

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 814 748**

51 Int. Cl.:

H02J 3/16

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2012 E 19156510 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.06.2020 EP 3503335**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para estabilizar el funcionamiento de la red de una red de suministro de energía**

30 Prioridad:

01.03.2011 DE 102011012695

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

29.03.2021

73 Titular/es:

**BOB HOLDING GMBH (100.0%)
Gerlachshausener Strasse 1
97332 Volkach, DE**

72 Inventor/es:

BECK, BERNHARD

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 814 748 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 y dispositivo para estabilizar el funcionamiento de la red de una red de suministro de energía

5 La invención se refiere a un procedimiento para estabilizar el funcionamiento de la red de una red de suministro de energía eléctrica con un primer punto de conexión a la red a un generador de energía (proveedor de energía) de un primer nivel de tensión y con un segundo punto de conexión a la red conectado a un segundo nivel de tensión (red principal) y con un número de terceros puntos de conexión de red a cada consumidor asignado. También se refiere a un dispositivo para realizar el procedimiento.

10 Del documento EP 2 175 540 A2, se conoce un sistema de parque eólico en el que un gran número de parques eólicos, cada uno con varias turbinas eólicas, están conectados a una red de suministro. Una señal de referencia de tensión y la ubicación que sirve como referencia se suministran como datos de entrada a una unidad de control central. Además, los valores de corriente y tensión en la línea de transmisión entre el punto de recolección de todos los parques eólicos y un punto de conexión en la red, así como los parámetros eléctricos en un punto de medición y los datos de los parques eólicos individuales, se envían al ordenador central. A partir de estos datos de entrada, el ordenador maestro calcula la cantidad de cada parque eólico individual que se requiere para lograr las especificaciones en el punto de control. Si un parque eólico no está en condiciones de aportar su parte calculada, se distribuye a otros parques eólicos. Cuando se agota el potencial de todos los parques eólicos, el último paso es bajar la tensión en el punto de control.

20 En el presente caso, se entiende por red de suministro de energía cualquier área de red a la que se asignen valores de tensión medidos, puntos de conexión, inversores y transformadores. Puede ser un área local como, por ejemplo, las instalaciones de una empresa más grande, una localidad, una gran ciudad o un barrio de esta. De esta manera, se puede definir cualquier infraestructura deseada para una red de suministro, siempre que estén disponibles los componentes mínimos requeridos. Dicha red de suministro de energía, que está conectada a una red superior asociada a través de un transformador, comprende varios niveles de suministro, a saber, un nivel de tensión bajo de hasta 1 KV, un nivel de tensión medio de entre 1 KV y 33 KV, un nivel de tensión alto de 33 KV a 220 KV y un nivel de tensión máximo superior a 220 KV, de los cuales dos niveles de suministro suelen estar relacionados.

30 En la práctica del suministro público de energía en la red de suministro de energía, dependiendo del nivel de suministro, los proveedores de energía y los operadores de red tienen límites más o menos estrechos para la calidad de la corriente y la tensión en relación con el componente de potencia reactiva (consumo de energía reactiva o suministro de energía reactiva) del proveedor de electricidad y el consumidor de electricidad, representado por el valor de $\cos \phi$ en el diagrama vectorial de corriente y tensión. En muchos casos, especialmente en Alemania, el valor admisible de $\cos \phi$ para el consumo de potencia reactiva no autorizada o la inyección de potencia reactiva es 0,95. Esta medida o ajuste de límite sirve para estabilizar las redes con el fin de evitar una sobretensión, que puede provocar la destrucción de los consumidores conectados, y la subtensión, que puede provocar fallos en los consumidores. El precio sirve como regulador para el cumplimiento de los valores de $\cos \phi$ establecidos. Una inyección o un consumo de potencia reactiva fuera del ancho de banda especificado por el proveedor de energía o el operador de red para el $\cos \phi$ conlleva recargos considerables.

45 Las plantas para generar energía renovable son ampliamente conocidas. Cada sistema fotovoltaico (sistema PV) genera una corriente continua que se convierte en corriente alterna mediante un inversor y, en condiciones adecuadas, se alimenta a una red de suministro de energía. Como inversores se pueden utilizar tanto dispositivos puramente electrónicos como convertidores electromecánicos. En este caso, debe entenderse por inversores todos los dispositivos que pueden generar una tensión alterna a partir de una tensión continua. Las turbinas eólicas generan así una corriente alterna directamente. Sin embargo, esto debe adaptarse a las condiciones de la red pública de suministro de energía mediante un convertidor de frecuencia. Estos convertidores de frecuencia también comprenden inversores y deberían incluirse como medios.

50 Los componentes electrónicos de un inversor, así como la combinación de una máquina de corriente continua con un generador síncrono como inversor mecánico, permiten establecer un valor de $\cos \phi$ deseado en relación con la potencia. En la mayoría de los sistemas fotovoltaicos, esto se hace utilizando un indicador $\cos \phi$, que se puede utilizar para establecer una relación fija de potencia alimentada a potencia reactiva alimentada o extraída. Así se requiere que la unidad de control, por ejemplo, regule cualquier potencia inyectada a la red con un $\cos \phi$ de 0,97.

60 Del documento DE 199 61 705 A1, por ejemplo, se conoce un inversor para un sistema fotovoltaico, mediante el cual se puede conectar un sistema solar a una red de suministro de energía y que presenta una unidad de control para el cálculo dinámico de una corriente de compensación para compensar armónicos y potencia reactiva en la red. El funcionamiento del inversor con la unidad de control está destinado a mejorar la calidad de la tensión de la red en la red de suministro de energía. La unidad de control calcula un punto de ajuste de corriente de compensación basado en un valor de tensión de red medido. El elemento de medición de la medición de la tensión de red está dispuesto en el punto de conexión en el que el inversor alimenta la energía a la red.

En sistemas más grandes y modernos, el valor de $\cos \phi$ no está necesariamente predefinido, pero puede ajustarse dinámicamente durante el funcionamiento de acuerdo con un diagrama según la Figura 1 dependiendo de los requisitos actuales. Allí se traza un valor de $\cos \phi$ que se va a establecer frente a la tensión de línea en la salida del inversor. La tensión de salida (U_{red}) para la alimentación a la red solo puede variar dentro de un intervalo entre un valor mínimo (U_{min}) y un valor máximo ($U_{máx}$). Fuera de este intervalo de alimentación a la red con un $\cos \phi$ de, por ejemplo, un máximo de 0,95, el sistema fotovoltaico no debe utilizarse. Dentro de este intervalo permisible, existe un intervalo más estrecho entre una tensión de control mínima ($U_{reg\ min}$) y una tensión de control máxima ($U_{reg\ máx}$) en la que se puede suministrar energía pura a la red sin un componente de potencia reactiva. La tensión nominal (U_{nom}) se encuentra en el medio de este intervalo más estrecho.

Por regla general, los proveedores de energía, especialmente en su relación contractual con el operador principal de la red (por ejemplo, central nuclear, central de carbón, etc.) como proveedor de energía, están obligados contractualmente a no superar un valor de referencia de potencia reactiva de $\cos \phi$ 0,95 para garantizar la estabilidad de la tensión en la red principal suprarregional. Esto significa que, en el ejemplo, un valor de $\cos \phi$ de 0,94 representa un exceso de la referencia, mientras que un valor de $\cos \phi$ de 0,96 representa una desviación, es decir, no se utiliza la referencia máxima permitida. Sin embargo, a menudo es necesario adquirir o suministrar energía reactiva en las redes inferiores para compensar un aumento de tensión debido a la alimentación de energía solar y eólica o para compensar una caída de tensión debido a la falla del suministro de energía generada alternativamente o al arranque de máquinas.

Para una explicación más detallada del problema y la tarea resultante, se describe un ejemplo con referencia a la Fig. 2. En una red de suministro de media tensión de 20 kV, varias localidades A a K de diferentes tamaños reciben energía a un nivel de 0,4 kV a través de una conducción 101 en circuito cerrado que se conecta a dos transformadores de alimentación 103 y 103'. Las localidades A a K reciben electricidad estable a un nivel de 0,4 kV. Se requieren medidas si uno de los transformadores, por ejemplo, el transformador 103' falla debido a trabajos de mantenimiento o un defecto y debe ser desconectado de la red. El transformador 103 restante ahora debe suministrar energía a todas las localidades A a K.

Para poder proporcionar tensión suficiente también en las localidades remotas E y D, la sala de control responsable de la red de suministro debe aumentar la tensión de salida en el transformador 103. Para las localidades cercanas A y K, esto significa que se alimentan en el borde superior del ancho de banda de tensión deseado. Para las localidades remotas, esto significa que se suministran en el extremo inferior del ancho de banda de tensión. Si hay un sistema fotovoltaico más grande en la localidad K, de acuerdo con la Fig. 1 antes descrita, entonces su dispositivo de control intentará llevar el sistema fotovoltaico de regreso al área B, ya que el sistema se opera en el área del flanco derecho, es decir, en el área C, debido al aumento de tensión de la red. Dado que el control del sistema fotovoltaico no reconoce el transformador 103' averiado, el control del sistema responderá como resultado a una reducción en la tensión de la red y la sala de control, por ejemplo, trabajará hacia un aumento de la tensión de red mediante operaciones de conmutación adecuadas en los transformadores, en particular cambiando la relación de transformación. Estas intervenciones contrarias en la red de suministro de energía condujeron regularmente a redes más inestables cuando no había productores de energía regenerativa hasta el día de hoy.

Sobre la base de las consideraciones anteriores, la invención se basa en el objeto de especificar un procedimiento y un dispositivo para estabilizar la red eléctrica de un proveedor público de energía y en particular para mantener la estabilidad de una red existente.

Con respecto al procedimiento, el objeto se logra según la invención mediante las características de la reivindicación 1 y, con respecto al dispositivo, mediante las características de la reivindicación 8. El objetivo se logra porque en el primer punto de conexión a la red a al menos un generador de energía y en el segundo punto de conexión a la red al segundo nivel de tensión, también denominado en lo sucesivo la red superior, a la que se conecta un transformador preferentemente variable, así como a al menos otro punto de conexión a la red para los consumidores. Se mide la tensión actual. Además, la ubicación geográfica de los puntos de conexión de red sometidos a la medición de tensión se determina junto con su valor de medición de tensión asignado respectivamente. Un cálculo de un consumo de energía reactiva o una fuente de energía reactiva del generador de energía se realiza en función de los valores de medición de tensión teniendo en cuenta su ubicación geográfica, es decir, en base a un enlace de datos entre los valores de medición de tensión y la ubicación o posición geográfica del punto de medición de tensión respectivo. De esta manera, se proporciona de manera especialmente ventajosa una gestión de la potencia reactiva influenciada geográficamente. El procedimiento es particularmente adecuado para su uso en varios niveles de tensión de la red de suministro de energía.

La invención se basa en la consideración de que un conocimiento comparativamente impreciso de las longitudes de línea reales y, por lo tanto, una determinación comparativamente imprecisa de la posición de los respectivos puntos de medición de tensión en la gestión de la potencia reactiva no solo son aceptables, sino que también se ven superados por la ventaja de que, al crear y evaluar las condiciones en el suministro de energía o la red eléctrica, no es necesario conocer las longitudes exactas de las líneas. Si, en el curso de la gestión de la potencia reactiva, en lugar de las longitudes de línea exactas, se utilizan los datos de ubicación geográfica comparativamente imprecisos de las

localidades o ubicaciones de medición, que se reconoce que son suficientes para una gestión eficaz de la potencia reactiva, entonces no es necesario conocer las longitudes de línea y las secciones transversales. Además, al expandir o convertir la red de suministro de energía, no es necesario llevar a cabo una recopilación compleja de nuevos datos relacionados con longitudes de línea o secciones transversales modificadas y agregar estos datos a un modelo computacional, o similar.

El punto de conexión a la red se refiere a la posición del punto de medición entre el consumidor y la red y entre el alimentador y la red. En el presente caso, se entiende también por punto de conexión a la red cualquier posición dentro de la red pública de suministro de energía, así como de la red de consumidores y alimentadores en la que se realiza la medida de tensión.

El cálculo del consumo de potencia reactiva o la entrega de potencia reactiva del generador de energía, también denominado a continuación proveedor de energía, se realiza en función de los valores de tensión medidos, de modo que, si la tensión medida es demasiado alta, la potencia reactiva se toma de la red, y si la tensión medida es demasiado baja, la potencia reactiva se alimenta a la red. La aplicación del presente procedimiento es particularmente adecuada si se trata de un generador de energía regenerativa con un inversor, y si varios de estos generadores de energía o proveedores de energía están conectados a la red de suministro a través de primeros puntos de conexión de red asignados de modo correspondiente.

Los sistemas de generación de energía regenerativa suelen estar equipados con inversores electrónicos o electromecánicos que, según las realizaciones anteriores, forman parte de los sistemas fotovoltaicos y eólicos. Estos sistemas o dispositivos, debido a sus componentes intrínsecamente existentes como, por ejemplo, IGBT en inversores electrónicos o un dispositivo de control de la corriente de excitación en un conjunto de máquinas, disponen de la posibilidad de realizar un aporte de KVAR. Por lo tanto, una capacidad ya existente de estos sistemas o dispositivos se utiliza para otro propósito, a saber, la estabilización de la red de suministro de energía. Por regla general, esto se realiza sin pérdida de potencia activa. Un inversor de, por ejemplo, potencia nominal de 1 MW (MVA), que solo se carga con 0,6 MVA debido a la irradiación solar actual, tiene una capacidad libre para el suministro o para el consumo de 0,4 MVAR de potencia reactiva.

En el caso del ejemplo descrito al principio, este inversor -en lugar de intentar mantener su intervalo de control bajando la tensión- puede ser operado con un cos phi capacitivo correspondiente a una alimentación de potencia reactiva, suspendiendo su esquema de control habitual según la Fig. 1, para contribuir al aumento de tensión.

Es particularmente ventajoso si la distancia geográfica desde un consumidor periférico hasta un punto de unión de medición de tensión, en particular el más cercano, se determina y se incluye en el cálculo del nivel de consumo de potencia reactiva o suministro de potencia reactiva. En el caso de una red de suministro de energía existente, la asignación geográfica se fija en un momento dado. Si el consumidor periférico (por ejemplo, una granja) está a una distancia de, por ejemplo, tres kilómetros (3 km) hasta el punto de medición de tensión más cercano, la caída de tensión a lo largo de esta ruta se conoce y no se modifica siempre que no haya expansión de la red de suministro de energía. Esta caída de tensión a lo largo de la ruta se incluye luego en el cálculo del consumo de energía reactiva requerido o la entrega de energía reactiva, que se requiere para lograr una tensión estable para el consumidor (granja).

Si hay varios productores o proveedores de energía, el proveedor de energía con la distancia más corta al consumidor periférico se utiliza para el consumo de energía reactiva o el suministro de energía reactiva. Esto asegura que la fuente de alimentación reactiva no se extienda a partes de la red lejanas, de modo que los efectos en otros puntos de conexión de la red sean mínimos.

Para facilitar el trabajo en una sala de control de la red de suministro, es aconsejable alimentar los valores de tensión medidos a una unidad de cálculo y control, que está destinada y es adecuada para crear una imagen geográfica de tensión basada en los valores de tensión medidos, que es representativa del nivel de tensión en la red de suministro de energía. La unidad de cálculo y control regula la alimentación de potencia y potencia reactiva o el consumo de potencia o potencia reactiva en la red de suministro de energía mediante la intervención en el inversor del al menos un generador de energía. El objetivo del algoritmo de control es que la tensión que prevalece en la red de suministro no supere ni caiga por debajo de un valor especificable en ningún punto de conexión a la red.

Las condiciones de tensión en la red de suministro se pueden mostrar en color en una pantalla como una imagen geográfica de tensión. Determinado color, por ejemplo, el color rojo, puede indicar áreas cuya tensión está más cerca del límite superior, mientras que un color diferente, por ejemplo, azul, puede marcar el área geográfica cuya tensión se ha establecido en el límite inferior. En este caso, se trata adecuadamente de zonas en las que podría ser necesaria una intervención en la gestión de la potencia reactiva del generador de energía regenerativa y/o posiblemente en la relación de transformación del transformador. Con otro color, por ejemplo, verde, se pueden marcar las áreas que actualmente no requieren la atención del operador de la sala de control.

Si la relación de transformación del transformador existente no se puede regular en forma automática o por control remoto, es conveniente que la unidad de cálculo y control emita una recomendación al operador de la red para que

establezca una relación de transformación correspondiente. Luego, puede enviar un instalador al transformador que ajusta la relación de transmisión en el sitio utilizando medios mecánicos.

5 Para evitar las especificaciones o los recargos antes mencionados en caso de incumplimiento de las especificaciones de potencia reactiva del operador de la red principal, es útil que la unidad de cálculo y control controle el flujo de energía de modo que una transición de potencia reactiva en el segundo punto de conexión no supere un valor límite predeterminado.

10 Es ventajoso que la gestión operativa del inversor sea mantenida por el dispositivo de control inherente al mismo en el punto de máxima potencia MPP (Maximum Power Point) del sistema fotovoltaico o de la turbina eólica. Además, es ventajoso que el inversor alimente o consuma adicionalmente del nivel de suministro una cantidad de potencia reactiva que corresponda como máximo a la diferencia entre la potencia suministrada actualmente y la potencia nominal del inversor. Esto limita la cantidad de potencia reactiva a la potencia restante para alcanzar la potencia nominal del inversor. Además, la energía generada por el propio generador de energía no está restringida ni reducida. La capacidad de potencia libre del inversor solo se utiliza para cumplir una función adicional, a saber, la del desfaseador o proveedor de energía reactiva.

15 También se puede prever que la gestión operativa del inversor prevea que un componente de potencia reactiva predeterminable sea alimentado al nivel de suministro o extraído del mismo además del punto de máxima potencia MPP, evitando la suspensión del dispositivo de control inherente al mismo. Esto tiene sentido si, debido a las condiciones actuales de la red, es más valioso para el operador del sistema suministrar energía reactiva para la estabilización de la red que proporcionar energía real para impulsar máquinas, operar sistemas de aire acondicionado, o similares.

20 Dentro de la gestión operativa del inversor, una subtensión medida por debajo de un valor umbral conduce a una inyección de potencia reactiva por parte del inversor, mientras que una sobretensión inminente, por ejemplo, cuando se alcanza un umbral superior, conduce a un consumo de potencia reactiva por el al menos un inversor.

25 Un control de área grande del estado de la tensión en la red de línea del nivel de suministro, según la invención, prevé que la tensión en los puntos de conexión de la red sea determinada por varios consumidores en el mismo nivel de suministro y que la operación se lleve a cabo sobre la base de estos diversos valores de tensión. Como resultado, si se conoce un gran número de tensiones medidas y, en particular, si hay varios productores de energía regenerativa en puntos de conexión que están geográficamente más alejados, se puede lograr una gestión operativa óptima del estado de la red de líneas.

30 Si hay varios productores de energía o proveedores de energía regenerativa, cada uno con un punto de conexión a la red asignado en la misma red de suministro, tiene sentido que el componente de potencia reactiva por suministrar se divida entre el número correspondiente de inversores de tal manera que los inversores involucrados trabajen con la menor pérdida posible. Se entiende que una pérdida baja significa que procedente del suministro de energía regenerativa, por ejemplo, sol o viento, la mayor cantidad posible de kilovatios hora se puede alimentar a la red. Esto permite que las capacidades de potencia reactiva disponibles se utilicen de manera eficiente. Por la misma razón, es aconsejable utilizar ese generador de energía para la inyección de energía reactiva o para el consumo de energía reactiva que es espacialmente adyacente al punto de conexión a la red en el que se determina el valor de la tensión y que se acerca a un valor crítico.

35 Para proteger el inversor y el sistema fotovoltaico de daños por sobretensión, la gestión de la potencia reactiva prevé el uso de un limitador que reduce la cantidad especificada de potencia reactiva para que no se exceda la tensión máxima permitida en la salida del inversor. También es conveniente permitir que el dispositivo de regulación y/o control utilice la cantidad de potencia reactiva especificada aumentada en la medida en que la tensión en la entrada del inversor no caiga por debajo de una tensión mínima permisible. Los inversores pueden suministrar o adquirir potencia reactiva independientemente de la potencia P actualmente presente. En el caso de inversores con módulos fotovoltaicos en particular, esto significa que los inversores permanecen constantemente conectados a la red y también están disponibles para su control por la noche.

40 Para proteger el inversor y el sistema fotovoltaico de daños por sobretensión, la gestión de la potencia reactiva prevé el uso de un limitador que reduce la cantidad especificada de potencia reactiva para que no se exceda la tensión máxima permitida en la salida del inversor. También es conveniente permitir que el dispositivo de regulación y/o control utilice la cantidad de potencia reactiva especificada aumentada en la medida en que la tensión en la entrada del inversor no caiga por debajo de una tensión mínima permisible. Los inversores pueden suministrar o adquirir potencia reactiva independientemente de la potencia P actualmente presente. En el caso de inversores con módulos fotovoltaicos en particular, esto significa que los inversores permanecen constantemente conectados a la red y también están disponibles para su control por la noche.

45 Para proteger el inversor y el sistema fotovoltaico de daños por sobretensión, la gestión de la potencia reactiva prevé el uso de un limitador que reduce la cantidad especificada de potencia reactiva para que no se exceda la tensión máxima permitida en la salida del inversor. También es conveniente permitir que el dispositivo de regulación y/o control utilice la cantidad de potencia reactiva especificada aumentada en la medida en que la tensión en la entrada del inversor no caiga por debajo de una tensión mínima permisible. Los inversores pueden suministrar o adquirir potencia reactiva independientemente de la potencia P actualmente presente. En el caso de inversores con módulos fotovoltaicos en particular, esto significa que los inversores permanecen constantemente conectados a la red y también están disponibles para su control por la noche.

50 Un acumulador de energía en forma de banco de baterías, una central eléctrica de almacenamiento por bombeo o similar también puede utilizarse como productor o proveedor de energía. Esto puede consumir energía o incluso potencia reactiva a pedido del nivel de tensión relevante o alimentarlo al nivel de tensión.

55 Es ventajoso que el operador de red, por ejemplo, para trabajos de mantenimiento conocidos o futuros para el área de red correspondiente, defina un intervalo de tensión objetivo, al cual se adhiere la unidad de cálculo o regulación o control usando su algoritmo de control.

A continuación, se explica con más detalle un ejemplo de realización de la invención con referencia a un dibujo.

- Fig. 1 muestra un diagrama de control de un inversor de una instalación solar para establecer un valor de $\cos \phi$ a través de la tensión de salida,
 Fig. 2 muestra esquemáticamente un conducción en circuito cerrado con transformadores de suministro y puntos de conexión de red para describir la ocurrencia de inestabilidades de la red, y
 5 Fig. 3 muestra una representación esquemática de una red de suministro de energía operada según la invención.

En la Fig. 1, se muestra un esquema de control del $\cos \phi$ sobre la tensión de salida del inversor U , que en principio se utiliza ventajosamente en sistemas fotovoltaicos más modernos y que está destinado a facilitar la comprensión de la descripción posterior.

10 Se proporcionan dos valores límite U_{\min} y U_{\max} que, por lo general, no deben ser inferiores ni superados. Entre estos valores límite U_{\min} y U_{\max} , hay un intervalo de control lineal A que está delimitado por dos valores límite de control $U_{\text{reg } \min}$ y $U_{\text{reg } \max}$. En esta zona A, el sistema se opera en $\cos \phi$ neutro y la energía activa pura se alimenta 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
 15 U_{\min} y $U_{\text{reg } \min}$, la potencia reactiva VAR (amperios reactivos) se suministra adicionalmente a la red de suministro.

Del mismo modo, en un punto de funcionamiento del inversor con una tensión de salida U en el intervalo C entre U_{\max} y $U_{\text{reg } \max}$, se toma de la red de alimentación, además de la alimentación, la potencia reactiva VAR. El punto de funcionamiento se puede configurar a través de elementos semiconductores o interruptores, en particular IGBT (Insulated-Gate Bipolar Transistor), en el inversor, en particular mediante un controlador MPP (Maximum Power Point).
 20 Todavía hay bordes de emergencia en los dos valores límite superior e inferior, que no se discutirán más aquí.

Dependiendo del punto de funcionamiento, puede haber un consumo de energía reactiva de la red, que generalmente significa una tendencia a reducir la tensión de la red, o una inyección de energía reactiva, que equivale a un aumento de la tensión en el nivel de suministro al que está conectado el inversor.
 25

En la Fig. 3, se ilustra esquemáticamente una red 1 pública de suministro de energía, denominada a continuación una red de suministro, por ejemplo, para una ciudad más pequeña. El nivel de 0,4 KV de la red 1 de suministro se alimenta desde un nivel de 20 KV mediante tres transformadores T1, T2 y T3. Para ello, se dispone de una línea 3 de circuito cerrado principal tendida dentro del casco urbano, a la que se conectan los tres transformadores T1, T2 y T3. Otras líneas de circuito cerrado están conectadas a la línea 3 de circuito cerrado principal, de las cuales solo se muestran tres líneas 5 de circuito cerrado a modo de ejemplo. Las líneas 5 de circuito cerrado conducen a asentamientos, distritos comerciales, negocios artesanales, etc. Desde la línea 3 de circuito cerrado principal, un ramal 7 se ramifica a un complejo industrial o una fábrica 9 más grande, que se alimenta con energía eléctrica directamente desde el ramal 5 principal.
 30
 35

La periferia de la red 1 de suministro está marcada con anillos 11 circulares, que representan puntos de consumo. Las líneas de conexión entre los anillos 11 circulares no representan líneas de suministro, sino que solo están destinadas a ilustrar la circunferencia exterior del área de suministro. En el borde inferior de la Fig. 1, un punto de consumo remoto, por ejemplo, una explotación 13 agrícola, está conectado a la red 1 de suministro.
 40

Cinco proveedores o productores de energía alternativos en forma de sistemas fotovoltaicos PV1 a PV5 están conectados a la línea 3 de circuito cerrado principal a través de un primer punto de conexión a la red 15a a 15e. Cada uno de los tres transformadores T1 a T3 alimenta la línea 3 de circuito cerrado principal a través de los segundos puntos de conexión de red 17a, 17b, 17c. Además, se prevén una pluralidad de terceros puntos 19 de conexión de red, a cada uno de los cuales está conectado un punto 11, 13 de consumo, que también puede ser un edificio, una empresa, una tienda o similar, por ejemplo. Todos los puntos de conexión de red 15, 17 y 19 están marcados con un pequeño punto sólido.
 45

Un punto completo grande simboliza, en lugar de un punto completo pequeño, que el punto de conexión a la red afectado 15a a 15e, 17a a 17c y 19 no solo realiza su función normal, sino que también se mide la tensión predominante en ese momento en su conexión, de modo que estos puntos de conexión de red también sirven como puntos 21 de medición. Estos puntos 21 de medición están numerados adicionalmente del 21a al 21k para facilitar la comprensión de la descripción de cómo funciona el procedimiento. Un captador adecuado como medio para medir la tensión es el contador habitual (dispositivo medidor o caja de medidor) del consumidor. Los puntos 21a a 21k de medición están distribuidos estratégicamente sobre la red 1 de suministro, que se discutirá más adelante.
 50
 55

Al menos en algunos de los puntos de medición 21a a 21i, se suministra su ubicación geográfica P_n , en particular sus datos GPS (Global Positioning System), un dispositivo 23 con un dispositivo o una unidad 25 de regulación y control para la estabilización de la red, por ejemplo, una sala de control, y se almacena allí y se procesa por medio del dispositivo o unidad 25 de regulación y control. Por tanto, en el dispositivo 23 o en la sala de control está presente un par de datos U_n, P_n compuesto por la tensión medida en forma de un valor de medida de tensión correspondiente U_n y el lugar o la ubicación geográfica P_n en que se realizó la medición. Apropiadamente, se opera de esta manera en todos los puntos de medición 21a a 21k. El índice n representa los respectivos puntos de medición 21a a 21i que, a su vez, representan los respectivos puntos de conexión de red 15a a 15e, 17a a 17c y 19 en los que se miden las tensiones. El
 60
 65

dispositivo o unidad 25 de regulación y control está provisto y configurado para vincular los valores de tensión medidos U_n registrados por los medios con la ubicación geográfica P_n de los puntos 15, 17, 19 de conexión de red correspondientes y para usar los enlaces para calcular una referencia de potencia reactiva o suministro de energía reactiva del generador de energía PV.

5 La ubicación geográficamente más adecuada no está determinada por una regla fija, sino que resulta de la situación eléctrica actual de la red. Por ejemplo, si un comprador al por mayor como, por ejemplo, la fábrica 9 no está conectada a la red, o si se realizan trabajos de mantenimiento en uno de los transformadores T1 a T3, por ejemplo, las condiciones eléctricas son diferentes a las de estos participantes en la red. Desde un punto de vista geográfico, adecuado significa llevar a cabo la medida en cada caso en el que exista la menor influencia sobre los consumidores o alimentadores situados más lejos. Siempre se debe realizar un cambio específico en la relación de transmisión y una alimentación o consumo de energía reactiva en la proximidad “eléctrica” para lograr el efecto deseado de, por ejemplo, no tener que arrastrar un aumento de tensión a una distancia mayor en la red 1 de suministro.

15 Para la funcionalidad del procedimiento, a continuación se abordarán algunas situaciones de ejemplo:

1. Según un primer ejemplo de situación, la fábrica 9 tiene un requerimiento de energía particularmente alto en las horas de la mañana porque se están calentando hornos o se deben poner en funcionamiento máquinas o líneas de montaje. En el punto 21h de medición, se registra que la tensión se aproxima al valor límite inferior y se deben tomar contramedidas. El medio geográficamente más cercano para aumentar la tensión es el transformador T3. Su relación de transmisión se modifica de tal manera que aumenta la tensión en su punto 17c de conexión a la red, como resultado de lo cual también aumenta la tensión en la fábrica 9. Sin embargo, este aumento de tensión podría tener como consecuencia que la tensión en otro punto 19 de conexión a la red, por ejemplo, el que también está diseñado como punto 21g o 21f de medición, se incremente de tal manera que la tensión se acerque al valor límite superior.

25 El sistema fotovoltaico PV3 está ubicado en la vecindad geográfica de los puntos 21g y 21f de medición, que luego es influenciado por la sala de control para consumir energía reactiva de la red y así asegurar una caída de tensión en los otros puntos 19 de conexión a la red pertenecientes a los puntos 21g y 21f de medición.

30 2. De acuerdo con una segunda situación de ejemplo, es evidente en el tercer punto 19 de conexión a la red u otro punto más con el punto 21c de medición que la tensión se acerca al valor límite superior porque el sistema fotovoltaico cercano PV1 suministra un alto aporte de energía a la línea 3 de circuito cerrado principal a la hora del almuerzo con un cielo despejado.

35 En la sala de control, el inversor y el sistema fotovoltaico cercano PV5 se pueden modificar en su funcionamiento de tal manera que también consume energía reactiva de la red 1 de suministro además de la alimentación de energía y, por lo tanto, tenga un efecto de reducción de tensión en el punto 21c de medición.

40 3. Según una tercera situación de ejemplo, se reduce la tensión en el punto 19 de conexión a la red con el punto 21e de medición. Debido al conocimiento de la longitud de la línea hasta la granja 13, por ejemplo, a varios kilómetros de distancia, y la caída de tensión asociada con la longitud, la sala de control tiene la información de que la tensión en la ubicación de la granja 13 se está acercando al valor límite inferior, aunque la tensión en el punto 21e de medición sigue siendo aceptable. En respuesta a esta situación, en el sistema fotovoltaico PV2 geográficamente favorable, se pueden tomar medidas para garantizar que este alimente la potencia reactiva a la red 1 de suministro para garantizar una tensión suficientemente alta en la ubicación de la granja 13.

45 4. La tensión también se puede medir, en particular al final de un ramal, como en el punto 21j de medición, para luego seleccionar el medio geográficamente más adecuado, es decir, qué generador de energía regenerativa debe consumir o alimentar potencia reactiva para estabilizar allí la tensión.

50 Con motivos de claridad, solo se muestran unos pocos participantes en la red 1 de suministro, y tampoco sirven como punto 21 de medición sin excepción. Cuanto mayor sea el número de puntos 21 de medición establecidos en la red 1 de suministro de energía, más preciso será el procedimiento.

55 Según una representación adecuada, la red de suministro de energía 1 se puede visualizar geográficamente en una pantalla. En este caso, las áreas con una subtensión inminente, las áreas con una sobretensión inminente y las áreas que se hallan en el área normal preferiblemente deben diferir en color entre sí. Como resultado, debería visualizarse, generarse y mostrarse un mapa que cambie de color en determinados intervalos de tiempo, por ejemplo, cada segundo, desde el cual se puede ver continuamente la situación general en la red 1 de suministro de energía.

60 Con un programa de aprendizaje adecuado, que evalúa y analiza las medidas tomadas para la estabilización de la tensión y, por tanto, para la estabilización de la red, el proceso se puede automatizar hasta tal punto que las variables manipuladas, en particular la relación de transformación del respectivo transformador T1 a T3 y la gestión de la potencia reactiva, se regulen automáticamente.

65

5 A partir del ejemplo de realización descrito con anterioridad, se puede ver que la invención también se puede definir de tal manera que se especifique un procedimiento para establecer y/o mantener la estabilidad de la red en la red 1 de suministro eléctrico, a la que están conectados a través del primer punto 15 de conexión a la red el proveedor de energía, a través del segundo punto 17 de conexión a la red el transformador T1-T3, que en particular es variable en su relación de transformación, a una red superior, por ejemplo, la red de 20 kV, y a través de la pluralidad de puntos 19 de conexión a la red adicionales, consumidores 9,13 asignados en cada caso, y que se caracteriza porque la tensión actual imperante se mide en el primero, el segundo y algunos de los otros puntos de conexión a la red, y porque la ubicación geográfica de los puntos de conexión a la red sometidos a la medición de tensión se utiliza en combinación con su valor de medición de tensión asignado para calcular el consumo de potencia reactiva o la alimentación reactiva del proveedor de energía en función de los valores de medición de tensión, teniendo en cuenta su ubicación geográfica.

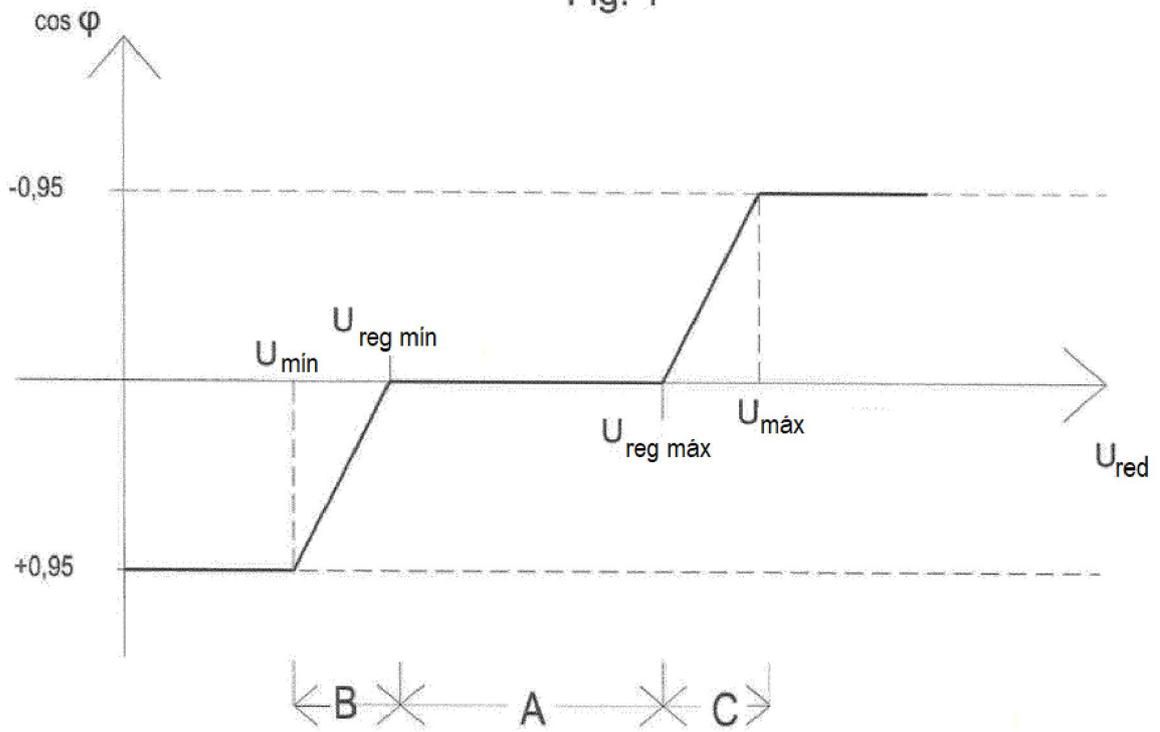
Lista de símbolos de referencia

15	1	red de suministro de energía
	3	línea de circuito cerrado principal
	5	línea de circuito cerrado
	7	ramal
	9	fábrica
20	11	anillo circular/punto de consumo
	13	granja/punto de consumo
	15	primer punto de conexión a la red
	17	segundo punto de conexión a la red
	19	tercer punto de conexión a la red
25	21	punto de medición
	23	dispositivo
	25	unidad de regulación y control
	101	línea de circuito cerrado
	103,103'	transformador
30	A a K	localidad
	P _n	ubicación geográfica
	PV	sistema fotovoltaico/generador de energía
	T1, T2, T3	transformador
	U _n	valor de medición de tensión
35		

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para estabilizar el funcionamiento de la red de una red (1) de suministro de energía eléctrica, al que a través de un primer punto (15) de conexión a la red está conectado un proveedor de energía (PV) de un primer nivel de tensión (0,4 kV) y a través de segundos puntos (17a, 17b, 17c) de conexión a la red están conectados transformadores (T1 a T3) modificables en sus respectivas relaciones de transmisión a un segundo nivel de tensión (20 kV), así como consumidores (9, 13) asignados cada uno a través de una serie de terceros puntos (19) de conexión a la red,
 5 - en el que en el primer punto (15) de conexión a la red y en los segundos puntos (17a, 17b, 17c) de conexión a la red, así como al menos uno de los terceros puntos (19) de conexión a la red se registra la tensión de corriente respectiva como un valor de medición de tensión (U_n),
 10 - en el que, basándose en un enlace entre los valores de tensión medidos (U_n) y la ubicación geográfica (P_n) de los puntos (15, 17, 19) de conexión a la red correspondientes, se determina un consumo de potencia reactiva o una inyección de potencia reactiva del generador de energía (PV), y
 15 - en el que, en el curso de la gestión de la potencia reactiva, la potencia reactiva determinada se inyecta en la red (1) de suministro de energía o la potencia reactiva determinada se toma de la red (1) de suministro de energía, consumiendo o inyectando la potencia reactiva del proveedor de energía geográficamente más adecuado para estabilizar la tensión en el punto (15, 17, 19) de conexión a la red del lugar.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la distancia geográfica de un consumidor (9, 13) periférico a un punto (15, 17, 19) de conexión a la red, en particular al punto (15, 17, 19) de conexión a la red más cercano efectivo como punto (15a a 15e, 17a a 17c, 19) de medición de tensión y la distancia determinada se utiliza para calcular el consumo o el suministro de potencia reactiva.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que, en el caso de varios generadores de energía (PV), el generador de energía (PV) más cercano al consumidor (9, 13) periférico se utiliza para el consumo de potencia reactiva o para el suministro de potencia reactiva.
4. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los valores de medición de tensión (U_n) se utilizan para crear una imagen geográfica de tensión que representa el nivel de tensión en la red (1) de suministro de energía, regulando de esta manera el suministro de potencia reactiva o el consumo de potencia reactiva en la red (1) de suministro de energía de modo tal que la tensión en la red (1) de suministro de energía en ningún punto (15, 17, 19) de conexión a la red exceda ni caiga por debajo de un valor especificado o especificable.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la información sobre la capacidad libre del o de cada generador de energía (PV) se utiliza para el suministro de potencia reactiva o para consumo de potencia reactiva.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4 o 5, en el que se cambia la relación de transmisión entre los niveles de tensión (0,4 kV, 20 kV) y/o se cambia la potencia del generador de energía (PV) cuando se agota el control del suministro de potencia reactiva o el consumo de potencia reactiva.
7. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 4 a 6, en el que el consumo y/o el suministro de potencia reactiva se controla de tal manera que una transición de potencia reactiva en el segundo punto (17) de conexión no exceda un valor límite especificado o especificable.
8. Dispositivo para la estabilización de la red de una red (1) de suministro de energía eléctrica con un primer nivel de tensión (0,4 kV) y con un segundo nivel de tensión (20 kV), así como con un primer punto (15) de conexión a la red a un generador de energía (PV) del primer nivel de tensión (0,4 kV) y con segundos puntos (17a, 17b, 17c) de conexión a la red conectados al segundo nivel de tensión (20kV) con transformadores (T1 a T3) que son variables en su relación de transformación con cierta cantidad de terceros puntos (19) de conexión a la red a los consumidores (9, 13) asignados respectivamente,
 50 - en donde se prevén medios para detectar la tensión actual en el primer punto (15) de conexión a la red y en los segundos puntos (17a, 17b, 17c) de conexión a la red y en al menos uno de los terceros puntos (19) de conexión a la red, y
 55 - en donde se prevé y configura una unidad (25) de regulación y control para realizar el procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, en el que están previstos varios generadores de energía regenerativa (PV) que presentan en particular un inversor o un generador que están conectados a la red (1) de suministro de energía a través de primeros puntos (15) de conexión de red asignados correspondientemente.
- 60 10. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en el que varios transformadores (T1 a T3) están conectados al segundo nivel de tensión (20 kV) a través de segundos puntos (17) de conexión a la red asignados respectivamente a la red (1) de suministro de energía.

Fig. 1



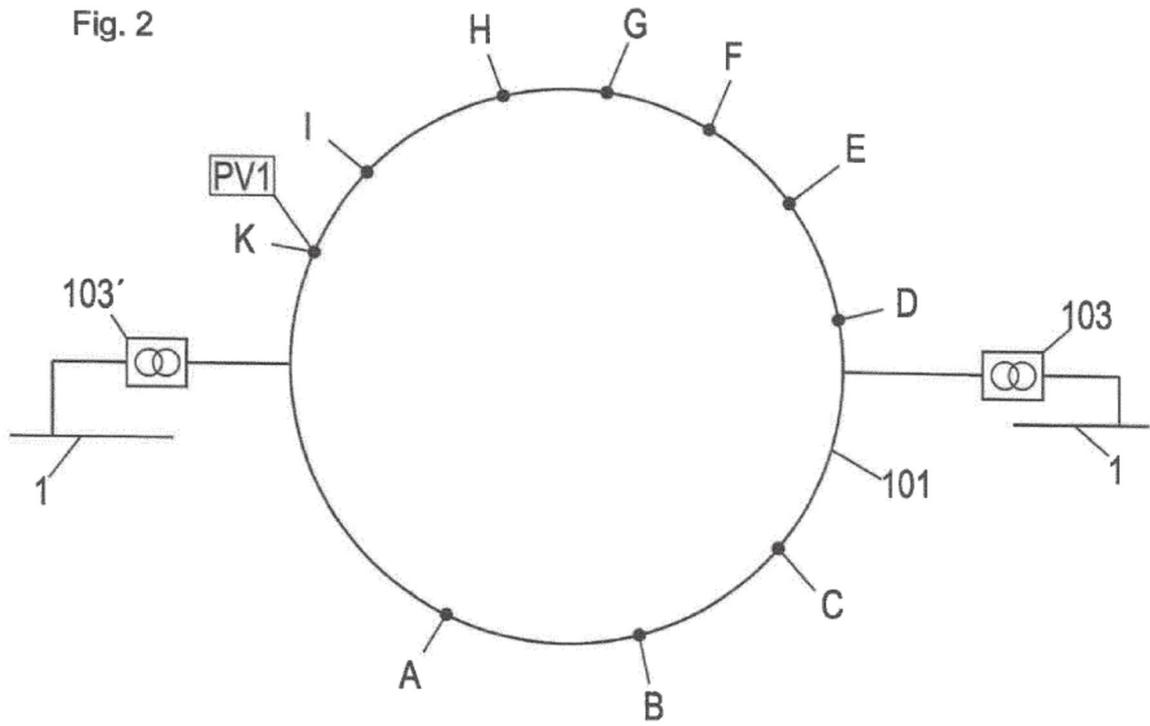


Fig. 3

