

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 813 590**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.01.2017 PCT/EP2017/051777**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.08.2017 WO17129749**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2017 E 17702352 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.07.2020 EP 3408913**

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

30 Prioridad:

**27.01.2016 DE 102016101468**

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

**24.03.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BROMBACH, JOHANNES**

74 Agente/Representante:

**ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María**

**ES 2 813 590 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 potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico

- 5 La presente invención se refiere a un procedimiento para alimentar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico. Además, la presente invención se refiere a una instalación de energía eólica para llevar a cabo tal procedimiento y la invención también se refiere a un parque eólico que presenta una pluralidad de instalaciones de energía eólica para llevar a cabo dicho procedimiento, o una central eléctrica o una unidad generadora con al menos una instalación de energía eólica y una combinación con acumuladores, consumidores controlables y/u otros generadores regenerativos.
- 10 La invención también se refiere a una disposición de varias instalaciones de energía eólica o varios parques eólicos para alimentar en varios puntos de conexión de red.

- Se conoce el uso de instalaciones de energía eólica para alimentar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico, como la red interconectada europea. Dichas instalaciones de energía eólica generalmente usan inversores de frecuencia para la alimentación, con lo cual la corriente eléctrica con la frecuencia y fase deseadas se alimenta directa o indirectamente a la red de suministro eléctrico. Por lo tanto, este tipo de alimentación difiere considerablemente del tipo de alimentación de las centrales eléctricas de gran potencia convencionales que utilizan un generador síncrono que está directamente acoplado a la red de suministro eléctrico para la alimentación. Se dice que tales generadores síncronos directamente acoplados a la red tienen un efecto estabilizador en la red de suministro eléctrico, que también
- 15 puede denominarse simplemente como una red.

Debido a la creciente participación de las fuentes de energía regenerativa en la red, especialmente las instalaciones de energía eólica, se teme una disminución de este efecto estabilizador por parte de los generadores síncronos en la red.

- 25 Con el fin de estabilizar la red de suministro eléctrico con la ayuda de instalaciones de energía eólica, ya se conocen procedimientos en los que, por ejemplo, la potencia alimentada se cambia en función de la frecuencia de red o el voltaje de red. Como ejemplo de dicho control de potencia dependiente de la frecuencia, se hace referencia al documento US-2003-0155773-A1 y para un control de potencia dependiente del voltaje, se hace referencia al documento WO99/33165. En particular para el soporte de la red de suministro eléctrico por medio de parques eólicos,
- 30 también se propone que dicho parque eólico cambie su potencia de alimentación en función de señales externas, que pueden ser ingresadas especialmente por el operador de la red. Para este propósito, se hace referencia, por ejemplo, a US-2006-0142899-A1. Algunas de estas sugerencias ya se han incluido en algunas reglas de conexión de red.
- 35 Sin embargo, tales soluciones pueden no ser de gran alcance, especialmente si el dominio de las centrales eléctricas de gran potencia todavía presentes en la red de suministro eléctrico con generadores síncronos directamente acoplados disminuye, o en el caso más extremo, incluso desaparece por completo.

- Ya se han propuesto soluciones para emular el comportamiento de un generador síncrono. La patente europea EP 1
- 40 790 850 B1 propone utilizar un marco de referencia interno, que se implementa como un integrador y emula la inercia virtual para proporcionar una señal de frecuencia de referencia variable.

- Pero incluso con tales soluciones, los problemas de estabilidad pueden persistir en la red, agrandarse o agregarse. En primer lugar, deberá tenerse en cuenta que estabilizar la red utilizando generadores síncronos no siempre funciona de manera ideal. La gran inercia de los generadores síncronos crea un efecto comparativo y, por lo tanto, al menos
- 45 parcialmente estabilizador, por un lado, pero también puede obstaculizar la regulación rápida. Por ejemplo, se conocen oscilaciones de red en las que dichos generadores síncronos de varias centrales eléctricas de gran potencia pueden oscilar entre sí. También deberá tenerse en cuenta que una emulación completa de una central eléctrica de gran potencia no solo deberá emular el comportamiento básico de un generador síncrono, sino también su tamaño, que
- 50 puede especificarse en particular por la potencia nominal respectiva. Actualmente se requieren muchas instalaciones de energía eólica para lograr la producción nominal de una central eléctrica de gran potencia. Incluso los parques eólicos con varias instalaciones de energía eólica presentan una potencia considerablemente menor que una central eléctrica de gran potencia. Por lo tanto, al menos la diferencia sigue siendo que las instalaciones de energía eólica se alimentan mucho más descentralmente que las centrales eléctricas de gran potencia.

- 55 La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad para la presente solicitud el siguiente estado de la técnica: DE 10 2006 050 077 A1, US 2003 / 0 155 773 A1, US 2006 / 0 142 899 A1, US 2011 / 0 130 889 A1, US 2014 / 0 316 592 A1, EP 1 790 850 B1, WO 99 / 33 165 A1, KARIMI-GHARTEMANI, M.; REZA IRAVANI, M.: A Signal processing module for power System applications. In: IEEE Transactions on Power Delivery, vol. 18, no. 4, pp. 1118-1126, oct. 2003. In: IEEE Xplore [online], DOI: 10.1109/TPWRD.2003.817514, In: IEEE.
- 60

La autoridad de búsqueda internacional ha investigado el siguiente estado de la técnica para esta aplicación: DE 10

2007 049251 A1, WO 2014/012789 A1, DE 10 2013 208474 A1. El documento DE 10 2007 049251 A1 se refiere a un procedimiento para la alimentación de corriente eléctrica a una red eléctrica. El documento WO 2014/012789 A1 se refiere a un procedimiento para controlar un parque eólico que comprende varias instalaciones de energía eólica. El documento DE 10 2013 208474 A1 se refiere a un procedimiento para la alimentación de potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico.

La presente invención tiene por consiguiente el objeto de direccionar al menos uno de los problemas arriba mencionados. En particular, se propondrá una solución que mejore los procedimientos conocidos de soporte de red, o al menos haga una contribución adicional al soporte de red. Al menos, se debe proponer una solución alternativa.

Según la invención se propone así un procedimiento para la alimentación de potencia eléctrica a una red de corriente eléctrica según la reivindicación 1. En este caso, la alimentación tiene lugar en un punto de conexión de red, y la red de suministro eléctrico tiene un voltaje de red y una frecuencia de red. Tanto el voltaje de red como la frecuencia de red forman un estado de la red de suministro eléctrico. La alimentación se realiza mediante una instalación de energía eólica y presenta las etapas siguientes.

Se especifica un sistema de referencia que presenta una frecuencia de referencia, un indicador de referencia con un ángulo de referencia y una amplitud de referencia de un voltaje de salida a generar. Este sistema de referencia proporciona así una orientación para generar el voltaje de salida, que se genera en particular a la salida de un inversor de la instalación de energía eólica. En el caso más simple, la frecuencia de referencia, el ángulo de referencia y la amplitud de referencia corresponden a la frecuencia, el ángulo y la amplitud del voltaje de salida a generar. El indicador de referencia es, por lo tanto, un indicador de voltaje del voltaje de salida. Puede haber una relación entre la amplitud de referencia y la amplitud del voltaje de salida a través de un factor constante, en particular también un factor de normalización. Si es posible, la frecuencia de referencia deberá corresponderse con la frecuencia del voltaje de salida, por lo que pueden producirse desviaciones debido a procedimientos dinámicos o transitorios.

En otras palabras, el sistema de referencia puede describirse de tal manera que presente un indicador de referencia con un ángulo de referencia y una amplitud de referencia, y este indicador de referencia circula con la frecuencia de referencia. En consecuencia, el ángulo de referencia cambia con la frecuencia de referencia. Esta es la base para el voltaje de salida, que en el caso más simple es idéntico. Del mismo modo, el voltaje de red también se puede definir mediante un indicador de voltaje circulante que circule con la frecuencia de red. Si el voltaje de salida generado corresponde al sistema de referencia, es decir, que también puede describirse por el indicador de referencia, el ángulo de fase es el ángulo entre el indicador de referencia y el indicador de voltaje del voltaje de red. Entre otras cosas, se puede establecer el ángulo de fase y, en base a este, el punto de operación.

La frecuencia de referencia debería corresponderse esencialmente con la frecuencia de red. En el estado estable ideal, es decir, cuando la frecuencia de red no cambia, la frecuencia de referencia deberá coincidir con la frecuencia de red. Sin embargo, pueden producirse desviaciones en procedimientos dinámicos y transitorios, que también se explicarán a continuación.

Si la frecuencia de red ahora cambia, el indicador de voltaje del voltaje de red puede desplazarse y, por lo tanto, alejarse continuamente o acercarse al indicador de voltaje del voltaje de salida, como resultado de lo cual el ángulo de fase puede aumentar o disminuir. El indicador de referencia puede rastrear este indicador de voltaje del voltaje de red con retraso.

El indicador de voltaje del voltaje de red también puede aumentar o disminuir en su amplitud. Esto corresponde a un aumento o disminución de la amplitud de voltaje. El sistema de referencia también puede rastrear esto, especialmente con el indicador de referencia.

Otra posibilidad para cambiar el indicador de voltaje del voltaje de red es que el ángulo de este último también cambie repentinamente. Esto puede suceder si, por ejemplo, una gran carga, es decir, un gran consumidor, se desconecta de la red de suministro eléctrico. Como resultado, la impedancia total efectiva para una ruta de corriente, que se compone de la impedancia de la unidad de alimentación, la impedancia de red y la impedancia del consumidor, también puede cambiar en su ángulo, por lo que el voltaje también puede cambiar en su ángulo en consecuencia. El indicador de voltaje del voltaje de red también salta en particular en su ángulo.

El indicador de referencia también puede rastrear este indicador de voltaje del voltaje de red, que cambia repentinamente.

Además, un ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia se calcula a partir del ángulo de fase especificado, de modo que el ángulo de fase especificado se genera entre el voltaje de salida generado con dicho ángulo de alimentación y el voltaje de red si la frecuencia de referencia coincide con la frecuencia de red. El

procedimiento funciona de tal manera que se genera un voltaje de salida con un indicador de voltaje con el ángulo de alimentación. A continuación, se ajusta el ángulo de fase entre el indicador de voltaje del voltaje de salida y el indicador de voltaje del voltaje de red. En un caso simple, el sistema de referencia se elige de modo que el ángulo de alimentación corresponda al ángulo de referencia. El indicador de voltaje del voltaje de salida corresponde al indicador de referencia, al menos en su ángulo.

El voltaje de salida se genera en consecuencia, es decir, con una amplitud de voltaje en función de la amplitud de referencia, una frecuencia en función de la frecuencia de referencia y con el ángulo de alimentación. En el caso más simple, la amplitud de voltaje del voltaje de salida corresponde a la amplitud de referencia, y la frecuencia del voltaje de salida corresponde a la frecuencia de referencia, y el ángulo de alimentación corresponde al ángulo de referencia. Esto puede aplicarse en particular al estado estacionario. A este respecto, se entiende que un estado estacionario significa al menos uno donde la amplitud del voltaje, la frecuencia y el ángulo de fase son constantes.

Si el comportamiento del voltaje de red cambia, en particular la frecuencia de red o, por ejemplo, también el voltaje de red, el sistema de referencia rastrea este comportamiento. En el ejemplo de la frecuencia, esto significa que se intenta que la frecuencia de referencia vuelva a corresponderse con la frecuencia de red. En el ejemplo de la amplitud de voltaje, es decir, el rastreo de la amplitud de referencia, esto también puede significar, por ejemplo, que la amplitud de referencia no corresponde exactamente a la amplitud de voltaje del voltaje de red, sino que es, por ejemplo, llevada a una relación predeterminada. Por ejemplo, la amplitud de referencia puede estar un 10 % por encima de la amplitud de voltaje del voltaje de red. Si, por ejemplo, la amplitud de voltaje del voltaje de red se reduce, la amplitud de referencia se puede ajustar de modo que esté nuevamente un 10 % por encima de la amplitud de voltaje de la frecuencia de red para permanecer con este ejemplo ilustrativo.

Este rastreo del sistema de referencia se retrasa. Por lo tanto, no es un intento de que el sistema de referencia rastree tan rápido y tan bien como sea posible el comportamiento del voltaje de red, sino que el voltaje de red no se sigue deliberadamente de manera inmediata y directa. Por lo tanto, aquí se proporciona un rastreo con retraso, que va mucho más allá de una dinámica físicamente necesaria en términos de su retraso.

Con este rastreo con retraso del sistema de referencia, se puede lograr que un cambio en el voltaje de red con un voltaje de salida sin cambios conduzca a una reacción correspondiente, en particular de la corriente alimentada. El retraso no impide esta reacción, sino que la favorece intencionalmente.

Si, por ejemplo, se establece un voltaje de red más bajo, puede conducir a un aumento del flujo de corriente, es decir, un aumento de la corriente de alimentación. En consecuencia, también puede conducir a una mayor potencia alimentada. El procedimiento propone permitir tal aumento de potencia o aumento de corriente. La alimentación puede continuar inicialmente sin cambios sobre la base del sistema de referencia.

Si se produce un mayor flujo de energía, la energía requerida para esto puede tomarse de acumuladores temporales, como una batería, o de la masa volante del rotor circulante de la instalación de energía eólica. Lo mismo se aplica de manera análoga a una reducción de la potencia. Esto también se permite inicialmente, y la reducción de potencia más baja se puede lograr acumulando temporalmente la potencia correspondiente en acumuladores temporales, como acumuladores de batería, la producción de energía de la instalación de energía eólica se puede reducir, en particular inclinando las palas del rotor, y/u opcionalmente se puede emitir la potencia adicional. También se contempla que la energía se use para acumular energía rotacional en el rotor de la instalación de energía eólica.

Por lo tanto, una reacción inmediata a un cambio en el voltaje de red también se puede lograr de una manera simple, porque se usa la reacción física que resulta inmediatamente.

Un cambio en el voltaje de red también puede ser un cambio en la frecuencia de red, por ejemplo, lo que puede conducir a un aumento en el ángulo de fase, por ejemplo. Esto también conducirá a un cambio en la corriente de alimentación, que también puede aumentar en su amplitud actual, por ejemplo. Un cambio de frecuencia en la red puede conducir inmediata y directamente a una corriente de alimentación cambiada correspondiente sin que esto tenga que registrarse y evaluarse previamente por la instalación de energía eólica de alimentación. Del mismo modo, en otro caso también puede haber una reducción en el ángulo de fase, lo que, entre otras cosas, puede conducir a una reducción en la corriente alimentada.

Las medidas propuestas se llevan a cabo preferentemente con al menos una instalación de energía eólica o un parque eólico. Sin embargo, puede considerarse una central eléctrica o una unidad generadora que tenga al menos una instalación de energía eólica y una combinación con acumuladores, consumidores controlables y/u otros generadores regenerativos o que esté diseñada como tal combinación.

El rastreo con retraso tiene lugar preferentemente con una dinámica de retraso predeterminada. Esto puede influir en

la reacción, especialmente de la corriente alimentada, a tal cambio en el voltaje de red. Un retraso más fuerte puede, en particular, permitir una reacción compensadora más fuerte y viceversa. Si el voltaje de red cambia, en particular en términos de su amplitud y posición de fase en relación con el sistema de referencia, un rastreo con retraso no solo conduce a una primera reacción de compensación, en particular un cambio resultante en la corriente de la corriente de alimentación, sino que también puede regularmente conducir a que la desviación entre el voltaje de red y el sistema de referencia aumente. La reacción de compensación también puede aumentar.

Preferentemente, se propone que la potencia adicional necesaria para el rastreo con retraso o el exceso de energía resultante se cubra con energía rotacional o se acumule como energía rotacional, y/o se tome de un acumulador de energía, en particular acumuladores de batería, o se acumulen en ellos. Se puede proporcionar un acumulador de batería correspondiente para este propósito.

La dinámica de retraso se implementa preferentemente por medio de una función de retraso y la función de retraso pueden ser una función PT1 o una función PT2 con una respuesta escalonada que no se excede. También se pueden considerar funciones que están igualmente bien amortiguadas. Una función PT1 también se conoce como función de retraso de primer orden. Tiene la ventaja de que es muy simple y, dado que es una función lineal de primer orden, no se excede. El rastreo con retraso se puede lograr de manera simple por medio de él, sin favorecer una oscilación en la red.

Una función PT2 también puede denominarse función de retraso de segundo orden. En comparación con la función de retraso de primer orden, tiene la ventaja adicional de que puede comenzar con un aumento plano. Se selecciona preferentemente de tal manera que no vibre, es decir, que responda a una respuesta escalonada que no se excede, es decir, tiene solo dos valores propios reales. Al principio, se puede lograr un aumento muy plano y, por lo tanto, un retraso inicial similar al tiempo muerto, que, sin embargo, puede convertirse en un aumento pronunciado. Tal aumento pronunciado puede ser necesario para que el sistema de referencia no se aleje demasiado del voltaje de red. Después de un cierto retraso inicial, dicha función puede utilizarse para lograr un rastreo rápido sin renunciar a los efectos deseados descritos. Al especificar una función no oscilante y, por lo tanto, que no se excede, se puede lograr un efecto estabilizador positivo en la red.

La dinámica de retraso se puede configurar usando tales funciones de retraso, o se establece de otra manera. El ajuste se puede realizar dinámicamente, por ejemplo, según los requisitos, o también según otras unidades de alimentación en la red, en particular también según cómo cambie una expansión de las unidades de alimentación regenerativa. Además o alternativamente, también se puede realizar un ajuste en función de dónde se encuentre el punto de conexión de red en la red. En particular, se sugiere que dicha configuración dependerá de si el punto de conexión de red está dispuesto central o descentralmente en la red.

La función de retraso también se puede usar para establecer cuánto o cómo de rápido, o cómo de lentamente, deberá estar disponible una reserva instantánea, cómo de rápido deberá tener lugar un cambio de potencia o cómo de rápido volverá a la potencia activa nominal. Preferentemente, se propone que dicha provisión de reservas instantáneas o cambio de potencia en un punto de conexión de red central sea mayor que en un punto de conexión de red descentralizado.

Según la invención, se propone que para el rastreo con retraso de la frecuencia de red, se detecte un ángulo de fase real entre el voltaje de salida generado y el voltaje de red, se forme un ángulo de diferencia entre el ángulo de fase especificado y el ángulo de fase detectado, el ángulo de referencia se cambie para que el ángulo de diferencia disminuya en cantidad con la función de retraso y la frecuencia de referencia se adapte al ángulo de referencia modificado. Se detecta así una desviación entre el ángulo de fase previsto y el real. El rastreo con retraso del sistema de referencia afecta entonces al rastreo del ángulo de referencia para devolver el ángulo de fase al ángulo de fase deseado. El cambio resultante en el ángulo de referencia se usa para ajustar la frecuencia de referencia. Si, como en un caso, el cambio en el ángulo de fase se debiera a un cambio de frecuencia en el voltaje de red, el ángulo de fase aumentaría continuamente. El rastreo al menos también asegura que el ángulo de fase no aumente más. Sin embargo, cuando esto se logra, el ángulo de referencia modificado circula a la frecuencia de red. Esto es exactamente lo que ahora se usa para ajustar la frecuencia de referencia. La frecuencia de referencia puede, por lo tanto, determinarse a partir del ángulo de referencia modificado o el ángulo de alimentación modificado. Esto significa que la frecuencia de referencia de la frecuencia de red también se rastrea con retraso.

La frecuencia de referencia se establece preferentemente en la frecuencia de red en un ajuste de inicio, en particular cuando se inicia el procedimiento y se inicia la generación del sistema de referencia. Tan pronto como el sistema de referencia funcione en consecuencia, se puede cambiar al rastreo con retraso. El sistema de referencia básicamente se ejecuta de forma independiente, excepto que se puede adaptar a través del rastreo con retraso.

Según una realización, el procedimiento está caracterizado porque una corriente alimentada a la red de suministro es

el resultado de la generación del voltaje de salida y porque la función de retraso o dinámica de retraso se selecciona de tal manera que cuando cambia al menos un estado en la red de suministro, es decir, en particular un cambio del voltaje de red en su amplitud, frecuencia y/o posición de fase, la generación del voltaje de salida inicialmente permanece esencialmente sin cambios, de modo que el cambio resultante en la corriente de alimentación no se contrarresta sustancialmente, para que el procedimiento reaccione directamente a un cambio en la corriente alimentada con una corriente alimentada modificada.

Por lo tanto, se puede lograr que el voltaje de salida se mantenga inicialmente de tal manera que un cambio en un estado en la red responda de manera inmediata e instantánea por medio de un cambio de corriente.

Según una realización adicional, se propone que en una operación de rastreo al menos un valor límite especificado en la operación normal puede excederse por un valor de tolerancia predeterminado. En este caso, una operación de rastreo es aquella donde el sistema de referencia rastrea el voltaje de red y se desvía del voltaje de red en al menos un tamaño por al menos una desviación mínima predeterminada. Aquí solo se habla de una operación de rastreo si la desviación por la cual se deberá rastrear el sistema de referencia es considerable. De lo contrario, se supone un funcionamiento normal.

Esto se basa en el conocimiento de que una desviación tan importante ocurrirá con muy poca frecuencia y que los valores límite, especialmente para electricidad, energía y temperatura, deberán respetarse en principio, pero una superación a corto plazo, especialmente si ocurre con muy poca frecuencia, no provoca ningún daño considerable. A este respecto, dicha superación de un valor límite solo se proporciona para dicha operación de rastreo si hay una desviación mínima predeterminada del voltaje de red. Tal desviación mínima predeterminada también indica que la red presenta un fallo importante.

Permitir tales violaciones de límites en casos excepcionales permite que el sistema de referencia rastree el voltaje de red con retraso. De lo contrario, habría que llevar a cabo un rastreo inmediato u otra restricción para evitar que se supere dicho límite. Esta medida también asegura que las reacciones compensatorias descritas anteriormente estén permitidas y puedan desarrollarse básicamente.

Los siguientes valores límite en particular entran en consideración para esto. El valor límite especificado puede ser una corriente de alimentación máxima y la desviación mínima predeterminada puede ser al menos el 10 % de la corriente de alimentación máxima. Otra posibilidad es que el valor límite especificado sea una potencia máxima a alimentar y la desviación mínima predeterminada sea al menos el 10 % de la potencia máxima a alimentar. Con estas dos variantes, se puede alimentar al menos el 110 % de la corriente de alimentación máxima o el 110 % de la potencia de alimentación máxima.

También es posible que el valor límite especificado sea la temperatura máxima permitida de un inversor que genera el voltaje de salida y que la desviación mínima predeterminada sea de al menos 10 K (Kelvin). Un aumento de temperatura de 10 K por encima de un valor límite puede representar una carga considerable para el dispositivo en cuestión, por lo que deberán tenerse en cuenta dichos valores límite. En esta rara excepción, donde este exceso es corto y poco frecuente, puede aceptarse tal aumento.

También es posible que el valor límite especificado sea un valor máximo permitido de una integral de la temperatura durante el tiempo predeterminado, y la desviación mínima predeterminada sea de al menos  $10K*s$ . La duración del aumento puede ser en particular importante cuando aumenta la temperatura en los componentes semiconductores. Cuanto más alto sea el aumento, más corto se podrá permitir. Para esto, se sugiere considerar un valor integrado de la temperatura a lo largo del tiempo. Un modelo de inversor térmico se utiliza preferentemente como base para la implementación.

Además, el valor límite especificado también puede ser un cambio de frecuencia máximo y la desviación mínima predeterminada puede ser de al menos 0,5 Hz/s.

Tal operación de rastreo solo está presente cuando el sistema de referencia rastrea el voltaje de red y se desvía en al menos un tamaño del voltaje de red en al menos una desviación mínima predeterminada. Dicha desviación mínima predeterminada se refiere preferentemente a una desviación de la frecuencia de referencia de la frecuencia de red en al menos un 0,5 % en función de la frecuencia nominal de la red de suministro eléctrico. Según otra realización, la desviación mínima predeterminada se refiere a una desviación de la amplitud de referencia de la amplitud de voltaje del voltaje de red en un valor de al menos un 10 % del voltaje nominal de la red de suministro eléctrico, más cualquier diferencia que también se proporcione en funcionamiento estacionario entre la amplitud de referencia y la amplitud del voltaje de red.

Según otra realización, la desviación mínima predeterminada se refiere a una desviación del ángulo de fase medido o

detectado del ángulo de fase especificado en al menos 20 °.

Según una realización, se propone rastrear la frecuencia de referencia en función de la frecuencia de red, ya sea que la frecuencia de red se acerque o se aleje de la frecuencia nominal. Dicha frecuencia nominal puede ser, en particular, una frecuencia nominal de la red de suministro en cuestión, es decir, 50 Hz para la red europea y 60 Hz para la red estadounidense, por nombrar solo dos ejemplos.

Para este propósito, se propone que el rastreo de la frecuencia de referencia se retrase más cuando la frecuencia de red se aleje de la frecuencia nominal que cuando se acerque. Por lo tanto, la frecuencia de referencia se rastrea más rápido para cambios en la dirección de la frecuencia nominal que si la frecuencia se aleja de la frecuencia nominal. Con esta propuesta puede lograrse el distinto retraso del rastreo, donde cuando se rastrea en la dirección de la frecuencia nominal, el rastreo más rápido conduce a reacciones de compensación más débiles. Además, la frecuencia de referencia alcanza la frecuencia de red más rápido, la cual básicamente se mueve en la dirección deseada. Si la frecuencia de red se aleja de la frecuencia nominal, es decir, se aleja de ella, se intenta contrarrestar esta tendencia de la frecuencia de red a alejarse lo más posible retrasando tanto como sea posible.

Según una realización, se propone que la frecuencia de referencia se establezca en un valor entre la frecuencia de red y la frecuencia nominal. Por lo tanto, aquí se especifica artificialmente una frecuencia de referencia que se desvía de la frecuencia de red. En consecuencia, existe una desviación entre el sistema de referencia y el voltaje de red, y pueden producirse reacciones de compensación, que también son deseables para influir en la frecuencia de red en la dirección de la frecuencia nominal. En particular, el concepto existente no solo se puede lograr aquí de una manera simple para rastrear el voltaje de salida del voltaje de red, sino que también se puede influir positivamente en una dirección especificada deseada.

Esto significa que el inversor que establece el voltaje de salida también puede establecer una frecuencia. En la medida en que esta frecuencia desviada también conduzca a fuertes cambios en el ángulo de fase, el rastreo con retraso puede comenzar y la frecuencia de referencia y el sistema de referencia en su conjunto pueden ajustarse nuevamente al voltaje de red.

Un fenómeno similar también ocurre con la alimentación de generadores síncronos que están directamente acoplados a dicha red de suministro eléctrico. Dichos generadores síncronos también rastrean físicamente su ángulo eléctrico o su voltaje de polo, que básicamente circula como un indicador de voltaje, después de este indicador de voltaje de red eléctrica. Sin embargo, el exceso ocurre regularmente, en particular debido a la inercia del generador síncrono respectivo. Como resultado, también pueden ocurrir oscilaciones de frecuencia.

Para al menos reducir este problema, aquí se proporciona preferentemente una función de rastreo que no se excede. Tal función de rastreo que no se excede, es decir la función de retraso, se propone preferentemente como una función PT1 o como una función PT2 con un comportamiento especificado que no se excede. Estas son dos funciones simples y fáciles de describir, pero básicamente también se pueden usar otras funciones, por lo que no deberían excederse, o al menos solo muy poco.

Si el indicador de referencia rastrea un indicador de voltaje que ha cambiado bruscamente del voltaje de red y la frecuencia de referencia se deriva de él, inevitablemente hay un cambio de frecuencia, por ejemplo, un aumento de frecuencia, si el cambio repentino en el indicador de voltaje del voltaje de red ha conducido a un aumento en el ángulo de fase. Tal cambio repentino también puede ocurrir sin cambiar la frecuencia de red. Al rastrear, la frecuencia de referencia primero aumentaría y a continuación, cuando el indicador de referencia rastree con éxito el indicador de voltaje del voltaje de red, volvería a disminuir, en particular a la frecuencia de red. Si en este caso el rastreo se realiza sin exceso, no se producen oscilaciones a la frecuencia de referencia. La frecuencia de referencia aumenta una vez y a continuación vuelve al valor de frecuencia de la frecuencia de red sin caer por debajo de ella, y por lo tanto sin oscilar en la otra dirección. En cualquier caso, la solución propuesta puede lograr un comportamiento distinto al que se conoce de un generador síncrono. Este otro comportamiento probablemente puede describirse como mejor.

Además, se propone un procedimiento para controlar varias instalaciones de energía eólica conectadas a una red de suministro eléctrico en una pluralidad de puntos de conexión de red, donde estas instalaciones de energía eólica se preparan en cada caso para alimentar potencia eléctrica a uno de los puntos de conexión de red. Para estas instalaciones de energía eólica, se propone utilizar un procedimiento para alimentar potencia eléctrica según al menos una realización descrita anteriormente. Se puede lograr que estas varias instalaciones de energía eólica contribuyan al soporte de la red y, juntas, especialmente si se opera una gran cantidad de instalaciones de energía eólica de esta manera, pueden hacer una contribución considerable. El procedimiento para alimentar la potencia eléctrica según al menos una de las realizaciones descritas anteriormente es en particular adecuado debido al rastreo con retraso del sistema de referencia para que varias instalaciones de energía eólica reaccionen de manera similar a los cambios en la red.

Especialmente si muchas instalaciones de energía eólica inicialmente permiten un procedimiento de compensación o reacciones iniciales a un cambio en la red de suministro eléctrico, también existe la posibilidad de que las reacciones de compensación tengan un efecto y, en particular, puedan compensar una situación de potencia cambiada en la red de suministro eléctrico o, en particular, puedan devolver el voltaje de red a un estado anterior.

Según una realización, se propone que primero se determine una característica de ubicación para cada uno de los varios puntos de conexión de red. Esta característica de ubicación se usa como una medida para una posición funcional del punto de conexión de red en relación con la fuerza de acoplamiento del punto de conexión de red respectivo para la red de suministro eléctrico. Por lo tanto, esta característica de ubicación indica cómo de fuerte o débilmente está conectado este punto de conexión de red a la red de suministro eléctrico. La fuerza del acoplamiento indica el grado en que los cambios en la red de suministro eléctrico repercuten en el punto de conexión de red relevante y viceversa. Por ejemplo, la fuerza del acoplamiento puede ser el resultado de si este punto de conexión de red se dispone funcionalmente más central o descentralizado. Sin embargo, no tiene que coincidir con lo central o descentralizado que sea el punto de conexión de red.

Por lo tanto, esta característica de ubicación o la medida también indican cómo esta disposición del punto de conexión de red relevante se relaciona con otros dispositivos de alimentación en la red y los consumidores en la red. En este sentido, se presta especial atención a cómo de dominante es el punto de conexión de red respectivo en su área de la red. Cuanto más dominante sea el punto de conexión de red o la instalación de energía eólica o al parque eólico del punto de conexión de red allí para la red de suministro eléctrico, más fuerte será su acoplamiento, al menos en comparación con los puntos de conexión de red que alimentan la misma cantidad de potencia o una similar a la red.

Luego se propone especificar al menos una configuración de funcionamiento para al menos una de las instalaciones de energía eólica en función de la característica de ubicación del punto de conexión de red, a través de la cual se alimenta al menos una instalación de energía eólica. En aras de la simplicidad, se puede suponer una instalación de energía eólica para cada punto de conexión de red como explicación. A continuación, se especifica una configuración de funcionamiento de la instalación de energía eólica en función de su característica de ubicación, es decir, la característica de ubicación de su punto de conexión de red. Tal configuración de funcionamiento se refiere en particular a las propiedades de la instalación de energía eólica que influyen en la alimentación, en particular a las propiedades que se relacionan con los cambios en los estados de la red de suministro eléctrico. Ejemplos de estas se explican a continuación. Sin embargo, a menudo se supondrá que hay un parque eólico que incluye varias, en particular muchas, instalaciones de energía eólica. Tal parque eólico también se define en la presente invención porque todas sus instalaciones de energía eólica se alimentan a la red de suministro eléctrico a través del mismo punto de conexión de red. En este caso, si hay un parque eólico, en particular si hay un parque eólico en cada punto de conexión de red en consideración, estas configuraciones de funcionamiento pueden relacionarse con varias o todas las instalaciones de energía eólica en el mismo parque, es decir, el mismo punto de conexión de red.

La característica de ubicación, por lo tanto, indica con qué fuerza está acoplado el punto de conexión de red a la red de suministro eléctrico.

Una característica de velocidad de rotación se especifica preferentemente en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que la velocidad de rotación sea mayor cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red relevante a la red de suministro eléctrico. Esto también puede depender, por ejemplo, de cómo de centralmente se disponga el punto de conexión de red en la red de suministro. A menudo, pero no necesariamente, el acoplamiento es más fuerte cuanto más centralmente se disponga el punto de conexión de red en la red de suministro eléctrico. Al especificar una característica de velocidad de rotación con una velocidad de rotación en particular alta, la energía de rotación puede acumularse en el rotor de la instalación de energía eólica. Normalmente hay una velocidad de rotación óptima para cada punto de funcionamiento, especialmente para cada velocidad del viento. Esta se puede aumentar para poder proporcionar más energía de rotación en consecuencia. Una instalación de energía eólica a menudo puede funcionar a una velocidad de rotación mayor o menor que la óptima sin abandonar considerablemente el punto óptimo.

Aunque la energía reactiva también se alimenta a menudo para el soporte de la red, ahora se ha reconocido que se requiere en particular poca energía para soportar la red, en particular en los puntos de conexión de red débilmente acoplados de la red de suministro eléctrico. Por otro lado, si el punto de conexión de red tiene un fuerte acoplamiento, a menudo se requiere más energía y, en consecuencia, se propone establecer una velocidad de rotación mayor allí que para un punto de conexión de red descentralizado. Además, una reacción demasiado fuerte en puntos de conexión de red débilmente acoplados de una red de suministro eléctrico puede provocar vibraciones, especialmente oscilaciones de red. Por consiguiente, se propone tener esto en cuenta y usar menos soporte o menos energía de soporte en puntos de conexión de red débilmente acoplados, es decir, puntos de entrada, que también pueden ser puntos de entrada descentralizados. Hasta aquí se explican las ventajas en la presente invención, para tener en cuenta



cómo de central o descentralizado es un punto de conexión de red, estas también deberán entenderse como explicaciones ejemplares de ventajas, cómo de fuerte o débil es el acoplamiento de un punto de conexión de red.

Según una realización, se propone adicional o alternativamente, en función de la característica de ubicación, especificar un intervalo de velocidad de rotación permitido donde se pueda variar la velocidad de rotación para proporcionar o suministrar energía de rotación, en particular de tal manera que el intervalo de velocidad de rotación sea más amplio cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro. En la presente invención, el conocimiento también se basa en que una variación de la velocidad de rotación relativamente fuerte, en particular alrededor de una velocidad de rotación óptima, tiene poco efecto en el rendimiento en el punto de funcionamiento. Por lo tanto, la velocidad de rotación puede reducirse en un valor predeterminado, en particular para emitir energía de rotación, lo que resulta en una ligera pérdida de potencia del nuevo punto de funcionamiento en comparación con el anterior.

Ahora se propone permitir tales variaciones en la velocidad de rotación en distintos grados, es decir, en función de la función de ubicación del punto de conexión de red respectivo. Se puede permitir una alta variación de velocidad de rotación y, por lo tanto, un amplio intervalo de velocidad de rotación si el punto de conexión de red presenta un fuerte acoplamiento. Entonces se permite una mayor cantidad de energía de la energía de rotación que en el caso de un punto de conexión de red que esté menos fuertemente acoplado. Sin embargo, esto también significa que se acepta un mayor decaimiento de la potencia del nuevo punto de operación fuertemente acoplado en el punto de conexión de red que en el débilmente acoplado.

La dinámica de retraso del rastreo con retraso se selecciona preferiblemente en función de la característica de ubicación. En particular, esto se hace de tal manera que cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro, mayor será el retraso. Cuanto más se retrase, más durará el retraso, lo que permite una reacción más compensatoria. Esto también se propone para adaptarse a la fuerza o la debilidad del punto de conexión de red en cuestión. Si está dispuesto en un acoplamiento en particular fuerte, tendrá sentido una reacción compensadora más fuerte, y en consecuencia se propone allí un retraso mayor.

Según una realización adicional, la energía acumulada se proporciona en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que la energía acumulada es mayor cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro. En la presente invención también se propone implementar el conocimiento de que se puede requerir más energía de soporte en un punto de conexión de red fuertemente acoplado.

Además o como alternativa, se propone que se proporcione un acumulador de energía en función de la característica de ubicación. En particular, el acumulador de energía deberá ser mayor cuanto más fuerte sea la conexión del punto de conexión de red a la red de suministro. En consecuencia, se proporcionan acumuladores de energía de distintos tamaños para distintos puntos de conexión de red. Una vez más, la idea subyacente es poder proporcionar o brindar más apoyo en una posición con un fuerte acoplamiento. Puede ser necesaria una cantidad correspondiente de energía para esto, para lo cual se proporcionan acumuladores de energía de distintos tamaños.

Según una realización, se propone, en particular para la conexión de dos secciones de red, proporcionar una alta reserva instantánea en un borde de la red de suministro, es decir, donde se realizará la conexión, para crear una estabilización para este procedimiento de conexión a través de la alta reserva instantánea.

Según otra realización, se propone que las instalaciones de energía eólica que alimentan la red de suministro eléctrico a través de distintos puntos de conexión de red estén conectadas a través de una conexión de datos que está configurada para llevar a cabo al menos una de las tareas que se describen a continuación.

Los datos de control se transmiten preferentemente para coordinar la alimentación en los distintos puntos de conexión de red. De esta manera, se puede lograr que muchas instalaciones de energía eólica, que se alimentan por sí mismas a través de distintos puntos de conexión de red, se alimenten de manera coordinada y, por lo tanto, también puedan hacer una gran contribución, en particular para cualquier medida de soporte de la red.

La selección de la dinámica de rastreo de las instalaciones de energía eólica de los distintos puntos de conexión de red se puede coordinar preferentemente a través de dicha conexión de datos. Esto también puede dar como resultado el comportamiento de las instalaciones de energía eólica, en función también de sus posiciones en la red de suministro eléctrico. Sin embargo, también pueden depender de cómo reaccionan las otras instalaciones de energía eólica que alimentan la misma red de suministro. Esto se puede hacer aquí en particular configurando la dinámica de rastreo, es decir, la selección de la dinámica de rastreo. Aquí, es en particular importante seleccionar el comportamiento de sincronización de las funciones de rastreo.

Según otra realización, se propone que se especifiquen distintas dinámicas de rastreo para las instalaciones de

energía eólica de distintos puntos de conexión de red. Esto tiene la intención de evitar deliberadamente el hecho de que muchas instalaciones de energía eólica reaccionen igual o casi idénticamente. Existe por lo tanto el riesgo de las vibraciones de control. Tal reacción exagerada puede prevenirse seleccionando deliberadamente distintas dinámicas de rastreo.

5

También se propone una instalación de energía eólica para alimentar potencia eléctrica en un punto de conexión de red a una red de suministro eléctrico que presenta un voltaje de red con una frecuencia de red. Esta instalación de energía eólica incluye

- un rotor con varias palas de rotor y un generador para generar potencia eléctrica a partir del viento,

10 - un medio de especificación de referencia para especificar un sistema de referencia con una frecuencia de referencia, un indicador de referencia con un ángulo de referencia y una amplitud de referencia de un voltaje de salida a generar, donde el ángulo de referencia circula con la frecuencia de referencia y la frecuencia de referencia esencialmente se corresponde con la frecuencia de red,

- un medio de especificación de ángulo de fase para especificar un ángulo de fase como un ángulo de fase entre el voltaje de salida y el voltaje de red,

15 - un medio de cálculo para calcular un ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia desde el ángulo de fase especificado, de modo que, entre un voltaje de salida generado con el ángulo de alimentación y el voltaje de red, el ángulo de fase especificado se establece cuando la frecuencia de referencia coincide con la frecuencia de red,  
 - una unidad de alimentación con al menos un inversor de frecuencia para generar el voltaje de salida con una amplitud de voltaje en función de la amplitud de referencia, una frecuencia en función de la frecuencia de referencia y el ángulo de alimentación para alimentar la energía generada a la red de suministro eléctrico, y

20 - un medio de rastreo para el rastreo con retraso del sistema de referencia del comportamiento del voltaje de red según las etapas del procedimiento de la reivindicación.

25 El rotor con sus palas del rotor, preferentemente tres, es por lo tanto girado por el viento, y este movimiento de rotación genera la potencia eléctrica en el generador. Para un mejor control, se propone que el ángulo de las palas del rotor sea ajustable.

Con los medios de especificación de referencia, que pueden proporcionarse, por ejemplo, como parte de una calculadora de procesos o simplemente pueden formar un programa o subprograma en un controlador, se especifica un sistema de referencia, en particular uno como ya se ha explicado anteriormente.

Los medios de configuración de fase también se pueden implementar como parte de una calculadora de procesos o simplemente como un subprograma en un controlador. El ángulo de fase especificado en la presente invención también se especifica como el ángulo de fase entre el voltaje de salida y el voltaje de red, como ya se ha explicado anteriormente en relación con el procedimiento.

Los medios de cálculo para calcular un ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia también se pueden implementar como parte de una unidad de control, de la calculadora de procesos o simplemente como un subprograma de un controlador. Por lo tanto, calcula el ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia, como ya se explicó anteriormente.

Se proporciona una unidad de alimentación para alimentar, que tiene al menos un inversor de frecuencia o también un convertidor de frecuencia. Este inversor de frecuencia genera el voltaje de salida deseado, especialmente al especificar una señal de voltaje pulsado correspondiente. Se puede implementar como una modulación de amplitud de colocación o como un procedimiento de intervalo de tolerancia. Esta unidad de alimentación utiliza la amplitud de referencia, la frecuencia de referencia o una frecuencia que dependa de ella y el ángulo de alimentación como variable de entrada.

50 También se puede implementar un dispositivo de rastreo para el rastreo con retraso del sistema de referencia con el comportamiento del voltaje de red como parte de un dispositivo de control o como un subprograma de un controlador. Los medios de rastreo reciben preferentemente valores de un indicador de voltaje detectado del voltaje de red como entrada y rastrean el indicador de referencia del sistema de referencia con una dinámica de retraso especificada, en particular con una función de retraso especificada. En particular, esto se puede implementar de tal manera que los valores prefijados para el indicador de referencia se formen directamente a partir de los valores del indicador de voltaje del voltaje de red y estos valores prefijados se retrasan con la función de retraso deseada. Los valores prefijados pueden, por ejemplo, formar la entrada de dicho bloque de retraso que implementa la función de retraso, y este bloque en consecuencia genera el valor retrasado de esta manera. Si este valor prefijado cambia abruptamente, la función de retraso lo cambia para que se comporte como la respuesta escalonada de la función de retraso. Este resultado es el valor correspondientemente actualizado del sistema de referencia, en particular del indicador de referencia.

La instalación de energía eólica está preparada preferentemente para llevar a cabo al menos un procedimiento, como

se explicó anteriormente con referencia a al menos una de las realizaciones del procedimiento de alimentación. Para este propósito, la instalación de energía eólica puede tener un dispositivo de control correspondiente donde se implemente el procedimiento correspondiente.

5 La instalación de energía eólica presenta preferentemente un dispositivo de transmisión de datos que se proporciona para intercambiar datos a través de una conexión de datos con al menos una instalación de energía eólica adicional, donde esta instalación de energía eólica adicional a su vez alimenta a la red de suministro eléctrico a través de un punto de conexión de red adicional. Tal dispositivo de transmisión de datos puede ser por cable o inalámbrico. Se puede considerar una combinación.

10

Además, se proporciona un medio de coordinación que coordina la alimentación de la potencia eléctrica de la instalación de energía eólica propuesta con la alimentación de la potencia eléctrica de la al menos una instalación de energía eólica adicional. A tal efecto, puede tener lugar una coordinación con respecto a la dinámica prevista. Por lo tanto, se puede coordinar qué instalación de energía eólica rastrea qué sistema de referencia con qué dinámica de retraso o función de retraso. Sin embargo, también es posible coordinar valores de alimentación específicos, como el ángulo de fase deseado. Los medios de coordinación pueden proporcionarse como parte de un dispositivo de control o pueden implementarse como un programa de control en un controlador que recibe los datos necesarios del dispositivo de transmisión o los transfiere al dispositivo de transmisión para la transmisión.

15

20 También se propone para dicha instalación de energía eólica, que se acople o se comunica con al menos otra instalación de energía eólica a través de una conexión de datos, que ejecuta un procedimiento, es decir, dicho procedimiento se implementa en su dispositivo de control, que fue descrito anteriormente en relación con realizaciones, que se refiere a la alimentación mediante varias instalaciones de energía eólica a través de varios puntos de conexión de red.

25

Según una realización adicional, se propone para una instalación de energía eólica que se comunica a través de un dispositivo de transmisión de datos con al menos una instalación de energía eólica adicional, que usa un punto de conexión de red adicional, que se proporcione un medio de determinación para determinar una propiedad de ubicación o un medio de entrada para introducir una característica de ubicación. Los medios de determinación pueden ser parte de un dispositivo de control, o también pueden ser un subprograma de un controlador que evalúa los datos correspondientes. Alternativamente, el personal de servicio o una sala de control central, por ejemplo, pueden introducir la característica de ubicación, por nombrar solo dos ejemplos. Esta característica de ubicación forma así una medida de cómo de fuerte o débil es el punto de conexión de red respectivo y, por lo tanto, la instalación de energía eólica que lo utiliza está acoplada a la red de suministro eléctrico.

30

35

Para este propósito, se propone un medio predeterminado que especifica al menos una configuración de funcionamiento de al menos una de las instalaciones de energía eólica en función de la característica de ubicación del punto de conexión de red. Los medios especificados pueden, por ejemplo, seleccionar una característica de velocidad de rotación y, por lo tanto, especificar si la instalación de energía eólica en cuestión funciona a una velocidad de rotación óptima o más bien a una velocidad de rotación más alta. Además o alternativamente, los medios de especificación pueden especificar un intervalo de velocidad de rotación, por nombrar un ejemplo adicional. Los medios de especificación pueden, por lo tanto, ser parte del dispositivo de control, o pueden implementarse como un programa o subprograma correspondiente, por ejemplo, mediante la implementación en el control del sistema.

40

45 Además, se propone una disposición de varias instalaciones de energía eólica para alimentar la potencia eléctrica en varios puntos de conexión de red. Esta disposición comprende al menos un dispositivo de transmisión de datos para intercambiar datos a través de una conexión de datos entre las instalaciones de energía eólica, que alimentan la red de suministro eléctrico en los varios puntos de conexión de red. Como resultado, se puede llevar a cabo la coordinación entre las instalaciones de energía eólica, en particular de la manera que ya se ha explicado anteriormente en relación con las realizaciones.

50

Esta disposición usa instalaciones de energía eólica según al menos una realización descrita anteriormente. Más preferentemente, dicha disposición usa al menos un procedimiento según al menos una realización descrita anteriormente y, además o alternativamente, la disposición está equipada con acumuladores de energía, como se describió anteriormente en relación con al menos una realización.

55

A continuación, la invención se explica con más en detalle a modo de ejemplo mediante formas de realización en relación con las figuras adjuntas siguientes.

60

La figura 1 muestra una instalación de energía eólica en una representación en perspectiva.

La figura 2 muestra un parque eólico en una representación en perspectiva.

La figura 3 muestra un diagrama de flujo para operar una instalación de energía eólica según una realización.

5 La figura 4 ilustra el significado y el rastreo de un sistema de referencia utilizando un diagrama de indicador y una función de tiempo asociada.

La figura 5 ilustra el curso de una función de retraso de primera orden y una función de retraso sin exceso de segundo orden.

10 La figura 6 muestra esquemáticamente una posible estructura de red para ilustrar áreas centrales y descentralizadas.

15 La figura 7 muestra un diagrama para ilustrar una característica de ubicación que especifica una medida de cómo de central o descentralmente está dispuesta una instalación de energía eólica, con referencia a la estructura de red de la figura 6.

La figura 8 muestra distintas características de velocidad de rotación.

20 La figura 9 ilustra las relaciones entre velocidad de rotación y potencia.

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

25 La figura 2 muestra un parque eólico 112 con tres instalaciones de energía eólica 100, a modo de ejemplo, que pueden ser iguales o diferentes. Las tres instalaciones de energía eólica 100 son, por tanto, representativas de prácticamente cualquier número de instalaciones de energía eólica de un parque eólico 112. Las instalaciones de energía eólica 100 proporcionan su energía, en particular, la electricidad generada a través de una red de parque eléctrico 114. A este respecto se suman las corrientes o potencias generadas de las instalaciones de energía eólica 100 individuales y  
30 normalmente está previsto un transformador 116, que eleva la tensión en el parque a fin de alimentarla en la red de suministro 120 en el punto de alimentación 118, también designado en general como PCC. La figura 2 es solo una representación simplificada de un parque eólico 112, que, por ejemplo, no muestra ningún control, aunque naturalmente está presente un control. Por ejemplo, la red del parque 114 también puede estar conformada de manera distinta, donde, por ejemplo, está presente un transformador a la salida de cada instalación de energía eólica 100, por  
35 nombrar solo otro ejemplo de realización.

La figura 3 ahora ilustra en un diagrama de bloques la secuencia de una realización de un procedimiento según la invención para alimentar potencia eléctrica a una red de suministro. En una sección de arranque 10, el bloque de inicio  
40 12 ilustra el arranque de la turbina, es decir, la instalación de energía eólica y su generador. Si hay suficiente viento, la instalación de energía eólica puede funcionar a la velocidad de rotación nominal, de lo contrario, posiblemente a una velocidad más baja. Si la instalación de energía eólica está en funcionamiento hasta ese punto, el voltaje de red se mide en el bloque de medición 14, es decir, al menos la frecuencia de red  $f_N$  y la amplitud del voltaje de red  $U_N$ . El bloque de iniciación 16, que inicia o arranca un sistema de referencia, recibe estos valores, es decir, que la frecuencia de referencia  $f_{ref}$  corresponde a la frecuencia de red medida  $f_N$  y que la amplitud de voltaje  $U_{ref}$  del sistema de referencia  
45 corresponde a la amplitud de voltaje  $U_N$  de la red voltaje.

La alimentación en la sección de funcionamiento de la potencia 20 se puede llevar a cabo con estos valores iniciales. Para este propósito, se opera un sistema de referencia en el bloque de referencia 22, y este bloque de referencia 22  
50 suministra en consecuencia una amplitud de voltaje  $U_{ref}$  y una frecuencia de referencia  $f_{ref}$ . El rastreo del sistema de referencia también se puede realizar en el bloque de referencia 22.

El bloque de referencia 22 a continuación pasa estos valores de referencia al bloque de ángulo de fase 24. El bloque de ángulo de fase calcula un ángulo de fase para establecer un punto de operación. Allí puede establecer cuánta potencia reactiva o corriente reactiva y cuánta potencia activa o corriente activa se debe alimentar. El ángulo de fase  
55 y el voltaje se pueden configurar.

Para este propósito, el bloque de ángulo de fase 24 también recibe información o para la conversión de energía de la instalación de energía eólica o el control de la instalación de energía eólica, que en particular controla el generador y las palas del rotor y una posición azimutal. Para este propósito se ilustra el área de la turbina eólica 30. Contiene un  
60 bloque de turbina eólica 32, que controla el punto de operación de la turbina eólica y transfiere los datos correspondientes al bloque de ángulo de fase 24. El bloque de turbina eólica 32 se relaciona así con el control del generador y su periferia, mientras que la sección de funcionamiento de la potencia 20 se relaciona esencialmente con

la alimentación de la potencia eléctrica generada por el generador.

El ángulo de fase se calcula así en el bloque de ángulo de fase 24 para establecer el punto de operación, y uno o varios inversores involucrados implementan el resultado. Este al menos un inversor genera correspondientemente un voltaje de salida, y esto también da como resultado una corriente eléctrica resultante. Esto se ilustrará en el bloque de salida 26, que muestra que se genera un voltaje instantáneo  $u$  y se establece una corriente instantánea  $i$ . En primer lugar, se supone que se establecen los valores deseados, especialmente que se establece el ángulo de fase calculado en el bloque de ángulo de fase 24. En este caso, se puede determinar una sincronización en el área de sincronización 40, a saber, que se aplican los valores iniciales del bloque de iniciación 16, de modo que un interruptor de sincronización 42 representado simbólicamente se puede cambiar a la posición mostrada en la figura 3. El sistema de referencia ya no determina la frecuencia de red medida  $f_N$  y la amplitud de voltaje medida  $U_N$  del voltaje de red, sino que el sistema de referencia funciona esencialmente de forma independiente en el bloque de referencia 22. En consecuencia, un circuito cerrado está presente en la sección de funcionamiento de la potencia 20, que pasa a través del bloque de referencia 22, el bloque de ángulo de fase 24 y el bloque de salida 26 y se conduce de vuelta al bloque de referencia 22

Si ahora se produce un cambio en la red de suministro, cambia también la amplitud de voltaje  $U_N$  del voltaje de red, la frecuencia de red  $f_N$  y/o la posición de fase del voltaje de red, esto tiene un efecto directo al menos en la corriente instantánea  $i$ , que se ilustra en el bloque de salida 26. Debido al hecho de que el sistema de referencia no se rastrea de inmediato, especialmente porque se rastrea solo por un elemento de retraso de primer orden, una reserva instantánea se activa y alimenta o retira de inmediato, en función de qué cambios ocurran en la red y qué reacción provoquen estos. Sin embargo, existe un rastreo con retraso al rastrear el sistema de referencia de la situación cambiada o los estados cambiados en la red de suministro eléctrico con una función de retraso o dinámica de retraso predeterminadas en el bloque de referencia 22. La reacción que se menciona también puede dar como resultado que el ángulo de fase  $\varphi$  calculado en el bloque de ángulo de fase 24 se cambie primero. Luego se realiza un rastreo correspondiente utilizando la función de retraso o la dinámica de retraso mencionada. Para este propósito, un indicador de referencia del sistema de referencia rastrea un indicador de voltaje del voltaje de red.

Este rastreo se lleva a cabo teniendo en cuenta la dinámica de retraso, al menos de tal manera que finalmente el indicador de referencia y el indicador de voltaje del voltaje de red circulen sincrónicamente entre sí, pero indiquen el ángulo de fase deseado entre ellos. Si el indicador de referencia ahora circula de manera estacionaria, la frecuencia de referencia puede determinarse a partir de esta rotación y usarse en el bloque de referencia 22. Básicamente, la frecuencia de referencia es la derivada del indicador de referencia circulante o su ángulo de rotación. También puede ser proporcional a ello.

El significado del indicador de referencia  $Z_{ref}$  y el indicador de voltaje  $Z_N$  del voltaje de red se ilustrará en la figura 4. La ilustración muestra solo una fase y esta puede ser una fase de un sistema trifásico.

En primer lugar, se usa una variante en la figura 4, donde el indicador de referencia  $Z_{ref}$  del sistema de referencia también corresponde a un indicador de voltaje del voltaje de salida que emite el inversor. La figura 4 muestra un voltaje de salida aproximadamente sinusoidal  $U_{ref}$  y un voltaje de red aproximadamente sinusoidal  $U_N$ . Además, se muestra un voltaje de red modificado  $U'_N$  con puntos, que se explicará más adelante.

Los perfiles de voltaje corresponden a los indicadores de voltaje circulantes  $Z_{ref}$ ,  $Z_N$  y  $Z'_N$ . Estos indicadores circulan aquí en sentido horario, y el ángulo de fase  $\varphi$  se encuentra entre el indicador de voltaje  $Z_{ref}$  del voltaje de referencia y el indicador de voltaje  $Z_N$  del voltaje de red. Ambos indicadores circulan sincrónicamente y, por lo tanto, el ángulo de fase  $\varphi$  es constante. La posición de los indicadores mostrados en la figura 4 corresponde a los valores instantáneos en el tiempo  $t_0$ . En el estado estacionario, estos indicadores circulan continuamente, y la curva sinusoidal mostrada se produce a lo largo del tiempo. El ángulo de fase  $\varphi$  es, por lo tanto, el desplazamiento de fase entre los dos perfiles de voltaje sinusoidal  $U_{ref}$  y  $U_N$ .

Si hay un cambio en el voltaje de red, el indicador de voltaje  $Z_N$  del voltaje de red también cambia en consecuencia. En la presente invención se considera que su amplitud, es decir, longitud, cambia, que su velocidad orbital cambia, de modo que el ángulo de fase  $\varphi$  cambiaría gradualmente si el indicador de voltaje  $Z_{ref}$  del sistema de referencia no cambiase, y puede considerarse que el indicador de voltaje  $Z_N$  del voltaje de red salta en su posición de fase, de modo que el ángulo cambia inmediatamente en un cierto valor. Estas tres opciones también se pueden combinar. La figura 4 ilustra este último caso, donde salta la posición de fase del indicador de voltaje  $Z_{ref}$  del voltaje de red. Esto se debe a que salta al indicador de voltaje  $Z'_N$  que se muestra en líneas punteadas. El salto de  $45^\circ$  es bastante grande y solo se elige para que pueda representarse bien en el dibujo.

Este salto ilustrado del indicador de voltaje  $Z_N$  al nuevo indicador de voltaje  $Z'_N$  resulta en un ángulo de fase modificado  $\varphi$ . El ángulo de fase  $\varphi$  así ampliado también puede leerse en el diagrama de tiempo donde la curva sinusoidal punteada

del voltaje de red cambiada  $U'_N$  muestra un cambio mayor en el eje de tiempo con respecto al voltaje de referencia  $U_{ref}$ . Para lograr este ángulo de fase originalmente previsto  $\varphi$  nuevamente, el indicador de voltaje  $Z_{ref}$  del sistema de referencia puede rastrear el nuevo indicador de voltaje  $Z'_N$ . Sin embargo, este rastreo se retrasa, preferentemente se retrasa por medio de un comportamiento PT1.

5

Tal función de retraso de primer orden, que también se denomina función PT1, se muestra en la figura 5, pero debería ser familiar para los expertos en la materia. A este respecto, la figura 5 muestra una respuesta de salto de una función de retraso PT1 con una ganancia de 1 y un salto de 0 a 1. La respuesta de salto que se muestra, que también caracteriza a esta función de retraso de primer orden PT1, comienza con una pendiente inicial y luego se aproxima al valor final 1 asintóticamente desde abajo. La pendiente inicial se ilustra mediante una tangente discontinua, y el valor donde la tangente alcanza el valor final puede considerarse como la constante de tiempo TPT1 de esta función de retraso de primer orden. De esta manera, el comportamiento puede especificarse de una manera simple que no se exceda y donde una constante de tiempo también pueda especificarse de una manera simple. A este respecto, esta constante de tiempo es una medida del retraso en el rastreo. Cuanto mayor es la constante de tiempo TPT1, mayor es el retraso.

Como una segunda realización, la dinámica de retraso de un elemento de retraso de segundo orden sin exceso se muestra en la figura 5 y se conoce allí como PT2. En comparación con la función de retraso de primer orden, esta función comienza con un aumento plano, luego se vuelve más pronunciada y luego se acerca al valor final más rápido, pero también asintóticamente desde abajo. Esta función de retraso de segundo orden PT2 también se puede parametrizar a través de una constante de tiempo y su comportamiento de amortiguación. Por lo tanto, el tamaño del retraso también se puede establecer de esta manera.

La figura 5 muestra dos funciones de retraso preferidas para el rastreo con retraso. En consecuencia, las funciones que tienen un comportamiento similar son funciones útiles para el rastreo en el sentido de la enseñanza descrita en la presente invención.

La figura 6 muestra una red de suministro eléctrico 50 o una parte de la misma en una ilustración esquemática. Esta red de suministro eléctrico 50 muestra, por ejemplo, una central eléctrica de gran potencia 52, un consumidor industrial 54 como una planta de acero u otro sitio de producción, y una ciudad 56. También se muestran varios pueblos más pequeños 58 y cuatro instalaciones de energía eólica WT1 a WT4. La red presenta distintas secciones de red de distintos voltajes, a saber, una red de voltaje extra alto HH, una red de alto voltaje H, varias redes de medio voltaje M y varias redes de bajo voltaje N. Entre estas distintas redes y la central eléctrica de gran potencia 52, el consumidor industrial 54 y las instalaciones de energía eólica WT1 a WT4, se disponen transformadores T correspondientes. Tanto los transformadores T como los pueblos 58 no se distinguen en sus números de referencia, aunque, por supuesto, cada uno está diseñado de manera distinta en términos concretos. Las instalaciones de energía eólica o turbinas eólicas WT1 a WT4 también pueden representar un parque eólico, cada uno de los cuales comprende varias instalaciones de energía eólica. El transformador T respectivo de una de las instalaciones de energía eólica WT1 a WT4 también puede considerarse como un punto de conexión de red para comprender la enseñanza explicada en la presente invención.

En esta red de suministro eléctrico 50, la central eléctrica de gran potencia 52 representa un gran generador en términos de la cantidad de energía suministrada. En este sentido, el consumidor industrial 54 representa un gran consumidor. La ciudad 56 también forma un consumidor relativamente grande, y los pueblos 58 forman cada vez consumidores más pequeños. En cualquier caso, las turbinas eólicas WT1 a WT4 pueden considerarse como unidades de generación de energía más pequeñas en comparación con la central eléctrica de gran potencia 52.

En funcionamiento normal, en particular si también se opera el consumidor industrial 54 y se opera la central eléctrica de gran potencia 52, habrá un flujo de energía considerable desde la central eléctrica de gran potencia 52 al consumidor industrial 54 y un flujo de energía considerable desde la central eléctrica de gran potencia 52 hasta la ciudad 56. Si el consumidor industrial 54 cambia su consumo de energía, especialmente si se desconecta de la red o está conectado a la red, esto tendrá un fuerte impacto en particular en la turbina eólica WT2. Lo mismo se aplica a los cambios en la central eléctrica de gran potencia 52, especialmente si debiese salirse de la red.

Además, las medidas de soporte de la red, en particular un aumento o reducción de la potencia alimentada por la turbina eólica WT2, tendrán un efecto comparativamente menos inmediatamente reconocible que, por ejemplo, en el caso de la turbina eólica WT1, siempre que sean aproximadamente del mismo tamaño. En consecuencia, la turbina eólica WT2 está situada en particular cerca del centro de la red de suministro eléctrico 50. Este centro se muestra claramente aquí como «Z». Dos periferias se representan con dos áreas marcadas con «Per». Esta marca de un centro y una periferia deberá entenderse claramente. De hecho, los puntos en la línea de voltaje extra alto HH en las proximidades de la central eléctrica de gran potencia 52 indican que la red de suministro eléctrico todavía se continúa allí y que, por lo tanto, aún pueden surgir más centros. Este ejemplo pretende ilustrar un acoplamiento fuerte distintos

de los puntos de conexión de red individuales. Para este propósito, se supone aquí para simplificar y solo con el propósito de ilustrar que la fuerza del acoplamiento de cada punto de conexión de red se corresponde con cómo de centralmente estén dispuestos en la red de suministro.

- 5 Sin embargo, se puede declarar cómo de centrales o descentralizadas están dispuestas las turbinas eólicas WT2 y WT1 ya mencionadas. En consecuencia, la turbina eólica WT2 se dispone muy centralmente o se alimenta muy centralmente en la red de suministro 50, y la turbina eólica WT1 se dispone muy descentralmente o se alimenta muy descentralmente en la red de suministro 50.
- 10 En consecuencia, una característica de ubicación o un factor de ubicación OF puede asignarse como un valor que forme una función en función de cómo de central o descentralmente esté dispuesto un punto de entrada. Esto se ha ilustrado en la figura 7. La figura 7 propone un factor de ubicación OF, que puede asumir valores del 1 al 4 a modo de ejemplo. También se pueden usar otros intervalos de valores, o por ejemplo, se puede usar una medida comprendida entre el 0 % y el 100 %. El valor alto de 4 indica una posición muy central de un punto de conexión de red y el valor 1 indica una posición muy descentralizada del punto de conexión de red. En consecuencia, a la turbina eólica WT2 se le puede asignar un factor de ubicación alto, es decir, una propiedad de ubicación con un valor grande, y a la turbina eólica WT1 un factor de ubicación pequeño, es decir, una propiedad de ubicación con un valor pequeño.

- Las otras turbinas eólicas WT3 y WT4 de la figura 6 se encuentran entre estos dos valores extremos. La turbina eólica WT3 está más descentralizada que la turbina eólica WT2, pero es más central que la turbina eólica WT1 porque se alimenta a la misma red de medio voltaje a la que está conectada la ciudad 56. La turbina eólica WT4 está más descentralizada que la turbina eólica WT3, pero más central que la turbina eólica WT1, porque la turbina eólica WT1 se alimenta a una red de medio voltaje a la que está conectado un pueblo 58, mientras que la turbina eólica WT4 se alimenta a una red de medio voltaje a la que están conectados dos pueblos 58. Este resultado se dibuja en consecuencia en la figura 7, de modo que la turbina eólica WT2 es la más central y la disposición se descentraliza cada vez más a través de la turbina eólica WT3, luego la turbina eólica WT4 hasta la turbina eólica WT1. Los factores de ubicación OF disminuyen en consecuencia en esta dirección.
- 20 WT3 está más descentralizada que la turbina eólica WT2, pero es más central que la turbina eólica WT1 porque se alimenta a la misma red de medio voltaje a la que está conectada la ciudad 56. La turbina eólica WT4 está más descentralizada que la turbina eólica WT3, pero más central que la turbina eólica WT1, porque la turbina eólica WT1 se alimenta a una red de medio voltaje a la que está conectado un pueblo 58, mientras que la turbina eólica WT4 se alimenta a una red de medio voltaje a la que están conectados dos pueblos 58. Este resultado se dibuja en consecuencia en la figura 7, de modo que la turbina eólica WT2 es la más central y la disposición se descentraliza cada vez más a través de la turbina eólica WT3, luego la turbina eólica WT4 hasta la turbina eólica WT1. Los factores de ubicación OF disminuyen en consecuencia en esta dirección.
- 25

- Esta clasificación o esta evaluación se pueden usar preferentemente para seleccionar retrasos de distintas magnitudes. Se puede proporcionar una desaceleración en particular fuerte para una turbina eólica en particular centralizada como la turbina eólica WT2. Según la figura 5, se puede seleccionar una constante de tiempo en particular grande  $T_{PT1}$  para esto. En consecuencia, si el voltaje de red cambia, el sistema de referencia propuesto se rastrearía con una distancia en particular grande, lo que puede conducir a una gran reserva instantánea o la alimentación de una gran reserva instantánea. En consecuencia, una instalación descentralizada de energía eólica puede funcionar con un retraso menor, y por lo tanto, se puede seleccionar una constante de tiempo más pequeña  $T_{PT1}$  si se implementa utilizando una función de retraso de primer orden.
- 30 magnitudes. Se puede proporcionar una desaceleración en particular fuerte para una turbina eólica en particular centralizada como la turbina eólica WT2. Según la figura 5, se puede seleccionar una constante de tiempo en particular grande  $T_{PT1}$  para esto. En consecuencia, si el voltaje de red cambia, el sistema de referencia propuesto se rastrearía con una distancia en particular grande, lo que puede conducir a una gran reserva instantánea o la alimentación de una gran reserva instantánea. En consecuencia, una instalación descentralizada de energía eólica puede funcionar con un retraso menor, y por lo tanto, se puede seleccionar una constante de tiempo más pequeña  $T_{PT1}$  si se implementa utilizando una función de retraso de primer orden.
- 35

- En particular, para proporcionar la energía necesaria para tal reserva instantánea, puede ser ventajoso operar la instalación de energía eólica a una velocidad de rotación más alta, o al menos permitir un intervalo de velocidad de rotación más grande, de modo que se pueda proporcionar una cantidad correspondiente de energía rotacional. Por lo general, hay una velocidad de rotación óptima para cada instalación de energía eólica para cada punto de funcionamiento, en particular para cada velocidad del viento, incluso si el ajuste no se realiza midiendo la velocidad del viento, esto puede servir como explicación.
- 40

- 45 Sin embargo, una instalación de energía eólica puede funcionar de manera casi óptima a una velocidad de rotación más alta o más baja, sin tener que aceptar grandes pérdidas o grandes cargas. Si una instalación de energía eólica tiene que proporcionar una reserva instantánea en particular grande, como la turbina eólica WT2 de la figura 6, esto puede lograrse mediante energía rotacional en los rotores de la instalación de energía eólica. Si, por ejemplo, la velocidad de rotación aumenta en un 10 %, físicamente ya hay aproximadamente un 20 % más de energía de rotación.
- 50 Sin embargo, si solo se considera la energía de rotación que se puede demandar, porque es recomendable usar solo tanta energía rotacional como para que el sistema continúe funcionando, tal aumento de velocidad del 10 %, basado en la energía rotacional que puede llamado, puede resultar en un suministro de energía mucho más alto que el Alcance 20% mencionado anteriormente.

- 55 Para la implementación, una instalación de energía eólica puede seleccionar una correspondiente entre varias características de velocidad de rotación posibles, es decir, una con una velocidad de rotación más alta, si se desea, como la instalación de energía eólica WT2.

- Tales características de velocidad de rotación distintas se ilustran en la figura 8. Se introducen tres características de velocidad de rotación  $K_1$ ,  $K_2$  y  $K_3$  como ejemplos. Sin embargo, esta figura 8 solo se usa a modo de ilustración, porque generalmente las características de potencia de la velocidad de rotación se acumulan en una instalación de energía eólica, pero no las características de velocidad del viento - velocidad de rotación. En el intervalo de carga parcial, es
- 60

decir, el intervalo donde la instalación de energía eólica aún no puede suministrar toda la potencia y que en la figura 8 se encuentra entre la velocidad de viento inicial  $V_{ws}$  y la velocidad de viento nominal  $V_{WN}$ , también se puede asignar una potencia a cada velocidad de viento, si suponemos una operación óptima en estado estacionario. En cualquier caso, se pueden seleccionar distintas características  $K_1$ ,  $K_2$  o  $K_3$  en este intervalo de carga parcial, en función de si se requiere una mayor velocidad de rotación para proporcionar mayor energía.

Si a una velocidad nominal del viento o anterior, se alcanza la velocidad nominal  $V_{VN}$   $n_N$ , por razones de seguridad de la planta, generalmente no es posible utilizar una velocidad de rotación superior a la velocidad de rotación nominal. Sin embargo, en situaciones excepcionales, especialmente si se espera un soporte de red a corto plazo, podría considerarse una mayor velocidad. Esto se indica en la figura 8 por características punteadas en el área después de la velocidad nominal del viento  $V_{WN}$ .

La figura 9 muestra una multitud de características de velocidad de rotación - potencia, a saber, curvas de velocidad de rotación - potencia para distintas velocidades del viento comprendidas entre 3 m/s y 13 m/s. La representación es solo esquemática, sin valores numéricos. Se podría suponer una normalización de la velocidad de rotación nominal o la potencia nominal del rotor.

En primer lugar, se puede ver que la potencia  $P$ , que se representa en cada una de las curvas en función de la velocidad de rotación  $n$ , aumenta con la velocidad de rotación hasta un máximo. Allí está el óptimo de la potencia. Para velocidades del viento de 3 a 10 m/s, este óptimo se muestra mediante una característica de funcionamiento que se cruza con la familia de curvas. Alcanza la velocidad máxima en la curva de 10 m/s y muestra la velocidad óptima hasta entonces. Para velocidades de viento más altas, la velocidad de rotación óptima está por encima de la velocidad máxima, que se muestra como  $n_{max}$ . Es por eso que la característica de funcionamiento sube verticalmente 10 m/s desde la curva de potencia/velocidad de rotación, porque entonces el sistema está limitado en términos de velocidad.

Como ejemplo, en la curva de potencia-velocidad de rotación para 10 m/s se introducen dos puntos de operación que se desvían de la característica de funcionamiento, que están aproximadamente un 10 % por debajo o por encima de la velocidad de rotación óptima. Se puede ver que esta desviación de velocidad de rotación de la velocidad de rotación óptima solo conduce a una reducción significativamente menor de la potencia. Estos dos puntos de operación distintos pueden indicar un intervalo de velocidad de rotación en el cual la instalación de energía eólica puede operar para proporcionar una reserva instantánea. Este intervalo de velocidad de rotación puede seleccionarse preferentemente para que tenga una amplitud distinta en función de las condiciones secundarias, para distintas instalaciones de energía eólica, para distintos puntos de conexión de red y/o para distintas situaciones.

La solución propuesta crea así opciones para ajustar el flujo de energía. Esto incluye la reacción inmediata, es decir, instantánea que se puede lograr con esta solución. Preferentemente se usa como base un sistema que defina el voltaje. Un convertidor o inversor genera voltaje según una referencia interna, y se establece un flujo de potencia a través de la amplitud de voltaje y el ángulo de fase entre este voltaje de salida en el convertidor, es decir, el voltaje del convertidor y el voltaje de red. Alternativamente, también se puede usar un convertidor de configuración de corriente.

Una medición de la frecuencia de red puede ser suficiente para la primera sincronización, como se explicó en relación con la sección de inicio 10 de la figura 3.

Básicamente, un controlador rastrea ambas variables, es decir, voltaje y frecuencia, en el convertidor para establecer puntos de operación para potencia activa y reactiva. El sistema de referencia se proporciona para este propósito. El ángulo de fase y la amplitud de voltaje se ajustan en consecuencia.

Un evento en la red, como un salto de fase o un cambio en la frecuencia a lo largo del tiempo, conduce a una reacción inmediata, es decir, instantánea, porque el voltaje y la frecuencia en el convertidor no cambian de inmediato y otras corrientes se configuran de inmediato. El voltaje y la frecuencia en el convertidor o inversor continúan inicialmente sin cambios con el sistema de referencia. Un rastreo con retraso conduce así a la provisión de una reserva instantánea.



**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para alimentar potencia eléctrica en un punto de conexión de red (118) a una red de suministro eléctrico (50, 120) que presenta un voltaje de red con una frecuencia de red ( $f_N$ ) mediante al menos una instalación de energía eólica (100) o una central eléctrica que consiste en al menos una instalación de energía eólica que comprende las etapas:
- especificar un sistema de referencia con una frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ), un indicador de referencia ( $Z_{ref}$ ) con un ángulo de referencia y una amplitud de referencia de un voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) a generar, donde el ángulo de referencia circula con la frecuencia de referencia y la frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ) esencialmente se corresponde con la frecuencia de red ( $f_N$ ),
  - especificar un ángulo de fase ( $\varphi$ ) como el ángulo de fase entre el voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) y el voltaje de red ( $U_N$ ),
  - calcular un ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia desde el ángulo de fase especificado, de modo que, entre un voltaje de salida generado con el ángulo de alimentación y el voltaje de red, se establece el ángulo de fase ( $\varphi$ ) especificado cuando la frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ) coincide con la frecuencia de red ( $f_N$ ),
  - generar el voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) con una amplitud de voltaje en función de la amplitud de referencia, una frecuencia en función de la frecuencia de referencia y el ángulo de alimentación y
  - rastrear con retraso del sistema de referencia el comportamiento del voltaje de red, caracterizado porque para el rastreo con retraso:
    - se detecta un ángulo de fase real entre el voltaje de salida generado ( $U_{ref}$ ) y el voltaje de red ( $U_N$ ),
    - se forma un ángulo de diferencia entre el ángulo de fase especificado y el ángulo de fase detectado,
    - el ángulo de referencia se cambia para que el ángulo de diferencia disminuya con una función de retraso predeterminada y
    - la frecuencia de referencia se adapta al ángulo de referencia modificado.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el rastreo con retraso tiene lugar con una dinámica de retraso predeterminada (PT1, PT2), y/o porque para el rastreo con retraso del sistema de referencia
- la frecuencia de referencia de la frecuencia de red se rastrea con retraso y/o
  - la amplitud de referencia del voltaje de red se rastrea con retraso.
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, caracterizado porque el rastreo con retraso o la o una dinámica de retraso predeterminada (PT1, PT2) es ajustable y/o depende del punto de conexión de red (118) y/o porque la potencia adicional necesaria para el rastreo con retraso o el exceso de potencia resultante del mismo se cubre con energía rotacional o se acumula como energía rotacional, y/o se toma de un acumulador de energía, en particular un acumulador de batería o se acumula en dicho acumulador, y/o porque la dinámica de retraso se realiza mediante la función de retraso y la función de retraso es una función pt1 o una función pt2 con respuestas de salto que no se exceden.
4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la frecuencia de referencia se establece en un ajuste de inicio (16) a la frecuencia de red y/o porque
- una corriente alimentada a la red de suministro (50, 120) es el resultado de la generación del voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) y porque
  - la función de retraso o dinámica de retraso se selecciona de modo que cuando haya un cambio en al menos un estado en la red de suministro, la generación del voltaje de salida permanezca esencialmente sin cambios, de modo que un cambio resultante en la corriente alimentada inicialmente no sea sustancialmente contrarrestado, de modo que el procedimiento sobre el cambio del al menos un estado de red reaccione directamente con una corriente alimentada cambiada.
5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- hay una operación de rastreo cuando el sistema de referencia rastrea el voltaje de red y se desvía del voltaje de red en al menos un tamaño al menos por en menos una desviación mínima predefinida, y
  - de lo contrario, hay una operación normal, donde
- un valor de tolerancia especificado en la operación de rastreo puede exceder un valor límite especificado para la operación normal.
6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque está permitido al menos un exceso según la lista que consiste en las posibilidades de que
- el valor límite especificado sea una corriente de alimentación máxima y la desviación mínima predeterminada sea al menos el 10 % de la corriente de alimentación máxima,

- el valor límite especificado sea una potencia máxima a alimentar y la desviación mínima predeterminada sea al menos el 10 % de la potencia máxima a alimentar,
- 5
- el valor límite especificado sea una temperatura máxima permitida en un inversor que genera el voltaje de salida y la desviación mínima predeterminada sea de al menos 10 K,
  - y el valor límite especificado sea un valor máximo permitido de una integral de la temperatura durante el tiempo predeterminado, y la desviación mínima predeterminada sea de al menos 10 K\*s,
- 10
- el valor límite especificado sea un cambio de frecuencia máximo y la desviación mínima predeterminada sea de al menos 0,5 Hz/s.
7. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque
- 15
- se proporciona una frecuencia nominal para la red de suministro eléctrico,
  - la frecuencia de referencia se rastrea en función de la frecuencia de red, ya sea que la frecuencia de red se acerque a la frecuencia nominal o se aleje, donde
- 20
- el rastreo de la frecuencia de referencia se retrasa más cuando la frecuencia de red se aleja de la frecuencia nominal que cuando se acerca.
8. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la frecuencia
- 25
- de referencia se establece en un valor entre la frecuencia de red y la o una frecuencia nominal de la red de suministro eléctrico, de modo que surgen desviaciones entre el sistema de referencia y el voltaje de red y se producen reacciones de compensación, en particular en una corriente de alimentación cambiada.
9. Procedimiento para controlar varias instalaciones de energía eólica (100) conectadas a una red de
- 30
- suministro eléctrico en varios puntos de conexión de red, cada una para alimentar potencia eléctrica en uno de los puntos de conexión de red (118), donde se usa un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
10. Procedimiento según la reivindicación 9 que comprende las etapas de:
- 35
- determinar una característica de ubicación para cada uno de los varios puntos de conexión de red, como una medida para una posición funcional del punto de conexión de red en relación con la fuerza de acoplamiento del punto de conexión de red respectivo para la red de suministro eléctrico, de modo que la característica de ubicación indique cómo de fuerte o débil está acoplado el punto de conexión de red a la red de suministro eléctrico,
- 40
- especificar al menos una configuración de funcionamiento en cada caso al menos de una de las instalaciones de energía eólica en función de la característica de ubicación del punto de conexión de red, a través de la cual se alimenta al menos una instalación de energía eólica.
11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado porque la especificación de la configuración de
- 45
- funcionamiento comprende al menos una de la lista que consiste en
- especificar una característica de velocidad de rotación ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ) en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que la velocidad de rotación sea mayor cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro,
- 50
- especificar un intervalo de velocidad de rotación permitido, en el que se pueda variar la velocidad de rotación para proporcionar o suministrar energía de rotación, en particular de tal manera que el intervalo de velocidad de rotación sea más amplio cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro,
- 55
- seleccionar la dinámica de retraso del rastreo con retraso en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro, más retraso se aplicará,
- 60
- proporcionar energía acumulada en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que la energía acumulada sea mayor cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro y

- proporcionar un acumulador de energía en función de la característica de ubicación, en particular de tal manera que el acumulador de energía sea más grande cuanto más fuerte sea el acoplamiento del punto de conexión de red a la red de suministro.

5 12. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizado porque las instalaciones de energía eólica que alimentan la red de suministro eléctrico a través de distintos puntos de conexión de red están conectadas a través de una conexión de datos, configurada para al menos una tarea de la lista que consiste en

10 - transferir datos de control para coordinar la alimentación en los distintos puntos de conexión de red,

- coordinar la selección de la dinámica de rastreo de las instalaciones de energía eólica de los distintos puntos de conexión de red y

15 - especificar distintas dinámicas de rastreo para las instalaciones de energía eólica en distintos puntos de conexión de red.

13. Instalación de energía eólica (100) para alimentar potencia eléctrica en un punto de conexión de red (118) a una red de suministro eléctrico (50, 120) que presenta un voltaje de red con una frecuencia de red ( $f_N$ ) que comprende

20 - un rotor (106) con varias palas de rotor (108) y un generador para generar potencia eléctrica a partir del viento,

25 - un medio de especificación de referencia para especificar un sistema de referencia con una frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ), un indicador de referencia ( $Z_{ref}$ ) con un ángulo de referencia y una amplitud de referencia de un voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) a generar, donde el ángulo de referencia circula con la frecuencia de referencia y la frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ) esencialmente se corresponde con la frecuencia de red ( $f_N$ ),

30 - un medio de especificación de ángulo de fase ( $\varphi$ ) para especificar un ángulo de fase como ángulo de fase entre el voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) y el voltaje de red ( $U_N$ ),

- un medio de cálculo para calcular un ángulo de alimentación que circula con el ángulo de referencia desde el ángulo de fase especificado, de modo que, entre un voltaje de salida generado con el ángulo de alimentación y el voltaje de red, el ángulo de fase ( $\varphi$ ) especificado se establece cuando la frecuencia de referencia ( $f_{ref}$ ) coincide con la frecuencia de red ( $f_N$ ),

35 - una unidad de alimentación con al menos un inversor de frecuencia para generar el voltaje de salida ( $U_{ref}$ ) con una amplitud de voltaje en función de la amplitud de referencia, una frecuencia en función de la frecuencia de referencia y el ángulo de alimentación para alimentar la energía generada a la red de suministro eléctrico, y

40 - un medio de rastreo para el rastreo con retraso del sistema de referencia del comportamiento del voltaje de red, caracterizada porque la instalación de energía eólica está configurada para llevar a cabo un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

14. Instalación de energía eólica según la reivindicación 13, caracterizada porque

45 la instalación de energía eólica presenta al menos un acumulador de energía, en particular un acumulador de batería, de modo que la potencia adicional necesaria para el rastreo con retraso o el exceso de potencia resultante del mismo se puede tomar del acumulador de energía o se puede acumular en uno.

15. Instalación de energía eólica según la reivindicación 13 o 14, caracterizada porque

50 - se proporciona un dispositivo de transmisión de datos para intercambiar datos a través de una conexión de datos con al menos otra instalación de energía eólica, que alimenta la red de suministro eléctrico a través de un punto de conexión de red adicional,

- se proporciona al menos un medio de coordinación para coordinar la alimentación de la potencia eléctrica con la alimentación de la potencia eléctrica de la al menos otra instalación de energía eólica.

16. Instalación de energía eólica según la reivindicación 15, caracterizada porque está preparada para llevar a cabo un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, y/o porque

55 - se proporciona un medio de determinación o un medio de entrada para determinar o introducir una característica de ubicación para cada uno de los varios puntos de conexión de red, como una medida para una posición funcional del punto de conexión de red con respecto a un centro y una periferia de la red de suministro eléctrico, de modo que la característica de ubicación indique cómo de central o de descentralizado está dispuesto el punto de conexión de red en la red de suministro eléctrico,

60 - un medio de especificación para especificar al menos una configuración de funcionamiento para al menos una de las instalaciones de energía eólica en función de la característica de ubicación del punto de conexión de red, a

través de la cual se alimenta al menos una instalación de energía eólica.

17. Parque eólico, con varias instalaciones de energía eólica que alimentan una red de suministro eléctrico a través de un punto de conexión de red común, donde el parque eólico presenta al menos una instalación de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16.

18. Disposición de varias instalaciones de energía eólica o varios parques eólicos para alimentar potencia eléctrica en varios puntos de conexión de red a una red de suministro eléctrico, que comprende al menos un dispositivo de transmisión de datos para intercambiar datos a través de una conexión de datos entre la instalación de energía eólica o los parques eólicos que alimentan la red de suministro eléctrico en los varios puntos de conexión de red, donde se utilizan instalaciones de energía eólica según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16 y/o parques eólicos según la reivindicación 17.

19. Disposición según la reivindicación 18, caracterizada porque  
15 - se determina o especifica una característica de ubicación para cada uno de los varios puntos de conexión de red, como una medida para una posición funcional del punto de conexión de red con respecto a un centro y una periferia de la red de suministro eléctrico, de modo que la característica de ubicación indique cómo de central o descentralizado está dispuesto el punto de conexión de red en la red de suministro eléctrico,  
- se proporcionan varios acumuladores de energía en varios puntos de conexión de red, en función de la característica  
20 de ubicación, de modo que el acumulador de energía de cada punto de conexión de red sea más grande cuanto más central esté dispuesto el punto de conexión de red en la red de suministro.

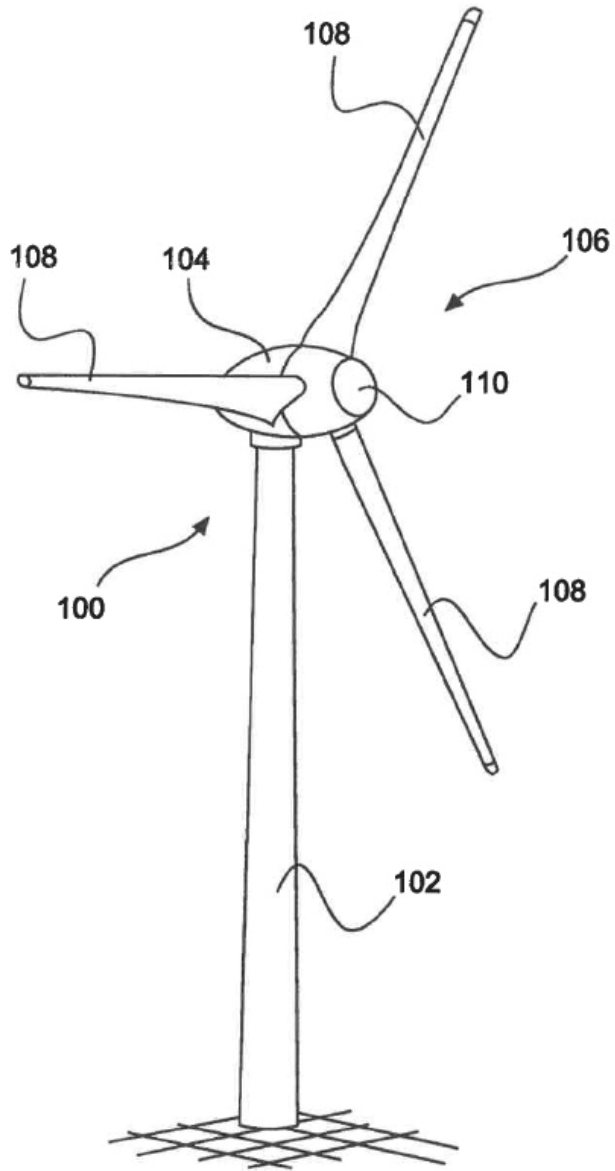


Fig. 1

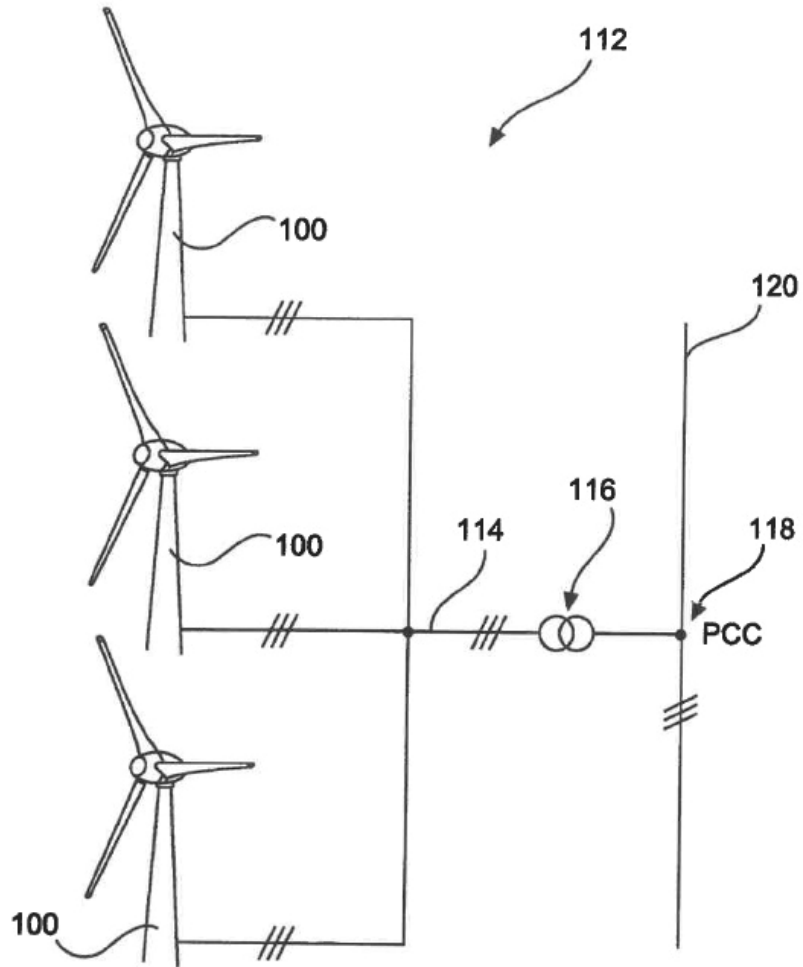


Fig. 2

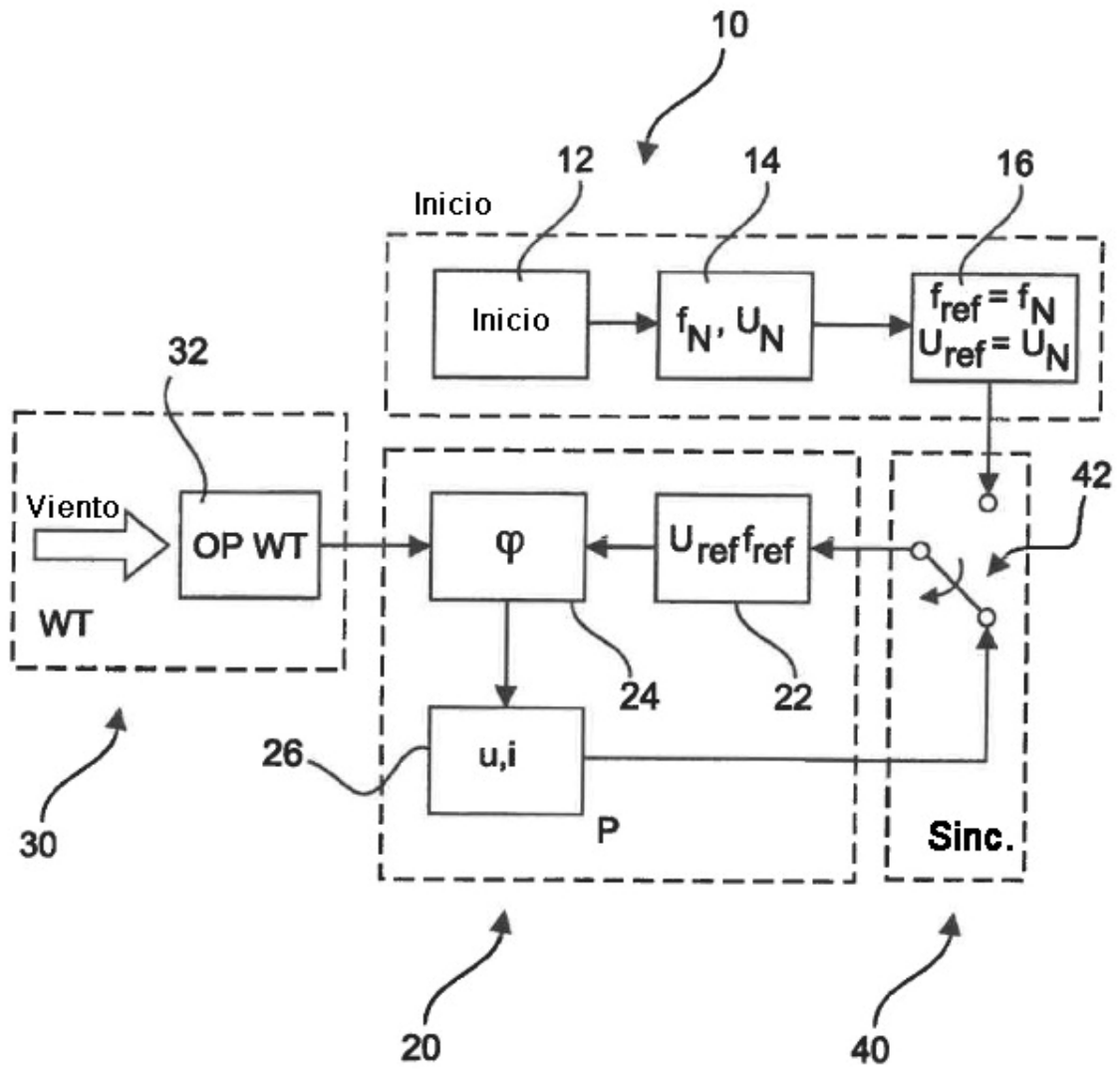
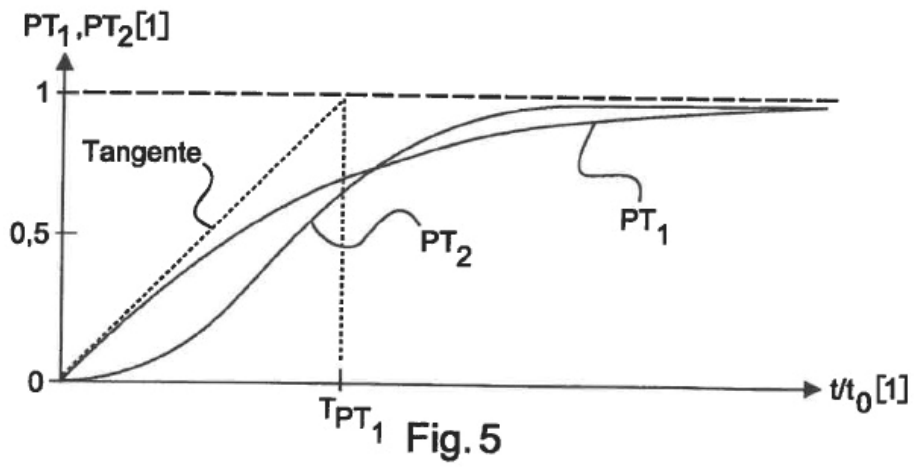
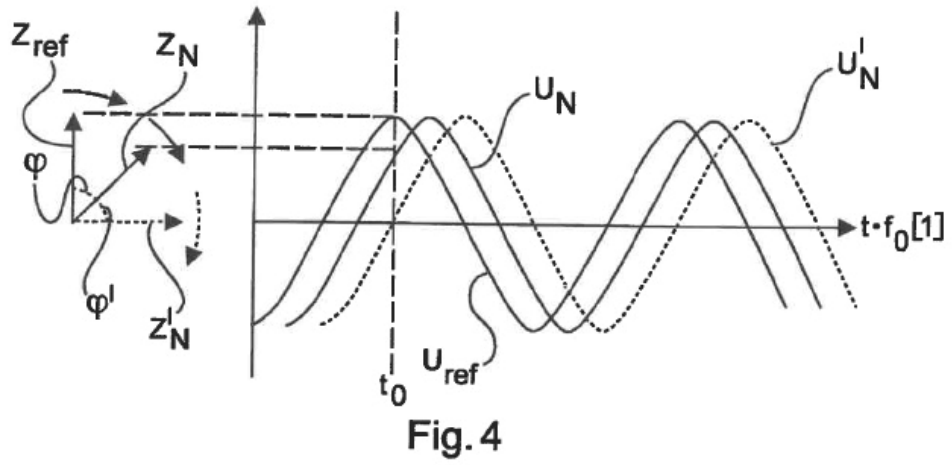


Fig. 3





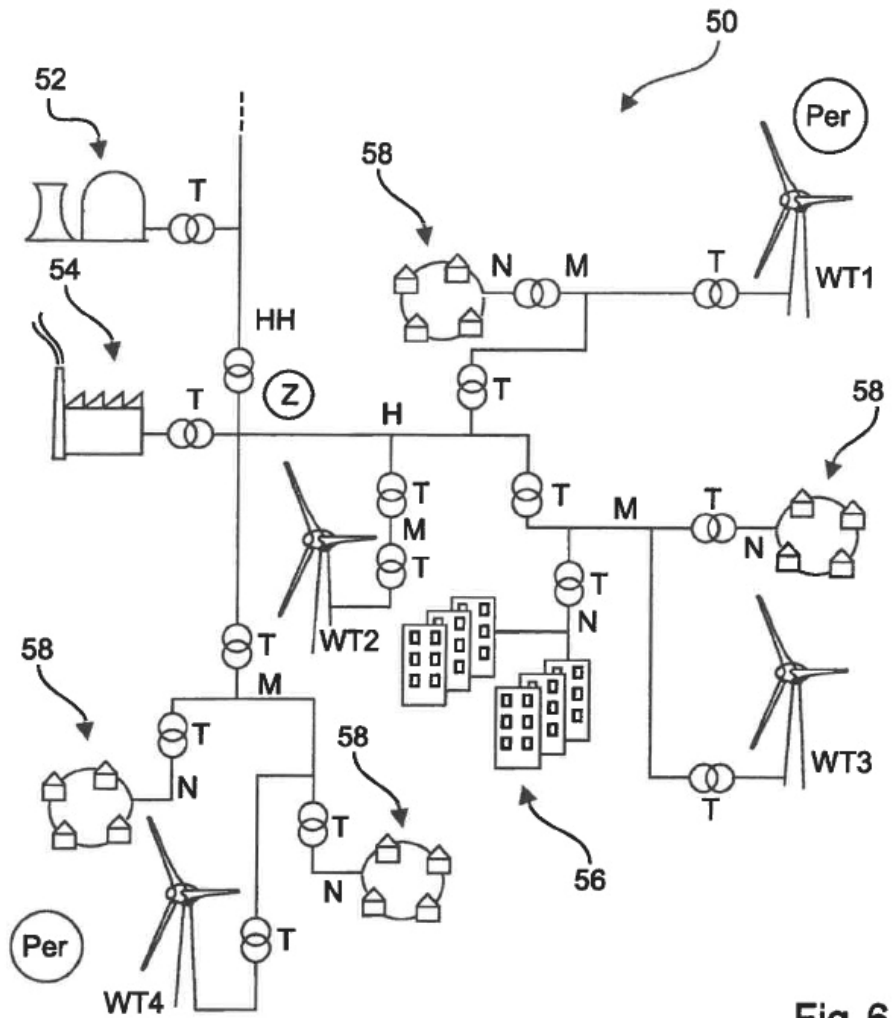


Fig. 6

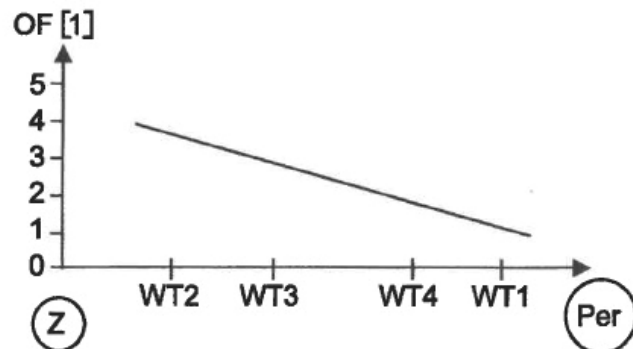


Fig. 7

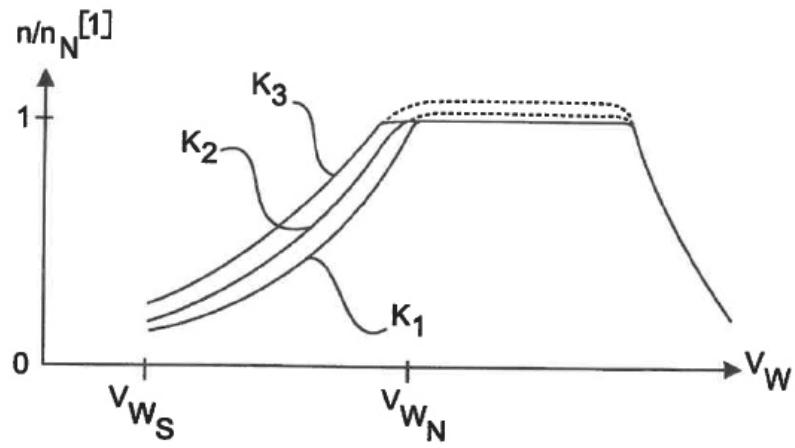


Fig. 8

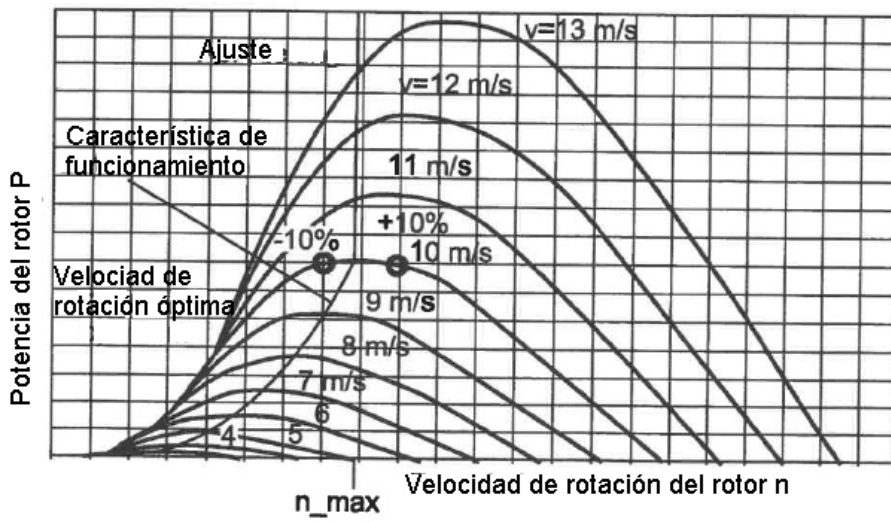


Fig. 9