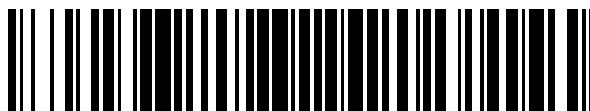


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 660 232**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/18** (2006.01)

**H02J 3/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.10.2011 E 11007956 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.12.2017 EP 2445077**

54 Título: **Instalación fotovoltaica con alimentación de potencia reactiva en función de la tensión de red**

30 Prioridad:

**06.10.2010 DE 102010047652**

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

**21.03.2018**

73 Titular/es:

**BOB HOLDING GMBH (100.0%)  
Marienstrasse 13  
97332 Volkach, DE**

72 Inventor/es:

**BECK, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 660 232 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

Instalación fotovoltaica con alimentación de potencia reactiva en función de la tensión de red

- 5 La invención hace referencia a un procedimiento para el funcionamiento de un primer generador de energía en una red de suministro de energía eléctrica a la que se conecta una pluralidad de consumidores eléctricos y al menos el primer generador de energía, que está diseñado en particular como generador de energía regenerativa, a través de un punto de interconexión de red asignado respectivamente a él en cada caso, presentando al menos el primer generador de energía un inversor de potencia nominal predeterminada, cuya salida de tensión alterna está unida eléctricamente a un primer punto de interconexión de red asignado a él, y realizándose la gestión operativa del inversor con respecto a su alimentación de potencia reactiva y/o a su extracción de potencia reactiva dentro de o fuera de la red de suministro de energía en función de un valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) medido continuamente.
- 10
- 15 Por la publicación "Netzanbindung von Windkraftanlagen" de la editorial Springer en Viena, G. Brauner, volumen 116, página 428 y ss. se conoce una instalación eólica que presenta un PCC (siglas en inglés para "punto de acoplamiento de red común") que se encuentra entre el transformador de red y las instalaciones eólicas.
- 20 Por la publicación US2009/0096212A1 se conoce un acoplamiento de red de un parque eólico. Las instalaciones eólicas presentan generadores sincrónicos que se controlan mediante un dispositivo de control para alimentar o extraer potencia reactiva. En este sentido, se registran datos de red; estos se hacen pasar a un dispositivo de control que controla por su parte las instalaciones eólicas. En este sentido, se regula y estabiliza la red eléctrica con respecto a la potencia reactiva situada en la red.
- 25 Por la publicación WO2009/083448A2 se conoce un sistema para la estabilización de tensión de redes eléctricas en el que se calculan parámetros de red como impedancia de cortocircuito; estos se suministran a un regulador de tensión de red y, a causa de los valores calculados, se generan comandos de control que se transmiten a generadores de corriente como instalaciones eólicas.
- 30 En la práctica del suministro público de corriente, en la red de suministro de energía según el nivel de tensión de suministro, que en Alemania llega, por ejemplo, de 380 KV y 110 KV como nivel de alta tensión, por encima de 15 KV a 70 KV como nivel de media tensión hasta 230 voltios al nivel de baja tensión, se establecen límites más o menos ajustados por los suministradores de energía u operadores de red para la calidad de corriente o de tensión con respecto al porcentaje de potencia reactiva de los proveedores de electricidad y de los consumidores de electricidad, representado por el valor  $\cos \phi$  en el diagrama vectorial de corriente y tensión.
- 35 En Alemania, el valor admisible de  $\cos \phi$  para una extracción de potencia reactiva no sancionable o una alimentación de potencia reactiva asciende a 0,95. Este establecimiento de límites sirve para estabilizar las redes con el fin de evitar una sobretensión, que puede dar lugar a una destrucción de los consumidores conectados, y una subtensión, que puede dar lugar a una avería de los consumidores. El precio sirve como regulador para el cumplimiento de los valores  $\cos \phi$  establecidos. Así, una alimentación o una extracción de potencia reactiva por fuera del ancho de banda predeterminado por el suministrador de energía u operador de red superior para el  $\cos \phi$  se grava con penalizaciones considerables.
- 40 Las instalaciones para generar energía eléctrica son ampliamente conocidas. Cada instalación fotovoltaica, en lo sucesivo también denominada instalación PV (por sus siglas en inglés), genera una corriente continua, que se transforma en una corriente alterna mediante un inversor y, en condiciones adecuadas, se alimenta a una red de suministro de energía. Como inversores pueden utilizarse tanto aparatos puramente electrónicos como convertidores electromecánicos. A este respecto, por inversores deben entenderse todos los dispositivos que pueden generar una tensión alterna a partir de una tensión continua. Así, instalaciones eólicas generan directamente una corriente alterna. Sin embargo, esto debe adaptarse a las condiciones de la red pública de suministro (red de suministro de energía) a través de un convertidor de frecuencia. Estos convertidores de frecuencia comprenden asimismo inversores de acuerdo con la invención.
- 45 Los componentes electrónicos de un inversor, al igual que también la combinación de una máquina de corriente continua con un generador sincrónico como inversor mecánico, permiten el ajuste de un valor  $\cos \phi$  deseado. Esto sucede en la mayoría de instalaciones PV por un indicador  $\cos \phi$ , a través del que puede ajustarse una relación fija de potencia alimentada respecto a potencia reactiva alimentada o extraída. Así, la unidad de regulador, por ejemplo, se prescribe para ajustar aquella potencia alimentada a la red a un  $\cos \phi$  de 0,97.
- 50
- 55
- 60 Por el escrito de publicación alemán DE 199 61 705 A1 se conoce, por ejemplo, un inversor para una instalación fotovoltaica mediante el cual una instalación solar puede conectarse a una red de suministro de energía y que presenta una unidad de regulación para el cálculo dinámico de una corriente de compensación para compensar oscilaciones armónicas y potencia reactiva en la red. Por el funcionamiento del inversor con la unidad de regulación, debería mejorarse la calidad de tensión de red en la red de suministro de energía.

La unidad de regulación calcula un valor teórico de corriente de compensación a causa de un valor de tensión de red medido. A este respecto, el elemento medidor de la medición de tensión de red se dispone en aquel punto de interconexión al que el inversor alimenta la energía a la red.

5 En el caso de instalaciones modernas y más grandes, el valor  $\cos \phi$  no se predetermina de manera necesariamente fija, sino que puede ajustarse en el funcionamiento según un diagrama correspondientemente a la fig. 1 de manera dinámica según los requisitos momentáneos. Ahí, un valor  $\cos \phi$  ( $\cos \varphi$ ) que va a ajustarse está aplicado en la salida del inversor a través de la tensión de red. La tensión de salida  $U_{\text{Netz}}$  para la alimentación a la red solo puede variar dentro de un intervalo entre el valor mínimo  $U_{\text{min}}$  y un valor máximo  $U_{\text{max}}$ . La instalación PV no debería accionarse fuera de este intervalo, autorizado por el suministrador de energía, de alimentación a la red con un  $\cos \phi$  de, por ejemplo, como máximo 0,95. Dentro de este intervalo admisible se encuentra un intervalo más ajustado entre una tensión de regulación mínima  $U_{\text{regel min}}$  y una tensión de regulación máxima  $U_{\text{regel max}}$ . en el que puede emitirse a la red potencia pura sin un componente de potencia reactiva. En el medio de este intervalo más ajustado se encuentra la tensión nominal  $U_{\text{soil}}$ .

15 La invención parte ahora de la consideración de que, para un operador de red o suministrador de energía, puede resultar útil sincronizar entre sí el generador de energía y/o consumidor de energía que actúa en la red de tal manera que instalaciones individuales de receptores de red que pueden agruparse administrativamente o en la gestión operativa por el operador de red o suministrador de energía para formar, por ejemplo, una central eléctrica virtual, se accionen de manera desfavorable con respecto al  $\cos \phi$  para crear, en relación con otros elementos, condiciones más favorables en conjunto en la relación de la potencia reactiva y la potencia activa y evitar multas inminentes propias a los operadores de red más relevantes.

20 Así, los suministradores de energía, sobre todo en su relación contractual respecto al operador de red superior (por ejemplo, central atómica, central carboeléctrica, etc. como proveedor de energía), tienen obligación contractual de no ser inferior a un valor de extracción de potencia reactiva de  $\cos \phi$  de 0,95 para asegurar la estabilidad de tensión en la red superior suprarregional. Sin embargo, a menudo es necesaria una extracción de la potencia reactiva en las redes inferiores para compensar un aumento de tensión por la alimentación de energía eólica y solar o para compensar una caída de tensión por entrega fallida de energía de energía generada alternativamente o la puesta en marcha de máquinas.

25 Correspondientemente, la presente invención se basa en el objetivo de contribuir al aumento de la calidad de suministro en una red de suministro de energía eléctrica.

30 De acuerdo con la invención, este objetivo se resuelve por las características de la reivindicación 1.

35 Con ello, la gestión operativa del inversor de un primer generador de energía ya no se basa en el valor de tensión de red medido localmente en el lugar del primer generador de energía, sino en un valor medido en una posición adecuada, a saber, un segundo punto de interconexión de red en la red de suministro de energía. Por lo tanto, la relación crítica de la potencia activa y la potencia reactiva puede optimizarse teniendo en cuenta puntos de vista más relevantes y considerando más la influencia de otros receptores de red, como si únicamente se recurriera a las dimensiones locales en el lugar (primer punto de interconexión de red) del primer generador de energía propio. Por lo tanto, también deberían aprovecharse posibilidades sin explotar del aprovechamiento de los inversores conectados a la red como proveedores o consumidores de potencia reactiva.

40 A este respecto, por ejemplo, el segundo punto de interconexión de red puede ser idéntico a un punto de la conexión de la red de suministro de energía con una red de suministro de energía sobrepuesta a este o puede estar en todo caso más próxima a este que el primer punto de interconexión de red. Con ello, la regulación del primer generador de energía puede orientarse entonces a un  $\cos \phi$  optimizado de una subred total.

45 A este respecto, la invención prevé que la red de suministro de energía presente distintas áreas en diferentes niveles de tensión, y que el segundo punto de interconexión de red esté dispuesto en otro nivel de tensión diferente del primer punto de interconexión de red del inversor. Por este diseño, la optimización de la calidad de tensión de suministro puede optimizarse incluso durante varios niveles de tensión de red.

50 En principio, cada inversor, que funciona a la máxima potencia, solo puede permitir una extracción de potencia reactiva definible que tiene que ser mayor o igual a  $\cos \phi = 0,95$ . Si este inversor se encuentra, por ejemplo, en un punto de funcionamiento en el que solo es generable la mitad de la potencia nominal, entonces, bajo el esquema de regulación normal, solo la mitad de la extracción de potencia reactiva sería permisible o extraíble. Sin embargo, por sus posibilidades técnicas, el inversor podría permitir una mayor extracción de KVAR. Sin embargo, para ello tienen que conocerse las circunstancias respecto a las relaciones actuales de tensión en la red de suministro de energía incluso alejadas del primer punto de interconexión de red, para que su extracción de KVAR no actúe de manera contraproducente.

55 La gestión operativa de acuerdo con la invención del inversor en función de una tensión externa desde su punto de vista, lo cual corresponde a una tensión en un lugar diferente en la red de suministro en términos de topología de

red, en particular también geográficamente, permite a los operadores de instalaciones de energía regenerativa del tipo mencionado incorporar de manera provechosa sus posibilidades que ofrece el inversor respecto a la variación  $\cos \phi$  para un área más grande de la red de suministro de energía.

5 Está previsto que entre el primer punto de interconexión de red y el segundo punto de interconexión de red esté/estén dispuesto(s) al menos uno, en particular al menos dos, ventajosamente al menos tres, más ventajosamente al menos cinco puntos de interconexión de red adicionales y/o un transformador.

10 Además, puede resultar ventajoso que entre el primer punto de interconexión de red y el segundo punto de interconexión de red esté dispuesto al menos un punto de interconexión de red de un consumidor capacitivo o inductivo.

15 Otra configuración ventajosa de la invención prevé que la gestión operativa del inversor esté orientada a una optimización, en particular una maximización, de la potencia activa emitida a la red de suministro de energía (funcionamiento en el punto de potencia máximo MMP). A este respecto, se mantiene en particular un valor de potencia reactiva absoluto determinado o máximo predeterminable o un porcentaje de potencia reactiva determinado (alimentación o extracción) o porcentaje de potencia reactiva máximo de la potencia activa.

20 Así, la extracción de potencia reactiva (en el caso de la especificación de un valor absoluto) se limita a la potencia restante hasta alcanzar la potencia nominal del inversor. Con ello, la energía generada no se limita o reduce por el mismo generador de energía. Únicamente se recurre a la capacidad de potencia libre del inversor para cumplir una función adicional, a saber, la del cambiador de fase o proveedor de potencia reactiva. Si el porcentaje de potencia reactiva se prescribe como valor teórico o límite máximo, entonces las condiciones de funcionamiento del inversor y del primer generador de energía pueden optimizarse, no obstante, dentro de los límites a pesar de la orientación  
25 hacia metas de calidad más relevantes de la tensión de suministro.

También puede estar previsto que la gestión operativa del inversor prevea, evitando el equipo de regulación inherente a él, alimentar un porcentaje de potencia reactiva predeterminable en el nivel de suministro o extraerlo de él hasta el punto de potencia máximo MMP. Esto resulta útil si, a causa de las relaciones actuales de red, es más  
30 lucrativo para los operadores de instalaciones solares proporcionar potencia reactiva que potencia aprovechable para el accionamiento de máquinas, el funcionamiento de instalaciones de climatización, etc.

35 De acuerdo con una forma de realización de la invención, también puede estar previsto que la gestión operativa del inversor esté orientada a una optimización, en particular una maximización, de la potencia activa emitida a la red de suministro de energía (funcionamiento en el punto de potencia máximo MMP), alimentando a la red de suministro de energía o extrayendo de ella adicionalmente una cantidad de potencia reactiva que corresponde como máximo a la diferencia de la potencia activa actualmente suministrada respecto a la potencia nominal del inversor. Con ello, por ejemplo, si se establece que se necesita un desplazamiento de fase en un sentido determinado en la red de suministro de energía, puede asegurarse que el primer generador de energía siempre proporciona toda su  
40 extracción posible para alcanzar el desplazamiento de fase y, con ello, para mejorar la calidad de red.

45 Un lugar especialmente adecuado para la medición del valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) es, en el caso de un punto de interconexión de red, al final de un cable de derivación o, con respecto a un transformador de red que alimenta una tubería anular, en el centro de la tubería anular. Ahí se encuentran los consumidores que tienen a disposición la tensión de red más baja. A causa de los otros consumidores que se encuentran delante de ellos con respecto a la alimentación de energía a la red, todos los cuales provocan una caída de tensión marginal, ahí la tensión disponible es por regla general la más baja, a no ser que un proveedor de energía adicional (en relación con la presente solicitud, también denominado "generador de energía", aunque evidentemente no puede hablarse de una generación de energía, sino únicamente de una conversión a energía eléctrica) esté conectado en las proximidades. A este respecto, los términos "al final de un cable de derivación" y "con respecto a un transformador de red que alimenta una tubería anular, en el centro de la tubería anular" deben interpretarse teniendo en cuenta las siguientes realizaciones.

55 Por ejemplo, si se da un cable de derivación con 200 puntos de conexión, entonces el final del cable de derivación comprende el último 20 %, en particular el último 10 %, de los puntos de conexión. Así, los últimos 40, en particular los últimos 20 puntos de conexión, están dispuestos al final del cable de derivación. De manera análoga, en el caso de una tubería anular de 200 puntos de conexión, deberían verse los respectivamente 20, en particular los respectivamente 10, puntos de conexión que se encuentran a la izquierda y a la derecha del centro (que, contados desde un punto de interconexión de red de la tubería anular, se encuentra entre el punto de conexión 100.º y el  
60 101.º).

65 Generalmente, el punto de interconexión de red más sensible a la tensión se selecciona como el segundo punto de interconexión de red en el que se mide el valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) para la gestión operativa del inversor del primer generador de energía. Esto puede ser un lugar en el que se encuentra un consumidor que acciona máquinas pesadas con alta corriente de arranque que se conectan y se desconectan frecuentemente.

Por lo tanto, para la medición puede seleccionarse aquel punto de interconexión de red de un receptor de red con la mayor integral de tiempo de desviación del porcentaje de potencia reactiva promediado en el tiempo. Otra alternativa en el diseño de la invención consiste en que el consumidor se determine con la máxima extensión de fluctuación durante la extracción de potencia reactiva, y que la medición del valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) se realice en el punto de interconexión de red de este consumidor.

La gestión operativa del inversor del primer generador de energía es de tal manera que una subtensión medida por debajo de un valor umbral da como resultado una alimentación de potencia reactiva por parte del inversor. Una sobretensión inminente, por ejemplo, al alcanzar un valor umbral superior, da como resultado una extracción de la potencia reactiva por el inversor.

Una supervisión y optimización de mayor superficie del estado de tensión en la red de suministro de energía puede conseguirse por que se determina la tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) en los puntos de interconexión de red (1 a n) de varios consumidores en los mismos niveles de tensión y la gestión operativa se realiza mediante los correspondientemente varios valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } 1}$ ) a ( $U_{\text{Netz } n}$ ), en particular mediante un valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) construido determinado por la interconexión de distintos valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } 1}$ ) a ( $U_{\text{Netz } n}$ ).

Los distintos valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } 1}$  a  $U_{\text{Netz } n}$ ) pueden interconectarse, por ejemplo, por la formación de valores medios respecto a un valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ), ponderándose más en particular valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } i}$ ) determinados, por ejemplo, de receptores de red con mayor alimentación de potencia activa/disminución de potencia activa o menor fluctuación de potencia reactiva que otros receptores de red con menor alimentación de potencia activa/disminución de potencia activa o mayor fluctuación de potencia reactiva. La ponderación también puede estar diseñada de tal manera que una tensión de red en un punto de interconexión de red que está más próximo al punto de conexión de la red de suministro de energía con una red superior que otros puntos de interconexión de red se pondere más en el caso de una formación de valores medios que los valores de tensión de red medidos en los otros puntos de interconexión de red.

También puede estar previsto que la interconexión de los valores de tensión de red sea variable en el tiempo, y que respectivamente un valor de tensión de red medido con mayor velocidad de modificación del cos phi se pondere más que valores de tensión de red con menor velocidad de modificación del cos phi.

En el contexto de la presente invención, como consumidor también puede considerarse una red de suministro inferior que se maneja desde una red de suministro (superior) que se encuentra más alta en términos de tensión. Así, por ejemplo, un transformador que baja de un nivel de 5 KV a un nivel de 380 voltios y abastece de corriente a una población puede considerarse consumidor para la red de 5 KV superior. Dado el caso, se mide la tensión en el transformador y para la gestión operativa se recurre, por ejemplo, a una instalación fotovoltaica, cuyos aparatos inversores o máquinas inversoras alimentan en el nivel de media tensión directamente o a través de un transformador asociado.

En el caso de que estén presentes varios proveedores de energía regenerativa con respectivamente punto de interconexión de red asignado en la misma red de suministro, puede resultar ventajoso que el porcentaje de potencia reactiva que va a suministrarse se divida en los correspondientemente varios inversores de tal manera que los inversores implicados funcionen en total con las menores pérdidas posibles. Esto posibilita un aprovechamiento eficiente de las capacidades de potencia reactiva disponibles. Por la misma razón, es recomendable que preferentemente para la alimentación de potencia reactiva o para la extracción de potencia reactiva se recurra a aquel generador de energía que es adyacente espacialmente y/o en términos de topología de red a aquel punto de interconexión de red en el que se determina el valor de tensión y que se aproxima a un valor crítico.

Para proteger el inversor y la instalación fotovoltaica, la unidad de regulación presenta un limitador que, por el contrario, reduce la extracción de potencia reactiva predeterminada de manera que no se sobrepasa una tensión permitida como máximo en la salida del inversor. De igual modo, resulta útil proporcionar a la unidad de regulación la posibilidad de controlar la extracción de potencia reactiva predeterminada de manera que no quede por debajo una tensión permitida como mínimo en la entrada del inversor.

Aparte de un procedimiento para el funcionamiento de un primer generador de energía, la invención también comprende un procedimiento correspondiente para el funcionamiento de varios generadores de energía en una red de suministro de energía, alimentando en un único nivel de tensión al menos dos generadores de energía regenerativos a través de estos puntos de interconexión de red respectivamente asignados, y dividiéndose su porcentaje de potencia reactiva que va a suministrarse en los inversores respectivamente asignados a ellos de tal manera que la potencia perdida del inversor se minimiza en total.

Además, en el marco de la invención, puede estar previsto que, en al menos dos generadores de energía que van a controlarse, preferentemente para la alimentación de potencia reactiva o para la extracción de potencia reactiva, se recurra a aquel generador de energía que está espacialmente o en términos de topología de red lo más cerca del punto de interconexión de red en el que se determina el valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ).

Por un tal procedimiento de orden superior para el funcionamiento de varios generadores de energía en una red de suministro de energía, puede priorizarse el aprovechamiento de toda la red de suministro de energía en comparación con el funcionamiento optimizado de generadores de energía individuales.

5 Puede estar previsto que la salida del inversor esté conectada a un primer punto de interconexión de red para la alimentación de potencia eléctrica a la red de suministro de energía. El equipo de regulación está conectado a un segundo punto de interconexión de red, que es diferente del primer punto de interconexión de red y está distanciado de este.

10 Una disposición de circuito de este tipo permite un funcionamiento de acuerdo con las variantes de procedimiento explicadas con más detalle anteriormente respecto a la ventaja de la calidad de suministro mejorada de una red de suministro de energía.

15 También puede estar prevista una disposición de circuito para al menos dos generadores de energía para una red de suministro de energía, que presentan respectivamente un inversor así como un equipo de regulación para el inversor. Las salidas de los inversores están conectadas a un primer y a un tercer punto de interconexión de red para la alimentación de potencia eléctrica a la red de suministro de energía. Los equipos de regulación están conectados a un segundo y correspondientemente a un cuarto punto de interconexión de red, que son distintos respectivamente del primer y el segundo puntos de interconexión de red y están distanciados de estos.

20 Esta disposición de circuito con dos o incluso más generadores de energía posibilita una optimización del funcionamiento por una interacción optimizada durante el control/regulación de los porcentajes de potencia reactiva ajustados por los generadores de energía individuales y los inversores asignados a estos.

25 A continuación, se explican con más detalle ejemplos de realización de la invención mediante un dibujo. Aquí muestran:

fig. 1 un esquema de regulación de un inversor de una instalación solar para ajustar un valor  $\cos \phi$  ( $\cos \varphi$ ) a través de la tensión de salida,

30 fig. 2 una tubería anular con un transformador de suministro y puntos de interconexión de red,

fig. 3 un cable de derivación con un transformador de suministro y puntos de interconexión de red, y

fig. 4 dos niveles de suministro con consumidores de energía y generadores de energía.

35 En la fig. 1 está representado un tal esquema de regulación del  $\cos \phi$  ( $\cos \varphi$ ) a través de la tensión de salida del inversor  $U$ , que en principio se emplea ventajosamente en el caso de instalaciones PV modernas y debería facilitar la comprensión de la descripción a continuación.

40 Están previstos dos valores límite  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$ , que generalmente no deberían ser inferiores o sobrepasarse. Entre estos valores límite marginales  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  se encuentra un intervalo de regulación lineal  $A$ , que está delimitada por dos valores límite de regulación  $U_{\text{regel min}}$  y  $U_{\text{regel max}}$ . En este intervalo  $A$ , la instalación se opera en  $\cos \phi$  neutral, y se alimenta potencia activa pura a la red de suministro. Si el punto de funcionamiento del inversor con su tensión de salida  $U$  se encuentra en el intervalo  $B$  entre  $U_{\min}$  y  $U_{\text{regel min}}$ , entonces se suministra adicionalmente potencia reactiva kVAr (kVAr: unidad de medida kilovoltiamperio reactivo) a la red de suministro.

45 De manera análoga, en el caso de un punto de funcionamiento del inversor con una tensión de salida  $U$  en el intervalo  $C$  entre  $U_{\max}$  y  $U_{\text{regel max}}$  adicionalmente a la alimentación de potencia, se extrae potencia reactiva kVAr de la red de suministro. A este respecto, el punto de funcionamiento puede ajustarse a través de los elementos semiconductores, en particular IGBT (siglas en inglés para "transistor bipolar de puerta aislada"), así, transistores bipolares con electrodos de puerta aislada, en el inversor y se ajusta a través de un denominado regulador MPP (MPP: siglas en inglés para "punto de potencia máximo"). A este respecto, el regulador MPP aprovecha todo el ancho de banda de tensión entre  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  para generar la mayor potencia activa eléctrica aprovechable posible en el generador PV. En los dos valores límite superior e inferior existen flancos de emergencia adicionales, que no deberían discutirse con más detalle en este caso.

55 Por consiguiente, según el punto de funcionamiento, se produce eventualmente una extracción de potencia reactiva de la red, lo cual generalmente significa una tendencia al descenso de tensión de la tensión de red. También puede producirse una alimentación de potencia reactiva, lo cual es equivalente a una elevación de tensión en el nivel de suministro al que está conectado el inversor.

60 En la fig. 2 está mostrada una tubería anular 1, que se abastece de corriente eléctrica por un transformador 3. Sobre la tubería anular 1 está presente una pluralidad de puntos de interconexión de red 5, que representan en cada caso un punto de conexión para consumidores  $V$  o generadores de energía EE como, por ejemplo, un generador fotovoltaico 7 con su inversor 9 asignado a él.

Por ejemplo, en el caso del transformador 3, se trata de un transformador de media tensión que baja de un nivel de suministro de 20 kV de orden superior a un nivel de baja tensión de 400 voltios, y que conecta correspondientemente una red de suministro superior (20 kV) a una red de suministro inferior (400 V).

5 Los consumidores V individuales son hogares privados, empresas artesanales, negocios comerciales como supermercados, mercados de materiales para la construcción, empresas industriales más pequeñas, etc. En conjunto, en el ejemplo, 200 consumidores V y generadores de energía EE deberían estar conectados a través de correspondientemente 200 puntos de interconexión de red 5 asignados a la tubería anular 1. A este respecto, un consumidor V también puede actuar durante cierto tiempo como generador de energía EE. En particular, el último caso, que se dirige a las instalaciones de tejado PV sobre tejados de graneros, tejados de naves industriales, tejados de viviendas privadas, etc., da como resultado una influencia indeseada de la tensión de red a través de la entrega de kVAr o de la extracción de kVAr de los inversores asignados a las instalaciones de tejado. Con ello, la tensión de suministro, en este caso, específicamente la tensión sobre la tubería anular 1, tiende a la inestabilidad.

15 Esta inestabilidad es baja en las proximidades del punto de interconexión de alimentación 5 del transformador 3 y se vuelve mayor cuanto más alejado se encuentra el consumidor V del punto de alimentación. Cada consumidor V contribuye tendencialmente a debilitar la estabilidad de tensión. En el centro de la tubería anular 1, así, en las proximidades del 100.º consumidor V, puede producirse entonces, en condiciones desfavorables, una caída de tensión que perjudique el uso de aparatos eléctricos. Esto se manifiesta, por ejemplo, por un parpadeo de luz cuando en el consumidor V o en sus proximidades se pone en marcha adicionalmente una máquina eléctrica.

Esta caída de tensión indeseada puede contrarrestarse por un suministro de potencia reactiva. Para ello, un alimentador de energía/generador de energía EE grande, que está conectado a la tubería anular 1 a través de un propio punto de interconexión de red 5a, se interrumpe de su gestión operativa puramente optimizada para la potencia. Esto sucede porque el punto de funcionamiento del inversor 9 se modifica de tal manera que alimenta adicionalmente o incluso exclusivamente potencia reactiva kVAr a la tubería anular 1 solamente para la finalidad de estabilizar su tensión. A este respecto, el funcionamiento de estabilización para toda la red puede verse más valioso que una alimentación de potencia activa. La información de cuándo y de qué manera debe modificarse el punto de funcionamiento del inversor 9 se extrae, a este respecto, por el inversor 9 desde un aparato de medición de tensión 11. Este está conectado a un punto de interconexión de red 5b (un segundo punto de interconexión de red) diferente de aquel al que está unido el generador fotovoltaico 7 como generador de energía EE (al primer punto de interconexión de red). El otro (segundo) punto de interconexión de red 5b se encuentra preferentemente en el centro de la tubería anular 1, pero un punto de interconexión de red 5 también puede estar en otra posición, que está asignada a un consumidor V especialmente lábil, en cuyo funcionamiento deben ponerse en marcha frecuentemente muchas máquinas eléctricas.

La información sobre la tensión predominante en las proximidades del consumidor V o en el consumidor V más débil se pone a disposición al inversor 9 como valor de tensión de red por el equipo de medición de tensión 11. Esto se realiza de manera cableada o inalámbrica a través de técnicas conocidas en sí, por ejemplo, también a través de una red de comunicación digital, en particular también una red de radiotransmisión.

En la fig. 3, partes idénticas están provistas de las mismas referencias que en las figuras restantes, estando presente ahora un cable de derivación 13 en lugar de la tubería anular 1. También en este caso, numerosos consumidores V están conectados al cable de derivación 13, estando unido el consumidor V más débil al cable de derivación en el final del cable de derivación 13 a través de un punto de interconexión de red 5b. Ahí también se determina el valor de tensión de red en un equipo de medición de tensión 11 para hacerlo pasar al inversor 9 de la instalación fotovoltaica 7 para la gestión operativa. Todas las realizaciones anteriores para la tubería anular 1 también se aplican análogamente al cable de derivación 13 según la fig. 3.

50 En la fig. 4 está mostrada una variante adicional de la idea inventiva. Ahí está presente un primer transformador 3, que se reduce de un nivel de tensión de 110 kV a un nivel de 20 kV, del que se alimenta una pluralidad de transformadores 15a a 15d adicionales a través de puntos de interconexión de red 5' asignados. Los transformadores 15a a 15d adicionales transforman la tensión respectivamente a 400 voltios. De tres (15a, 15b, 15d) de los transformadores 15 adicionales sale en cada caso un cable de derivación 13a a 13d con varios consumidores V y/o pequeños generadores EE de energía regenerativa conectados a puntos de interconexión de red 5. Cada uno de los cables de derivación 13a, 13b y 13d está construido en principio correspondientemente a la fig. 3. El último consumidor  $V_{\text{Ende}}$  en el cable de derivación 13d más posterior, que está conectado al transformador 15d adicional, está provisto de un dispositivo de medición de tensión 11 para determinar el valor de tensión de red predominante ahí.

60 El cable de derivación 13c, que sale del transformador 15c adicional, conduce a una central solar 17 y sirve exclusivamente para conectar su inversor 9 con el fin de alimentar la energía generada directamente al nivel de media tensión de 20 kV.

65 De manera divergente de las fig. 2 y 3, el equipo de medición 11 para medir el valor de tensión de red para la gestión operativa del inversor se encuentra en este caso en un nivel de tensión (por ejemplo, el nivel de 400 voltios) distinto

de aquel al que está conectado el inversor 9, es decir, en este caso el nivel de 20 kV. Así, la potencia reactiva kVAr se alimenta o extrae en un nivel de tensión distinto de aquel nivel de tensión en el que se determina la magnitud regulada "valor de tensión de red". A este respecto, se parte de la base de que no solo en el consumidor  $V_{\text{Ende}}$ , sino también en todos los otros consumidores  $V$  que están conectados a los puntos de interconexión de red 5' del nivel de tensión de 20 kV, por ejemplo, es inminente una subtensión, y todos estos consumidores favorecen una aplicación del procedimiento de acuerdo con la invención con respecto a la calidad de suministro de tensión.

Lista de referencias

- 1 Tubería anular
- 3 Transformador
- 5,5' Punto de interconexión de red 7 Generador fotovoltaico
- 9 Inversor
- 11 Equipo de medición de tensión
- 13 Cable de derivación
- 15 Transformador
- 17 Central solar

10

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para el funcionamiento de un primer generador de energía (EE) en una red de suministro de energía eléctrica con distintas áreas en diferentes niveles de tensión, a la que se conecta una pluralidad de consumidores (V) eléctricos y al menos el primer generador de energía (EE), que está diseñado en particular como generador de energía regenerativa, a través de un punto de interconexión de red (5) asignado respectivamente a él en cada caso,
- 10 - presentando al menos el primer generador de energía (EE) un inversor (9) de potencia nominal predeterminada, cuya salida de tensión alterna está unida eléctricamente a un primer punto de interconexión de red (5) asignado a él,
- 15 - realizándose la gestión operativa del inversor (9) con respecto a su alimentación de potencia reactiva y/o a su extracción de potencia reactiva dentro de o fuera de la red de suministro de energía en función de un valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) medido continuamente,
- 20 - midiéndose el valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) en un segundo punto de interconexión de red que es distinto del primer punto de interconexión de red del generador de energía (EE),
- disponiéndose el segundo punto de interconexión de red en otro nivel de tensión diferente del primer punto de interconexión de red (9),
- disponiéndose entre el primer punto de interconexión de red y el segundo punto de interconexión de red al menos un punto de interconexión de red adicional y/o un transformador, y
- disponiéndose el segundo punto de interconexión de red en las proximidades del punto más sensible a la tensión de la red.
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que como punto más sensible a la tensión de la red se define el área de la red en la que se encuentra el último 20 % de los puntos de interconexión de red con respecto a un cable de derivación.
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que como punto más sensible a la tensión de la red se define el área de la red en la que se encuentran los puntos de interconexión de red situados respectivamente el 10 % a la izquierda y el 10 % a la derecha del centro de la tubería anular con respecto a una tubería anular que sale de un transformador de red que alimenta una tubería anular.
- 35 4. Procedimiento según la reivindicación 1 a 3, en el que entre el primer punto de interconexión de red y el segundo punto de interconexión de red se dispone al menos un punto de interconexión de red de un consumidor capacitivo o inductivo.
- 40 5. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, 3 o 4, en el que la gestión operativa del inversor (9) se orienta a una optimización, en particular una maximización, de la potencia activa emitida a la red de suministro de energía (funcionamiento en el punto de potencia máximo MMP), manteniéndose en particular un valor de potencia reactiva absoluto determinado o máximo predeterminable o un porcentaje de potencia reactiva determinado (alimentación o extracción) o porcentaje de potencia reactiva máximo de la potencia activa.
- 45 6. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, 3 o 4, en el que la gestión operativa del inversor (9) se orienta a una optimización, en particular una maximización, de la potencia activa emitida a la red de suministro de energía (funcionamiento en el punto de potencia máximo MMP), alimentando a la red de suministro de energía o extrayendo de ella adicionalmente una cantidad de potencia reactiva que corresponde como máximo a la diferencia de la potencia activa actualmente suministrada respecto a la potencia nominal del inversor (9).
- 50 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 6, en el que se determina el consumidor (V) con la máxima extensión de fluctuación durante la extracción de potencia reactiva, y en el que la medición del valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) se realiza en el punto de interconexión de red (5) de este consumidor (V).
- 55 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que se determina la tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) en los puntos de interconexión de red (5) de varios consumidores (V) en los mismos niveles de tensión y la gestión operativa se realiza mediante los correspondientemente varios valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } 1}$ ), ( $U_{\text{Netz } n}$ ), en particular mediante un valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ) construido determinado por la interconexión de distintos valores de tensión de red ( $U_{\text{Netz } 1}$  a  $U_{\text{Netz } n}$ ).
- 60 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que una red de suministro inferior conectada a la red de suministro de energía a través de un punto de interconexión de red (5) se considera consumidor (V) de la red de suministro de energía.
- 65 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizado por que la gestión operativa del inversor del primer generador de energía es de tal manera que una subtensión medida en un segundo punto de interconexión de red, por debajo de un valor umbral, da como resultado una alimentación de potencia reactiva por parte del

inversor, y porque una sobretensión medida en un segundo punto de interconexión de red, al alcanzar un valor umbral superior, da como resultado una extracción de la potencia reactiva por el inversor.

5 11. Procedimiento para el funcionamiento de varios generadores de energía (EE) en una red de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que al menos dos generadores de energía (EE) regenerativos alimentan en un único nivel de tensión a través de estos puntos de interconexión de red (5) respectivamente asignados, y en el que su porcentaje de potencia reactiva que va a suministrarse se divide en los inversores (9) respectivamente asignados a ellos de tal manera que la potencia perdida del inversor (9) se minimiza en total.

10 12. Procedimiento según la reivindicación 10, en el que preferentemente para la alimentación de potencia reactiva o para la extracción de potencia reactiva se recurre a aquel generador de energía (EE) que está espacialmente más cerca del punto de interconexión de red (5) en el que se determina el valor de tensión de red ( $U_{\text{Netz}}$ ).

Fig. 1

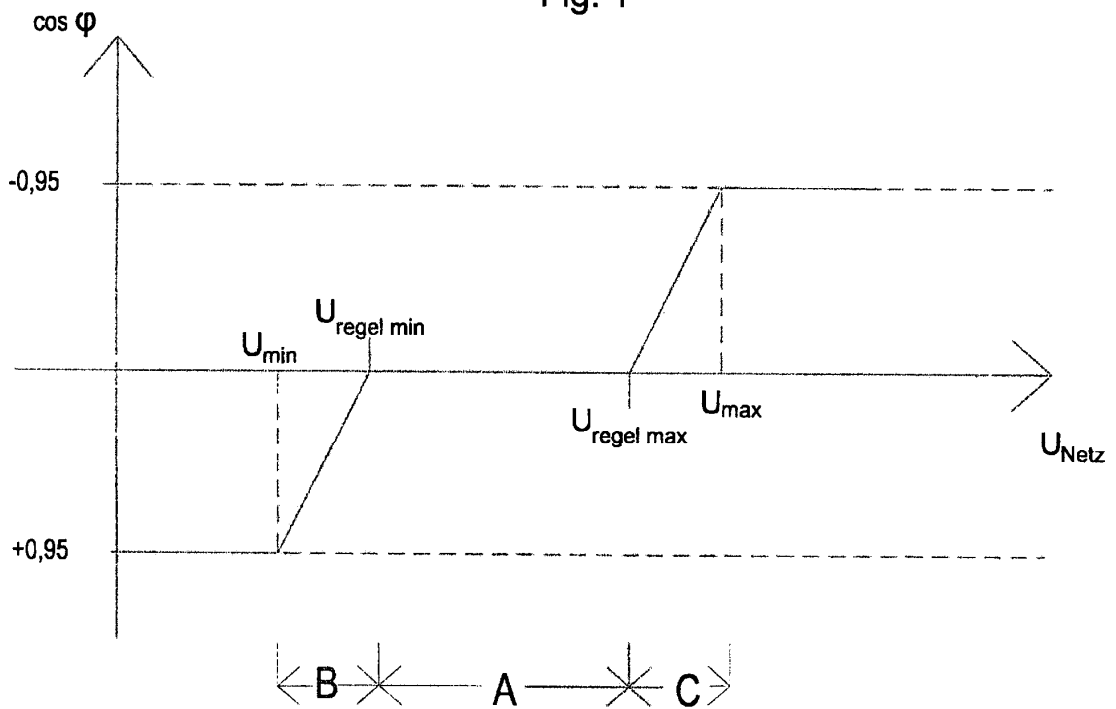


Fig. 2

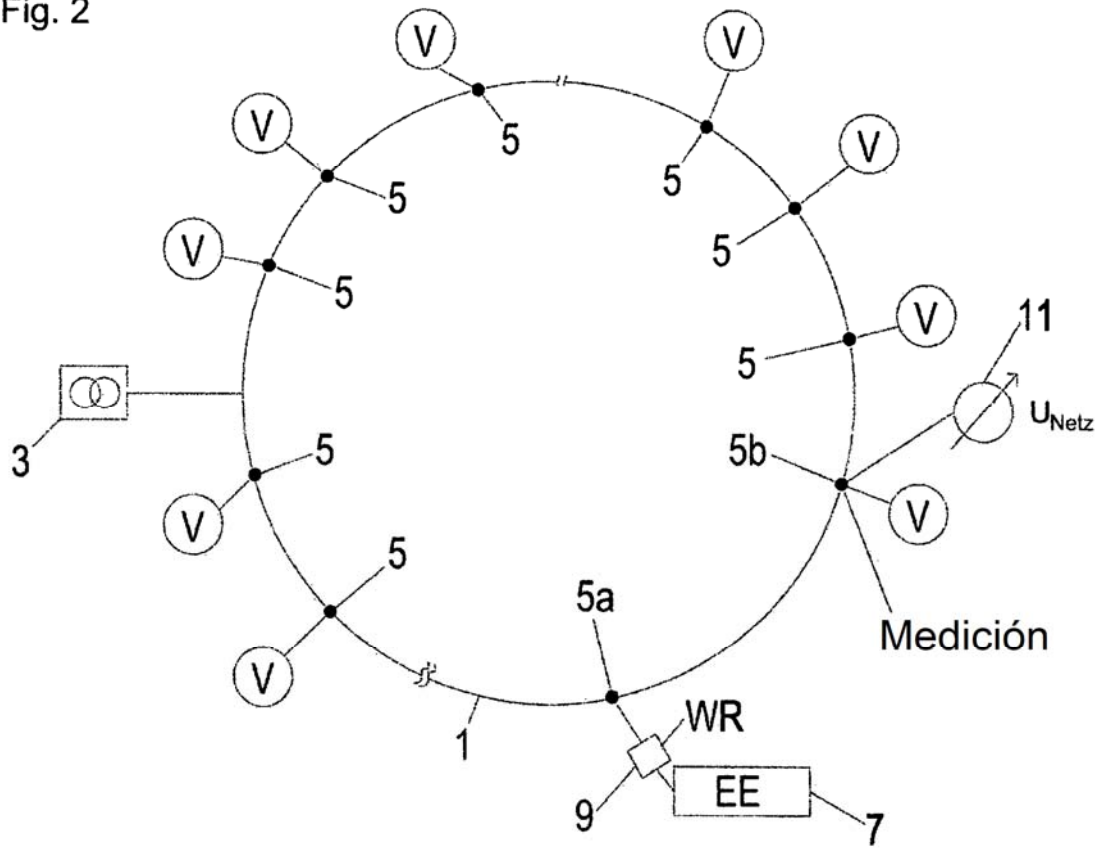


Fig. 3

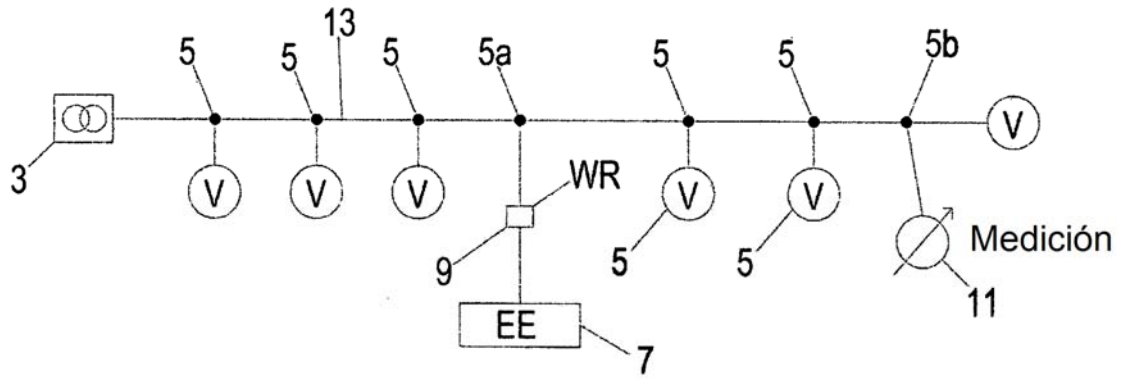


Fig. 4

