

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 949**

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 12000995 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 2495838**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la estabilización del 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:

**09.01.2020**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BECK, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 736 949 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 la estabilización del funcionamiento de la red de una red de suministro de energía

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la estabilización del funcionamiento de la red de una red de suministro de energía eléctrica con un primer punto de conexión a la red junto a un generador 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 superior), así como con un número de terceros puntos de conexión a la red a consumidores asociados en cada caso. Asimismo, la invención se refiere a un dispositivo para la realización del procedimiento.

10 A partir del documento EP 2 175 540 A2, se conoce un sistema de parques eólicos en el que una pluralidad de parques eólicos están conectados en cada caso con una pluralidad de turbinas eólicas a una red de suministro. Está prevista una unidad de control central a la que como datos de entrada se suministran una señal de referencia de la tensión y el lugar que sirve de referencia de regulación. Además, al ordenador central se proporcionan los valores de la corriente y de la tensión en la línea de transmisión entre el punto de concentración de todos los parques eólicos y un punto de conexión a la red, así como los parámetros eléctricos en un punto de medición. Finalmente, al ordenador central se conducen también los datos eléctricos de los parques eólicos individuales. A partir de todos estos datos de entrada, el ordenador principal calcula entonces la contribución de cada parque eólico individual que es necesaria para la consecución de las predeterminaciones en el punto de regulación. En el caso de que un parque eólico no se encuentre en situación de aportar su porcentaje calculado, entonces este se distribuye entre otros parques eólicos. Si el potencial de todos los parques eólicos está agotado, como etapa final se reduce entonces la tensión en el punto de regulación.

15 A partir de la memoria descriptiva US 6,924,565 B2, se conoce una pluralidad de suministradores de energía alternativos, los cuales se encuentran distanciados geográficamente, pero trabajan en el mismo punto de conexión a la red. Allí, se lleva a cabo únicamente el procesamiento de un único valor de la tensión, esto es, la tensión en el punto de acoplamiento PCC entre la red de consumo y la instalación de energía eólica. Todas las ruedas eólicas se posan en una línea colectora común, que están conectadas a través de un único punto de conexión a la red con la red pública de suministro. El documento DE 10 2008 046 606 A1 muestra plantas de suministro de energía en la red, en las que el valor teórico deseado de la potencia reactiva se ajusta en función de la distancia de un lugar con respecto al punto de alimentación.

20 En el presente documento, por "red de suministro de energía" se entiende cada área de red a la que estén asociados valores medidos de la tensión, puntos de conexión, inversores y transformadores. Esta puede ser un área local como, por ejemplo, el terreno de una empresa de una empresa de mayores dimensiones, una localidad, una gran ciudad o un barrio de dicha ciudad. De este modo, se puede definir cualquier infraestructura deseada para una red de suministro, siempre y cuando estén presentes los componentes necesarios mínimos. Una red de suministro de energía de este tipo, que está conectada a través de un transformador con una red superior correspondiente, comprende varios niveles de suministro, a saber, un nivel de baja tensión de hasta 1 KV, un nivel de media tensión de entre 1 KV y 33 KV, un nivel de alta tensión de a partir de 33 KV hasta 220 KV y un nivel de máxima tensión por encima de 220 KV, de los cuales dos niveles de suministro suelen estar asociados.

25 En la práctica del suministro público de corriente, los suministradores de energía y los operadores de la red fijan en la red de suministro de energía en función del nivel de suministro límites más o menos ajustados para la calidad de la corriente y de la tensión con respecto al porcentaje de potencia reactiva (obtención de potencia reactiva o suministro de potencia reactiva) de los suministradores de corriente y de los consumidores de corriente, representados por el valor  $\cos \phi$  en el diagrama vectorial de la corriente y la tensión. En muchos casos, en particular también en Alemania, el valor admisible de  $\cos \phi$  para una obtención de potencia reactiva o una introducción de potencia reactiva sin sanciones asciende a 0,95. Esta medida o fijación de límites sirve para la estabilización de las redes con el fin de evitar una sobretensión, que pueda provocar la destrucción de los consumidores conectados, y una subtensión, que pueda provocar que los consumidores fallen. El precio sirve de factor de regulación para la observancia de los valores  $\cos \phi$  fijados. Así, la introducción o la obtención de potencia reactiva fuera del ancho de banda predeterminado por el suministrador de energía o por el operador de la red superior para el  $\cos \phi$  van aunadas a costes extras considerables.

30 Se conocen en diversas formas plantas para la generación de energía regenerativa. Cada instalación fotovoltaica (planta fotovoltaica) genera una corriente continua que es transformada en una corriente alterna mediante un inversor y que es introducida en una red de suministro de energía dándose las condiciones apropiadas. Como inversores se pueden utilizar tanto aparatos meramente electrónicos como convertidores electromecánicos. Por "inversores" se entiende a este respecto todos los dispositivos que puedan generar una tensión alterna a partir de una tensión continua. Así, las instalaciones de energía eólica generan directamente una corriente alterna. No obstante, esta ha de adaptarse a través de un convertidor de frecuencia a las condiciones de la red de suministro de energía pública. Estos convertidores de frecuencia comprenden también inversores y han de estar comprendidos conjuntamente como medios.

35 Los componentes electrónicos de un inversor, al igual que la combinación de una máquina de corriente continua con un generador síncrono como inversor mecánico, permiten el ajuste del valor  $\cos \phi$  deseado con respecto a la

potencia. Esto sucede en la mayoría de plantas fotovoltaicas a través de un indicador  $\cos \phi$ , a través del cual se puede ajustar una relación fija de la potencia introducida con respecto a la potencia reactiva introducida u obtenida. Así, se prescribe a la unidad reguladora, por ejemplo, que se ajuste cualquier potencia suministrada a la red con un  $\cos \phi$  de 0,97.

5 Por el documento DE 199 61 705 A1, se conoce, por ejemplo, un inversor para una instalación fotovoltaica mediante el cual se puede conectar una instalación solar a una red de suministro de energía y el cual presenta una unidad reguladora para el cálculo dinámico de una corriente de compensación para la compensación de los componentes armónicos y la potencia reactiva en la red. Gracias al funcionamiento del inversor con la unidad reguladora, se ha de  
10 mejorar la calidad de la tensión de la red en la red de suministro de energía. La unidad reguladora calcula el valor teórico de una corriente de compensación gracias a un valor medido de la tensión de red. A este respecto, el elemento de medición de la medición de la tensión de red se dispone en aquel punto de conexión en el que el inversor suministre la energía a la red.

15 En las instalaciones modernas y de mayor tamaño, el valor  $\cos \phi$  no se predetermina de manera fija necesariamente, sino que, durante el funcionamiento de conformidad con una gráfica correspondiente a la figura 1, se puede ajustar de manera dinámica en función de las exigencias de cada momento. Allí, el valor  $\cos \phi$  a ajustar en la salida del inversor está trazado con respecto a la tensión de red. La tensión de salida ( $U_{red}$ ) para su suministro a la red puede variar únicamente dentro de un intervalo entre un valor mínimo ( $U_{min}$ ) y un valor máximo ( $U_{max}$ ). La instalación fotovoltaica  
20 no debería ser accionada fuera de este intervalo de suministro a la red con un  $\cos \phi$  de, por ejemplo, 0,95 como máximo, permitido por el suministrador de energía. Dentro de este intervalo admisible, se encuentra un intervalo más reducido entre una tensión de control mínima ( $U_{control \ min}$ ) y una tensión de control máxima ( $U_{control \ max}$ ), en el que a la red se le puede suministrar potencia pura sin un componente de potencia reactiva. En el medio de este intervalo más reducido se encuentra la tensión teórica ( $U_{teórica}$ ).

25 Por lo general, los suministradores de energía, en particular en su relación contractual con el operador de la red superior (por ejemplo, una central nuclear, una central carboeléctrica, etc.) como suministradores de energía, están obligados contractualmente a no superar un valor de obtención de potencia reactiva de  $\cos \phi$  0,95 con el fin de asegurar la estabilidad de la tensión en la red superior suprarregional. Esto significa que en el ejemplo un valor  $\cos \phi$  de 0,94 constituye un exceso de la obtención, mientras que un valor  $\cos \phi$  de 0,96 queda por debajo, es decir,  
30 no se aprovecha la obtención permitida como máximo. No obstante, en las redes inferiores es necesaria con frecuencia una obtención o el suministro de potencia reactiva para compensar un aumento de la tensión por el suministro de corriente de energía solar y eólica o, en su caso, para compensar un descenso de la tensión por la falta de suministro de energía generada de manera alternativa o la puesta en marcha de máquinas.

35 Para explicar más detalladamente la problemática y el objetivo que resulta de ella, se describe un ejemplo por medio de la figura 2. En una red de suministro de media tensión de 20kV, se suministra energía en un nivel de 0,4 kV a varias localidades A a K de diferente tamaño a través de una línea anular 101, que está conectada a dos transformadores 103 y 103' de alimentación. A las localidades A a K se les suministra corriente de manera estable en el nivel de 0,4  
40 kV. Se requieren medidas si uno de los transformadores, por ejemplo, el transformador 103', falla como consecuencia de trabajos de mantenimiento o de un defecto y ha de separarse de la red. El transformador 103 restante tiene que suministrar ahora energía a todas las localidades A a K.

45 Con el fin de poder proporcionar una tensión suficiente también a las localidades E y D alejadas, la sala de control responsable de la red de suministro debe aumentar la tensión de salida en el transformador 103. Esto significa para las localidades A y K situadas cerca que son alimentadas en el margen superior del ancho de banda de la tensión deseado. Para las localidades alejadas, esto significa que son alimentadas más bien en el margen inferior del ancho de banda de la tensión. Si en la localidad K se encuentra una instalación fotovoltaica de mayor tamaño, entonces se pretende (de manera correspondiente a la figura 1 descrita anteriormente) que su equipo regulador devuelva a la  
50 instalación fotovoltaica al intervalo B, ya que la instalación es accionada en el intervalo del flanco derecho, esto es, en el intervalo C, como consecuencia de la tensión de red aumentada. Puesto que la regulación de la planta fotovoltaica no reconoce el transformador 103' fallido, la regulación de la planta actuará como resultado para reducir la tensión de red y la sala de control actuará para aumentar la tensión de red, por ejemplo, mediante los procesos de conmutación correspondientes en los transformadores, en particular, mediante la modificación de la relación de transformación.  
55 Estas intervenciones en la red de suministro de corriente que actúan en sentido contrario ya han provocado entonces regularmente redes más inestables, ya que no había presentes generadores de energía regenerativa en la medida actual.

60 Partiendo de las consideraciones anteriores, el objetivo de la presente invención consiste en contribuir a la estabilización de la red eléctrica de un suministrador de energía público y, en particular, respetar la estabilidad de la red existente.

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante las reivindicaciones independientes 1 y 8. Dicho  
65 objetivo se consigue a través de que la tensión dominante en la actualidad se mida en el primer punto de conexión a la red con respecto al al menos un generador de energía y en el segundo punto de conexión a la red con respecto al segundo nivel de tensión, denominado a continuación "red superior", al que está conectado preferentemente un

transformador variable en su relación de transformación, así como en al menos uno de los otros puntos de conexión a la red para los consumidores. Además, la ubicación geográfica de los puntos de conexión a la red sometidos a la medición de la tensión se determina junto con su valor medido de la tensión asociado en cada caso. El cálculo de una obtención de potencia reactiva o de un suministro de potencia reactiva del generador de energía se efectúa en dependencia de los valores medidos de la tensión teniendo en cuenta su ubicación geográfica, por lo tanto, por medio de una conexión de datos de los valores medidos de la tensión y de la ubicación geográfica, esto es, la posición, del punto de medición de la tensión respectivo. De este modo, se proporciona de manera particularmente ventajosa una gestión de la potencia reactiva influenciada geográficamente. El procedimiento es particularmente apropiado para una aplicación en varios niveles de tensión de la red de suministro de energía.

A este respecto, la invención parte de la consideración consistente en que un conocimiento comparativamente impreciso de las longitudes de conducción reales y, con ello, una determinación de la ubicación comparativamente imprecisa de los puntos de medición de la tensión respectivos, durante la gestión de la potencia reactiva no solo son aceptables, sino que además están equilibrados por la ventaja consistente en que no se tengan que conocer justamente las longitudes de conducción exactas durante la creación y la evaluación de las condiciones en el suministro de energía o la red de corriente. Si, en el transcurso de una gestión de la potencia reactiva, en lugar de las longitudes de conducción exactas se utilizan los datos de la ubicación geográfica de las ubicaciones o puntos de medición imprecisos en comparación, que de manera reconocida sean suficientes para una gestión de la potencia reactiva efectiva, se puede prescindir de conocer las longitudes de conducción y la sección transversal de conducción. Además, no es necesario llevar a cabo una costosa recopilación de nuevos datos relativos a las longitudes o secciones transversales de conducción modificadas en el caso de ampliación o remodelación de la red de suministro de energía ni añadir tales datos a un modelo de cálculo o similares.

Por "punto de conexión a la red" se entiende la posición del punto contador entre el consumidor y la red y entre el suministrador y la red. En el presente documento, por "punto de conexión a la red" se entiende también cualquier posición dentro de la red de suministro de energía pública y de la red de los consumidores y suministradores en las que se efectúe la medición de la tensión.

El cálculo de la obtención de potencia reactiva o del suministro de potencia reactiva del generador de energía denominado también a continuación suministrador de energía se realiza a este respecto en dependencia de los valores medidos de la tensión de tal modo que, en el caso de una tensión medida demasiado elevada, de la red se extraiga potencia reactiva, y que, en el caso de una tensión medida demasiado baja, se introduzca potencia reactiva en la red. La aplicación del presente procedimiento es particularmente apropiado si se trata de un generador de energía regenerativa con un inversor y si varios de tales generadores de energía o suministradores de energía están conectados a la red de suministro a través de primeros puntos de conexión a la red asociados de manera correspondiente.

Las instalaciones de generadores de energía regenerativa están equipados habitualmente con inversores electrónicos o con un inversor electromecánico que, de acuerdo con las realizaciones anteriores, es parte constituyente de plantas fotovoltaicas y plantas eólicas. Estas instalaciones o aparatos disponen de la posibilidad de prestar una contribución KVAR gracias a sus componentes presentes de manera inherente como, por ejemplo, IGBT en los inversores electrónicos, o bien, un equipo de control de la corriente de excitación en un grupo de máquinas. Por lo tanto, la capacidad presente sin más de estas instalaciones o aparatos se utiliza para otro fin, esto es, para la estabilización de la red de suministro de energía. Esto sucede por regla general sin pérdidas en el suministro de la potencia activa. Un inversor de, por ejemplo, 1 MW (MVA) de potencia nominal, que únicamente esté cargado con 0,6 MVA como consecuencia de la radiación solar actual, tiene una capacidad libre para el suministro o para la obtención de 0,4 MVAR de potencia reactiva.

En el caso de la introducción del ejemplo descrito, en lugar del intento de respetarse su intervalo de regulación mediante un descenso de la tensión, este inversor puede ser accionado siendo expuesto a su esquema de regulación habitual de conformidad con la figura 1 con un cos phi capacitivo de manera correspondiente con una introducción de potencia reactiva, para aportar una contribución al aumento de la tensión.

Particularmente ventajoso es se determina la distancia geográfica de un consumidor periférico con respecto al punto de conexión de medición de la tensión más próximo y se utiliza en el cálculo de la magnitud de la obtención de potencia reactiva o el suministro de potencia reactiva. La asignación geográfica es fija en una red de suministro de energía existente en un momento considerado. Si, así, el consumidor periférico (por ejemplo, una granja) se encuentra a una distancia de, por ejemplo, tres kilómetros (3 km) con respecto al punto de medición de la tensión más cercano, el descenso de la tensión a lo largo de este trayecto es entonces conocido e invariable, mientras que no se efectúe ninguna ampliación de la red de suministro de energía. Este descenso de la tensión a lo largo del trayecto entra entonces en el cálculo de la necesaria obtención de potencia reactiva o del suministro de potencia reactiva que es necesaria/o para la consecución de una tensión estable del consumidor (granja).

En el caso de haber varios generadores o suministradores de energía, se recurre a aquel suministrador de energía con la distancia más corta con respecto al consumidor periférico para la obtención de potencia reactiva o para el suministro de potencia reactiva. De esta forma, se consigue que el suministro de potencia reactiva no se extienda más

allá de partes de la red situadas a mayor distancia, de modo que allí las consecuencias sobre otros puntos de conexión a la red son escasas.

5 Para la facilitación del trabajo en una sala de control de la red de suministro, es ventajoso suministrar los valores medidos de la tensión a una unidad de cálculo y de control que esté prevista para y que sea apropiada para crear por medio de los valores medidos de la tensión un patrón geográfico de la tensión que sea representativo de la magnitud de la tensión en la red de suministro de energía. La unidad de cálculo y de control regula la introducción de potencia y de potencia reactiva, o bien, la obtención de potencia o de 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 regulación es que la tensión imperante en la red de suministro no supere ni quede por debajo de un valor predeterminable en ningún punto de conexión a la red.

15 Las condiciones de la tensión en la red de suministro pueden representarse como patrón geográfico de la tensión en color en una pantalla. Un colorido determinado, por ejemplo, el color rojo, puede indicar a este respecto áreas cuya tensión se encuentre más bien en el valor límite superior, mientras que otro colorido, por ejemplo, azul, puede indicar áreas geográficas cuya tensión se haya ajustado en el valor límite inferior. A este respecto, se trata de manera apropiada de áreas en las que podría ser necesaria una intervención en la gestión de la potencia reactiva del generador de energía regenerativa y/o, dado el caso, en la relación de transformación del transformador. Con otro colorido, por ejemplo, verde, pueden entonces indicarse áreas que requieran momentáneamente la atención del personal de mando de la sala de control.

20 En el caso de que el transformador presente no sea regulable en su relación de transformación automáticamente o por control a distancia, es entonces ventajoso que la unidad de cálculo y reguladora emita al operador de la red una recomendación para el ajuste de una relación de transformación correspondiente. Aquel puede enviar a continuación al transformador un montador que adapte in situ la relación de transformación a través de medios mecánicos.

25 Para evitar los pagos extras o recargos mencionados al inicio en el caso de infracción de las predeterminaciones de la potencia reactiva del operador de la red superior, es ventajoso si la unidad de cálculo y de control dirige el flujo de energía en el sentido de que una transición de potencia reactiva no supere en el segundo punto de conexión un valor límite predeterminable.

30 Resulta ventajoso si la dirección del funcionamiento del inversor se mantiene mediante el equipo regulador inherente a él en el punto de potencia máximo MPP (*Maximum Power Point*) de la planta fotovoltaica o de la instalación de energía eólica. Además, es ventajoso si el inversor introduce adicionalmente en el nivel de suministro u obtiene de él una cantidad de potencia reactiva tal que se corresponda como máximo con la diferencia de la potencia suministrada en la actualidad con respecto a la potencia nominal del inversor. De esta forma, la cantidad de potencia reactiva se restringe a la potencia restante para la consecución de la potencia nominal del inversor. Además, no se limita ni se reduce la energía generada por el propio generador de energía. La capacidad de potencia libre del inversor se utiliza únicamente para el cumplimiento de otra función, esto es, la del desfasador o suministrador de potencia reactiva.

35 También puede estar previsto que la dirección del funcionamiento del inversor prevea introducir en el nivel de suministro u obtener de él un porcentaje predeterminable de potencia reactiva hasta el punto de potencia máximo MPP eludiéndose la exposición necesaria en cualquier caso al equipo regulador inherente a él. Esto es razonable si, como consecuencia de las condiciones actuales de la red, es más ventajoso para el operador de la instalación suministrar potencia reactiva para la estabilización de la red que proporcionar potencia activa para la puesta en funcionamiento de máquinas, el accionamiento de aparatos de aire acondicionado o similares.

40 Dentro de la dirección del funcionamiento del inversor, una subtensión medida por debajo de un valor umbral conduce hacia el suministro de potencia reactiva por parte del inversor, mientras que una sobretensión que amenaza, por ejemplo, al alcanzarse un valor umbral superior, conduce a la obtención de potencia reactiva a través del al menos un inversor.

45 Un control del estado de la tensión, también por una gran superficie de acuerdo con la invención, en la red de distribución del nivel de suministro prevé que la tensión en los puntos de conexión a la red sea determinada por varios consumidores en el mismo nivel de suministro, y que la dirección del funcionamiento se produzca por medio de estos varios valores de la tensión. De esta forma, conociéndose una pluralidad de tensiones medidas y, en particular, habiendo varios generadores de energía regenerativa en puntos de conexión más separados entre sí geográficamente, se puede conseguir una dirección del funcionamiento óptima del estado de la red de distribución.

50 En el caso de haber varios generadores o suministradores de energía de energía regenerativa con punto de conexión a la red asociado en cada caso a la misma red de suministro, es razonable que el porcentaje de potencia reactiva a suministrar se distribuya entre los varios inversores de manera correspondiente, de tal modo que los inversores participantes funcionen con las menores pérdidas posibles en conjunto. Por "con las menores pérdidas" se entiende que, a partir de la oferta de energía regenerativa, por ejemplo, sol o viento, se pueda suministrar a la red la mayor cantidad posible de kilovatios hora. Esto hace posible un aprovechamiento eficiente de las capacidades disponibles

de la potencia reactiva. Por el mismo motivo, se prevé que se utilice preferentemente para la introducción de potencia reactiva o para la obtención de potencia reactiva aquel generador de energía que sea adyacente espacialmente al punto de conexión a la red en el que se determine el valor de la tensión y que se aproxime a un valor crítico.

5 Para la protección del inversor y de la instalación fotovoltaica frente a daños por sobretensión, la gestión de la potencia reactiva prevé la utilización de un limitador que utilice de manera reducida la cantidad predeterminada de potencia reactiva en el sentido de que no supere la tensión admisible como máximo en la salida del inversor. Asimismo, es  
10 razonable reforzar el dispositivo regulador y/o de control para que aplique de manera incrementada la cantidad predeterminada de potencia reactiva en el sentido de que no quede por debajo de la tensión admisible como mínimo en la entrada del inversor. Los inversores pueden cumplir el suministro de potencia reactiva o la obtención de potencia reactiva con independencia de la potencia P presente momentáneamente. En particular en los inversores con módulos fotovoltaicos, esto significa que los inversores permanezcan constantes en la red y que también estén preparados para su regulación durante la noche.

15 Como generador o suministrador de energía también se tiene en consideración un almacenador de energía en forma de banco de baterías, de una central de bombeo o similares. Entonces, este puede obtener del nivel de tensión en cuestión o introducir en él potencia o también potencia reactiva si se solicita.

20 Resulta ventajoso si el operador de la red define, por ejemplo, durante trabajos de mantenimiento conocidos o pendientes, para el área de red correspondiente un intervalo de tensión teórica, que la unidad de cálculo o regulador, o bien, la unidad de control, respete reivindicándose su algoritmo de regulación.

A continuación, se explica con mayor detalle un ejemplo de realización de la invención mediante un dibujo. Aquí muestran:

25 Fig. 1 un esquema de regulación de un inversor de una instalación solar para el ajuste de un valor  $\cos \phi$  con respecto a la tensión de salida,

30 Fig. 2 esquemáticamente, una línea anular con transformadores de alimentación y puntos de conexión a la red para la descripción de la aparición de inestabilidades en la red, y

Fig. 3 una representación esquemática de una red de suministro de energía accionada de acuerdo con la invención.

35 En la figura 1, se representa un esquema de regulación del  $\cos \phi$  con respecto a la tensión de salida de inversor U, el cual se utiliza en principio ventajosamente en las plantas fotovoltaicas más modernas y ha de facilitar la comprensión de la descripción que sigue a continuación.

40 Están previstos dos valores límite  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$ , que por regla general no deben excederse ni quedarse por debajo de ellos. Entre estos valores límite marginales  $U_{\min}$  y  $U_{\max}$  se encuentra un intervalo de control lineal A, que está limitado por dos valores límite de control  $U_{\text{control min}}$  y  $U_{\text{control max}}$ . En este intervalo A, la instalación es dirigida de manera neutra en cuanto a  $\cos \phi$  y se suministra potencia activa pura en 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  $U_{\text{control min}}$ , entonces se suministra adicionalmente potencia reactiva VAr (*Ampere reactive*) a la red de suministro.

45 De manera análoga, en un punto de funcionamiento del inversor con una tensión de salida U en el intervalo C entre  $U_{\max}$  y  $U_{\text{control max}}$ , adicionalmente al suministro de potencia se extrae potencia reactiva VAr de la red de suministro. A este respecto, el punto de funcionamiento es ajustable a través de elementos o interruptores semiconductores, en particular, IGBT (transistores bipolares con puerta aislada), en el inversor, en particular mediante el llamado regulador de MPP (*Maximum Power Point*). En los dos valores límite inferior y superior, hay además flancos de emergencia, en  
50 los que no se ha de profundizar en este caso.

55 Dependiendo del punto de funcionamiento, se obtiene por tanto bajo ciertas circunstancias una obtención de potencia reactiva de la red, lo cual significa por regla general una tendencia al descenso de tensión de la tensión de red, o también una introducción de potencia reactiva, lo cual es equivalente a un aumento de la tensión en el nivel de suministro al que está conectado el inversor.

60 En la figura 3, se ilustra esquemáticamente una red de suministro de energía 1 pública, denominada a continuación red de suministro, por ejemplo, de una ciudad pequeña. El nivel de 0,4KV de la red de suministro 1 es alimentada mediante tres transformadores T1, T2 y T3 de un nivel de 20KV. Para ello, está prevista una línea anular principal 3 tendida dentro del término municipal, a la que están conectados los tres transformadores T1, T2 y T3. A la línea anular principal 3 están conectadas otras líneas anulares, de las que solo se muestran tres líneas anulares 5 a modo de ejemplo. Las líneas anulares 5 conducen hacia urbanizaciones, barrios comerciales, empresas artesanales, etc. De la línea anular principal 3 se deriva una línea de derivación 7 hacia un complejo industrial o una fábrica 9 de mayor tamaño, a la que se le suministra energía eléctrica directamente por la línea de derivación principal 5.

65

La periferia de la red de suministro 1 está indicada con coronas circulares 11, que representan puntos de consumo. Las líneas de conexión entre las coronas circulares 11 no constituyen líneas de alimentación, sino que únicamente han de ilustrar el perímetro exterior del área de suministro. En el borde inferior de la figura 1, un punto de consumo tendido al margen, por ejemplo, un área agrícola 13, está conectado a la red de suministro 1.

A la línea anular principal 3 están conectados cinco suministradores o generadores de energía alternativos en forma de las instalaciones fotovoltaicas PV1 a PV5, en cada caso a través de un primer punto de conexión a la red 15a a 15e. Los tres transformadores T1 a T3 suministran a la línea anular principal 3 en cada caso a través de segundos puntos de conexión a la red 17a, 17b, 17c. Asimismo, está prevista una pluralidad de terceros puntos de conexión a la red 19, a cada uno de los cuales está conectado un punto de consumo 11, 13, que pueden ser, por ejemplo, también un edificio, un local, una tienda o similares. Todos los puntos de conexión a la red 15, 17 y 19 están indicados mediante un pequeño punto lleno.

En lugar de un pequeño punto lleno, un punto lleno grande simboliza que el punto de conexión a la red 15a a 15e, 17a a 17c y 19 en cuestión no solo percibe su funcionamiento normal, sino que adicionalmente se mide en su conexión la tensión imperante momentáneamente, de modo que estos puntos de conexión a la red sirven a la vez como puntos de medición 21. Estos puntos de medición 21 están numerados adicionalmente con 21a a 21k para facilitar la comprensión de la descripción relativa al funcionamiento del procedimiento. Una toma apropiada como medio para la medición de la tensión es a este respecto el contador habitual (aparato contador o caja contadora) del consumidor. Los puntos de medición 21a a 21k están distribuidos estratégicamente a través de la red de suministro 1, en lo que se profundizará más adelante.

Al menos en algunos de los puntos de medición 21a a 21i, su ubicación geográfica  $P_n$ , en particular, sus datos de GPS (sistema de posicionamiento global), se suministran a un dispositivo 23 con un equipo o unidad reguladora y de control 25 para la estabilización de la red, por ejemplo, de una sala de control, y se almacenan allí y se procesan mediante el equipo o unidad reguladora y de control 25. Por consiguiente, en el dispositivo 23, o bien, la sala de control, hay en cada caso un par de datos  $U_n$ ,  $P_n$  compuesto por la tensión medida en forma de un valor medido de la tensión  $U_n$  correspondiente y del lugar, esto es, la ubicación geográfica  $P_n$ , en la que se produce la medición. De manera ventajosa, se procede de este modo en todos los puntos de medición 21a a 21k. El índice n representa a este respecto los puntos de medición 21a a 21i respectivos, que por su parte representan los puntos de conexión a la red 15a a 15e, 17a a 17c y 19 respectivos, en los que se miden las tensiones. El equipo o unidad reguladora y de control 25 está prevista y configurada para vincular los valores medidos de la tensión  $U_n$  detectados por los medios con la ubicación geográfica  $P_n$  de los puntos de conexión a la red 15, 17, 19 correspondientes y, por medio de las vinculaciones, calcular una obtención de potencia reactiva o un suministro de potencia reactiva del generador de energía PV.

La ubicación más apropiada geográficamente no está determinada por una regla fija, sino que se obtiene a partir de la situación eléctrica momentánea de la red. Si, por ejemplo, un comprador al por mayor, como, por ejemplo, la fábrica 9, no se encuentra en la red, o en uno de los transformadores T1 a T3 se realizan, por ejemplo, trabajos de mantenimiento, se dan entonces otras condiciones eléctricas que con estos participantes en la red. La expresión "apropiado desde el punto de vista geográfico" significa que la medida se efectúe en cada caso allí donde se produzca la menor influencia sobre otros consumidores o suministradores situados a mayor distancia. Una modificación dirigida de la relación de transformación y un suministro u obtención dirigidos de potencia reactiva debería producirse siempre en los alrededores "eléctricos" para no tener que conectar el efecto deseado de, por ejemplo, un aumento de la tensión, a través de una distancia mayor en la red de suministro 1.

A continuación, se abordan algunas situaciones que pueden darse a modo de ejemplo en relación con el funcionamiento del procedimiento:

1. De acuerdo con una primera situación a modo de ejemplo, la fábrica 9 tiene una necesidad de energía particularmente elevada en las horas de la mañana, ya que se han de calentar los hornos o se han de poner en funcionamiento las máquinas o las cintas de montaje. En el punto de medición 21h, se registra que la tensión se mueve sobre el valor límite inferior y que han de tomarse contramedidas. El medio más próximo geográficamente para el aumento de la tensión es el transformador T3. Su relación de transformación se modifica de tal modo que la tensión se aumente en su punto de conexión a la red 17c, de tal forma que también se aumente la tensión en la fábrica 9. Sin embargo, este aumento de la tensión podría tener la consecuencia de que, en otro punto de conexión a la red 19, por ejemplo, en aquel que está concebido simultáneamente como punto de medición 21g o 21f, la tensión de incremento de tal forma que allí se aproxime al valor límite superior.

En las proximidades geográficas de los puntos de medición 21g y 21f se encuentra la instalación fotovoltaica PV3, que entonces es influenciada por la sala de control para obtener potencia reactiva de la red y, por lo tanto, para producir una caída de la tensión en los otros puntos de conexión a la red 19 pertenecientes a los puntos de medición 21g y 21f.

2. De acuerdo con una segunda situación a modo de ejemplo, en el tercer u otro punto de conexión a la red 19 con el punto de medición 21c se perfila que la tensión se aproxima al valor límite superior, ya que la instalación fotovoltaica PV1 situada cerca suministra a la línea anular principal 3 una gran cantidad de energía al mediodía estando el cielo despejado.

En la sala de control, el inversor, la instalación fotovoltaica PV5 situada también cerca, pueden ser modificados en su funcionamiento de tal modo que esta también obtenga potencia reactiva de la red de suministro 1 adicionalmente a la introducción de potencia y que, por lo tanto, actúe en el punto de medición 21c reduciendo la tensión.

5 3. De acuerdo con una tercera situación a modo de ejemplo, la tensión se reduce en el punto de conexión a la red 19 con el punto de medición 21e. Gracias a que se conozca la longitud de conducción con respecto a, por ejemplo, una granja 13 a varios kilómetros de distancia, y al descenso de la tensión aunado a la longitud, en la sala de control se encuentra la información relativa a que la tensión se aproxima al valor límite inferior en la ubicación de la granja 13, aunque la tensión aún es aceptable en el punto de medición 21e.

10 Como reacción a esta situación, en la instalación fotovoltaica PV2 situada de manera ventajosa geográficamente, se puede actuar para que esta potencia reactiva se suministre a la red de suministro 1 con el fin de garantizar una tensión suficientemente elevada en la ubicación de la granja 13.

15 4. También en el extremo de una línea de derivación, como en el punto de medición 21j, se puede medir la tensión para seleccionar entonces el medio con la ubicación más apropiada geográficamente, es decir, de qué transformador T1 a T3 se ha de modificar la relación de transformación, o qué generador de energía regenerativa debería obtener o suministrar potencia reactiva para estabilizar allí la tensión.

20 Por motivos de claridad, solo se representan pocos participantes en la red de suministro 1 que también sirvan sin excepción como punto de medición 21. Cuanto mayor sea el número de puntos de medición 21 instalados en la red de suministro de energía 1, más exacto será el procedimiento.

25 De acuerdo con una representación apropiada, la red de suministro de energía 1 puede disponerse geográficamente en una pantalla. A este respecto, las áreas con amenaza de subtensión, el área con amenaza de sobretensión y también las áreas situadas en el área normal deberían diferenciarse de manera preferida cromáticamente entre sí. Como resultado, se debería generar y mostrar un mapa de color cambiante en determinados espacios temporales, por ejemplo, por segundos, a partir del cual resulte evidente de manera continua la situación general en la red de suministro de energía 1.

30 Con un programa de aprendizaje apropiado, que evalúe y analice las medidas efectuadas para la estabilización de la tensión y, con ello, para la estabilización de la red, se puede automatizar el proceso en la medida en que resulte una regulación automática de las variables de control, en particular, de la relación de transformación del transformador T1 a T3 respectivo y de la gestión de la potencia reactiva.

35 A partir del ejemplo de realización descrito anteriormente, resulta evidente que la invención se puede definir también de tal modo que se especifique un procedimiento para establecer y/o respetar la estabilidad de la red en la red de suministro 1 eléctrico a la que a través del primer punto de conexión a la red 15 estén conectados el suministrador de energía, a través del segundo punto de conexión a la red 17, el transformador T1-T3, variable en su relación de transformación, con respecto a una red superior, por ejemplo, la red de 20 kV y, a través de la pluralidad de otros puntos de conexión a la red 19, los consumidores 9, 13 asociados en cada caso, y la cual se caracterice por que, en el primer, el segundo y en una parte de los otros puntos de conexión a la red, se mida la tensión imperante en la actualidad, y por que la ubicación geográfica de los puntos de conexión a la red expuestos a la medición de la tensión se utilice en combinación con su valor medido de la tensión asociado para efectuar el cálculo de la obtención de potencia reactiva o del suministro de potencia reactiva del suministrador de energía en dependencia de los valores medidos de la tensión teniéndose en cuenta su ubicación geográfica.

Lista de referencias

1	Red de suministro de energía
3	Línea anular principal
5	Línea anular
7	Línea de derivación
9	Fábrica
11	Corona 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
21	Punto de medición
23	Dispositivo
25	Unidad reguladora y de control
101	Línea anular
103, 103'	Transformador
A a K	Localidad
P <sub>n</sub>	Ubicación geográfica



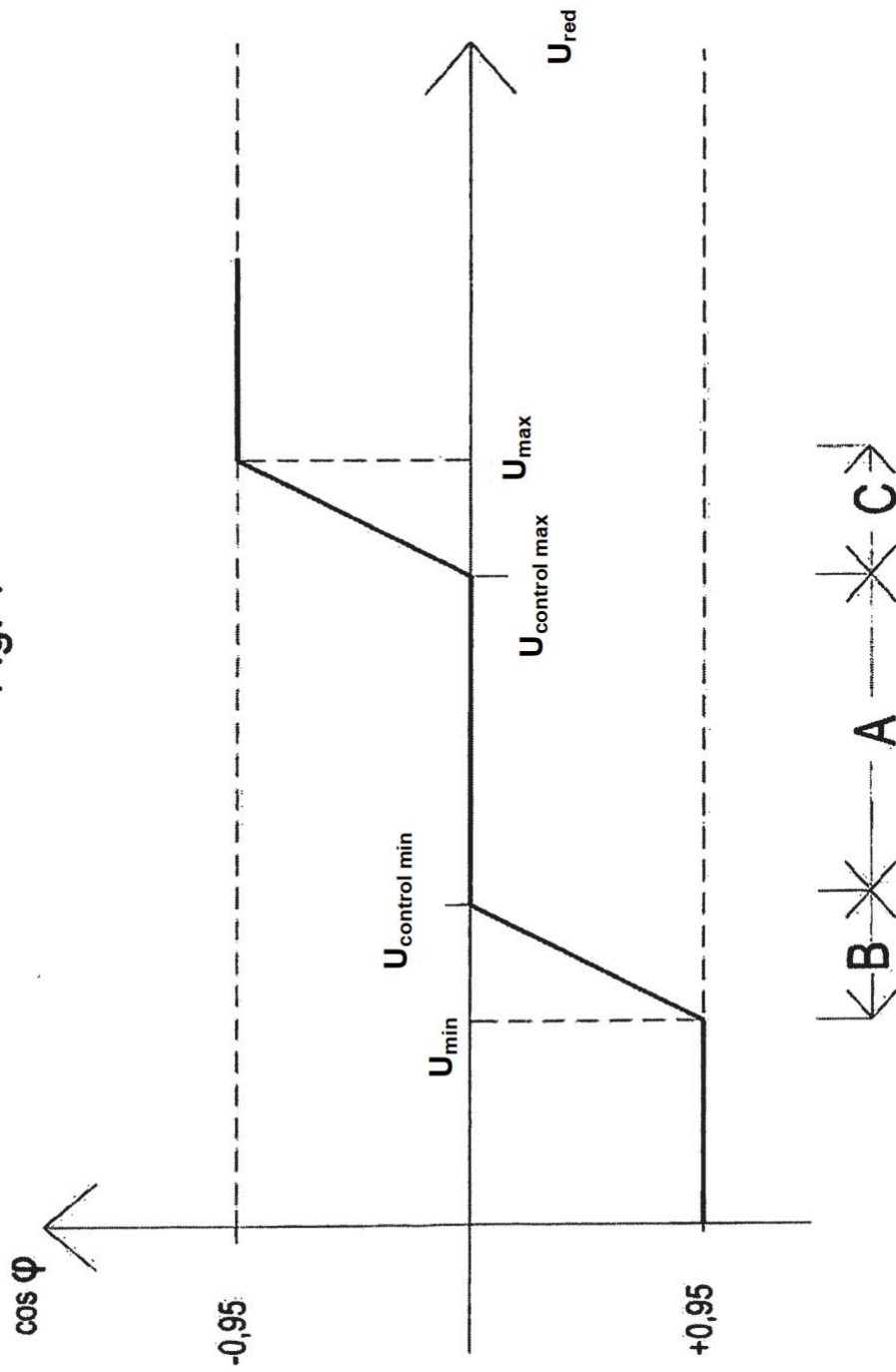
## ES 2 736 949 T3

PV      Planta fotovoltaica /generador de energía  
T1,T2,T3    Transformador  
U<sub>n</sub>      Valor medido de la tensión

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para la estabilización del funcionamiento de la red de una red de suministro de energía eléctrica (1), a la que a través de un primer punto de conexión a la red (15) está conectado un suministrador de energía (PV) de un primer nivel de tensión (0,4kV) y a través de segundos puntos de conexión a la red (17a, 17b, 17c) transformadores (T1 a T3) variables en sus relaciones de transformación respectivas están conectados a un segundo nivel de tensión (20kV), y a través de un número de terceros puntos de conexión a la red (19) están conectados en cada caso consumidores (9, 13) asociados,
- durante el cual en el primer punto de conexión a la red (15), en los segundos puntos de conexión a la red (17a, 17b, 17c) y en al menos uno de los terceros puntos de conexión a la red (19) se detecta la tensión actual en cada caso como valor medido de la tensión ( $U_n$ ),
  - durante el cual, por medio de la vinculación de los valores medidos de la tensión ( $U_n$ ) con la ubicación geográfica ( $P_n$ ) de los puntos de conexión a la red (15, 17, 19) correspondientes, se determina la obtención de potencia reactiva o el suministro de potencia reactiva del generador de energía (PV), y
  - durante el cual, en el transcurso de una gestión de la potencia reactiva, la potencia reactiva determinada se introduce en la red de suministro de energía (1) o la potencia reactiva determinada se extrae de la red de suministro de energía (1), donde la relación de transformación es modificada por el transformador (T1 a T3) más apropiado geográficamente para estabilizar la tensión en el punto de conexión a la red (15, 17, 19) local.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, durante el cual se determina la distancia geográfica de un consumidor (9, 13) periférico con respecto a un punto de conexión a la red (15, 17, 19), en particular, con respecto al punto de conexión a la red (15, 17, 19) más próximo efectivo como punto de medición de la tensión (15a a 15e, 17a a 17c, 19), y se utiliza la distancia determinada para calcular la obtención de potencia reactiva o el suministro de potencia reactiva.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, durante el cual, en el caso de varios generadores de energía (PV), se utiliza el generador de energía (PV) más próximo al consumidor (9, 13) periférico para la obtención de potencia reactiva, o bien, para el suministro de potencia reactiva.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, durante el cual, por medio de los valores medidos de la tensión ( $U_n$ ), se crea un patrón geográfico de la tensión que representa la magnitud de la tensión en la red de suministro de energía (1), donde la introducción de potencia reactiva, o bien, la obtención de potencia reactiva, en la red de suministro de energía (1) se regula de tal modo que la tensión en la red de suministro de energía (1) no supera ni queda por debajo de un valor predeterminado o predeterminable en ningún punto de conexión a la red (15, 17, 19).
5. Procedimiento según la reivindicación 4, durante el cual se utiliza información relativa a la capacidad libre del o de cada generador de energía (PV) para la introducción de potencia reactiva, o bien, para la obtención de potencia reactiva.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 o 5, durante el cual se modifica la relación de transformación entre los niveles de tensión (0,4kV, 20kV) y/o se modifica la potencia del generador de energía (PV) si la regulación de la introducción de potencia reactiva, o bien, de la obtención de potencia reactiva, está agotada.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 6, durante el cual la obtención y/o el suministro de potencia reactiva se dirige de tal modo que una transición de potencia reactiva en el segundo punto de conexión (17) no supera un valor límite predeterminado o predeterminable.
8. Dispositivo para la estabilización de la red de una red de suministro de energía eléctrica (1) con un primer nivel de tensión (0,4kV) y con un segundo nivel de tensión (20kV), así como con un primer punto de conexión a la red (15) conectado a un generador de energía (PV) del primer nivel de tensión (0,4kV) y con segundos puntos de conexión a la red (17a, 17b, 17c) conectados al segundo nivel de tensión (20kV) con transformadores (T1 a T3) variables en su relación de transformación y con un número de terceros puntos de conexión a la red (19) a consumidores (9, 13) asociados en cada caso,
- donde están previstos medios para la detección de la tensión actual en cada caso en el primer punto de conexión a la red (15) y en los segundos puntos de conexión a la red (17a, 17b, 17c), así como en al menos uno de los terceros puntos de conexión a la red (19), y
  - donde una unidad reguladora y de control (25) están prevista y configurada para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 7.
9. Dispositivo según la reivindicación 8, donde están previstos varios generadores de energía (PV) regenerativos, que presentan en particular un inversor o un generador, los cuales están conectados a la red de suministro de energía (1) a través de los primeros puntos de conexión a la red (15) asociados de manera correspondiente.
10. Dispositivo según la reivindicación 8 o 9, donde varios transformadores (T1 a T3) están conectados a la red de suministro de energía (1) con respecto a un segundo nivel de tensión (20kV) a través de los segundos puntos de conexión a la red (17) asociados en cada caso.

Fig. 1



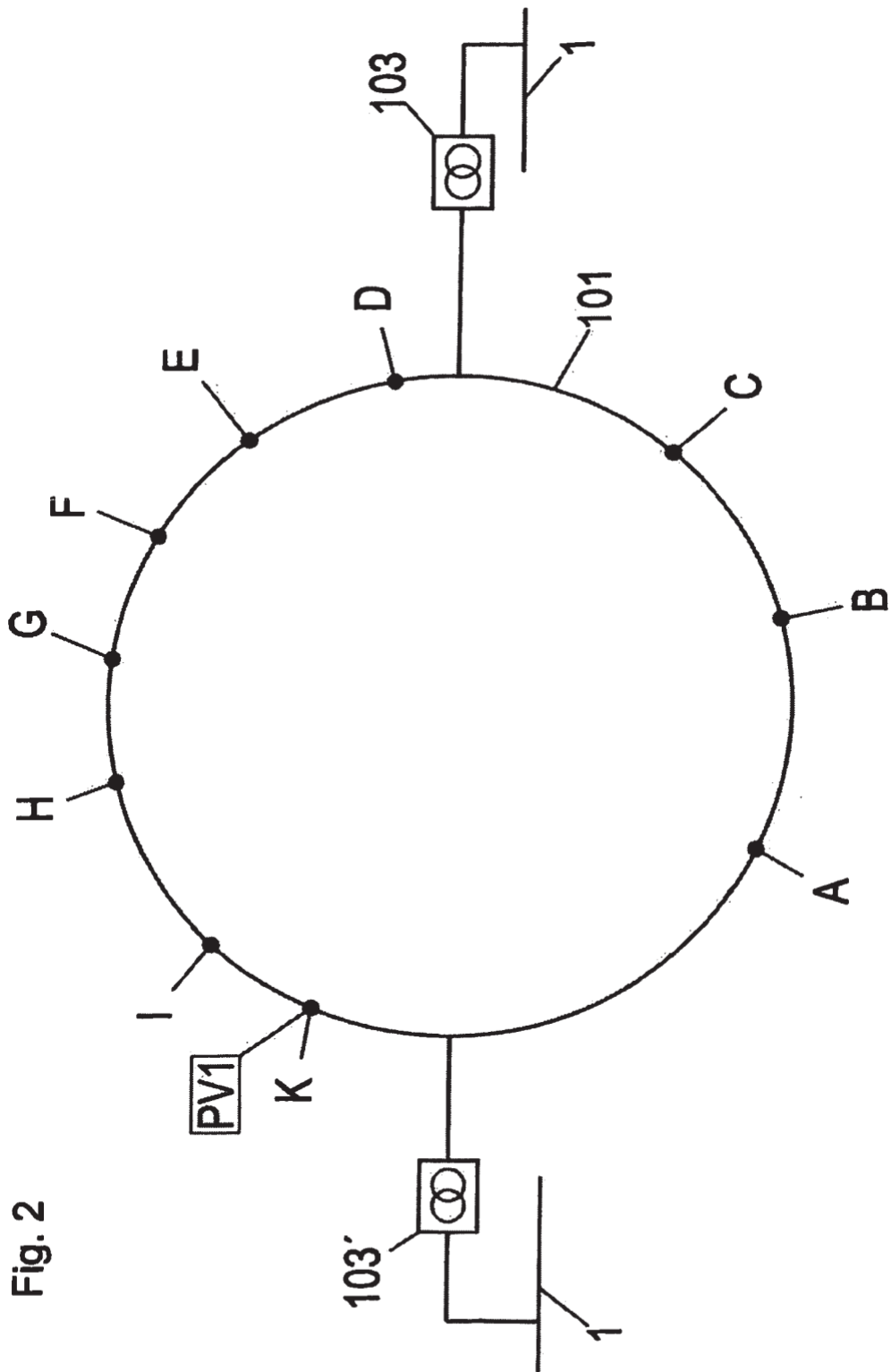


Fig. 2

Fig. 3

