

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 694 397**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.12.2011** E 11191899 (1)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.08.2018** EP 2461455

54 Título: **Instalación fotovoltaica**

30 Prioridad:

03.12.2010 DE 202010016207 U

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

20.12.2018

73 Titular/es:

**SMA SOLAR TECHNOLOGY AG (100.0%)
Sonnenallee 1
34266 Niestetal, DE**

72 Inventor/es:

**LENZ, THOMAS y
KNAUP, DR. PETER**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 694 397 T3

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

DESCRIPCIÓN

Instalación fotovoltaica

La presente invención se refiere a una instalación fotovoltaica que se puede accionar en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado, así como a un procedimiento correspondiente para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica de este tipo.

Las instalaciones fotovoltaicas se utilizan cada vez más para generar energía eléctrica a partir de la radiación solar, a fin de aportarla a continuación a una red eléctrica desde la que se alimentan los consumidores eléctricos conectados. Una red eléctrica como ésta suele ser explotada por un así llamado operador de red, también denominado proveedor de energía, que debe garantizar el correcto funcionamiento de la red y especialmente que la tensión eléctrica de la red y la frecuencia de la tensión se encuentren dentro de unos límites claramente definidos. El operador de red puede obligar al operador de la instalación fotovoltaica a alimentar la red con menos energía de la que sería posible en virtud de la radiación solar reinante en ese momento. Acto seguido, la instalación fotovoltaica se acciona de forma estrangulada de acuerdo con esta especificación. Sin embargo, en virtud de los contratos y/o de los requisitos legales, el operador de la instalación fotovoltaica puede exigir una compensación por la pérdida de ingresos causada por esta reducción de la alimentación.

Para ello es preciso determinar la potencia que podría generarse de forma óptima en función de la radiación solar reinante en ese momento.

Una posibilidad consiste en medir la radiación solar reinante en ese momento y calcular la potencia eléctrica óptima, es decir, la energía eléctrica máxima que se puede generar a partir de la misma. No obstante, estos procedimientos pueden ser inexactos, ya que no tienen en cuenta con precisión el comportamiento de la temperatura de la instalación ni otras condiciones límite. Además, el punto de medición, es decir, el lugar de instalación de un sensor para medir la radiación solar, puede no ser representativo de toda la instalación fotovoltaica.

Se conoce además la posibilidad de utilizar una célula de referencia que genera la máxima potencia eléctrica que se puede generar con esta célula de referencia en virtud de la radiación solar reinante en ese momento. La potencia eléctrica máxima generada con la célula de referencia se extrapola a la potencia eléctrica máxima que se puede generar con toda la instalación fotovoltaica. También en este caso se plantea el problema de que estas extrapolaciones pueden ser inexactas. En especial, hay que tener en cuenta que las células de referencia difieren de toda la instalación fotovoltaica a causa de sus dimensiones y pueden presentar otras características aunque se seleccione una célula de referencia lo más representativa posible en relación con la instalación fotovoltaica. Aquí también la ubicación de la célula de referencia en relación con la ubicación de la instalación fotovoltaica, que generalmente se extiende por una gran superficie, puede influir y dar lugar a imprecisiones.

Por consiguiente, la presente invención se basa en la tarea de solucionar al menos uno de los problemas antes citados. En particular debe crearse una solución en la que se determine de la forma más fiable y precisa posible la potencia eléctrica máxima de una instalación fotovoltaica que puede generarse si la instalación fotovoltaica funciona en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado. Al menos debe proponerse una realización alternativa. El documento US 2010/052425 A1 muestra una instalación fotovoltaica con una unidad de referencia por medio de la cual se garantiza que la instalación fotovoltaica funcione siempre en el punto de funcionamiento dinámico máximo.

Según la invención se propone una instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 1. También se pone a disposición un procedimiento según la reivindicación 10.

Una instalación fotovoltaica de este tipo está preparada para funcionar con una potencia estrangulada. Para ello, ésta presenta, por ejemplo, una interfaz de entrada con la que se puede transmitir a la instalación fotovoltaica este valor estrangulado. Dependiendo de estos u otros valores predeterminados, la instalación fotovoltaica puede funcionar específicamente de manera que sólo genere esta energía eléctrica reducida.

Se prevé además una unidad de referencia que puede considerarse parte de la instalación fotovoltaica. Esta unidad de referencia puede configurarse como un ondulator de referencia con un generador solar asignado y contribuir a la energía eléctrica total generada. Sin embargo, la unidad de referencia también puede preverse única o fundamentalmente para la medición o la evaluación sin alimentar la red con energía eléctrica. La unidad de referencia también se puede configurar como una unidad de potencia como, por ejemplo, un regulador de máxima potencia o un así llamado rastreador MPP (Maximum Power Point Tracker o unidad para el seguimiento de un punto de servicio máximo).

En este caso, la unidad de referencia está preparada para funcionar en un punto de funcionamiento dinámico máximo de la unidad de referencia. De este modo, la unidad de referencia puede funcionar, al menos temporalmente, de manera que genere la máxima potencia eléctrica en función de la radiación solar existente en ese momento. En este caso, toda la instalación fotovoltaica se configura de manera que el resto de la instalación fotovoltaica funcione en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado en el que se genera y, por lo tanto, se alimenta a la red menos energía eléctrica de la que sería posible en virtud de la radiación solar reinante en ese

momento. Si la parte restante de la instalación fotovoltaica se estrangula, toda la instalación fotovoltaica se estrangula en consecuencia.

Por consiguiente, la unidad de referencia está además preparada para modificar su punto de funcionamiento dinámico en un punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado que corresponde al punto de funcionamiento dinámico estrangulado de la instalación fotovoltaica. Esto se puede llevar a cabo, por ejemplo, de manera que la unidad de referencia se reduzca de forma proporcionalmente igual. Si la instalación fotovoltaica comprende, por ejemplo, diez unidades de ondulator de generador solar idénticos, una de las cuales constituye la unidad de referencia, y todas estas unidades tienen las mismas dimensiones, cada una de estas unidades puede funcionar con una décima parte de la potencia eléctrica prevista por el operador de red como la potencia máxima a aportar en un momento determinado.

Por lo tanto, la instalación fotovoltaica está diseñada para determinar una relación de potencia entre la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico máximo de la unidad de referencia y la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico de comparación de la unidad de referencia. De aquí se deduce finalmente la potencia máxima que se puede generar de toda la instalación fotovoltaica y, por consiguiente, la pérdida como consecuencia del funcionamiento estrangulado. Esto se explica con un ejemplo.

En el ejemplo explicativo, una instalación fotovoltaica comprende en total diez unidades iguales que presentan respectivamente un generador solar y un ondulator acoplado al mismo. El ondulator correspondiente se prevé para aportar la energía eléctrica del generador solar respectivo a la red eléctrica. Una de las diez unidades actúa como unidad de referencia y funciona brevemente en un punto de funcionamiento dinámico máximo en el que se comprueba que con esta unidad de referencia se puede generar un máximo de 2 kW de energía eléctrica. Si el operador de red preestablece una potencia máxima a alimentar de 10 kW, todas las unidades funcionan respectivamente con 1 kW. Esto también se aplica a la unidad de referencia que sólo funcionó durante un corto período de tiempo con el máximo de 2 kW que se puede alcanzar. Ahora resulta para la unidad de referencia que en su punto máximo de funcionamiento dinámico podría producir el doble de potencia, es decir, 2 kW en lugar de 1 kW, y, por lo tanto, se parte de un factor de 2 entre la potencia estrangulada y la potencia máxima que se puede generar. Por consiguiente, con la radiación solar reinante en ese momento toda la instalación fotovoltaica podría generar en el caso máximo una energía eléctrica de 20 kW, aunque sólo puede generar 10 kW de energía eléctrica. Esta potencia de diferencia de 10 kW (o también la relación que también podría denominarse "relación de rendimiento ") puede utilizarse para calcular la compensación por una pérdida de remuneración.

Por consiguiente, al menos una de las unidades de la instalación fotovoltaica funciona en un punto de funcionamiento dinámico máximo realmente posible, al menos durante un corto período de tiempo, siendo, por lo tanto, posible establecer una información significativa bastante fiable sobre la relación entre la potencia reducida y la potencia máxima posible.

Se propone (alternativa o adicionalmente) que la instalación fotovoltaica esté preparada para determinar el punto de funcionamiento dinámico de comparación de la unidad de referencia en base a una relación previamente determinada entre la unidad de referencia y la instalación fotovoltaica. Esto resulta especialmente ventajoso si se utiliza como unidad de referencia un generador solar con ondulator y si esta unidad de referencia funciona únicamente con fines de referencia y no contribuye a la producción eléctrica de la instalación fotovoltaica, es decir, a la producción eléctrica que la instalación fotovoltaica debe aportar a la red. En primer lugar se establece una conexión entre la unidad de referencia y la instalación fotovoltaica. Especialmente, la unidad de referencia recorre respectivamente su curva característica simultáneamente con la instalación fotovoltaica. Por curva característica se describe aquí la curva característica en la que se encuentran los posibles puntos de funcionamiento dinámicos de la unidad de referencia, así como de la instalación fotovoltaica, en concreto una curva característica de corriente dependiente de la tensión. Ambas curvas características se recorren simultáneamente y se almacena una asignación de las curvas características entre sí. En este caso, las curvas características están normalizadas, concretamente en relación con la corriente a la corriente de cortocircuito y en relación con la tensión a la tensión de circuito abierto de la unidad de referencia o del módulo fotovoltaico. Así resulta una curva característica de referencia que se asigna a la curva característica de la instalación fotovoltaica. Esta información se almacena y la instalación fotovoltaica está preparada para llevar a cabo un almacenamiento y acceder a la información.

Cuando la instalación fotovoltaica está en funcionamiento, ésta sólo funciona con estrangulamiento de acuerdo con las especificaciones del operador de red o por otros motivos. Por consiguiente, se establece un punto de funcionamiento dinámico en la curva característica de la instalación fotovoltaica. Este punto de funcionamiento dinámico se puede asignar a un punto de funcionamiento dinámico correspondiente de la curva característica de referencia en virtud de la influencia registrada y almacenada anteriormente. El punto de funcionamiento dinámico de comparación de la unidad de referencia se determina, por lo tanto, a partir de la relación previamente determinada. La instalación fotovoltaica está preparada con esta finalidad y, en especial, está debidamente programada.

No obstante, la propia unidad de referencia funciona en su punto de funcionamiento dinámico máximo, por lo que se conocen la potencia máxima que se puede generar y además el punto de funcionamiento dinámico concreto correspondiente en la curva característica. Así se conoce tanto la potencia eléctrica máxima que se puede generar

con la unidad de referencia, como también la potencia eléctrica que se puede generar estrangulada en el punto de funcionamiento dinámico de comparación, pudiéndose determinar a partir de las mismas directamente la relación entre la potencia generada y la potencia a generar. Debido al ajuste de ambas curvas características, concretamente de la curva característica de referencia y de la curva característica de la instalación fotovoltaica, esta relación también puede considerarse en general representativa para la relación entre la potencia máxima que se puede generar y la potencia generada en ese momento de la instalación fotovoltaica. Como consecuencia, también se puede determinar la diferencia de potencia absoluta de la instalación fotovoltaica entre la potencia generada y la potencia máxima que se puede generar.

De acuerdo con una forma de realización, la unidad de referencia comprende al menos un primer ondulator y se prevé al menos otro ondulator que funciona temporalmente en un punto de funcionamiento dinámico máximo mientras que el primer ondulator funciona en el punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado. Así, en un momento dado o durante un breve período de tiempo, una unidad de referencia se utiliza temporalmente en su punto de funcionamiento dinámico máximo y en otro momento se utiliza otro ondulator que también puede considerarse como otra unidad de referencia o parte de otra unidad de referencia. De este modo, en diferentes momentos al menos un ondulator funciona temporalmente en el punto de funcionamiento dinámico máximo y, por lo tanto, no funciona temporalmente en el punto de funcionamiento dinámico reducido. Para este ondulator adicional también se puede establecer ahora una relación entre el punto de funcionamiento dinámico máximo y el punto de funcionamiento dinámico de comparación reducido o estrangulado.

Por consiguiente, para las diferentes partes de la instalación fotovoltaica se establecen las relaciones entre la potencia máxima y la potencia estrangulada. A partir de esta información (por ejemplo, mediante promedios o promedios ponderados) puede determinarse una estimación posiblemente más precisa de la relación entre la potencia estrangulada y la potencia máxima que se puede generar de la instalación fotovoltaica con la radiación solar reinante en ese momento. Opcionalmente se prevén otros onduladores, de los cuales respectivamente al menos uno de los onduladores funciona temporalmente en un punto de funcionamiento dinámico máximo, mientras que los demás onduladores funcionan respectivamente en un punto de funcionamiento de comparación estrangulado. Para cada uno de los onduladores se puede establecer la relación entre la producción de energía máxima y la producción de energía estrangulada.

Preferiblemente se determina sucesivamente para cada ondulator una relación de potencia como ésta, en especial una relación como ésta entre la potencia máxima que se puede generar y la potencia estrangulada. Preferiblemente, a partir de las relaciones de potencia de todos los onduladores y/o a partir de las potencias máximas que se pueden generar de todos los onduladores se puede determinar una relación global entre la potencia eléctrica estrangulada y la potencia eléctrica máxima que se puede generar de toda la instalación fotovoltaica. Por ejemplo, se pueden evaluar las relaciones individuales o se puede determinar directamente la potencia máxima total que se puede generar, funcionando cada uno de los onduladores una vez brevemente en su punto de funcionamiento dinámico máximo. Estas potencias se suman y forman la potencia máxima total que se puede generar de la instalación fotovoltaica en su conjunto en relación con la radiación solar reinante en ese momento. En este caso, los onduladores funcionan con preferencia sucesivamente en intervalos cortos en sus puntos de máximo rendimiento. Por ejemplo, un ondulator puede así funcionar respectivamente en su punto de funcionamiento dinámico máximo cada minuto o en el intervalo de 30 segundos a 3 minutos. Por medio de este rápido cambio debe determinarse una potencia total o una relación general antes de que las condiciones límite, en especial la radiación solar reinante en ese momento, vuelvan a cambiar. Por supuesto, todo este proceso puede repetirse en intervalos regulares.

En este caso hay que tener en cuenta que en una variante se asigna respectivamente un ondulator a un generador solar. Sin embargo, también se puede prever un ondulator para varios generadores solares. Los onduladores también pueden presentar diferentes dimensiones, especialmente diferentes potencias nominales y/o acoplarse a generadores solares de diferentes tamaños (con respecto a la potencia eléctrica que se pueda generar). En el caso de la determinación de las relaciones individuales entre la potencia máxima que se puede generar y la potencia estrangulada de cada ondulator debe tenerse en cuenta, al determinar una relación global, el tamaño respectivo del ondulator o de su unidad. Esto puede llevarse a cabo, por ejemplo, mediante una ponderación.

Según otra forma de realización, la instalación fotovoltaica funciona en dos etapas. En especial se utiliza al menos un ondulator de dos etapas. En una primera etapa que puede ser, por ejemplo, un regulador de corriente, en especial un regulador de máxima potencia, la potencia eléctrica máxima que se puede generar se transfiere temporalmente a un acumulador intermedio eléctrico y en una segunda etapa, que se encuentra a continuación del acumulador intermedio, se aporta una potencia eléctrica estrangulada desde el acumulador intermedio eléctrico a la red eléctrica. De este modo, en su segunda etapa el ondulator aporta a la red básicamente siempre la potencia estrangulada, es decir, la potencia preestablecida. La primera etapa también transfiere la potencia eléctrica estrangulada al acumulador intermedio eléctrico. Sin embargo, esta primera etapa aumenta temporalmente la potencia eléctrica a alimentar hasta el máximo valor posible, pudiendo así determinar el máximo valor real posible de la potencia eléctrica en virtud de la radiación solar reinante en ese momento. Durante este breve período de tiempo, el generador solar preconectado funciona realmente en el punto de funcionamiento dinámico óptimo, determinándose así el valor real. Mediante el uso del acumulador intermedio eléctrico (que puede realizarse, por ejemplo, como condensador de circuito intermedio) se puede almacenar en dicho acumulador intermedio la potencia

temporalmente demasiado elevada procedente de la radiación solar, de manera que se pueda mantener el valor estrangulado en relación con la alimentación a la red.

Por lo tanto, en una instalación fotovoltaica que sólo presenta un ondulator, aunque de dos etapas, también es posible determinar de forma muy precisa y en condiciones reales la potencia máxima que se puede generar. Naturalmente este procedimiento también es posible si se utilizan varios onduladores de dos etapas. Cuando se utiliza un ondulator de dos etapas, la primera etapa puede considerarse la unidad de referencia. Esta primera etapa funciona así en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado y temporalmente en el punto de funcionamiento dinámico máximo, y la segunda etapa funciona siempre en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado, siempre y cuando se lleve a cabo el estrangulamiento.

De acuerdo con una configuración preferida se propone una instalación fotovoltaica en la que se prevé al menos un ondulator al que se aporta la potencia eléctrica por medio de al menos dos reguladores de potencia conectados en paralelo, formando uno de estos reguladores de potencia la unidad de referencia y funcionando temporalmente en su punto de funcionamiento dinámico máximo, mientras que al menos otro de los reguladores de potencia funciona en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado. Un regulador de potencia de este tipo puede ser, en especial, un así llamado rastreador MPP. Por este término se conoce un dispositivo que busca respectivamente un punto de funcionamiento dinámico con la máxima potencia suministrada. Esto significa que uno de estos reguladores de potencia puede funcionar en un punto de funcionamiento dinámico máximo, mientras que el otro regulador de potencia funciona en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado. Dado que al menos uno de los reguladores de potencia funciona en el punto de funcionamiento dinámico máximo, se conoce de forma correspondiente la potencia máxima que se puede generar para este regulador de potencia en relación con la radiación solar reinante en ese momento, pudiéndose extrapolar a los demás reguladores de potencia.

Otra forma de realización propone una instalación fotovoltaica caracterizada por que la unidad de referencia presenta al menos un generador solar de referencia caracterizado por una curva característica de referencia, y por que la instalación fotovoltaica presenta al menos un generador solar principal caracterizado por una curva característica principal con una potencia nominal superior a la potencia nominal del generador solar de referencia, estando la instalación fotovoltaica preparada para realizar una medición de referencia, recorriendo el generador solar de referencia su curva característica de referencia y, al mismo tiempo, recorriendo el generador solar principal su curva característica principal y midiéndose, en este caso, la curva característica de referencia y la curva característica principal y almacenándose éstas en una memoria para su uso posterior. La unidad de referencia presenta aquí al menos un generador solar de referencia y preferiblemente un ondulator acoplado al mismo. La instalación fotovoltaica presenta al menos un generador solar principal y preferiblemente al menos un ondulator acoplado al mismo. En este contexto, por generador solar se entiende generalmente una unidad que genera energía eléctrica a partir de la radiación solar, especialmente mediante una o varias células fotovoltaicas. Estas células fotovoltaicas pueden combinarse en los así llamados paneles y los paneles se pueden combinar en las así llamadas cadenas. Es posible combinar diversas cadenas para formar un generador solar o un generador solar también puede designar sólo una cadena o sólo un panel o sólo una célula. De acuerdo con la configuración, que utiliza un generador solar principal y un generador solar de referencia, por el generador solar de referencia se entiende especialmente una unidad muy pequeña que no participa o que participa de forma prácticamente nula en la generación total de la energía eléctrica de la instalación fotovoltaica. El generador solar principal se refiere básicamente a la totalidad de las células solares o de las células fotovoltaicas, a excepción del generador solar de referencia. Por lo tanto, la curva característica de referencia y la curva característica principal suelen diferir considerablemente al menos en su amplitud de corriente. Mediante una normalización a la respectiva corriente de cortocircuito y una normalización a la respectiva tensión de circuito abierto se elimina esta diferencia, quedando básicamente sólo la característica respectiva de las dos curvas características.

Por medio de estas dos curvas características, cuya relación entre sí se almacena en la instalación fotovoltaica, por ejemplo, en una unidad central de cálculo y/o control, el punto de funcionamiento dinámico máximo de la curva característica de referencia realmente ajustada puede utilizarse para deducir la potencia máxima que se puede generar de la instalación fotovoltaica, especialmente del generador solar principal. En virtud de la consideración de la curva característica también se consideran las características del generador solar principal y del generador solar de referencia.

Según otra forma de realización, el generador solar de referencia se acopla a un ondulator de referencia o ambos forman juntos el generador solar de referencia, utilizándose la potencia eléctrica generada a partir de la radiación solar como fuente de alimentación eléctrica para el ondulator de referencia, especialmente de manera que el ondulator de referencia junto con el generador solar de referencia funcionen independientemente del generador solar principal con respecto al suministro eléctrico. Esto resulta especialmente ventajoso si el generador solar de referencia y el ondulator de referencia son reducidos, con respecto a su potencia que se puede generar eléctricamente, y se utilizan fundamentalmente con fines de medición o de referencia para determinar la potencia eléctrica máxima que se puede generar o un cociente entre la potencia eléctrica máxima que se puede generar y la potencia estrangulada. Utilizando la energía eléctrica generada para el funcionamiento del generador solar de referencia o del ondulator de referencia, éstos pueden funcionar de forma autárquica. No obstante, naturalmente es necesario un intercambio de información con el generador solar principal o con los onduladores acoplados al mismo. Sin embargo, el ondulator de referencia no requiere ser alimentado eléctricamente por el generador solar principal.

Por lo demás, en caso de una concepción correspondientemente pequeña, la energía eléctrica del generador solar de referencia generada por este último puede consumirse a través de su funcionamiento. Debe tenerse en cuenta que, en lugar de un ondulator de referencia, también se puede utilizar otra unidad de potencia u otro regulador de potencia.

- 5 Las realizaciones anteriores en relación con la instalación fotovoltaica se aplican de forma correspondiente a la explicación del procedimiento según la invención. De las reivindicaciones también resultan además la invención y otras formas de realización.

La invención se explica a continuación más detalladamente por medio de ejemplos de realización, haciéndose referencia a las figuras adjuntas.

- 10 Figura 1 muestra esquemáticamente una curva característica de una instalación fotovoltaica y una curva característica vinculada de una unidad de referencia de acuerdo con un aspecto de la invención.

Figura 2 muestra esquemáticamente una instalación fotovoltaica junto con una unidad de referencia según una forma de realización de la invención.

- 15 Figura 3 muestra esquemáticamente una instalación fotovoltaica con varios generadores solares y ondulatores según una forma de realización de la invención.

Figura 4 muestra esquemáticamente una instalación fotovoltaica según otra forma de realización de la invención.

- La figura 1 muestra una curva característica de una instalación fotovoltaica, concretamente la dependencia de la corriente de salida de la tensión de salida de un o del generador solar en la parte inferior de la figura 1. En la parte superior de la figura 1 se representa una curva característica correspondiente de una unidad de referencia. Ambas curvas características se normalizan respectivamente a la corriente de cortocircuito o a la tensión de circuito abierto del generador solar respectivamente medido. Las dos curvas características se registraron simultáneamente y se estableció una relación entre ambas curvas características que se almacenó en una memoria correspondiente de una instalación fotovoltaica. En el mejor de los casos, la asignación puede realizarse a través de dos puntos angulares, concretamente la corriente de cortocircuito y la tensión de circuito abierto. La asignación de la curva característica 2 de la instalación fotovoltaica a la curva característica de referencia 4 de la unidad de referencia se simboliza mediante las líneas discontinuas 6 que unen las dos curvas características 2 y 4. La curva característica 2 de la instalación fotovoltaica presenta un punto de funcionamiento dinámico estrangulado P_r , al que también se asigna un punto de funcionamiento dinámico estrangulado P_r en la curva característica de referencia 4. Además, tanto la curva característica 2 de la instalación fotovoltaica, como también la curva característica de referencia 4 presentan un punto de funcionamiento dinámico de máxima potencia que también se denomina "punto de máxima potencia" MPP. Según una forma de realización de la invención, la instalación fotovoltaica funciona en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado P_r , en especial en virtud de una indicación externa. Gracias a la medición previa simultánea, que también puede denominarse medición de referencia, en la que se registraron y relacionaron las dos curvas características 2 y 4 mostradas en la figura 1, el punto de funcionamiento dinámico P_r en la curva característica de la instalación fotovoltaica puede asignarse al punto de funcionamiento dinámico P_r en la curva característica de referencia 4. La propia unidad de referencia (por ejemplo, debido a su potencia suministrada comparativamente reducida o a que ésta no aporta ninguna energía a la red) no se limita a un funcionamiento en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado P_r . Más bien, la unidad de referencia puede buscar libremente el MPP y funcionar (al menos temporalmente) en este punto de funcionamiento dinámico. En este caso se mide la potencia eléctrica que se puede generar. La unidad de referencia también puede funcionar ahora en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado P_r o bien este punto se puede calcular en base al conocimiento de la curva característica de referencia 4. En este caso se puede medir para la unidad de referencia tanto la potencia del punto de funcionamiento dinámico correspondiente, como también la potencia del MPP. La figura 2 muestra una instalación fotovoltaica 20 con un generador solar principal 22 que aporta una corriente continua al ondulator 24 conectado al mismo. El ondulator 24 genera una corriente alterna y la aporta a la red 26. La figura 2 muestra una alimentación trifásica que también puede realizarse como alimentación monofásica.

- Se muestra además un generador solar de referencia 28 que proporciona una corriente continua al ondulator de referencia 30. El generador solar de referencia 28 forma, junto con el ondulator de referencia 30, una unidad de referencia. Esta unidad de referencia puede aportar a la red 26 una corriente trifásica por medio del ondulator de referencia 30. En este caso, la unidad de referencia 28, 30 puede funcionar en diferentes puntos de funcionamiento, concretamente en especial en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado que corresponde a un punto de funcionamiento dinámico estrangulado del generador solar principal 22 con el ondulator 24 cuando éste funciona de forma estrangulada. Además, la unidad de referencia 28, 30 puede funcionar en un punto de funcionamiento dinámico máximo, en concreto en el así llamado MPP. Ambos puntos de funcionamiento dinámico se pueden registrar, siendo posible determinar una relación de potencia correspondiente que también se puede denominar relación de rendimiento.

El cálculo puede realizarse, por ejemplo, en el ondulator de referencia 30 y/o en el ondulator 24 que están acoplados a través de una línea de datos 32 para intercambiar la información correspondiente. Igualmente puede

preverse una unidad operativa, por ejemplo, un microordenador 34, como una unidad separada. Una conexión del microordenador 34 a la línea de datos 32 se representa con líneas discontinuas, a fin de identificar la variante de una unidad operativa separada como opción.

5 La figura 2 debe ilustrar que, según una forma de realización, el generador solar de referencia 28 y el ondulator de referencia 30 se pueden configurar reducidos con respecto a su potencia. La unidad de referencia 28, 30 debe poder funcionar en uno o varios puntos de funcionamiento dinámicos sucesivamente para poder llevar a cabo las mediciones de referencia descritas. No importa si la energía eléctrica se aporta realmente a la red 26 de forma monofásica o trifásica o si la misma no se suministra. Para ilustrar esto, la conexión entre el ondulator de referencia 30 y la red 26 se representa con una línea discontinua.

10 La figura 3 muestra otra forma de realización en la que (para una representación simplificada) se prevén tres generadores solares iguales 40 que generan respectivamente una corriente continua y la transmiten respectivamente a un ondulator 42. Cada uno de los onduladores 42 puede alimentar a la red 26. Esto se realiza según la figura 3 como una alimentación trifásica que también se puede prever monofásica. Se prevé una línea de datos 44 para la transmisión de información entre sí. El control de la instalación fotovoltaica 48 de la figura 3 se puede realizar mediante las unidades operativas correspondientes en uno o varios de los onduladores 42 o bien se puede utilizar con esta finalidad el microordenador representado 50. Para ilustrar el uso de este microordenador 50 como una opción, existe una conexión a uno de los onduladores 42 representada mediante una línea discontinua.

Para determinar ahora la potencia máxima que se puede generar de toda la instalación fotovoltaica 48 con un funcionamiento estrangulado de la instalación fotovoltaica 48 se puede proceder, conforme a una forma de realización según la figura 3, como sigue a continuación:

20 En primer lugar, todas las unidades de ondulator de generador solar 40, 42 funcionan en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado. Acto seguido, el primer generador solar 40 funciona brevemente en su MPP con la ayuda del ondulator asignado 42 y se registra la potencia resultante que es, por consiguiente, la potencia máxima que se puede generar con la radiación solar reinante en ese momento de este generador solar. A continuación, dicho generador solar 40 vuelve a funcionar con la ayuda del ondulator asignado 42 en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado.

25 De la misma manera, los otros dos generadores solares 40 funcionan sucesivamente. Si cada uno de estos generadores solares 40 ha funcionado en su MPP durante al menos un corto periodo de tiempo, se ha registrado la potencia máxima relacionada con la radiación solar reinante en ese momento de cada uno de estos generadores solares 40 y la suma de estas potencias es la potencia máxima que se puede generar de toda la instalación fotovoltaica 48 con la radiación solar reinante en ese momento.

30 El funcionamiento a corto plazo de un generador solar 40 con una potencia superior a la prevista debería estar dentro de un margen de tolerancia sin infringir las especificaciones correspondientes del operador de red. En caso de que el funcionamiento de uno de los generadores solares conduzca durante un corto periodo de tiempo en un punto de funcionamiento dinámico más alto a una elevada generación de energía inadmisibles de toda la instalación fotovoltaica 48, los puntos de funcionamiento dinámicos de los demás generadores solares pueden reducirse ligeramente, a fin de evitar o contrarrestar un aumento de potencia no permitido.

35 La figura 4 muestra otra forma de realización en la que la instalación fotovoltaica 60 presenta un generador solar 62 acoplado a un ondulator de dos etapas 64. El ondulator de dos etapas 64 presenta como primera etapa un regulador de corriente continua 66 que se puede configurar especialmente como un regulador de máxima potencia. Este regulador de corriente continua 66 recibe una corriente continua del generador solar 62 y también genera una corriente continua que se transfiere al acumulador intermedio 68. El acumulador intermedio 68 se simboliza aquí como un acumulador de batería, aunque también puede configurarse, por ejemplo, como un circuito intermedio de corriente continua de un ondulator y presentar los correspondientes condensadores de circuito intermedio de corriente continua para su almacenamiento.

40 Al acumulador intermedio 68 se conecta una unidad de ondulator 70 que utiliza la energía almacenada en el acumulador intermedio 68 y la convierte en corriente alterna, en especial en una corriente alterna trifásica, y la aporta a la red 26. Para la coordinación y la evaluación se utiliza una unidad operativa representada como microordenador 72 que coordina especialmente el regulador de corriente continua 66 y la unidad de ondulator 70.

45 Si la instalación fotovoltaica 60 funciona ahora en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado, la unidad de ondulator 70 en particular funciona de forma continua en este punto de funcionamiento dinámico estrangulado. Para determinar la potencia máxima que se puede generar según la radiación solar reinante en ese momento, el regulador de corriente continua 66 funciona brevemente en el MPP. De este modo, el generador solar 62 funciona en el MPP de forma correspondiente. La energía en este caso generada en exceso sólo se aporta al acumulador intermedio 68. La unidad de ondulator 70 puede funcionar, al igual que antes, en su punto de funcionamiento dinámico estrangulado, pudiendo aportar a la red 26 sólo la potencia permitida. El aumento a corto plazo de la toma de energía y, por lo tanto, la breve alimentación de energía más alta en el acumulador intermedio 68 debería estar dentro de un rango de tolerancia. Sin embargo, si se genera demasiada energía y se aporta al acumulador

intermedio 68, el regulador de corriente continua 66 y, por lo tanto, el generador solar 62, pueden funcionar durante un corto periodo de tiempo en un punto de funcionamiento dinámico aún más bajo que el punto de funcionamiento dinámico estrangulado.

5 En cualquier caso, la potencia máxima que se puede generar puede determinarse experimentalmente, mientras que la instalación fotovoltaica 60 alimenta continuamente a la red 26 en el punto de funcionamiento dinámico estrangulado.

10 En resumen, la invención se refiere, por lo tanto, al problema de una limitación de la producción de las instalaciones fotovoltaicas. Conforme a la EEG 2009 es posible que los proveedores de energía, concretamente los operadores de red, limiten la producción de las instalaciones fotovoltaicas para determinar los rendimientos perdidos para el operador debidos a la limitación, siendo necesario registrar los rendimientos energéticos alcanzables durante el período de tiempo de la limitación.

Según la invención se presentan propuestas que son adecuadas para determinar las cantidades de energía perdidas en caso de limitación de la potencia de la instalación. Algunas formas de realización proponen soluciones sin sensores adicionales como los sensores para la medición de la radiación, la temperatura o valores similares.

15 Una idea consiste en que si se reduce la potencia de la instalación a través de una unidad de control central, esta reducción puede distribuirse de forma desigual entre los onduladores de la instalación, en concreto la totalidad de la instalación fotovoltaica. Un desequilibrio como éste puede llegar a ser tan grave que uno o varios onduladores ya no estén limitados en su potencia, mientras que los onduladores restantes se reducen en la diferencia de potencia total necesaria entre la potencia máxima disponible y la potencia limitada.

20 Si este desequilibrio varía en el tiempo entre los onduladores, es posible que cada ondulador funcione en el MPP durante un cierto período de tiempo, pudiéndose, por consiguiente, determinar en este ondulador la potencia máxima alcanzable en las condiciones de radiación dadas.

25 Si esta variación del desequilibrio se produce con la suficiente rapidez como, por ejemplo, en un ritmo de minutos, es posible determinar, a partir de la suma de las potencias máximas alcanzadas de los distintos onduladores, la potencia que se puede alcanzar teóricamente sin limitación de la instalación fotovoltaica en su conjunto en las condiciones de radiación dadas y, por lo tanto, los rendimientos perdidos.

Según una forma de realización se propone una solución que también se puede utilizar con instalaciones fotovoltaicas con al menos un ondulador si hay más de 1 rastreador MPP. En tal caso, una variación de potencia necesaria no se produce a través del ondulador, sino entre los rastreadores MPP.

30 Con una concepción apropiada, la solución propuesta puede alcanzar una alta precisión. Esto se aplica especialmente a las formas de realización en las que se puede medir directamente en la cara de alimentación. De forma ventajosa, el gasto en hardware se reduce si se ahorra en el uso de sensores.

35 Según una forma de realización, una célula solar de referencia, que es lo más idéntica posible a las células instaladas, se monta paralelamente a la instalación fotovoltaica. En primer lugar se realiza una medición de referencia. Para ello, las curvas características de la célula de referencia y de la instalación fotovoltaica deben recorrerse simultáneamente. Las curvas características medidas se normalizan a la corriente de cortocircuito y a la tensión de circuito abierto y la referencia de las curvas características entre sí se almacena para cálculos posteriores en un sistema de supervisión que también se denomina sistema de vigilancia. La curva característica normalizada de la célula de referencia representa una imagen de la curva característica de la instalación.

40 Los valores de medición actuales de la instalación, concretamente de la instalación fotovoltaica, deben normalizarse en el sistema de vigilancia, es decir, durante el funcionamiento y la evaluación de la instalación fotovoltaica, a la medición de referencia de la curva característica de la instalación realizada anteriormente. Una comparación del punto de funcionamiento dinámico normalizado actual de la instalación con la curva característica normalizada de la célula de referencia, que ahora se puede recorrer permanentemente, proporciona así, incluso si la potencia de alimentación es limitada, una relación entre la potencia que se puede generar teóricamente y la potencia estrangulada que también se denomina relación de rendimiento. De este modo es posible determinar la pérdida de suministro.

45 De acuerdo con una forma de realización se propone que la curva característica de tensión y de corriente de la célula de referencia sólo se recorra esporádicamente y que la selección de la electrónica que se utiliza para esta célula de referencia se alimente directamente de la célula de referencia. Para ello se propone que la célula solar cargue un acumulador intermedio, por ejemplo, un condensador. La energía del acumulador intermedio debe seleccionarse y cargarse en tal medida que sea suficiente para al menos una medición, incluida la transmisión de los datos a la instalación fotovoltaica. Una vez finalizada la medición, la electrónica puede desconectarse de nuevo y, a continuación, conectarse de nuevo cuando se haya recargado el acumulador intermedio.

55 Si se utilizan onduladores de dos etapas en la instalación fotovoltaica (para ello se pueden adquirir en el mercado, por ejemplo, productos con los nombres "voltwerk VS5" y "voltwerk VS15"), el recorrido del MPP se puede realizar

5 por medio del regulador por el lado del generador. Mientras tanto, el regulador por el lado de la red limita la potencia de alimentación. La energía diferencial, concretamente entre el punto de funcionamiento dinámico estrangulado y el MPP, se puede compensar mediante un acumulador intermedio, como el circuito intermedio del ondulator, si la curva característica se recorre con la suficiente rapidez (pero sólo en el campo entre el punto de funcionamiento dinámico estrangulado actual y el MPP). Esto representa una solución en la que no serían necesarios dispositivos adicionales para determinar la así llamada "relación de rendimiento".

En caso de uso de la propia instalación fotovoltaica, sin dispositivos adicionales para la medición, es de esperar una alta precisión. Además, se excluyen los costes de hardware adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Instalación fotovoltaica preparada para la determinación de una potencia máxima que se puede generar cuando la instalación fotovoltaica funciona con la potencia estrangulada,
- 5 - previéndose una unidad de referencia (28, 30) que forma parte de la instalación fotovoltaica y que está preparada para funcionar en un punto de funcionamiento dinámico máximo de la unidad de referencia (28, 30) en el que se genera la mayor cantidad de energía eléctrica posible con la unidad de referencia (28, 30) a partir de la radiación solar reinante,
- 10 - estando preparada la instalación fotovoltaica para funcionar en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado en el que se genera una energía eléctrica estrangulada a partir de la radiación solar reinante en ese momento y aportándose a una red eléctrica (26), siendo la potencia eléctrica estrangulada inferior a una potencia eléctrica que se puede generar que se podría generar como máximo con la instalación fotovoltaica y con la radiación solar respectivamente reinante en ese momento,
- 15 - estando la unidad de referencia (28, 30) preparada para modificar su punto de funcionamiento dinámico en un punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado de la unidad de referencia (28, 30) correspondiente al punto de funcionamiento dinámico estrangulado de la instalación fotovoltaica,
- diseñándose la instalación fotovoltaica para determinar una relación de potencia entre la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico máximo de la unidad de referencia (28, 30) y la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico de comparación, y
- 20 - deduciéndose, en base a la relación de potencia, la potencia máxima de salida que se puede generar de la instalación fotovoltaica y, por lo tanto, las pérdidas debidas al funcionamiento estrangulado.
2. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 1, caracterizada por que la instalación fotovoltaica está preparada para que la relación de potencia esté formada por el cociente entre la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico máximo y la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico de comparación.
- 25 3. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que la unidad de referencia (28, 30) comprende al menos un primer ondulator (24) y por que se prevé al menos otro ondulator que funciona temporalmente en un punto de funcionamiento dinámico máximo mientras que el primer ondulator (24) funciona en el punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado, previéndose opcionalmente otros ondulatores y funcionando respectivamente uno de los ondulatores temporalmente en un punto de funcionamiento dinámico
- 30 máximo, mientras que los demás ondulatores funcionan respectivamente en un punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado.
4. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 3, caracterizada por que sucesivamente para cada ondulator se determinan una relación de potencia y/o la potencia eléctrica respectivamente máxima que se puede generar y determinándose preferiblemente, a partir de las relaciones de potencia de todos los ondulatores y/o a partir de las
- 35 potencias máximas que se pueden generar de todos los ondulatores, una relación global entre la potencia eléctrica estrangulada y la potencia eléctrica máxima que se puede generar de toda la instalación fotovoltaica.
5. Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por al menos un ondulator de dos etapas, funcionando el ondulator de dos etapas de manera que
- 40 - una primera etapa forme la unidad de referencia (28, 30) y transfiera temporalmente la potencia eléctrica máxima que se puede generar a un acumulador intermedio eléctrico, y
- se prevea una segunda etapa que aporta a la red eléctrica (26) una potencia eléctrica estrangulada procedente del acumulador intermedio eléctrico.
6. Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que se prevé al menos un ondulator al que se aporta una potencia eléctrica por medio de al menos dos reguladores de potencia conectados
- 45 en paralelo, especialmente los así llamados rastreadores MPP, formando uno de los reguladores de potencia la unidad de referencia (28, 30) y funcionando temporalmente en su punto de funcionamiento dinámico máximo, mientras que al menos otro de los reguladores de potencia funciona en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado.
7. Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que
- 50 - la unidad de referencia (28, 30) presenta al menos un generador solar de referencia caracterizado por una curva característica de referencia (4), y por que
- la instalación fotovoltaica presenta al menos un generador solar principal (22) caracterizado por una curva característica principal con una potencia nominal superior a la potencia nominal del generador solar de referencia,

estando la instalación fotovoltaica preparada para llevar a cabo una medición de referencia, recorriendo el generador solar de referencia su curva característica de referencia (4) y recorriendo al mismo tiempo el generador solar principal (22) su curva característica principal y midiéndose en este caso la curva característica de referencia (4) y la curva característica principal y almacenándose las mismas en una memoria para su uso posterior.

- 5 8. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 7, caracterizada por que la curva característica de referencia (4) y la curva característica principal se normalizan respectivamente a una corriente de cortocircuito y a una tensión de circuito abierto.
9. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 7 u 8, caracterizada por que el generador solar de referencia presenta un ondulator de referencia, utilizándose la potencia eléctrica generada a partir de la radiación solar como potencia eléctrica de alimentación para el funcionamiento del ondulator de referencia, especialmente por que el generador solar de referencia y el ondulator de referencia funcionan de forma eléctricamente independiente del generador solar principal (22).
- 10 10. Procedimiento para la determinación de una potencia de salida máxima que se puede generar de una instalación fotovoltaica de potencia estrangulada que comprende los pasos:
- 15 - funcionamiento de la instalación fotovoltaica en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado de la instalación fotovoltaica, en el que se genera una potencia eléctrica estrangulada a partir de la radiación solar que se aporta a una red eléctrica (26) y que es menor que una potencia eléctrica que se puede generar que sería posible con la instalación fotovoltaica y con la radiación solar reinante en ese momento,
- 20 - funcionamiento de una parte de la instalación fotovoltaica como unidad de referencia (28, 30) en un punto de funcionamiento dinámico máximo de la unidad de referencia (28, 30) en el que se genera tanta potencia eléctrica como sea posible a partir de la radiación solar reinante en ese momento,
- modificación del punto de funcionamiento dinámico de la unidad de referencia (28, 30) en un punto de funcionamiento dinámico de comparación estrangulado de la unidad de referencia (28, 30) que corresponde al punto de funcionamiento dinámico estrangulado de la instalación fotovoltaica,
- 25 - determinación de una relación de potencia entre la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico máximo y la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico de comparación, deduciéndose, en base a la relación de potencia, la potencia de salida máxima que se puede generar de la instalación fotovoltaica y, por consiguiente, las pérdidas debidas al funcionamiento estrangulado, formándose como relación de potencia el cociente entre la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico máximo y la potencia eléctrica que se puede generar en el punto de funcionamiento dinámico de comparación.
- 30 11. Procedimiento según la reivindicación 10, caracterizado por que la potencia eléctrica generada a partir de la radiación solar se aporta a la red eléctrica (26) en un procedimiento de dos etapas,
- 35 - transfiriéndose temporalmente, en una primera etapa, la potencia eléctrica máxima que se puede generar a un acumulador intermedio eléctrico y
- aportándose, en una segunda etapa, a la red eléctrica (26) una potencia eléctrica estrangulada procedente del acumulador eléctrico.
12. Procedimiento según la reivindicación 10 u 11, caracterizado por que se prevé al menos un ondulator al que se aporta energía eléctrica por medio de al menos dos reguladores de potencia conectados en paralelo, especialmente los así llamados rastreadores MPP, formando uno de los reguladores de potencia la unidad de referencia (28, 30) y funcionando temporalmente en su punto de funcionamiento dinámico máximo, mientras que al menos otro de los reguladores de potencia funciona en un punto de funcionamiento dinámico estrangulado.
13. Procedimiento según una de las reivindicaciones 10 a 12, caracterizado por que
- 45 - la unidad de referencia (28, 30) presenta al menos un generador solar de referencia caracterizado por una curva característica de referencia (4), y por que
- la instalación fotovoltaica presenta al menos un generador solar principal (22) caracterizado por una curva característica principal con una potencia nominal superior a la potencia nominal del generador solar de referencia,
- realizándose una medición de referencia, para lo cual el generador solar de referencia recorre su curva característica de referencia (4) y al mismo tiempo el generador solar principal (22) recorre su curva característica principal y midiéndose en este caso la curva característica de referencia (4) y la curva característica principal y almacenándose las mismas en una memoria para su uso posterior.
- 50

14. Procedimiento según la reivindicación 13, caracterizado por que la curva característica de referencia (4) y la curva característica principal se normalizan respectivamente a una corriente de cortocircuito y a una tensión de circuito abierto.

5 15. Procedimiento según la reivindicación 13 o 14, caracterizado por que el generador solar de referencia presenta un ondulator de referencia, utilizándose la potencia eléctrica generada a partir de la radiación solar como potencia eléctrica de alimentación para el funcionamiento del ondulator de referencia, especialmente por que el generador solar de referencia y el ondulator de referencia funcionan de forma eléctricamente independiente del generador solar principal (22).

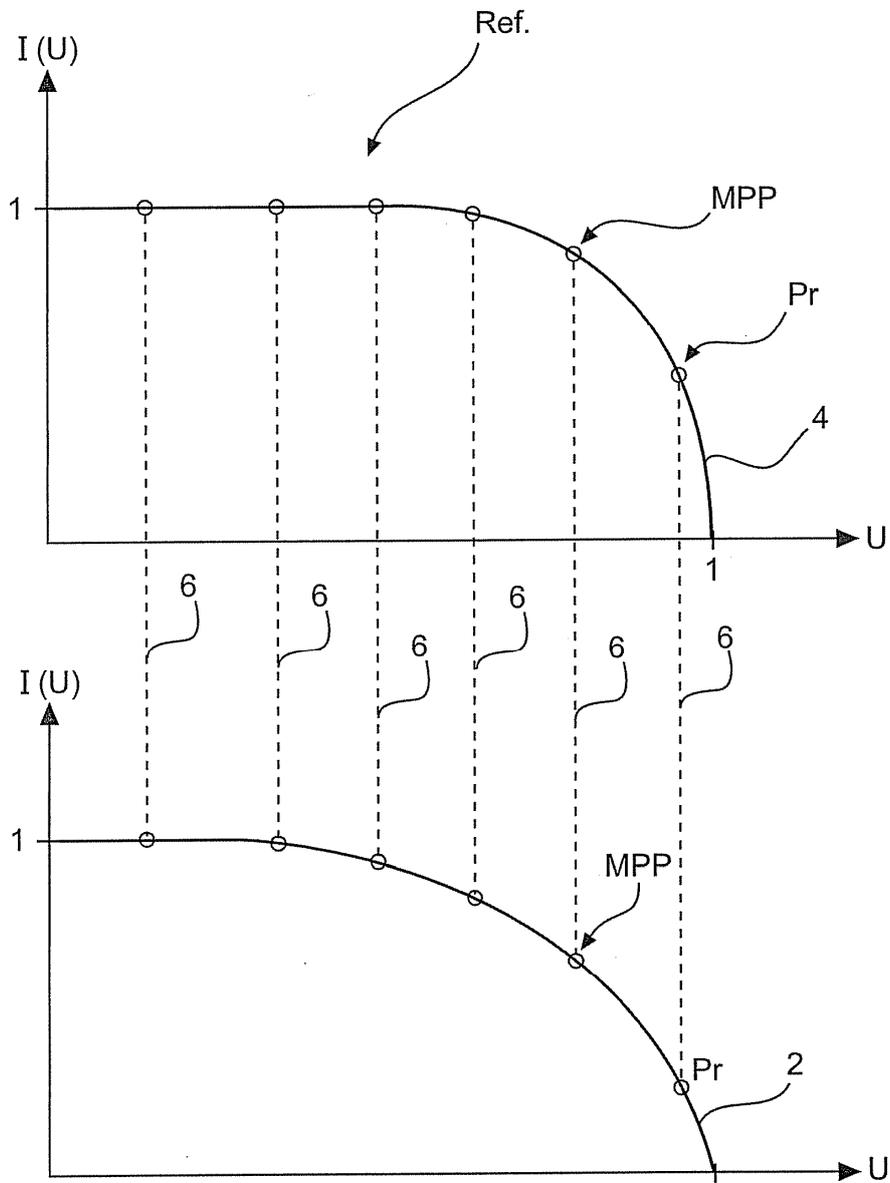


Fig. 1

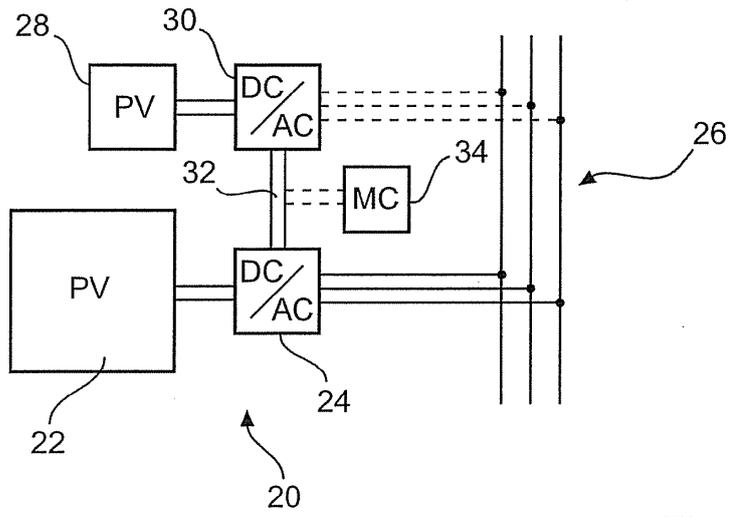


Fig. 2

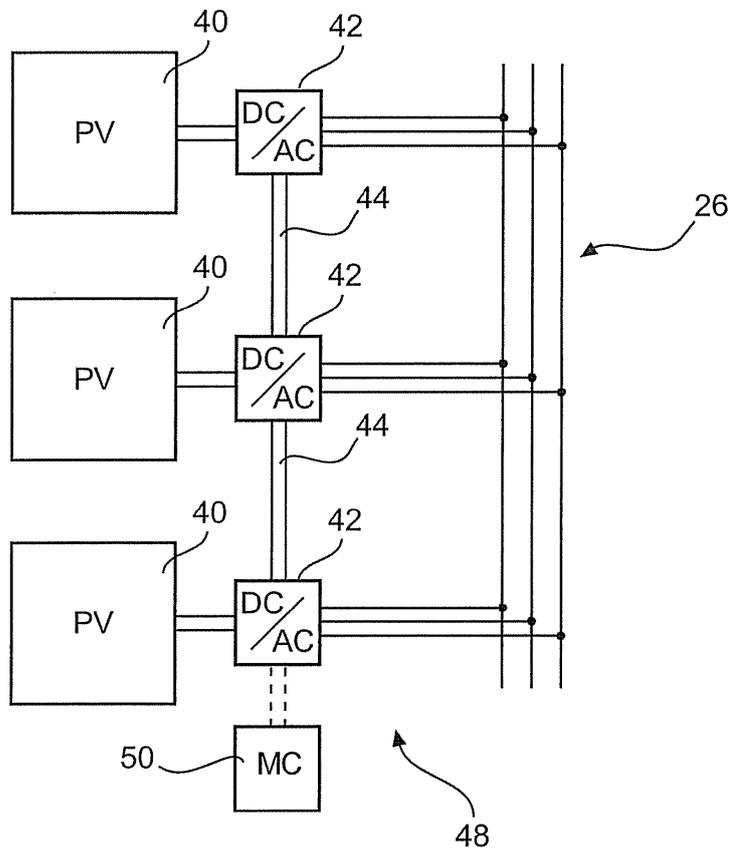


Fig. 3

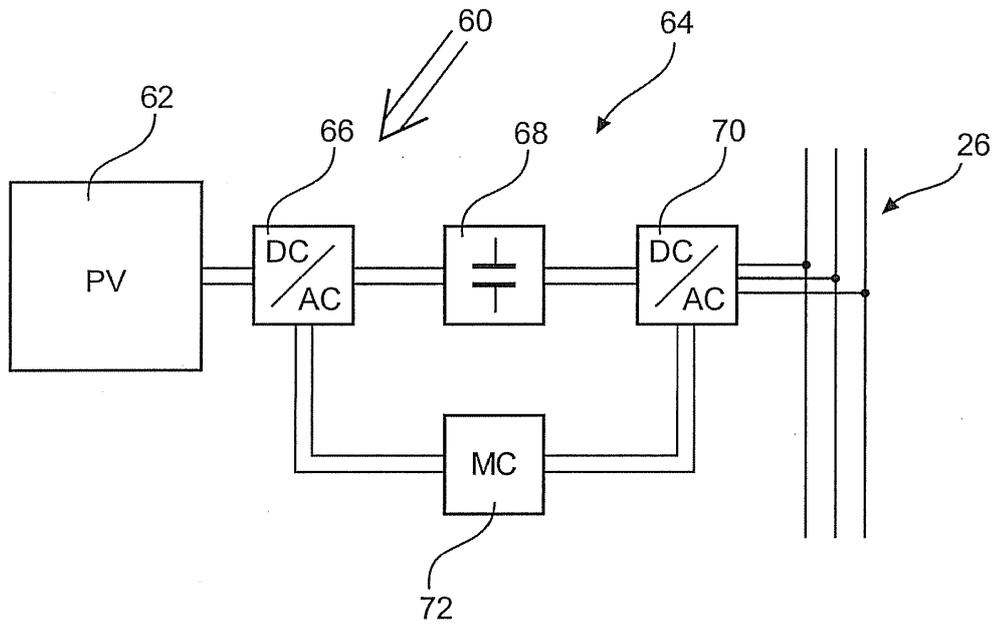


Fig. 4