

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 548 136**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2009 E 09751949 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2490312**

54 Título: **Método y sistema de generación solar**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.10.2015

73 Titular/es:

**ACCIONA ENERGÍA, S.A. (100.0%)
Avenida Ciudad de la Innovación 5
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**GIRAUT RUSO, ELIZABETH;
PADRÓS RAZQUIN, MARÍA ASUNCIÓN y
ITÓIZ BEUNZA, CARLOS**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 548 136 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

Método y sistema de generación solar

- 5 La presente invención pertenece al campo de las energías renovables, y más concretamente a la producción, conversión o distribución de energía eléctrica en plantas de energía solar fotovoltaica.

10 El objeto principal de la presente invención es un método de generación solar que tiene dos modos de funcionamiento, uno que permite obtener la máxima producción de energía para cada condición de funcionamiento, y otro que hace posible la integración en sistemas eléctricos de las plantas fotovoltaicas. Además, se describe también un sistema capaz de llevar a cabo dicho método.

Antecedentes de la invención

- 15 En el presente documento, se utilizará en general el término "red eléctrica" para hacer referencia a cualquier sistema eléctrico en general al que esté conectado un sistema fotovoltaico. Actualmente los sistemas fotovoltaicos conectados a la red están convirtiéndose en una tecnología estándar para generar energía eléctrica en los países desarrollados. Comenzando como instalaciones de corriente continua descentralizadas y aisladas hace algunos años, los módulos fotovoltaicos combinados con inversores constituyen en el día de hoy una de las tecnologías
20 maduras de generación eléctrica en un entorno futuro de generación distribuida a gran escala.

Dichos sistemas fotovoltaicos están constituidos por un conjunto de paneles solares que alimentan a un equipo inversor (convertidor CC/CA), con o sin transformador, que se conecta a la red eléctrica a través de un contador que permite conocer la energía aportada por la instalación. En algunas ocasiones el equipo inversor puede incluir un
25 convertidor CC/CC.

El equipo inversor funciona habitualmente a potencia variable, buscando en todo momento el punto de máxima potencia de salida. Dicha potencia depende de la energía que llegue al inversor procedente de los paneles solares y por lo tanto de las condiciones de irradiancia, y de la temperatura. Por otra parte, el inversor se desconecta automáticamente cuando la energía que le llega está por debajo de un determinado valor, es decir, cuando la
30 irradiancia es débil, estando por debajo de un determinado umbral.

En el caso de incluir el inversor un convertidor CC/CC, éste adaptará la tensión proporcionada por los paneles a un valor constante que alimentará el convertidor CC/CA, el cual funcionará automáticamente siempre con la misma
35 tensión de entrada. A veces se usa un acumulador o banco de baterías en el sistema fotovoltaico para almacenar la energía producida durante el día, la cual se usa durante la noche y en períodos nublados. Un regulador de carga controla la operatividad del sistema y el flujo de la corriente hacia y desde la batería para protegerla de una sobrecarga, sobredescarga, etc. El artículo de Azevedo et al: "Photovoltaic inverters with fault ride-through capability" publicado en el Simposio Internacional IEEE sobre Electrónica Industrial de 2009 divulga un método de acuerdo con
40 el preámbulo de la reivindicación 1 y un sistema de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 13.

En la actualidad existen dos frentes de desarrollo en cuanto a energía solar fotovoltaica se refiere: en primer lugar, maximizar la producción de energía, y en segundo lugar, hacer posible la integración en red de las plantas fotovoltaicas. Debido al crecimiento de las energías renovables es necesario que las plantas fotovoltaicas sean
45 capaces de dar servicios a la red y contribuir con su estabilidad, por lo que cada vez más, y con más motivo en grandes plantas fotovoltaicas, es necesario solucionar el problema de su integración en la red eléctrica.

Descripción de la invención

50 Es conocido que la potencia activa generada por una célula solar está en función de la tensión de dicha célula. La Fig. 1 muestra una gráfica de la potencia y la intensidad de una placa solar frente a la tensión, donde se aprecia cómo la potencia es máxima a una tensión determinada que depende de las condiciones atmosféricas (temperatura e irradiancia solar). Actualmente, según se ha mencionado anteriormente, los métodos de operación de sistemas de generación solar se limitan a buscar de modo continuo el punto de máxima generación de potencia activa. Sin
55 embargo, las contingencias de la red eléctrica pueden aconsejar en ocasiones disminuir la potencia activa generada y aumentar la reactiva.

Como ya se divulga en el artículo de Azevedo, un control adecuado del inversor, teniendo en cuenta la forma de la curva P-V, de una célula solar permite controlar la potencia activa y la potencia reactiva que se transmiten a la red eléctrica, contribuyendo a la estabilidad de la red en función de su estado en cada momento. La invención se refiere al método de la reivindicación 1 y al sistema de la reivindicación 13.
60

Según un primer aspecto de la invención, se describe un método de operación de un sistema de generación solar, donde el sistema comprende al menos un conjunto de células solares conectadas a un inversor que transmite la energía generada a una red eléctrica. Aunque no se menciona explícitamente en esta descripción, se entiende que los parámetros que determinan el comportamiento del inversor estarán controlados por medio de un controlador del
65

inversor. Este controlador puede estar implementado como una unidad separada del inversor, o bien estar integrado con el mismo. Así, el método comprende controlar las potencias activa y reactiva que el sistema transmite a la red eléctrica mediante el control de la tensión de las células solares y de la corriente saliente del inversor, de modo que en un primer modo de funcionamiento la tensión de las células solares es la que proporciona la máxima potencia activa, mientras que en un segundo modo de funcionamiento la tensión en las células solares proporciona una potencia activa menor que la máxima.

Para ilustrar el método de la invención se empleará la Fig. 2, que muestra un diagrama de fase donde cada vector corresponde a una potencia aparente determinada, que se descompone respectivamente en suma de los vectores de las potencias activa (eje de abscisas) y reactiva (eje de ordenadas). La potencia aparente transmitida por el sistema de generación solar a la red eléctrica es el producto de la tensión por la intensidad.

$$S = V_{red} \cdot I_{inv}$$

A la salida del sistema de generación, a través del inversor, la tensión está fijada por la tensión de la red (V_{red}), mientras que la intensidad (I_{inv}) se puede controlar por medio del inversor. El inversor tiene por diseño una máxima corriente de salida (I_{invMAX}), y por lo tanto en cada momento hay una potencia aparente disponible S_{disp} que depende de la máxima corriente de salida y de la tensión de red.

$$S_{disp} = V_{red} \cdot I_{invMAX}$$

En consecuencia, y suponiendo que la tensión de red (V_{red}) se mantiene constante, según se ha dibujado en las Fig. 2 y Fig. 5:

- variaciones en la intensidad saliente (I_{inv}) del inversor corresponden a variaciones en el radio de la circunferencia que representa la potencia aparente, no pudiendo rebasarse los límites fijados por una circunferencia de radio S_{disp} . Se aprecia en la Fig. 2 cómo una disminución de la intensidad de salida del inversor hace que la potencia aparente generada pase de S_A a S_B .
- variaciones en la potencia activa generada por las células solares, a través del control de la tensión (V_{cel}) de dichas células, corresponden a variaciones del ángulo del vector que representa la potencia aparente S , manteniéndose S constante y por lo tanto la punta del vector en una misma circunferencia. La Fig. 2 muestra cómo un aumento de la tensión de las células hace que la potencia aparente generada pase de S_A a S_C .

Sin embargo, en un caso real la tensión de red (V_{red}) puede no permanecer constante. En ese caso, para que un sistema fotovoltaico contribuya a la estabilidad de la red eléctrica debe verter una potencia reactiva determinada por los requerimientos del operador y por dicha tensión y frecuencia de la red. Por otro lado, la potencia reactiva máxima (Q_{MAX}) que puede verterse viene determinada por la potencia aparente disponible (S_{disp}) y la potencia activa (P_{cel}) transmitida por el inversor y procedente de las células:

$$Q_{MAX} = \sqrt{S_{disp}^2 - P_{cel}^2}$$

Si la potencia reactiva máxima (Q_{MAX}) es menor que la potencia reactiva que se requiere para el soporte de la red, es posible aumentar dicha potencia reactiva máxima (Q_{MAX}) disminuyendo la potencia activa a través del control de la tensión en las células. Puesto que la tensión de la red es variable y afecta, tal como se ha expuesto, a la potencia aparente disponible (S_{disp}), la comparación de la potencia reactiva que se requiere con la máxima potencia reactiva que es posible generar debe hacerse regularmente. Esto se explicará con mayor detalle más adelante en el presente documento con ejemplos concretos.

En resumen, el método de la invención comprende dos modos de funcionamiento:

- un primer modo de funcionamiento donde la tensión aplicada a las células solares es la que proporciona la máxima potencia activa. Este modo de funcionamiento corresponde aproximadamente a los métodos según la técnica anterior, donde se realiza un seguimiento de potencia máxima, es decir, seguimiento del punto de máxima potencia activa de las células solares a medida que cambian las condiciones de irradiancia y temperatura.
- un segundo modo de funcionamiento donde la tensión aplicada a las células solares es diferente, preferentemente mayor, que la tensión que proporciona la máxima potencia activa.

Elevar la tensión para disminuir la potencia generada, en lugar de reducirla, tiene la ventaja de que implica menores intensidades a través de los diferentes dispositivos que componen el sistema, reduciéndose así su calentamiento y aumentando su vida útil. Otra ventaja es que el sistema es más estable, si se conecta una capacidad (o condensador) en paralelo entre las células solares y el inversor. Una disminución súbita en la potencia activa generada por las células solares hará que el condensador se descargue, disminuyendo la tensión, que por tanto se acercará a la tensión de potencia máxima y la potencia generada por las células solares volverá a crecer. Por tanto,

en esta realización preferida la zona de funcionamiento del sistema de generación estará situada desde el punto de máxima potencia hacia la derecha en la curva P-V, como se representa en la Fig. 1.

5 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el paso del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento comprende cargar una capacidad dispuesta en paralelo entre las células solares y el inversor, empleándose para ello parte de la potencia activa generada por las células solares.

10 De modo similar, preferiblemente el paso del segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento comprende descargar la capacidad, que transmite parte de la energía almacenada a la red eléctrica a través del inversor.

15 El método descrito, por lo tanto, permite que en el primer modo de funcionamiento las células solares generen la máxima potencia posible según las condiciones de funcionamiento, pasándose al segundo modo de funcionamiento en respuesta a diferentes contingencias de la red eléctrica.

De acuerdo con la invención, se pasa al segundo modo de funcionamiento cuando se detecta alguna de las siguientes contingencias:

- 20 - un aumento de la frecuencia de la red eléctrica por encima de un valor umbral preestablecido;
- una derivada de la frecuencia de la red eléctrica respecto del tiempo por encima de un valor umbral preestablecido;
- una tensión de la red eléctrica fuera de un rango preestablecido.

25 Otra realización preferida de la invención está dirigida a un método de control de una planta de generación formada por una pluralidad de sistemas de generación solar por medio de una unidad de control central. En este caso, la unidad de control central envía señales a los diferentes controladores de los inversores, determinando el modo de funcionamiento de cada uno basándose en el estado de la red. Es posible, en función de las necesidades, que algunos de los sistemas de generación solar funcionen en el primer modo de funcionamiento y que otros lo hagan en el segundo modo de funcionamiento.

30 Un segundo aspecto de la invención se refiere a un sistema de generación solar capaz de llevar a cabo el método descrito anteriormente, que comprende:

- 35 - un conjunto de células solares conectadas a un inversor, que a su vez transmite la energía generada a una red eléctrica.
- un condensador conectado en paralelo entre el inversor y las células solares, cuya carga y descarga permite controlar la tensión aplicada en terminales de las células solares. En el presente documento, se entiende que este condensador puede ser bien un único condensador o bien una batería de condensadores.
- 40 - una unidad de control del inversor controla la tensión de las células solares y la intensidad de salida del inversor de tal modo que el sistema tiene un primer modo de funcionamiento donde la tensión (V_{ce1}) del condensador es la que proporciona la máxima potencia activa posible según las condiciones de funcionamiento de cada momento; y un segundo modo de funcionamiento donde la tensión (V_{ce2}) del condensador es diferente, preferentemente mayor, de la correspondiente a la máxima potencia activa posible, generándose una potencia activa menor que la máxima para optimizar la integración del sistema de generación solar con la red eléctrica.

45 Preferentemente, el sistema de generación comprende además un conjunto de sensores que proporcionan a la unidad de control del inversor información acerca del estado de la red eléctrica y de las células solares.

50 Además, otra realización particular de la invención comprende unos medios de almacenamiento de energía, y preferiblemente también un controlador de almacenamiento que coordina las operaciones de carga y descarga de los medios de almacenamiento, que pueden ser medios eléctricos, químicos (baterías, pilas de hidrógeno, etc.), mecánicos (volantes de inercia, bombeo de agua, aire comprimido, etc.). Se entiende que la presencia de medios de almacenamiento en el sistema de la invención abre múltiples posibilidades con relación al funcionamiento del mismo. Por ejemplo, la energía generada por las células solares se puede emplear, total o parcialmente, para cargar los medios de almacenamiento. Asimismo, en determinadas situaciones los medios de almacenamiento pueden aportar energía adicional a la red además de la generada por las células solares.

60 De acuerdo con la invención, el funcionamiento de las células solares está coordinado con cargas activas, entendiendo por carga activa cualquier tipo de carga susceptible de ser controlada para soportar una alimentación variable, por ejemplo, equipos electrolizadores. Otro ejemplo de carga activa es una instalación para desalar agua del mar. Coordinando la producción de energía de las células solares con el consumo de cargas activas puede obtenerse una generación neta de energía con una menor variabilidad. En este caso, existirá también un controlador de cargas activas para coordinar las operaciones de alimentación de cargas activas o gestionables (aquellas susceptibles de soportar alimentación variable).

65 Otra realización más de la invención está dirigida a una planta de generación solar que comprende un conjunto de

sistemas de generación solar como los descritos anteriormente, y que además comprende una unidad de control central conectada a las unidades de control de los inversores para transmitirles respectivas señales de funcionamiento basándose en el estado de la red eléctrica, o en los requerimientos del operador de la red. Una planta como esta puede maximizar la producción de energía cuando sea posible y además proporcionar servicios adicionales a la red cuando esta lo requiera. Algunos de estos servicios se pueden obtener combinando en la planta simultáneamente sistemas de generación solar funcionando en el primer modo con otros sistemas funcionando en el segundo modo.

Preferiblemente, en una planta de generación solar se hace funcionar a algunos sistemas en el segundo modo de funcionamiento ante las siguientes contingencias:

- una limitación de la potencia máxima a generar por la planta de generación, motivada por ejemplo por una capacidad limitada en la línea de evacuación que puede ser permanente o transitoria;
- una reducción de la potencia generada por la planta respecto a la máxima que podría generar motivada por un requerimiento del operador de la red. En este caso se dispone de una reserva de potencia y, ante una reducción de la frecuencia de la red, la planta pueda aumentar la potencia generada, colaborando así a restablecer el normal funcionamiento de la red.

Para atender a las contingencias descritas, la unidad de control central enviará a los controladores de los inversores preferiblemente señales de limitación de potencia y/o señales de reducción de potencia. Los sistemas de generación solar reducirán la potencia generada, pasando del primer al segundo modo de funcionamiento, si reciben una señal de limitación de potencia o si generan una potencia mayor que la señal de limitación de potencia.

Las señales pueden ser distintas para cada uno de los sistemas de generación, obteniéndose así prestaciones ventajosas de la planta de generación solar. Por ejemplo, cuando a una planta de generación solar se le solicita que mantenga durante un periodo de tiempo una reducción de potencia respecto a la máxima que podría generar (potencia activa disponible), surge la dificultad de conocer cuál es el valor actual de potencia activa disponible, cuando se está limitando dicha potencia activa. Dicha potencia activa disponible es cambiante y depende al menos de la temperatura, irradiación solar, y suciedad acumulada en las células.

Para solventar la dificultad descrita se propone en la presente invención un modo de funcionamiento de la planta de generación solar según el cual algunos sistemas están en el primer modo de funcionamiento y otros en el segundo modo de funcionamiento, se estima basándose en la potencia activa que generan los primeros; en cuál es la producción máxima que podría generar todo el parque (la potencia activa disponible), y establecer la señal de potencia activa para el resto de sistemas basándose en ese dato, de modo que la potencia total generada por la planta cumple el requerimiento de limitación de potencia activa.

Además, basándose en la evolución de la potencia disponible calculada se pueden enviar señales desde la unidad de control para suavizar sus derivadas: si entra una nube en el campo solar los sistemas en el primer modo de funcionamiento disminuirán su potencia activa generada rápidamente, reduciéndose también la potencia disponible calculada. Para compensar este efecto, la unidad central de control puede enviar señales a los sistemas que están en el segundo modo de funcionamiento para que aumenten su potencia generada. De este modo, se consigue suavizar las variaciones de potencia.

Descripción de los dibujos

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, un juego de dibujos en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1 muestra una gráfica de la característica P-V de una célula solar.

La figura 2 muestra un diagrama de fase donde se aprecia cómo varían las potencias activa y reactiva en función de la tensión de las células solares y de la intensidad del inversor.

La figura 3 muestra un esquema de un sistema de generación solar de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 muestra un esquema de una planta de generación solar de acuerdo con la presente invención.

La figura 5 muestra un ejemplo de aplicación de la invención.

La figura 6 muestra otro ejemplo de aplicación de la invención.

Realización preferida de la invención

Se describen a continuación ejemplos concretos del sistema y método de la invención haciendo referencia a las figuras adjuntas. En particular, la Fig. 3 muestra un esquema de un sistema (1) de generación solar de acuerdo con la invención donde se aprecian los diferentes elementos que lo componen: un conjunto de células solares (2) conectadas a un inversor (4), que transmite la potencia generada a la red eléctrica (6). Un controlador (5) recibe información acerca del estado de la red eléctrica (6) y de la tensión (V_{cel}) en bornes de las células solares (2) para

controlar adecuadamente el inversor (4). Además, un condensador (3) está dispuesto en paralelo entre las células solares (2) y el inversor (4), de modo que cualquier variación de la tensión (V_{cel}) de las células solares (2) implica su carga y descarga.

5 La Fig. 4, por otro lado, muestra un esquema simplificado de una planta (8) de generación solar formada por un conjunto de sistemas (1) como el anterior. En este ejemplo se han representado tres sistemas (1) en paralelo, cada uno de los cuales puede ser controlado desde una unidad central de control (7) conectada con cada uno de los controladores (5) de los inversores (4) de los respectivos sistemas.

10 La Fig. 5 representa un ejemplo del método de la invención que puede ser llevado a cabo por un sistema (1) como el de la Fig. 3. En un momento determinado se dispone de una potencia disponible S_{disp1} , generándose una potencia activa P_1 que es la potencia activa máxima posible para las condiciones actuales de irradiancia y temperatura, y una potencia reactiva adecuada a los requerimientos de la red eléctrica (6) en ese momento. Nótese cómo la potencia aparente S_1 es menor que la potencia aparente disponible S_{disp1} .

15 Si en un momento determinado disminuye la tensión de red, la potencia disponible se reduce pasando a ser S_{disp2} , que es un valor menor que S_1 . Para poder seguir aportando a la red eléctrica (6) la potencia reactiva Q_1 se hace necesario modificar la tensión de las células solares (2), disminuyendo la potencia activa generada que pasa a ser P_2 , manteniendo la generación de potencia reactiva requerida a pesar de la disminución en la tensión (V_{red}) de la red eléctrica (6).

20 En la Fig. 6 se representa otro ejemplo de aplicación de la invención en el que la situación de partida es similar. La potencia disponible es S_{disp1} y se está generando una potencia activa P_1 , que es la potencia máxima posible para esas condiciones, y una potencia reactiva Q_1 . La potencia aparente S_1 es menor que la potencia aparente disponible.

25 En un momento determinado, bien por las medidas realizadas en la red eléctrica (6) o bien por las señales procedentes de una unidad central de control (7), puede ser necesario incrementar notablemente la potencia reactiva, pasando a ser Q_3 . Para atender esta demanda sin superar la potencia aparente disponible S_{disp1} es necesario disminuir la potencia activa generada, que pasará a ser P_3 , y aumentar la intensidad (I_{inv}) de salida del inversor (4).

30 En determinadas situaciones la situación será una combinación de los ejemplos anteriormente expuestos. Así, por ejemplo, un hueco de tensión disminuye considerablemente la potencia aparente disponible y aumenta los requerimientos de producción de reactiva. De la misma manera, una sobretensión exige un consumo de potencia reactiva que puede hacer necesario disminuir la potencia activa generada.

35 Se describe a continuación un ejemplo del cálculo de la señal de reactiva final (Q_{ref}), que puede ser realizado por las unidades de control (5) de cada sistema de generación (1), por la unidad central de control (7) de toda una planta (8) de generación, o bien mediante una combinación de ambas.

40 En una primera realización, la unidad de control (5) del inversor (4) es capaz de realizar el cálculo de la señal de reactiva final (Q_{ref}) basándose en la tensión de la red eléctrica (6) medida localmente. En este caso, la unidad de control (5) comprende un regulador convencional que calcula las instrucciones de la potencia reactiva final (Q_{ref}), basándose en la diferencia entre la tensión medida (V_{med}) y una señal de tensión (V_{ref}).

45 En otra realización preferente, la unidad de control central (7) mide la tensión (V_{cmed}) o el factor de potencia en el punto de conexión de la planta (8) de generación solar a la red eléctrica (6), y calcula basándose en dicho valor las señales de potencia reactiva para los diferentes sistemas (1) de generación. En este caso, la unidad de control central (7) comprende un regulador convencional que, basándose en la diferencia entre la tensión o factor de potencia medida y una señal de tensión (V_{cref}) o de factor de potencia, calcula la señal de potencia reactiva (Q_{cref}) y la envía a las unidades de control (5) de los diferentes sistemas (1) de generación.

50 En otra realización alternativa se combinan el control local de tensión a nivel de sistema de generación (1), implementado por el medio de control (5), con el control de tensión o factor de potencia a nivel de planta de generación (8), implementado por la unidad de control central (7). Basándose en la señal de potencia reactiva (Q_{cref}) a generar por el sistema (1) y de la potencia reactiva medida (Q_{med}), mediante un regulador (21) se genera la señal de tensión local (V_{ref}) en bornes del sistema de generación (1). Preferentemente, los controles de tensión en el sistema de generación (1) son rápidos, para atender a cambios súbitos en la tensión, mientras que los controles de tensión o factor de potencia a nivel de planta (8) de generación son más lentos y sirven para ajustar el comportamiento del total de la planta (8).

55 Una vez calculada la señal de potencia reactiva (Q_{ref}) para el sistema de generación solar (1) con cualquiera de las alternativas expuestas y la potencia aparente disponible (S_{disp}) tal como se ha expuesto anteriormente, se calcula una señal de potencia activa (P_{ref}) para el sistema (1).

$$P_{ref} = \sqrt{S_{disp}^2 - Q_{ref}^2}$$

Si debido a las condiciones ambientales la potencia activa generada por el sistema (1) supera dicha señal, se pasará en una realización preferida al segundo modo de funcionamiento modificando la tensión de las células (2).

- 5 La generación de reactiva por parte de una planta de generación solar puede ser realizada incluso en ausencia de generación activa, por ejemplo por la noche.

10 Por último, se describe un ejemplo de funcionamiento de una planta (8) de generación donde el operador de la red eléctrica (6) requiere a la planta (8) de generación solar una reserva de potencia, es decir que genere una potencia activa menor que la potencia activa disponible. Por ejemplo, podría solicitar a la planta (8) que durante un periodo de tiempo genere una potencia un 2% menor que la potencia activa disponible. Como ya se ha expuesto anteriormente, solicitar a un sistema de generación una reducción del 2% de potencia entraña la dificultad de que no es sencillo para un sistema de generación (1), una vez que reduce la potencia que genera pasando al segundo modo de funcionamiento, saber cuál es la potencia máxima que podría generar. Según una realización preferente, la unidad de control central (7) de la planta (8) hace trabajar a un primer grupo de sistemas (1) en el primer modo de funcionamiento y a un segundo grupo de sistemas (1) en el segundo modo de funcionamiento. Supongamos, por ejemplo, que el primer grupo de sistemas (1) está compuesto por la mitad de los sistemas (1) de generación que componen la planta (8), y además que dicho primer grupo está uniformemente distribuido a lo largo de la planta (8). Según este ejemplo, la potencia activa disponible para toda la planta (8) de generación puede estimarse con bastante aproximación como el doble de la potencia activa producida por el primer grupo de sistemas (1).

20 Basándose en esta cifra y del requerimiento de reducción de potencia para toda la planta (8), la unidad de control central (7) calcula y envía señales de reducción de potencia activa para el segundo grupo de sistemas (1). Siguiendo con el ejemplo anterior, si se solicita una reducción de potencia del 2% para toda la planta (8) se enviarán señales a los sistemas (1) que componen el segundo grupo de sistemas (1) para que dicho segundo grupo produzca en total un 48% de la potencia activa disponible en el total de la planta (8). De este modo sumando la producción de los dos grupos de sistemas (1) el resultante es el 98% de la potencia activa disponible, cumpliendo así el requisito del operador.

- 30 Como es lógico si algún sistema (1) está fuera de servicio se tendrá en cuenta en el cómputo de la potencia activa disponible y de las consiguientes señales de potencia activa.

REIVINDICACIONES

1. Método de generación solar empleando un sistema (1) que comprende un conjunto de células solares (2) conectadas a un inversor (4) que transmite la energía generada a una red eléctrica (6), comprendiendo el método controlar las potencias activa y reactiva que el sistema (1) transmite a la red eléctrica (6) mediante el control de la tensión (V_{cel}) de las células solares (2) y de la corriente (i_{inv}) de salida del inversor (4), de modo que:
- en un primer modo de funcionamiento, la tensión (V_{cel}) aplicada en las células solares (2) proporciona la máxima potencia activa según las condiciones de funcionamiento; y
 - en un segundo modo de funcionamiento la tensión (V_{cel}) aplicada en las células solares (2) es diferente de la tensión que proporciona la máxima potencia activa, generándose una potencia activa menor que la máxima, **caracterizado por que** dicho método de generación solar comprende pasar desde el primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento cuando una de las contingencias seleccionadas entre:
 - un aumento de la frecuencia de la red eléctrica (6) por encima de un valor umbral preestablecido,
 - una derivada de la frecuencia de la red eléctrica (6) respecto del tiempo por encima de un valor umbral preestablecido, y
 - una tensión de la red eléctrica (6) fuera de un rango preestablecido.
- se detecta mediante una unidad de control (5) del inversor (4) o mediante una unidad de control central (7) conectada a múltiples unidades de control (5).
2. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 1, donde la tensión (V_{cel}) aplicada a las células solares (2) en el segundo modo de funcionamiento es mayor que la tensión de máxima potencia activa.
3. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 2, donde el paso del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento comprende cargar un condensador (3) dispuesta en paralelo entre las células solares (2) y el inversor (4), empleándose para ello parte de la potencia activa generada por las células solares (2).
4. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 3, donde el paso del segundo modo de funcionamiento al primer modo de funcionamiento comprende descargar el condensador (3), que transmite parte de la energía almacenada a la red eléctrica (6) a través del inversor (4).
5. Método de generación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende calcular la potencia activa a generar por el sistema de generación (1) basándose en una señal de la potencia reactiva y de la potencia aparente disponible, que es calculada a su vez como el producto de la tensión medida de la red eléctrica (6) y la máxima corriente de salida del inversor (4).
6. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 5, que comprende pasar del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento en respuesta a una generación de potencia activa por parte del sistema solar superior a una señal de potencia activa.
7. Método de generación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende pasar del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento en respuesta a la detección de un funcionamiento aislado del sistema de generación (1).
8. Método de generación de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende controlar una planta (8) de generación formada por una pluralidad de sistemas de generación solar (1) desde una unidad de control central (7) conectada a los controladores (5).
9. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 8, donde algunos sistemas (1) de la planta (8) de generación pasan del primer modo de funcionamiento al segundo modo de funcionamiento en respuesta a la recepción de una señal desde la unidad de control central (7).
10. Método de generación de acuerdo con la reivindicación 9, donde la señal es de potencia activa.
11. Método de generación según la reivindicación 9, donde un primer grupo de sistemas de generación (1) funciona en el primer modo de funcionamiento y un segundo grupo de sistemas de generación (1) funciona en el segundo modo de funcionamiento, y donde la unidad de control central (7) calcula las señales de potencia activa para el segundo grupo de sistemas (1) basándose en la potencia activa generada por el primer grupo y en el requerimiento de reducción de potencia activa para toda la planta (8).
12. Método de generación según la reivindicación 11, donde ante un aumento o disminución de la potencia activa generada por el primer grupo de sistemas (1), se modifican en sentido contrario las señales que se envían al segundo grupo de sistemas (1) para suavizar las variaciones de la potencia activa total generada por la planta (8) de generación.

13. Sistema (1) de generación solar capaz de llevar a cabo el método de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende un conjunto de células solares (2) conectadas a un inversor (4) que a su vez transmite la energía generada a una red eléctrica (6), **caracterizado por que** además comprende un condensador (3) conectado en paralelo entre el inversor (4) y las células solares (2), y donde una unidad de control (5) en el inversor (4) controla la tensión de las células solares (2) y la intensidad de salida del inversor (4) de modo que el sistema (1) tiene:

- un primer modo de funcionamiento donde la tensión (V_{cel}) del condensador (3) es la que proporciona la máxima potencia activa posible según las condiciones de funcionamiento de cada momento; y
- un segundo modo de funcionamiento donde la tensión (V_{cel}) del condensador (3) es diferente de la correspondiente a la máxima potencia activa posible, generándose una potencia activa menor que la máxima,

caracterizado por que el sistema (1) también comprende:

- cargas controlables adaptadas para coordinar el funcionamiento de las células solares (2), y
- un controlador de cargas activas que coordina las operaciones de suministro para dichas cargas controlables.

14. Sistema (1) de generación solar de acuerdo con la reivindicación 13, que además comprende un conjunto de sensores que proporcionan a la unidad de control (5) del inversor (4) información acerca del estado de la red eléctrica (6) y de las células solares (2).

15. Sistema (1) de generación solar de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 13-14, que además comprende unos medios de almacenamiento de energía.

16. Sistema (1) de generación solar de acuerdo con la reivindicación 15, que además comprende un controlador de almacenamiento que coordina las operaciones de carga y descarga de los dispositivos de almacenamiento.

17. Planta (8) de generación solar, que comprende un conjunto de sistemas (1) de generación solar según cualquiera de las reivindicaciones 13 a 16, y que además comprende una unidad de control central (7) conectada a las unidades de control (5) de los inversores (4) para transmitirles respectivas señales de funcionamiento basándose en el estado de la red eléctrica (6) o basándose en el requerimientos del operador de la red eléctrica.

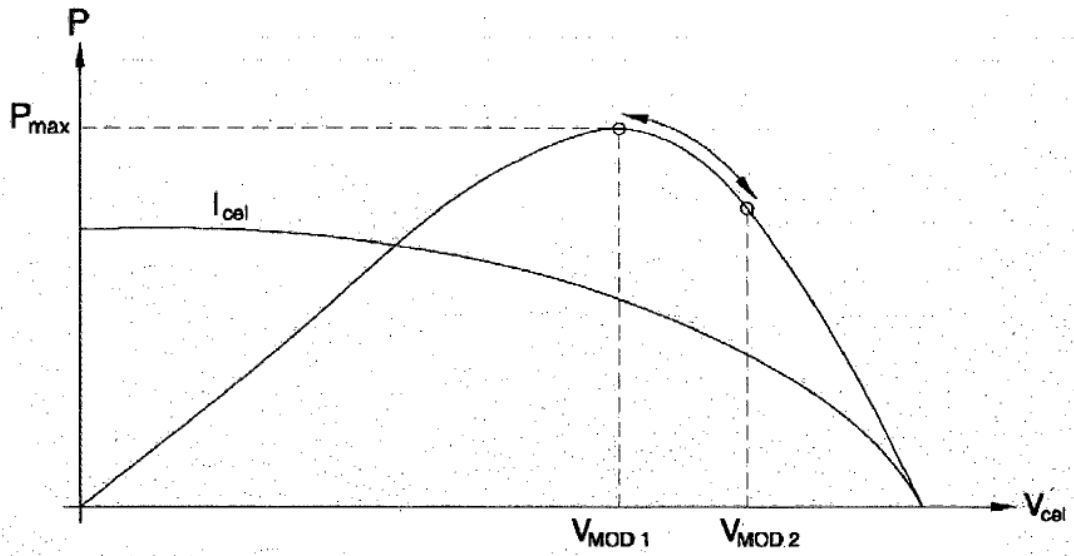


FIG. 1

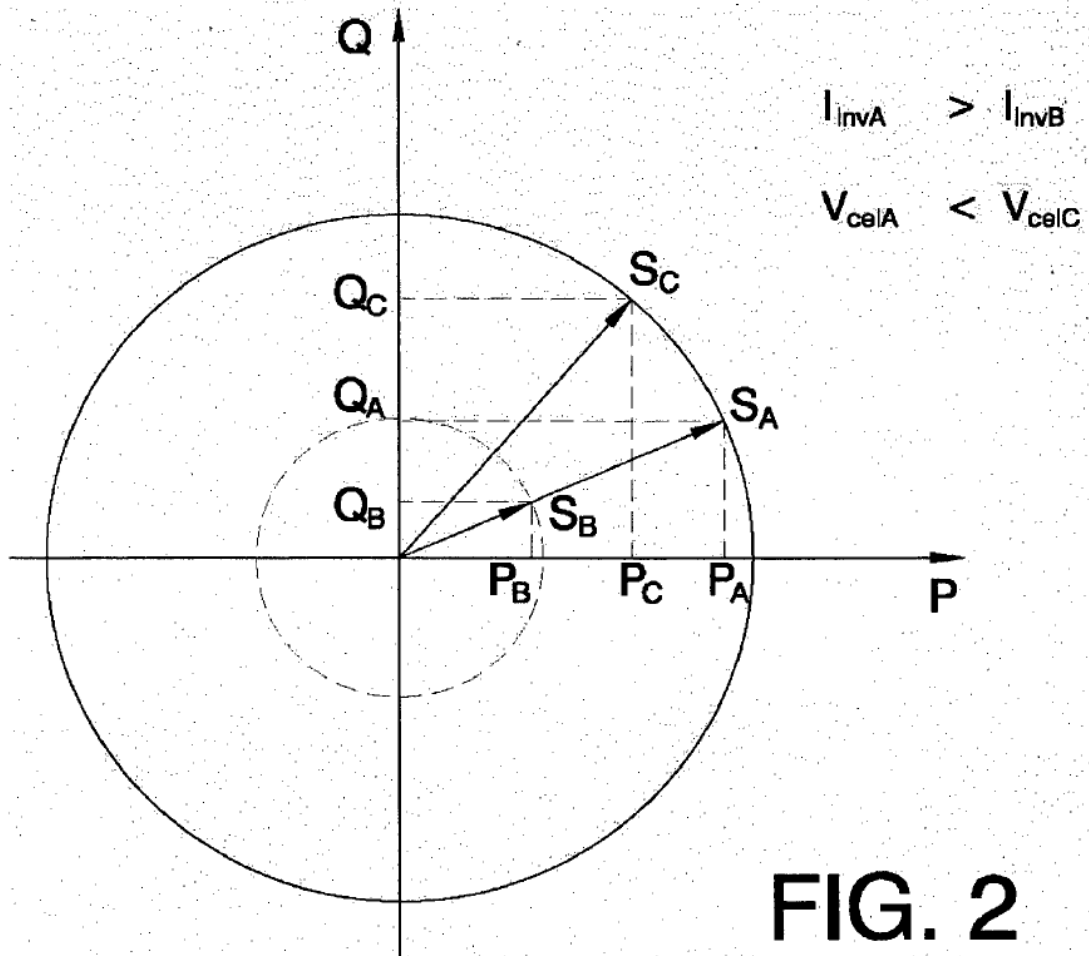


FIG. 2

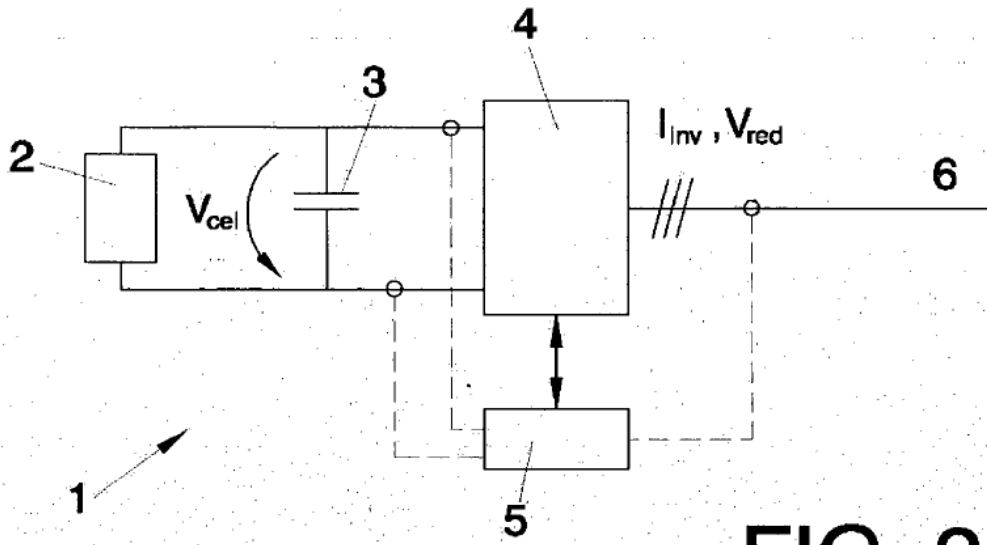


FIG. 3

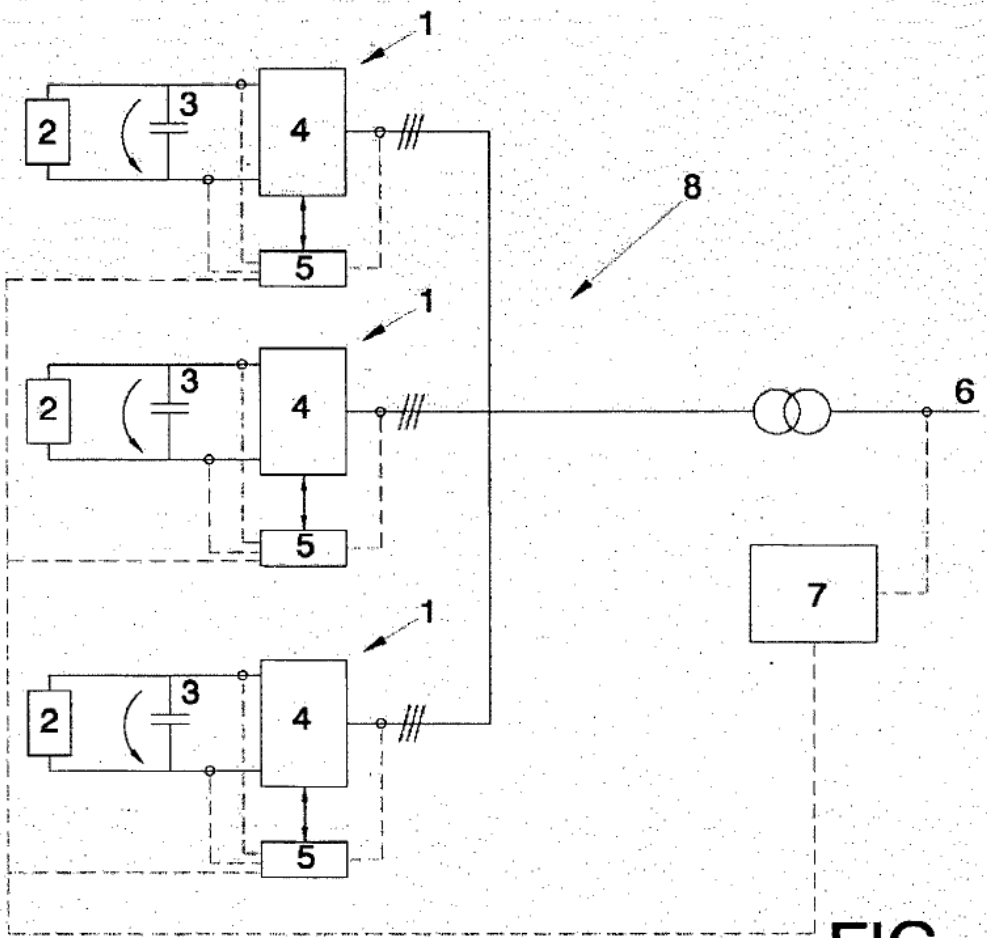


FIG. 4

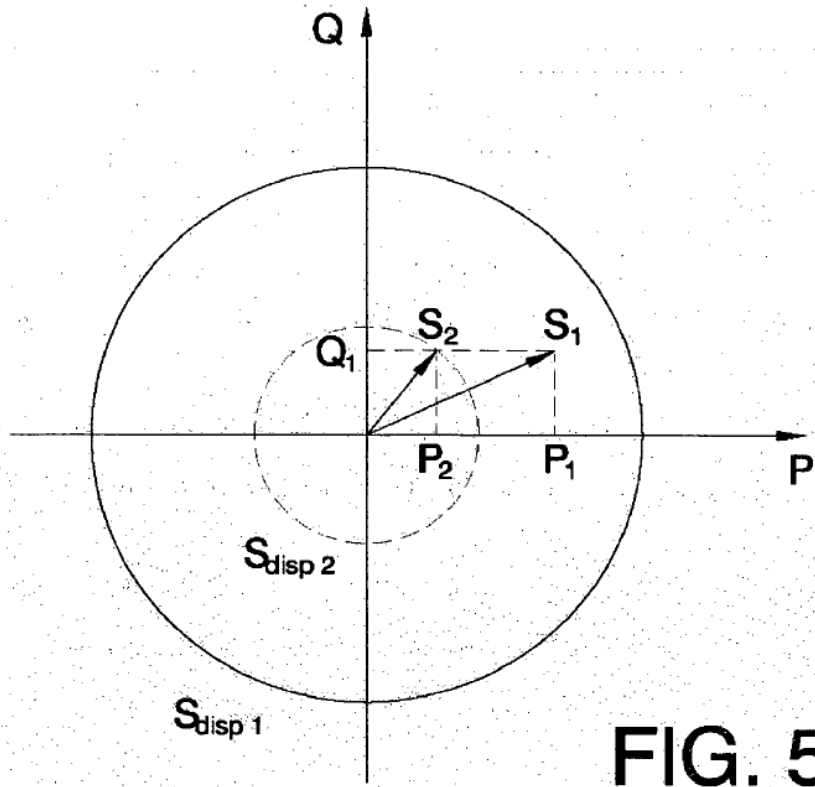


FIG. 5

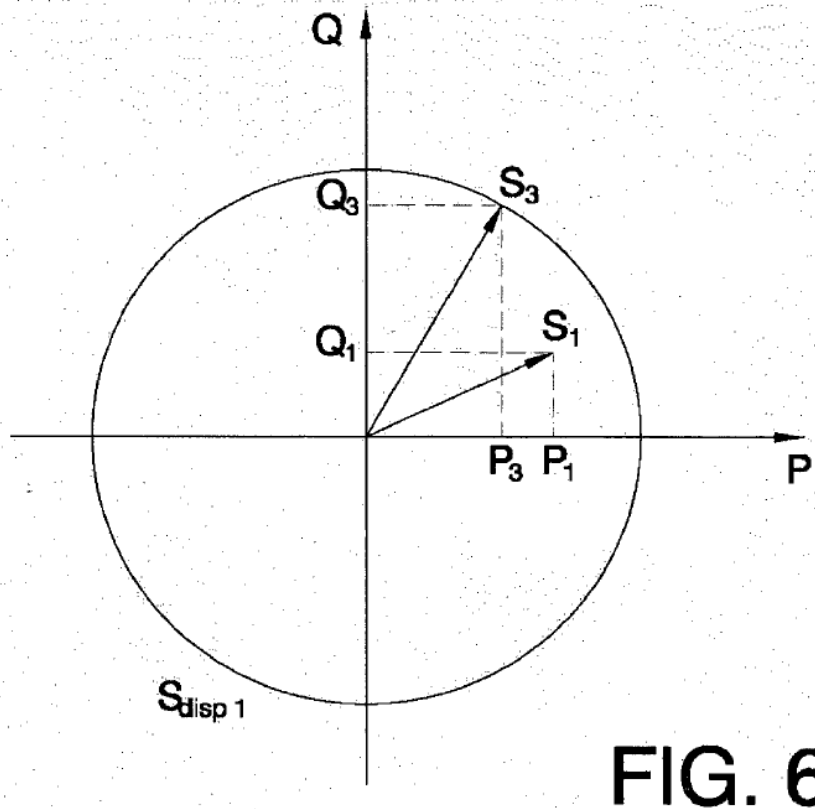


FIG. 6