y esto, a su vez, puede conducir a que se reduzca la corriente rectificada. Una reducción excesiva de la corriente rectificada puede evitarse mediante el límite de corriente inferior, que evita sobrecargas mecánicas causadas por un cambio de par demasiado rápido del generador. El límite de corriente inferior limita así también una potencia de generador y también una corriente de generador, en particular una corriente de estator. Con el mismo efecto, la potencia de generador, la corriente de generador o la corriente de estator también pueden estar limitadas por un límite inferior. Esto corresponde a la limitación de la corriente rectificada por el límite de corriente inferior, porque la corriente rectificada también está limitada por éste.
45 50 55

En este caso, se propone que el límite de corriente inferior se establezca y modifique en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica. En particular, esto tiene lugar en función de un punto de funcionamiento del rectificador activo.
60

Un ejemplo ilustrativo, que también describe una realización relevante, es establecer primero el límite de corriente inferior para que sea del 5 al 15%, en particular del 10%, en base a una corriente rectificadora máxima o una corriente rectificadora nominal, que está por debajo de la corriente rectificadora actual, al menos al comienzo de un cambio en la corriente rectificadora de este nivel.

5 El límite de corriente inferior está destinado a evitar un cambio excesivo en el par del generador. Por lo tanto, se propone cambiar el límite de corriente inferior a lo largo del tiempo, particularmente cuando la corriente rectificadora ha alcanzado el límite de corriente inferior, es decir, ha caído en particular al valor actual del límite de corriente inferior. Este límite de corriente inferior del rectificador activo se denomina aquí límite de corriente rectificadora. Sin embargo, 10 una vez que se ha alcanzado, se puede volver a cambiar en particular, a bajar, para permitir una reducción adicional en la corriente rectificadora si es necesario. Solo es importante que la corriente rectificadora no cambie demasiado en un tiempo predeterminado.

15 De manera equivalente, también se puede limitar la corriente de generador, en particular la corriente de estator, lo que puede tener el mismo efecto que limitar la corriente rectificadora, al menos cuando la limitación de la corriente de generador, que es una corriente alterna, se refiere a la componente activa de la corriente de generador generada. En ese sentido, la implementación es más fácil de limitar la corriente rectificadora; limitar la corriente de generador generada de la manera mencionada conduce básicamente al mismo resultado.

20 Además, se propone que el circuito chopper sea controlado de tal forma que disipe el exceso de energía, o parte de él, que se produce en el circuito intermedio de tensión continua debido a la menor limitación de corriente del rectificador activo, fuera de circuito intermedio de tensión continua. Aquí se reconoció en particular que el límite de corriente inferior del rectificador activo, es decir, el límite de corriente rectificadora, puede conducir a que se produzca un exceso de energía en el circuito intermedio de tensión continua. Esta aparición de exceso de energía puede significar en particular 25 que el generador alimenta más energía o más potencia al circuito intermedio de tensión continua que la que alimenta a la red de suministro eléctrico. Esta energía puede ser disipada por el circuito de chopper.

En este caso, el circuito chopper funciona en particular de tal manera que genera una corriente pulsante del circuito intermedio de tensión continua mediante un proceso pulsante mediante la conmutación correspondiente de uno o 30 varios interruptores semiconductores a través de una resistencia chopper. La energía disipada se convierte en calor en la resistencia chopper.

Lo que se puede lograr de esta manera en particular es que también sean posibles cambios de corriente muy fuertes en la corriente activa que se alimenta, para contrarrestar un aumento de la tensión de red, un cambio en el ángulo de 35 fase de red o una aceleración de la frecuencia de red. De esta manera, se puede evitar una sobrecarga mecánica de la instalación de energía eólica, en particular cambios demasiado rápidos en el par del generador. Al mismo tiempo, solo es necesario un pequeño esfuerzo en equipo, posiblemente ningún esfuerzo adicional en equipo, para implementar esta alimentación de forma definida por la tensión. En particular, puede evitarse un acumulador de energía adicional, como bancos de baterías u otros acumuladores de energía eléctrica que vayan más allá de un 40 condensador de circuito intermedio.

De acuerdo con una realización, se propone que el circuito chopper disipe energía del circuito intermedio de tensión continua tan pronto como la tensión de circuito intermedio haya alcanzado una tensión de activación. Por lo tanto, el 45 circuito chopper se puede implementar de manera simple mediante el control de la tensión de circuito intermedio. Si se vuelve demasiado grande, el circuito chopper comienza a disipar energía, lo que también se puede denominar choppear.

Esto funciona en conjunto con un rectificador activo que regula la tensión de circuito intermedio controlando la corriente rectificadora para regular la tensión de circuito intermedio a un valor o rango por debajo de la tensión de activación. En 50 el caso normal, el rectificador activo regula la tensión de circuito intermedio a un valor deseado o al menos a un rango de tensión deseado. Así no se alcanza la tensión de activación y el circuito chopper permanece inactivo.

Sin embargo, se propone además que el procedimiento funcione de tal manera que cuando la corriente rectificadora haya alcanzado el límite de corriente rectificadora y por lo tanto esté limitada, la tensión de circuito intermedio continúe 55 aumentando. Esta luego aumenta hasta que alcanza la tensión de activación. Esto finalmente conduce a que el circuito chopper responda y disipe energía del circuito intermedio de tensión continua.

Se ha reconocido que un circuito chopper está diseñado fundamentalmente para disipar energía de un circuito intermedio de tensión continua. Si el circuito intermedio de tensión continua alcanza la tensión de activación, comienza 60 esta disipación de la energía y también contrarresta un aumento adicional en la tensión de circuito intermedio en el circuito intermedio de tensión continua.

Mediante el rectificador activo preferido, que regula la tensión de circuito intermedio, la tensión de circuito intermedio puede mantenerse básicamente en el valor de tensión deseado o en el rango de tensión deseado, es decir, el rango de tensión, sin ninguna pérdida de energía. Esta es una buena base para que el inversor del lado de red suministre energía eléctrica a la red de suministro eléctrico.

Sin embargo, se reconoció que este rectificador activo, que por lo demás es ventajoso, puede conducir a una carga mecánica en el generador en el caso de la alimentación definida por la tensión. Debido a la alimentación definida por la tensión, los cambios de tensión correspondientes en la tensión de red pueden provocar cambios correspondientemente rápidos y fuertes en la potencia activa alimentada. Esto se nota en el circuito intermedio de tensión continua y el rectificador activo intenta corregirlo. Por tanto, si se reduce la potencia activa alimentada, se reduce la corriente de alimentación o el componente activo de la corriente de alimentación. Al regular la tensión de circuito intermedio, el rectificador activo también reduce la corriente rectificadora y, por lo tanto, también la corriente de generador o corriente de estator. Esto conduce a una reducción correspondiente del par del generador. Si estos procesos tienen lugar rápidamente, es decir, en particular bruscamente, entonces también se produce una modificación correspondientemente rápida o brusca del par del generador.

El circuito chopper no puede evitar esto y permanece inactivo porque el rectificador activo regula la tensión de circuito intermedio y por tanto no se alcanza la tensión de activación.

Este problema ha sido reconocido y, por lo tanto, se propone que la corriente rectificadora esté limitada, concretamente por un límite de corriente rectificadora inferior. La corriente rectificadora y por lo tanto la corriente de generador generada o la corriente de estator, gracias al límite de corriente rectificadora inferior no puede caer tanto como lo haría de otro modo debido al cambio en la potencia activa alimentada. Por lo tanto, el generador genera más potencia y, por lo tanto, más energía de la que se alimenta a la red de suministro eléctrico debido a la reducción de la potencia activa alimentada. La energía en el circuito intermedio de tensión continua aumenta, y con ella la tensión de circuito intermedio, hasta alcanzar la tensión de activación. El límite de corriente rectificadora propuesta conduce así a este aumento de la tensión de circuito intermedio y por tanto a la activación del circuito de chopper. Esto da como resultado una interacción entre el rectificador activo y el circuito de chopper. Esta interacción es tal que el rectificador activo evita que el par del generador cambie demasiado, mientras que el circuito chopper disipa el exceso de energía que se produce.

De acuerdo con una realización, se propone que el circuito chopper tenga un droop de chopper que indique una relación entre un valor de tensión de circuito intermedio que excede la tensión de activación y una potencia a disipar del circuito intermedio de tensión continua, que se denomina aquí como potencia chopper. En particular, el droop de chopper puede tener esta relación como una relación lineal. Cuanto más se exceda la tensión de activación por la tensión de circuito intermedio, más potencia disipará el circuito chopper.

De este modo se puede lograr que la tensión de circuito intermedio pueda superar la tensión de activación y pueda aumentar aún más. La medida en que la tensión de circuito intermedio está entonces por encima de la tensión de activación permite sacar una conclusión sobre cuánta potencia está disipando el circuito chopper en ese momento. Entonces, por ejemplo, el inversor del lado de red puede controlar la potencia activa alimentada en función de la tensión de circuito intermedio, en particular dependiendo del valor de tensión en el que la tensión de circuito intermedio supera la tensión de activación, o adaptar la tensión de salida en términos de amplitud, posición de fase y frecuencia de tal manera que la potencia activa se adapte en consecuencia.

Por ejemplo, es posible que un aumento repentino de la tensión de red o un cambio repentino de la fase de red provoque una reducción repentina de la potencia activa alimentada, lo que a su vez puede haber provocado una limitación a la baja de la corriente rectificadora, con el resultado de que la tensión de circuito intermedio aumenta y el circuito chopper se activa. Si la tensión de la red vuelve a cambiar repentinamente, esto provocaría un aumento repentino de la potencia activa alimentada. Esto también puede conducir a una sobrecarga en el generador si este aumento brusco de la potencia tiene un efecto que llega hasta el generador, es decir, hasta su par. En este caso, se podría limitar este aumento de potencia de la potencia activa alimentada. Sin embargo, si se puede ver que el circuito chopper está disipando un alto nivel de potencia, entonces la limitación indicada del aumento de la potencia activa alimentada puede ser innecesaria o puede ser menor. Al menos, la potencia activa alimentada podría incrementarse fácilmente en la cantidad en la que el circuito chopper disipa potencia activa del circuito intermedio de tensión continua.

En la práctica, esto sólo puede significar que el inversor del lado de red puede aumentar su potencia activa alimentada tanto más, en particular bruscamente, cuanto mayor sea la tensión de circuito intermedio.

De acuerdo con una realización, se propone que

- se proporcione una regla de regulación, en particular un droop de regulación, para regular la tensión de circuito intermedio, y la regla de regulación se componga de

- una regulación de rectificador, en particular un droop de rectificador, y una regulación de chopper, en particular un, o el, droop de chopper, donde

5 - la regulación de rectificador especifique una relación entre la tensión de circuito intermedio y la corriente rectificadora a ser ajustada por el rectificador activo, de forma que

 - la corriente rectificadora a ajustar decrezca a medida que aumente la tensión de circuito intermedio, en particular decrezca linealmente, hasta que la corriente rectificadora alcance el límite de corriente inferior, y

10 - la corriente rectificadora a ajustar se mantenga en este límite de corriente inferior a medida que la tensión de circuito intermedio continúe aumentando, y

 - la regulación de chopper especifique una relación entre la tensión de circuito intermedio y una, o la, potencia de chopper o a disipar del circuito intermedio mediante el circuito chopper, de forma que

15 - la potencia del chopper aumente con el aumento de la tensión de circuito intermedio tan pronto como la tensión de circuito intermedio supera una, o la, tensión de activación, donde

20 - el límite de corriente inferior y/o la tensión de activación puedan modificarse y, en particular, puedan modificarse en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica.

La regulación de circuito intermedio se forma así a partir de una interacción de la regulación de rectificador y la regulación de chopper. Tanto la regulación de rectificador como la regulación de chopper pueden diseñarse como droops, en los que la relación entre la tensión de circuito intermedio y la corriente rectificadora o la tensión del circuito intermedio y la potencia de chopper son lineales, es decir, cada uno es una línea recta con una pendiente predeterminada, al menos en secciones.

En cualquier caso, la regulación de rectificador controla la corriente rectificadora a ajustar en función de la tensión de circuito intermedio, es decir, de tal forma que cuanto mayor sea la tensión de circuito intermedio, menor será la corriente rectificadora. Hasta el límite de corriente inferior. Esto también controla la potencia de generador y, por lo tanto, también el par del generador. El par del generador se puede limitar mediante el límite de corriente inferior, o se puede limitar una caída excesiva en el par del generador. Alternativamente, la regulación de rectificador también puede controlar la potencia de generador directamente en lugar de la corriente rectificadora y especificar correspondientemente un límite de potencia más bajo. Esto es equivalente.

35 Si la tensión de circuito intermedio sigue aumentando a continuación, la corriente rectificadora o la potencia de generador ya no se reducen y, por lo tanto, ya no se contrarresta el aumento adicional de la tensión de circuito intermedio. La regulación de chopper ahora puede tomar el control y disipar la potencia del circuito intermedio como potencia de chopper, para contrarrestar un aumento adicional en la tensión de circuito intermedio. Dado que la potencia de chopper es potencia disipada, esta, es decir, su cantidad, aumenta a medida que la tensión de circuito intermedio sigue aumentando, siempre que la tensión de circuito intermedio supere la tensión de activación. Si la tensión de circuito intermedio está por debajo de la tensión de activación, el circuito chopper permanece inactivo.

45 Sin embargo, dado que el par del generador no debe limitarse absolutamente, sino sólo un cambio demasiado rápido y demasiado grande, se propone hacer que el límite de corriente inferior y la tensión de activación sean variables, en particular hacerlos dinámicamente variables.

50 Esto debería depender, si es posible, de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica, en particular de la corriente rectificadora. Como resultado, el límite de corriente inferior puede seguir la corriente rectificadora, pero de tal manera que todavía sean posibles cambios en la corriente rectificadora, aunque dentro de los límites. No solo se ajusta en consecuencia el comportamiento de la regulación de rectificador, sino también el de la regulación de chopper.

Ahora se ha reconocido que la regulación de rectificador y la regulación de chopper se pueden adaptar ventajosamente si la tensión de activación se ajusta en función del límite de corriente inferior, en particular si lo sigue aproximadamente. Se reconoció que la potencia de generador y, por lo tanto, el par del generador pueden limitarse dinámicamente a través del límite de corriente inferior, pero que la regulación de chopper puede adaptarse a esto cambiando la tensión de activación.

En particular, se sugiere que

60 - el límite de corriente inferior y la tensión de activación se modifiquen en función uno del otro, en particular de tal manera que

- la tensión de activación se ajuste en función del límite de corriente inferior y también cambie cuando cambie el límite de corriente inferior, y / o

- la tensión de activación se ajuste a un valor de referencia de circuito intermedio que alcanza la tensión de circuito intermedio cuando la corriente rectificada ha descendido hasta el límite de corriente, y / o la tensión de activación se ajuste en función del valor de referencia de circuito intermedio, en particular para un valor que se desvía menos del 5% del valor de referencia de circuito intermedio.

Debido al límite de corriente inferior, especialmente en el caso de una relación lineal en la regulación de rectificador, resulta una tensión de circuito intermedio asociada, que se denomina aquí valor de referencia de circuito intermedio. La tensión de activación se puede ajustar a este. El resultado de esto es que la regulación de la tensión de circuito intermedio cambia del control de la regulación de rectificador a la regulación de chopper cuando la tensión del circuito intermedio excede el valor de referencia del circuito intermedio. Para ello, la tensión de activación se ajusta al valor de referencia del circuito intermedio, pero puede desviarse ligeramente de este, que aquí se estima en un 5 %. En particular, se prevé que sea hasta un 5% superior al valor de referencia del circuito intermedio.

Según un modo de realización, se propone que el límite de corriente inferior del rectificador activo esté configurado como una función dinámica dependiente de la corriente rectificada actual. Por lo tanto, el límite de corriente inferior no es un valor fijo, sino que depende de la corriente rectificada actual, es decir, el valor actual de corriente rectificada. Aquí se reconoció particularmente que no es importante una limitación absoluta de la corriente rectificada, sino que debe evitarse un cambio excesivo.

En particular, el límite de corriente inferior del rectificador activo está configurado para que, en el caso estacionario, esté por debajo de la corriente rectificada actual por una diferencia de déficit y, en el caso de una caída en la corriente rectificada, se sigue la corriente rectificada menos la diferencia de déficit con una función dinámica. En el caso estacionario, el límite de corriente inferior del rectificador activo está por debajo de la corriente rectificada actual. Si la corriente rectificada cambia repentinamente porque la tensión de la red ha cambiado repentinamente y el inversor del lado de red reacciona con un cambio repentino de potencia, la corriente rectificada también puede cambiar de forma inmediata, rápida y abrupta. En este sentido, el límite de corriente rectificada no impide la dinámica de esta reacción de red.

Este cambio rápido, que también está permitido para la corriente rectificada y por tanto para la corriente de generador generada o la corriente de estator, está aun así limitado, a saber, en su amplitud errática, por la diferencia de déficit. Por lo tanto, la corriente rectificada puede caer espontáneamente por la diferencia de déficit por defecto como máximo.

Si la corriente rectificada cae, en particular por la diferencia de déficit, el límite de corriente inferior del rectificador activo se adapta a esto, pero no inmediatamente, sino con una función dinámica. Aquí está especialmente previsto que la función dinámica tenga un comportamiento de paso bajo, en particular un comportamiento PT1, es decir un comportamiento de acuerdo con un elemento de retardo de primer orden.

El siguiente ejemplo se da como una explicación. Si la potencia alimentada cae repentinamente en un 50%, por ejemplo, la corriente rectificada también querría caer en un 50%. Si, por ejemplo, se establece un valor del 10 % como diferencia de déficit, basado en un valor nominal de la corriente rectificada, la corriente rectificada puede disminuir inmediatamente en un 10 %, porque el límite de corriente inferior del rectificador activo está inicialmente en un valor del 10% por debajo del valor inicial de la corriente rectificada. La corriente rectificada ahora está un 10% por debajo de su valor inicial y quiere disminuir aún más. Ahora comienza el seguimiento con la función dinámica. Aquí, por ejemplo, se puede suponer que la función dinámica tiene un comportamiento PT1. Esta función dinámica ahora ajusta el límite de corriente inferior del rectificador activo a la corriente rectificada actual menos la diferencia de déficit. Por lo tanto, lleva el límite de corriente inferior con un comportamiento de PT1 del 10 % por debajo del valor inicial al 20 % por debajo del valor inicial.

Sin embargo, dado que la corriente rectificada quiere caer aún más, sigue este límite de corriente inferior, que se sigue con el comportamiento del filtro de paso bajo. Esto significa que el valor formado por el valor actual de corriente rectificada menos la diferencia de déficit también cae. Por lo tanto, el límite de corriente inferior es seguido por el comportamiento de PT1 a un valor continuamente descendente. Esto da como resultado una pendiente constante con la que cae el límite de corriente inferior.

Este comportamiento cambia cuando la corriente rectificada ha alcanzado el valor final asumido arriba de un 50% por debajo de su valor inicial. La corriente rectificada entonces ya no sigue descendiendo y el límite de corriente inferior es guiado desde este valor del 50% por debajo del valor inicial según un comportamiento PT1 al valor final del 60 % por debajo del valor inicial de la corriente rectificada.

Sin embargo, el límite de corriente inferior se comporta preferiblemente de manera diferente cuando la corriente rectificadora aumenta de nuevo. Por ejemplo, el comportamiento se puede diseñar de manera similar, pero con una constante de tiempo mucho más baja que el comportamiento de PT1. Idealmente, cuando la corriente rectificadora aumenta, el límite de corriente inferior sigue inmediatamente al valor compuesto por la corriente rectificadora actual menos la diferencia de déficit. Esto se propone preferiblemente para evitar que la corriente rectificadora vuelva a aumentar, pero el límite de corriente inferior no se sigue lo suficientemente rápido debido al comportamiento de PT1, luego la corriente rectificadora cae repentinamente nuevamente y de repente está a una distancia mayor del límite de corriente inferior que la diferencia de déficit. Por lo tanto, cuando la corriente rectificadora aumenta, no se debe usar esta dinámica, sino una dinámica significativamente más rápida o ninguna dinámica, sino un seguimiento inmediato de este valor actual de corriente rectificadora menos la diferencia de déficit.

De acuerdo con una realización, se propone que el inversor, es decir, el inversor del lado de red, tenga un límite de corriente de inversor superior para limitar un aumento en la corriente de alimentación para proteger el generador cuando hay una caída de tensión en la tensión de red. En principio, la corriente de alimentación puede estar compuesta por una componente activa y una reactiva, pero aquí solo es importante la componente activa y, en este sentido, la corriente de alimentación también puede entenderse como la corriente activa alimentada o que el aumento de la corriente de alimentación solo incluye la componente activa. En otras palabras, se propone que el aumento de la corriente activa alimentada o el aumento de la parte activa de la corriente alimentada estén limitados por arriba.

Aquí se reconoció especialmente que, en el caso de una caída de tensión en la tensión de red, se puede limitar la sobrecarga mecánica en la instalación de energía eólica, es decir, en particular se puede limitar el par del generador limitando la corriente de alimentación. Aquí también está permitido en principio un aumento de la corriente de alimentación, incluso bruscamente, pero sólo hasta un valor predeterminado.

Este límite de corriente de inversor superior se ajusta y modifica preferiblemente en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica, en particular en función de un punto de funcionamiento del inversor y / o en función de un punto de funcionamiento de la tensión de circuito intermedio. En particular, se propone que el límite de corriente de inversor se ajuste y cambie en función de la corriente de alimentación. Aquí también se puede considerar un cambio dinámico, y se reconoció que, en particular, un aumento repentino debería ser limitado. De esta manera, se puede permitir un aumento adicional, siempre que no sea demasiado brusco o demasiado pronunciado.

Además, o como alternativa, también se puede tener en cuenta la tensión de circuito intermedio. Si es alta, se puede seleccionar un límite de corriente de inversor mayor, por lo que se puede permitir un cambio mayor en la corriente de alimentación y, por lo tanto, en la potencia activa alimentada. Como ya se ha explicado anteriormente, se puede tener en cuenta aquí que, dada una alta tensión de circuito intermedio, un aumento de la alimentación de potencia inicialmente sólo conduce a una reducción de la potencia disipada por el circuito chopper hasta que desaparece. Esto no conduce a una sobrecarga de par y, por lo tanto, no es necesario limitarlo. Por lo tanto, el límite de corriente de inversor superior puede tener esto en cuenta y ser correspondientemente más alto.

Preferiblemente, se propone que el límite de corriente de inversor superior esté diseñado como una función dinámica dependiendo de la corriente de alimentación actual. Por lo tanto, no es fijo, sino que se adapta a la corriente de alimentación actual.

En particular, el límite de corriente de inversor está diseñado de tal manera que, en el caso estacionario, está por encima de la corriente de alimentación de corriente por una diferencia de superávit. En cualquier caso, es posible inmediatamente un aumento de la corriente de alimentación y, por lo tanto, un aumento de la potencia activa alimentada, pero solo hasta este valor de la diferencia de superávit.

En caso de un aumento de la corriente de alimentación, el límite de corriente de inversor realiza un seguimiento de la corriente de alimentación más la diferencia de superávit con una función dinámica. Aquí también, al igual que con el límite de corriente inferior del rectificador activo, se propone una función dinámica que tenga un comportamiento de filtro paso bajo, en particular un comportamiento PT1. La explicación dada para el límite de corriente inferior del rectificador activo se aplica aquí a un aumento en la corriente de alimentación. Aquí, también, se sugiere que, si la corriente de alimentación cae, no haya seguimiento mediante el mismo comportamiento PT1, sino seguimiento con dinámica rápida o seguimiento directo sin comportamiento dinámico.

La diferencia de superávit depende preferentemente de la tensión de circuito intermedio. En particular, puede estar formado por un valor que depende de la tensión de circuito intermedio y otro valor que puede especificarse de forma fija, por ejemplo. En particular, se propone que la diferencia de superávit dependa de un valor de superávit por el cual la tensión de circuito intermedio supera la tensión de activación. Por lo tanto, la tensión de activación es la tensión a la que el circuito chopper responde y disipa potencia. Cuanto mayor sea la tensión de circuito intermedio por encima de esta tensión de activación, mayor será la diferencia de superávit que se puede seleccionar.

La diferencia de superávit se compone preferiblemente de un primer y un segundo valor parcial. El primer valor parcial depende del inversor y/o puede especificarse, y el segundo valor parcial depende de la tensión de circuito intermedio. El segundo valor parcial es preferiblemente proporcional a un valor de superávit en el que la tensión de circuito intermedio supera la tensión de activación.

5

De acuerdo con una realización, se propone que un aumento en la potencia activa alimentada se limite a un valor en el rango de 5% a 20% por encima de la potencia activa alimentada, en base a la potencia activa alimentada o en base a un valor nominal de la potencia de la instalación de energía eólica. Al mismo tiempo, se propone que se permita una reducción de la potencia activa alimentada hasta un valor del -100% en relación a la potencia activa alimentada o en relación a la potencia nominal de la instalación de energía eólica. Por lo tanto, la potencia activa puede aumentarse entre un 5 y un 20 %, o puede reducirse hasta el punto de que la instalación de energía eólica tome potencia activa de la red de suministro eléctrico, es decir, hasta el valor que había alimentado o incluso hasta al valor que corresponda a su potencia nominal.

10

15

Aquí se reconoció especialmente que una alimentación definida por la tensión también es posible sin un gran acumulador de energía, es decir, sin una estación de batería, si se establecen los límites apropiados. Se reconoció que un aumento de la potencia activa sólo es posible en menor medida, mientras que una gran reducción de la potencia activa alimentada también es posible sin este gran acumulador de energía. Esta reducción puede llegar incluso a que se tome de la red de suministro eléctrico potencia activa equivalente a la potencia nominal de la planta de energía eólica. Mediante las medidas descritas se evita una sobrecarga mecánica de la instalación de energía eólica.

20

25

De acuerdo con la invención, también se propone una instalación de energía eólica. Esta instalación de energía eólica está configurada como se explicó anteriormente en relación con las explicaciones del procedimiento de alimentación. En este caso, la instalación de energía eólica dispone de un controlador de instalación que está preparado para el correspondiente control de la alimentación. Para ello, el control de la instalación puede tener un procesador correspondiente, que puede controlar en particular el inversor del lado de red, el circuito chopper y/o el rectificador activo.

30

En particular, se propone preparar la instalación de energía eólica, en particular preparar su controlador de instalación, para realizar un procedimiento según uno de los modos de realización descritos anteriormente.

La invención se explica con más detalle a continuación sobre la base de realizaciones con referencia a las figuras adjuntas.

35

Figura 1 muestra una instalación de energía eólica en una vista en perspectiva.

Figura 2 muestra esquemáticamente una trayectoria de potencia eléctrica de una instalación de energía eólica desde el generador hasta la red de suministro eléctrico.

40

Figura 3 muestra un diagrama con dos diagramas parciales para explicar el procedimiento propuesto para aumentar la corriente de alimentación.

45

Figura 4 muestra un diagrama con dos diagramas parciales para explicar el procedimiento propuesto para una reducción de la corriente de alimentación.

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica 100 con una torre 102 y una góndola 104. En la góndola 104 está dispuesto un rotor 106 con tres palas de rotor 108 y un spinner 110. Durante el funcionamiento, el viento hace girar el rotor 106 y, por lo tanto, acciona un generador en la góndola 104.

50

La instalación de energía eólica 100 tiene un generador eléctrico 101 que está indicado en la góndola 104. La potencia eléctrica se puede generar por medio del generador 101. Para la alimentación de potencia eléctrica está prevista una unidad de alimentación 105, que puede estar configurada especialmente como inversor. De este modo se puede generar una corriente de alimentación trifásica y / o una tensión de alimentación trifásica según amplitud, frecuencia y fase, para alimentar en un punto de conexión a la red PCC. Esto se puede hacer directamente o junto con otras instalaciones de energía eólica en un parque eólico. Se proporciona un controlador de instalación 103 para controlar el sistema de energía eólica 100 y también la unidad de alimentación 105. El controlador de instalación 103 también puede recibir valores predeterminados desde el exterior, en particular desde una computadora central del parque.

55

60

La Figura 2 muestra la trayectoria de potencia de la potencia eléctrica. Comienza con el generador 201, que puede estar configurado como generador síncrono y que produce una corriente alterna, en particular una corriente de estator, como corriente de generador I_G . La corriente de generador I_G se rectifica a través del rectificador activo 202 y se aplica a un circuito intermedio de tensión continua 204 como corriente rectificada I_{DC} . Como resultado, también se controla

la corriente de generador I_G , en particular la corriente de estator. Esto también puede controlar la corriente I_G de un generador que alimenta energía al generador cuando se consume energía eléctrica de la red de suministro eléctrico.

El circuito intermedio de tensión continua 204 tiene un condensador de circuito intermedio 206, que también puede denominarse condensador de filtrado. Además, un circuito chopper208 está conectado al circuito intermedio de tensión continua 204, y este puede disipar potencia eléctrica, y, por tanto, energía eléctrica fuera del circuito intermedio de tensión continua.

Un inversor 210 del lado de red genera una corriente de alimentación como corriente alterna a partir del circuito intermedio de tensión continua 204 para alimentar así potencia eléctrica, es decir, potencia activa, a la red de suministro eléctrico 212. También se dispone un transformador 214 entre el inversor 210 y la red de suministro eléctrico 212.

La instalación de energía eólica, en particular el inversor del lado de la red 210, trabaja de forma definida por la tensión, en particular formando una red.

Aquí, el rectificador 202, junto con el circuito chopper208, regula el circuito intermedio de tensión continua, es decir, la tensión del circuito intermedio. Esta regulación puede denominarse regulación de circuito intermedio 216. El rectificador 202 regula la tensión de circuito intermedio, que incluye un límite de corriente inferior para la corriente rectificadora. Si se alcanza el límite de corriente inferior, el rectificador 202 ya no puede mantener la tensión de circuito intermedio y el circuito de corte 208 puede asumir entonces la regulación de la tensión de circuito intermedio. Por tanto, el rectificador 202 y el circuito chopper208 regulan conjuntamente la tensión de circuito intermedio. Esto difiere de una variante en la que el rectificador solo regula la tensión de circuito intermedio sin un límite de corriente inferior o con un límite de corriente inferior mucho más alto.

Además, se implementa un límite de corriente dinámico 218 en el inversor 210, que evita saltos demasiado grandes en la corriente de alimentación, para evitar así grandes saltos de par en el generador.

La figura 3 muestra dos diagramas parciales que explican al menos parte del modo de funcionamiento del procedimiento propuesto.

El diagrama superior muestra un perfil de tiempo de una corriente de alimentación I_{Net} alimentada a la red de suministro eléctrico y un par asociado M_{Gen} para una situación de ejemplo.

En la situación del ejemplo, se supone que se produce un gran pico de corriente en el lado de la red por encima de una corriente de alimentación. Para ello se prevé un límite de corriente inferior 302, que se alcanza mediante la corriente de alimentación y que puede estar, por ejemplo, un 10% de la corriente nominal I_N por encima de la corriente de alimentación actual. En este ejemplo, el pico máximo de corriente, potencia y par en la dirección positiva es del 10 %. Por lo tanto, el límite de corriente dinámico solo permite un pico de par correspondiente al límite menos la corriente actual. Por lo tanto, este límite de corriente 302 puede desplazarse, lo que se indica mediante la doble flecha. El pico comienza en el momento t_2 y finaliza en el momento t_3 , y en el medio hay una potencia de corrección P_A , que es efectiva para el período intermedio que se indica con una flecha doble, incluso si su nivel es limitado. Puede así regularse, pero sin sobrecargar, la instalación de energía eólica.

La limitación también puede tener lugar a través de un droop de la regulación de circuito intermedio. El inversor que define la tensión del lado de red limitaría así la corriente de alimentación cuando la tensión del circuito intermedio colapsa. Reconocería así su limitación de corriente a través de la tensión de circuito intermedio.

Después del salto de par, los límites se acercan al punto de funcionamiento actual a través de una característica PT1. La característica de deceleración resulta de la sobrecarga mecánica admisible.

El diagrama parcial inferior de la figura 3 muestra cómo se puede implementar el procedimiento por medio de un droop ajustado apropiadamente. El droop especifica una relación, especialmente una relación lineal, entre una variable de entrada y una variable de salida. Aquí se utiliza como base un droop de rectificador 320, que determina una relación entre la tensión de circuito intermedio U_{ZK} y la potencia de generador P_{Gen} . Se muestra como líneas continuas. Aquí, en aras de la simplicidad, el droop de rectificador se muestra a un nivel ligeramente por encima del eje de coordenadas, lo que marca un valor normal o medio. En el caso de tensiones de circuito intermedio bajas, la potencia del generador P_{Gen} se incrementa correspondientemente de acuerdo con el droop de rectificador 320 hasta un valor máximo.

En el ejemplo que se muestra, todavía no hay picos de corriente ni saltos de corriente en el momento t_1 . Para una mejor orientación, los puntos en el tiempo de la parte superior del diagrama se muestran en la parte inferior del diagrama como puntos de funcionamiento de la regulación de tensión continua. En el momento t_1 , es decir, en

funcionamiento normal, el punto de funcionamiento correspondiente se encuentra en un borde del droop del rectificador, es decir, del droop de rectificador 320. El rectificador regula así la tensión de circuito intermedio.

El pico de corriente se produce en el tiempo t_2 , que puede desencadenarse por un salto de fase en la tensión de red, lo que reduce la tensión de circuito intermedio, lo que cambia el punto de funcionamiento. Como resultado, la potencia del generador P_{Gen} aumenta hasta el valor máximo de acuerdo con el droop de rectificador 320. Esto se adapta al límite de corriente del inversor del lado de red.

El droop de chopper 330, que también se dibuja y se muestra como líneas discontinuas, no se usa en este ejemplo porque la tensión de circuito intermedio cae por debajo de su valor nominal y, por lo tanto, no activa el circuito de chopper. El droop de rectificador 320 y también el droop de chopper 330 se pueden cambiar dinámicamente y representan aquí una regulación de rectificador o una regulación de chopper. Para este propósito, se propone particularmente para el droop de rectificador 320 que se pueden cambiar sus valores finales. Esto se indica mediante la primera y la segunda flecha doble de cambio 322 y 324.

En este caso, el valor final inferior de droop de rectificador 320 forma un límite de potencia inferior 325, que puede implementarse mediante un límite de corriente inferior, o viceversa. Este límite de potencia inferior 325 se puede cambiar dinámicamente, lo que se indica mediante la doble flecha de cambio 324. El flanco del droop de rectificador 320 se extiende hasta el valor de referencia de circuito intermedio 326 de la tensión de circuito intermedio U_{ZK} . El valor de referencia de circuito intermedio 326 también cambia dependiendo del valor al que se establece el límite de potencia 325. El droop de chopper 330 se puede ajustar en consecuencia ajustando la tensión de activación 332 al valor de referencia de circuito intermedio 326. Esto se puede ver en la figura 3 ya que el droop de chopper 330 alcanza la abscisa, es decir, la línea cero, en el valor de referencia de circuito intermedio 326.

Alternativamente, se puede prever una tensión de activación fija 332', que se fija en un valor por encima del valor de referencia de circuito intermedio 326 y también por encima de una tensión nominal de la tensión de circuito intermedio U_{ZK} .

Las explicaciones del esquema inferior son idénticas para la figura 4, excepto las explicaciones de los puntos de funcionamiento. El droop de chopper 330, que se explicó anteriormente con respecto a la figura 3, todavía no tiene ningún efecto para la situación operativa de la figura 3. Por lo tanto, a continuación, se muestra una situación de funcionamiento en relación con la figura 4 en la que el droop de chopper 330 muestra su efecto, en particular en interacción con el droop de rectificador 320.

La figura 4 muestra así una situación de funcionamiento en la que la potencia alimentada, es decir, la potencia activa, disminuye bruscamente. Esto se denomina aquí salto de carga negativa. El funcionamiento normal todavía está presente en el momento t_1 y, como en la fig. 3, el momento t_1 está en un flanco del droop de rectificador 320, que se muestra aquí mediante tres líneas continuas. El droop de rectificador 320 y también el droop de chopper 330 son idénticos aquí a los de la figura 3 porque la presente figura 4 muestra solo una situación de funcionamiento diferente, pero ninguna regulación modificada.

En el momento t_2 se produce la caída brusca de la potencia alimentada y, por tanto, de la corriente de alimentación I_{Net} , es decir, el salto de carga negativo. Esto aumenta la tensión de circuito intermedio U_{ZK} . Como resultado, el punto de operación cambia a lo largo del droop de rectificador 320. Sin embargo, a medida que aumenta la tensión de circuito intermedio, el droop de rectificador 320 cae solo hasta el límite de potencia 325 para alcanzar así un valor límite para la potencia de generador asociada. Aquí también se muestra el límite de potencia 325 por encima del eje de coordenadas que caracteriza el valor de potencia cero.

El rectificador lleva así la corriente rectificadora y por tanto finalmente la potencia de generador a la caída de tensión de circuito intermedio sólo hasta alcanzar la rama horizontal derecha del droop de rectificador, es decir, hasta alcanzar el límite de potencia 325. El par del generador cae algo, pero no completamente.

Sin embargo, el punto de funcionamiento, o un punto de funcionamiento, se encuentra en el droop de chopper 330 y desciende aún más con él a medida que aumenta la tensión de circuito intermedio. La tensión de activación 332 se ajusta aquí al valor de referencia de circuito intermedio 326.

En consecuencia, el circuito chopper disipa potencia del circuito intermedio. Como resultado, se podía limitar el par de generador, pero no era necesario limitar una caída adicional en la potencia alimentada. Esto se ilustra con la representación de la corriente de alimentación I_{Net} . El par de generador M_{Gen} y la corriente de alimentación I_{Net} se muestran normalizados a sus valores nominales en la parte superior del diagrama, por lo que tendrían que estar aproximadamente uno encima del otro sin la limitación de par descrita.

En el caso de saltos de carga negativos, el pico de par está limitado por límites dinámicos en el droop de regulación de circuito intermedio.

El droop de chopper 330 también se puede cambiar dinámicamente para hacerse cargo de potencia adicional. En particular, se propone que la tensión de activación 332 siga el valor de referencia de circuito intermedio 326, como resultado de lo cual se sigue un cambio en el límite de potencia 325, es decir, un cambio en el límite de corriente inferior. Por supuesto, el droop de chopper 330 se ajusta en consecuencia desplazando flanco, lo que se indica mediante la flecha doble 338. Un cambio en el límite de potencia inferior de acuerdo con la flecha de cambio 324 conduce a un cambio en el droop de chopper de acuerdo con la flecha doble 338.

Corregido en la figura 4, el inicio del droop de chopper 330, que también puede denominarse curva característica de chopper, comienza naturalmente en el punto cero, que se encuentra en la abscisa de la tensión de circuito intermedio. Se sugieren dos opciones para colocar la curva característica de chopper. La curva característica de chopper está bien a la derecha de todo el droop de regulación de circuito intermedio, es decir, según las figuras 3 y 4, a la derecha del flanco del droop de rectificador 320, es decir, a la derecha del valor de referencia de circuito intermedio 326. Si la corriente rectificadora está limitada, es decir, si la potencia de generador está limitada, la tensión de circuito intermedio primero debe alcanzar un cierto nivel antes de que el circuito chopper se active. Esto se incluye como posibilidad alternativa con la tensión de activación alternativa 332'.

La segunda posibilidad es un desplazamiento a la izquierda. El comienzo es entonces la tensión de circuito intermedio, en la que comienza la limitación de la corriente, como en el valor de referencia de circuito intermedio 326, que se muestra en las figuras 3 y 4 como variante principal. Junto con el límite dinámico de la limitación de potencia 325, esto da como resultado una regulación continua.

El pico máximo de corriente, potencia y par para el generador en dirección negativa es del 10 %. Sin embargo, la corriente de alimentación puede caer mucho más bruscamente, pero esto no pone en peligro la sobrecarga del generador.

El circuito de chopper, que simplemente puede llamarse chopper, se hace cargo de la potencia adicional (aquí aproximadamente 15 %). Se forman dos puntos de operación en t_2 .

Después del salto de par, los límites se acercan al punto de funcionamiento actual a través de una característica PT1. La característica de deceleración resulta de la carga mecánica admisible. El rectificador también se hace cargo de la potencia, que se convierte en el chopper, con un retraso.

Por lo tanto, el procedimiento propuesto evita o mejora la siguiente situación:

Sin las limitaciones propuestas, un pico de corriente en el lado de red, que puede ocurrir en caso de un cambio de tensión debido a la alimentación que define la tensión, llega casi sin obstáculos al par del generador. Por lo tanto, el par de generador puede aumentar igualmente. Sin embargo, un circuito chopper tampoco estaría activo en el caso de gradientes de potencia negativos, porque el rectificador activo corregiría el cambio de tensión en la tensión del circuito intermedio resultante de los gradientes de potencia negativos.

El circuito chopper solo toma el control cuando el rectificador del lado del generador alcanza su límite de corriente. Esto significa que los saltos de corriente, potencia y par no estarían limitados y dichos saltos pueden ser de hasta el 100% del valor nominal.

Se ha creado así una solución que permite dotar a una instalación de energía eólica de propiedades formadoras de red sin, o sin grandes, sobredimensionamientos del sistema mecánico y sin integrar un dispositivo de almacenamiento eléctrico, es decir, que va más allá de un condensador de circuito intermedio convencional.

La invención se basa en la idea de que el sistema mecánico de una instalación de energía eólica, que también puede abreviarse como IEO, puede resistir saltos de par d , por ejemplo, un máximo del 10%. Sin embargo, las propiedades de formación de red en los terminales del sistema requieren un control de circuito intermedio en el lado de generador, lo que puede generar transitorios elevados en el par. Esto actúa como un acoplamiento directo del generador a la red.

La idea es limitar los picos de carga influyendo en la tensión en las direcciones positiva y negativa. En sentido positivo, es decir, si se aumenta la potencia activa alimentada o la corriente activa asociada I_{ist} de la corriente de alimentación I_{Net} , esto se puede lograr en particular limitando la corriente de salida a , por ejemplo, $I_{ist} + 10\% I_N$. Alternativamente, o, además, el límite en el droop de regulación de circuito intermedio también se puede ajustar dinámicamente.

En sentido negativo, es decir, si la potencia alimentada o la correspondiente corriente activa I_{Net} o I_{ist} se reduce, la limitación tiene lugar preferentemente mediante una adaptación dinámica de un droop de chopper y una limitación del

droop de regulación de circuito intermedio del inversor del lado de generador, que también puede denominarse inversor de lado de generador o rectificador activo.

5 El seguimiento o rastreo después de un pico de carga se lleva a cabo mediante un retardo de tiempo, por ejemplo, según un comportamiento PT1.

10 Si se aumenta la potencia alimentada, la corriente se puede limitar directamente en el inversor que define la tensión del lado de red, o se puede reaccionar ante una fuerte caída de la tensión de circuito intermedio con una limitación de corriente. Tal colapso en la tensión de circuito intermedio puede resultar si el rectificador activo, es decir, el rectificador en el lado de generador, limita el cambio repentino en el par.

Por lo general, una instalación de energía eólica se construye de tal manera que el generador esté desacoplado de la red. La tensión del circuito intermedio de tensión continua es controlada por el inversor del lado de red.

15 Una instalación de energía eólica con convertidor o inversor formador de red se puede construir de tal manera que el generador esté desacoplado de la red, teniendo lugar la regulación del circuito intermedio, es decir, la regulación de la tensión de circuito intermedio, mediante un acumulador de batería con un convertidor de corriente continua. Para ello, el acumulador de batería se acopla a través del convertidor de corriente continua, que por lo tanto también puede denominarse convertidor CC/CC en el lado del acumulador. El acumulador de batería puede regular la tensión de
20 circuito intermedio.

25 Para evitar este esfuerzo con el almacenamiento de batería, se propone una instalación de energía eólica con un convertidor formador de red o un inversor formador de red, en el que el generador está básicamente acoplado a la red, es decir, a la red de suministro eléctrico, es decir, mediante una regulación de circuito intermedio por un inversor del lado del generador, que también se puede utilizar como rectificador del lado del generador o rectificador activo.

30 Además, ahora se propone que, para la instalación de energía eólica con convertidor formador de red o inversor formador de red, el generador esté desacoplado de la red. Para ello, se propone una regulación de circuito intermedio por medio de un circuito de chopper, que también puede denominarse simplemente como chopper, con un rectificador activo en el lado del generador. La limitación de par se implementa mediante un límite de corriente dinámico del lado de red.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para alimentar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico (212) que tiene una tensión de red por medio de una instalación de energía eólica (100), donde la instalación de energía eólica (100) comprende
- un generador (201) para generar una corriente de generador (I_G),
 - un rectificador activo (202) conectado al generador (201) para rectificar la corriente del generador (I_G) en
 - 10 una corriente rectificada (I_{DC}),
 - un circuito intermedio de tensión continua (204) conectado al rectificador activo (202) y que tiene una tensión de circuito intermedio (U_{ZK}) para recibir la corriente rectificada (I_{DC}),
 - un circuito chopper (208) conectado al circuito intermedio de tensión continua (204) para disipar el exceso de energía del circuito intermedio de tensión continua,
 - 15 - un inversor (210) conectado con el circuito intermedio de tensión continua (204) para generar una corriente de alimentación (I_{Net}) para alimentar a la red de suministro eléctrico (212), donde
 - la alimentación tiene lugar de manera definida por la tensión, de modo que el inversor (210) contrarresta una desviación de la tensión de red de un valor de consigna de tensión mediante un ajuste de la corriente alimentada,
 - el rectificador activo (202) tiene una limitación de corriente inferior que limitar una caída en la corriente
 - 20 rectificada (I_{DC}) para proteger al generador (201) cuando la tensión de red cambia en amplitud y/o posición de fase,
 - donde el límite de corriente inferior del rectificador activo (202) se denomina limitación de corriente rectificada y se ajusta y modifica en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica (100), en particular en función de un punto de funcionamiento del rectificador activo (202), y
 - el circuito chopper (208) se controla de tal forma que disipa el exceso de energía, o parte de él, que se
 - 25 produce en el circuito intermedio de tensión continua como consecuencia del límite de corriente del rectificador activo (202) fuera del circuito intermedio de tensión continua (204).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque
- el circuito chopper (208) disipa energía del circuito intermedio de tensión continua (204) tan pronto como la
 - 30 tensión de circuito intermedio (U_{ZK}) ha alcanzado una tensión de activación,
 - el rectificador activo (202) regula la tensión de circuito intermedio mediante el control de la corriente rectificada (I_{DC}), en particular mediante el uso de un droop de rectificador, para regular la tensión de circuito intermedio (U_{ZK}) a un valor o rango por debajo de la tensión de activación, donde
 - cuando la corriente rectificada (I_{DC}) alcanza el límite de corriente rectificada y por lo tanto se limita, la tensión
 - 35 de circuito intermedio aumenta aún más y alcanza la tensión de activación, de modo que el circuito chopper (208) responde y se disipa energía del circuito intermedio de tensión continua (204).
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque
- el circuito chopper (208) tiene un droop de chopper (330) que indica una relación, en particular una relación
 - 40 lineal, entre un valor de tensión de circuito intermedio que excede una, o la, tensión de activación y una potencia chopper a disipar del circuito intermedio de tensión continua (204).
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- se proporciona una regla de regulación, en particular un droop de regulación, para regular la tensión de
 - 45 circuito intermedio, y la regla de regulación se compone de
 - una regulación de rectificador, en particular un droop de rectificador, y una regulación de chopper, en particular un, o el, droop de chopper, donde
 - la regulación de rectificador especifica una relación entre la tensión de circuito intermedio y la corriente rectificada a ser ajustada por el rectificador activo, de forma que
 - 50 - la corriente rectificada a ajustar decrece a medida que aumenta la tensión de circuito intermedio, en particular decrece linealmente, hasta que la corriente rectificada alcanza el límite de corriente inferior, y
 - la corriente rectificada a ajustar se mantiene en este límite de corriente inferior a medida que la tensión de circuito intermedio continúa aumentando, y
 - la regulación de chopper especifica una relación entre la tensión de circuito intermedio y una, o la, potencia
 - 55 de chopper o a disipar del circuito intermedio mediante el circuito chopper, de forma que
 - la potencia del chopper aumenta con el aumento de la tensión de circuito intermedio tan pronto como la tensión de circuito intermedio supera una, o la, tensión de activación, donde
 - el límite de corriente inferior y/o la tensión de activación pueden modificarse y, en particular, pueden modificarse en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica, donde, en particular
 - 60 - el límite de corriente inferior y la tensión de activación se modifican en función uno del otro, en particular de tal manera que
 - la tensión de activación se ajusta en función del límite de corriente inferior y también cambia cuando cambia el límite de corriente inferior, y / o

- la tensión de activación se ajusta a un valor de referencia de circuito intermedio que alcanza la tensión de circuito intermedio cuando la corriente rectificadora ha descendido hasta el límite de corriente, y / o la tensión de activación se ajusta en función del valor de referencia de circuito intermedio, en particular para un valor que se desvía menos del 5% del valor de referencia de circuito intermedio.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
 - el límite de corriente del rectificador activo (202) está configurado como una función dinámica dependiente de la corriente rectificadora actual (I_{DC}), en particular está configurado para que
 - en el caso estacionario esté por debajo de la corriente rectificadora actual por una diferencia de déficit y
 - en caso de una caída de la corriente rectificadora, se siga la corriente rectificadora menos la diferencia de déficit con una función dinámica, donde
 - la función dinámica tiene un comportamiento de paso bajo, en particular un comportamiento PT1.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
 - el inversor (210) tiene una limitación de corriente de inversor superior para limitar un aumento en la corriente de alimentación (I_{Net}) para proteger el generador (201) en caso de una caída de tensión en la tensión de red, donde, en particular
 - el límite de corriente de inversor superior se ajusta y modifica en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica (100), en particular del inversor (210) y/o de la tensión de circuito intermedio.

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
 - un, o el, límite de corriente de inversor superior se configura como una función dinámica que depende de la corriente de alimentación actual (I_{Net}), en particular se configura de modo que
 - en el caso estacionario, esté por encima de la corriente de la corriente de alimentación actual (I_{Net}) por una diferencia de superávit, y
 - en caso de un aumento de la corriente de alimentación (I_{Net}), se siga la corriente de alimentación (I_{Net}) más la diferencia de superávit con una función dinámica, donde
 - la función dinámica tiene un comportamiento de paso bajo, en particular un comportamiento PT1, donde preferentemente
 - la diferencia de superávit depende de la tensión de circuito intermedio, en particular depende de un valor de superávit por el cual la tensión de circuito intermedio supera una, o la, tensión de activación.

8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
 - un aumento en la potencia activa alimentada está limitado a un valor en el rango de 5% a 20% por encima de la potencia activa alimentada, en base a la potencia activa alimentada o en base a una potencia nominal de la instalación de energía eólica (100), donde
 - se permite una reducción de la potencia activa alimentada hasta un valor del -100% en relación a la potencia activa alimentada o en relación a la potencia nominal de la instalación de energía eólica (100).

9. Instalación de energía eólica (100) para alimentar energía eléctrica a una red de suministro eléctrico (212) que tiene una tensión de red, donde la instalación de energía eólica comprende
 - un generador (201) para generar una corriente de generador (I_G),
 - un rectificador activo (202) conectado al generador para rectificar la corriente del generador en una corriente rectificadora,
 - un circuito intermedio de tensión continua (204) conectado al rectificador activo y que tiene una tensión de circuito intermedio para recibir la corriente rectificadora,
 - un circuito chopper (208) conectado al circuito intermedio de tensión continua para disipar el exceso de energía del circuito intermedio de tensión continua,
 - un inversor (210) conectado al circuito intermedio de tensión continua para generar una corriente de alimentación (I_{Net}) para alimentar a la red de suministro eléctrico (212), y
 - un controlador de instalación (103) que está preparado para controlar la alimentación de tal manera que
 - la alimentación tiene lugar de manera definida por la tensión, de manera que el inversor contrarresta una desviación de la tensión de red de un valor de consigna de tensión mediante un ajuste de la corriente alimentada,
 - el rectificador activo (202) tiene un límite de corriente inferior para limitar una caída en la corriente rectificadora para proteger al generador cuando la tensión de red cambia en amplitud y/o posición de fase,
 - donde el límite de corriente de rectificador activo inferior (202) se denomina límite de corriente rectificadora y el controlador de instalación está configurado para ajustar o modificar el límite de corriente inferior en función de un punto de funcionamiento de la instalación de energía eólica (100), en particular en función de un punto de funcionamiento del rectificador activo (202), y
 - donde el controlador de instalación está además configurado para controlar el circuito chopper (208) de forma que disipe el exceso de energía, o parte de él, que se produce en el circuito intermedio de tensión continua como consecuencia del límite de corriente del rectificador activo (202) fuera del circuito intermedio de tensión continua.

10 Instalación de energía eólica (100) según la reivindicación 9, caracterizada porque el controlador de la planta (103) está preparado para llevar a cabo un procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 8.

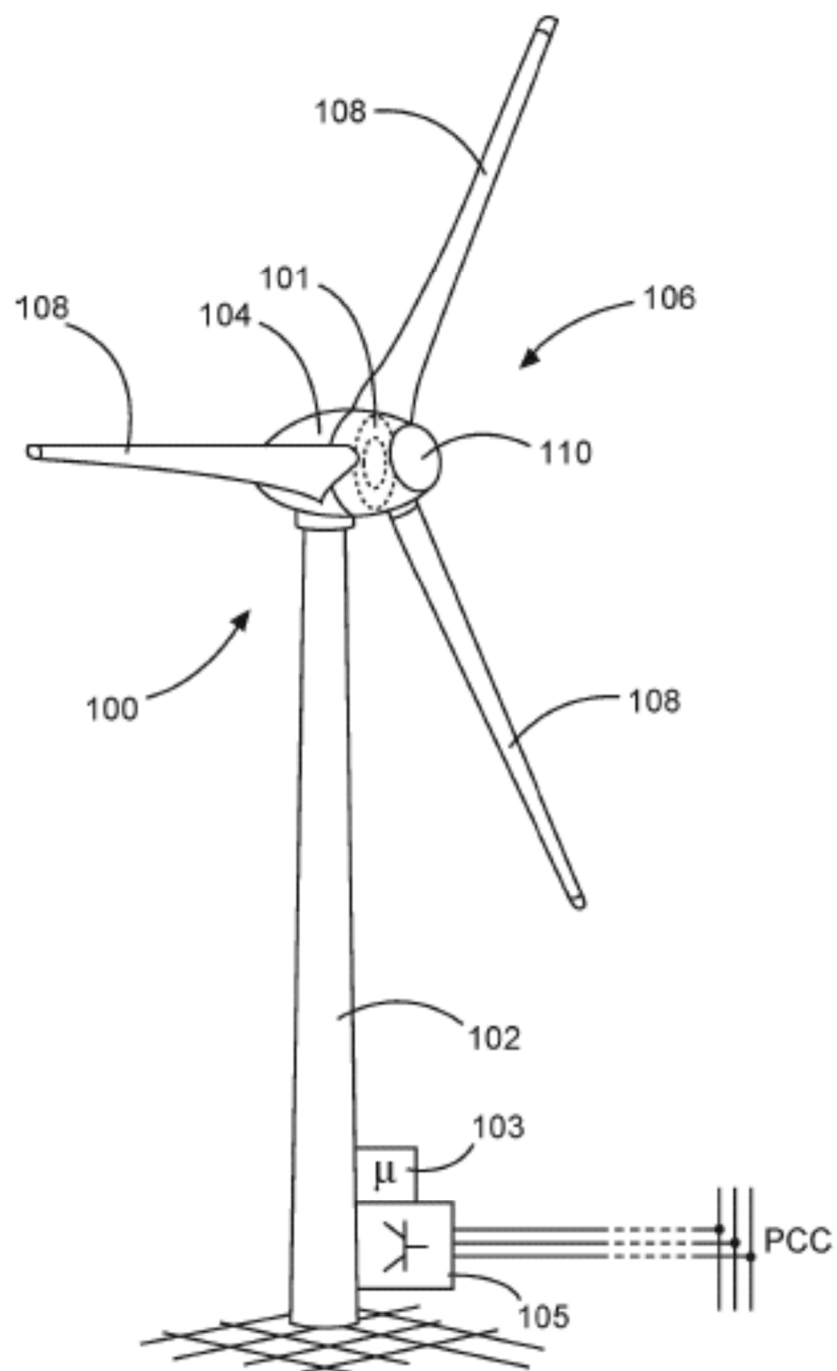


Fig. 1

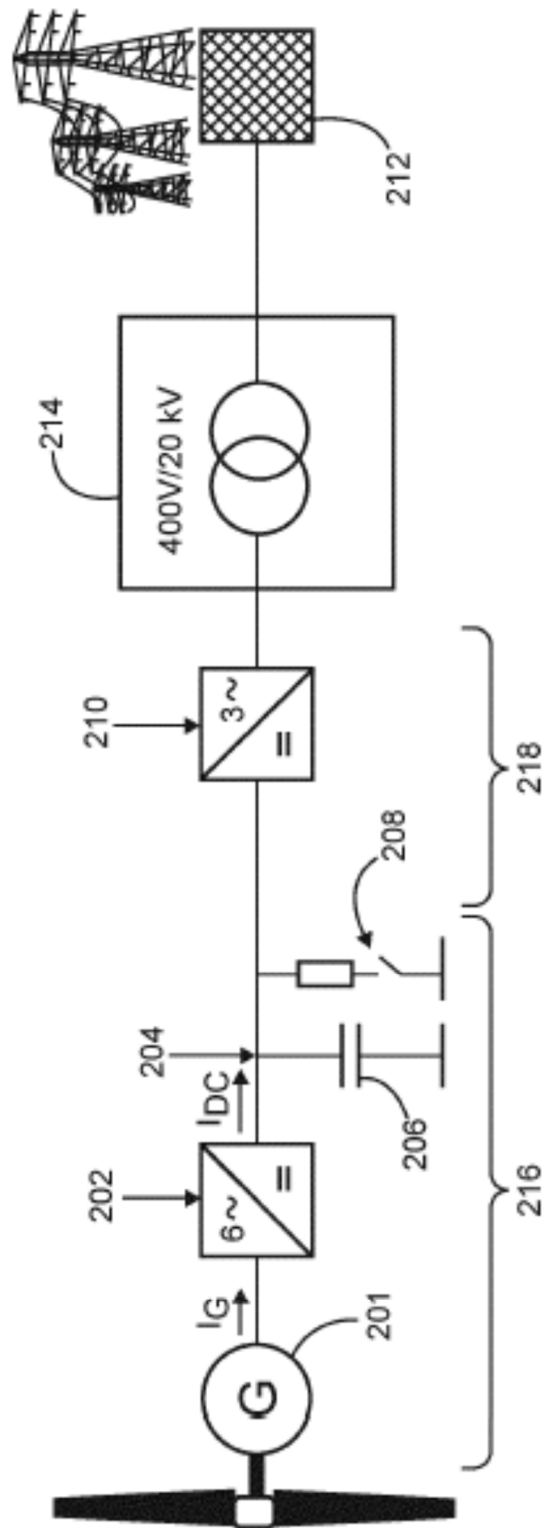


Fig. 2

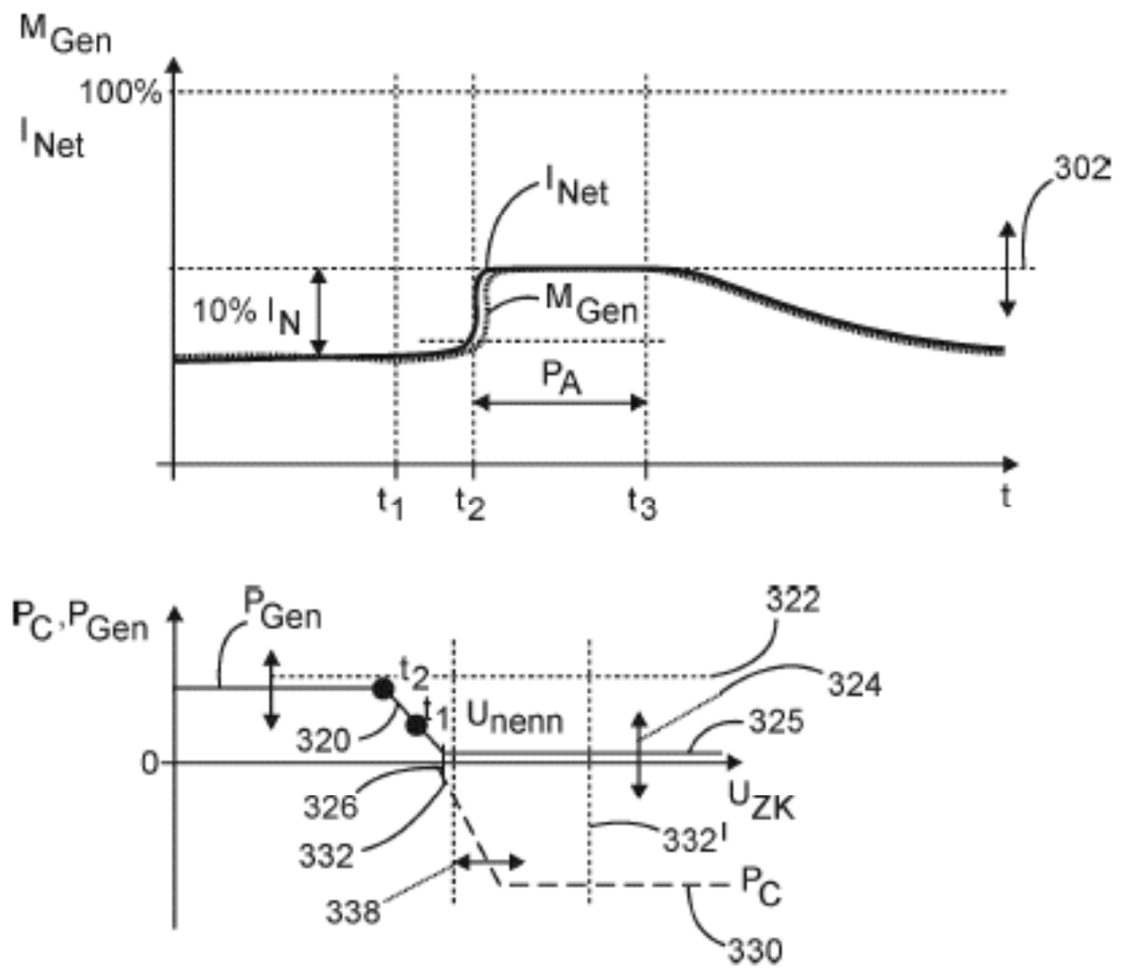


Fig. 3

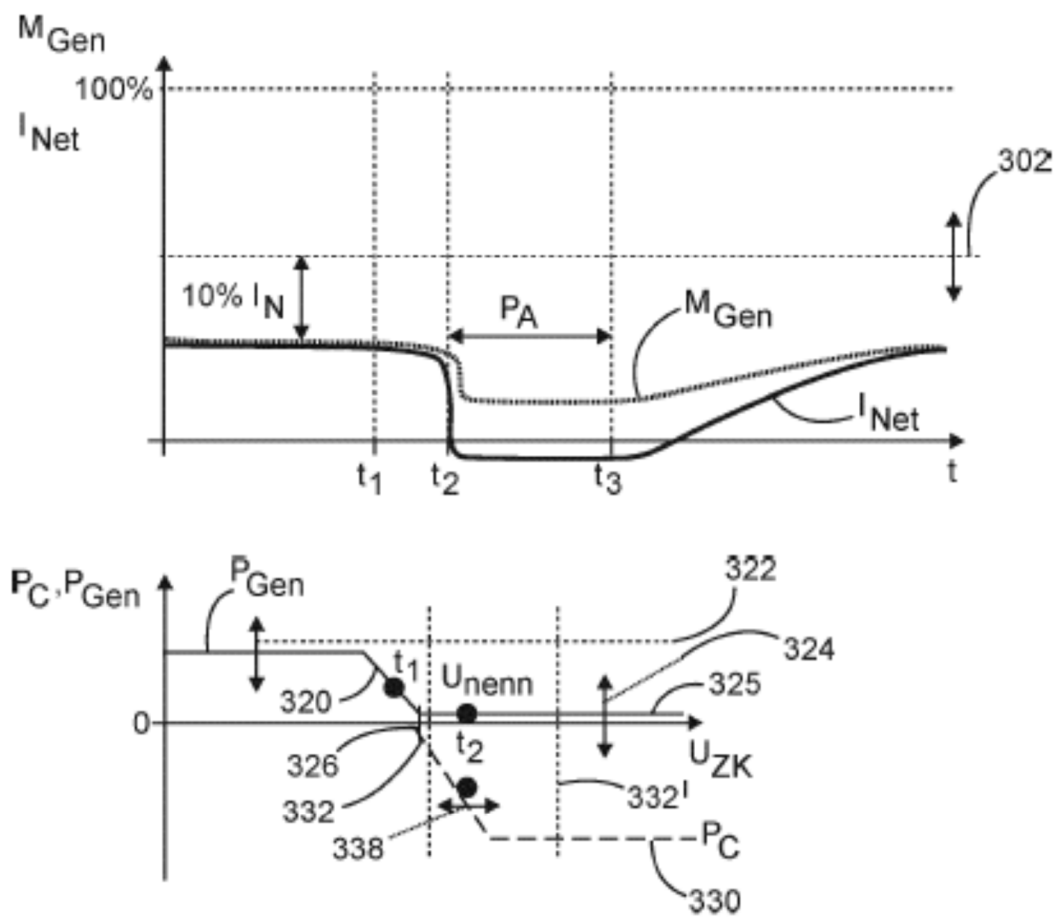


Fig. 4