

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 744 482**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**H02J 3/16** (2006.01)

**H02J 3/50** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.02.2012 PCT/US2012/026791**

87 Fecha y número de publicación internacional: **20.09.2012 WO12125278**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.02.2012 E 12757340 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.07.2019 EP 2686933**

54 Título: **Regulación automática de tensión para sistemas fotovoltaicos**

30 Prioridad:

**14.03.2011 US 201113047005**

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

**25.02.2020**

73 Titular/es:

**SUNPOWER CORPORATION (100.0%)  
77 Rio Robles  
San Jose, CA 95134, US**

72 Inventor/es:

**JOHNSON, LARS y  
JOHNSON, ROBERT**

74 Agente/Representante:

**MILTENYI , Peter**

ES 2 744 482 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

Regulación automática de tensión para sistemas fotovoltaicos

### 5 **Campo técnico**

Las realizaciones de la materia objeto descrita en la presente memoria se refieren por lo general a sistemas fotovoltaicos. Más particularmente, las realizaciones de la materia objeto se refieren a la regulación automática de tensión para sistemas fotovoltaicos.

10

### **Antecedentes**

Los sistemas fotovoltaicos generan electricidad a partir de la radiación solar. Un sistema fotovoltaico puede comprender matrices de paneles solares, con cada panel solar comprendiendo células solares interconectadas. Una célula solar incluye regiones de difusión de tipo P y tipo N. La radiación solar que incide sobre la célula solar crea electrones y orificios que migran a las regiones de difusión, creando así diferenciales de tensión entre las regiones de difusión. En una célula solar de contacto posterior, tanto las regiones de difusión como los dedos de contacto metálicos acoplados a las mismas se encuentran en la parte posterior de la célula solar. Los dedos de contacto permiten que un circuito eléctrico externo sea acoplado y alimentado por la célula solar.

15

20

Un inversor fotovoltaico convierte la corriente continua generada por las células solares en una corriente alterna adecuada para el acoplamiento a una red eléctrica en un punto de interconexión (POI). La tensión de red en el POI está regulada para estar dentro de un intervalo de valores particulares para cumplir con los requisitos. Las realizaciones de la presente invención se refieren a procedimientos y sistemas para regular automáticamente la tensión suministrada por un sistema fotovoltaico a una red eléctrica.

25

El documento US2010/0134076 desvela una pluralidad de células solares; una pluralidad de inversores fotovoltaicos configurados para convertir la corriente continua generada por la pluralidad de células solares en corriente alterna; y un controlador de planta.

30

### **Breve resumen**

Un procedimiento de regular automáticamente la tensión generada por un sistema fotovoltaico de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 1.

35

Un sistema fotovoltaico de acuerdo con la presente invención se define en la reivindicación 10.

Otras realizaciones ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes.

40

Estas y otras características de la presente invención serán fácilmente evidentes para los expertos en la materia tras leer la totalidad de esta divulgación, que incluye los dibujos y las reivindicaciones adjuntas.

### **Breve descripción de los dibujos**

45

Se puede obtener una comprensión más completa de la materia objeto haciendo referencia a la descripción detallada y a las reivindicaciones cuando se consideran junto con las siguientes figuras, en las que los números de referencia similares se refieren a elementos similares en todas las figuras.

50

La Figura 1 muestra esquemáticamente los componentes de un sistema fotovoltaico de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 2 muestra esquemáticamente los componentes adicionales del sistema fotovoltaico de la Figura 1 de acuerdo con una realización de la presente invención.

55

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación automática de tensión para un sistema fotovoltaico de acuerdo con una realización de la presente invención.

La Figura 4 muestra esquemáticamente detalles adicionales del sistema fotovoltaico de la Figura 2 de acuerdo con una realización de la presente invención.

60

### **Descripción detallada**

En la presente divulgación, se proporcionan numerosos detalles específicos, tales como ejemplos de aparatos, componentes y procedimientos, para proporcionar una comprensión completa de las realizaciones de la invención.

65

Los expertos en la materia reconocerán, sin embargo, que la invención se puede poner en práctica sin uno o más de los detalles específicos. En otros casos, los detalles bien conocidos no se muestran ni describen para evitar

oscurecer aspectos de la invención.

La Figura 1 muestra esquemáticamente los componentes de un sistema fotovoltaico 200 de acuerdo con una realización de la presente invención. Los componentes del sistema fotovoltaico mostrados en el ejemplo de la Figura 1 incluyen una pluralidad de cajas combinadoras 112, una pluralidad de paneles solares 114 y un inversor fotovoltaico 110. Un sistema fotovoltaico puede incluir una pluralidad de inversores pero solo uno se muestra en la Figura 1 por claridad de ilustración. Un panel solar 114 comprende células solares conectadas eléctricamente montadas en el mismo marco. En una realización, cada panel solar 114 comprende una pluralidad de células solares de contacto posterior conectadas en serie 115. También se pueden emplear células solares de contacto frontal. Solo algunas de las células solares de contacto posterior 115 se han etiquetado en la Figura 1.

Una cadena fotovoltaica comprende una pluralidad de paneles solares 114 conectados en serie como en la Figura 1. Un grupo de paneles solares 114 se conecta eléctricamente a una caja combinadora 112, donde los paneles solares 114 están conectados en serie. Las cajas combinadoras 112 se conectan eléctricamente de tal manera que todos los paneles solares 114 en la cadena fotovoltaica están conectados en serie. La salida de la cadena fotovoltaica se conecta eléctricamente al inversor 110, que convierte la corriente continua (CC) generada por las células solares 115 en corriente alterna (CA) adecuada para su suministro a una red eléctrica, por ejemplo.

La Figura 2 muestra esquemáticamente componentes adicionales del sistema fotovoltaico 200 de acuerdo con una realización de la presente invención. La Figura 2 muestra los inversores 110 descritos en relación con la Figura 1. Los paneles solares 114 no se muestran en la Figura 2 por claridad de ilustración. En el ejemplo de la Figura 2, los componentes del sistema fotovoltaico 200 están ubicados en una subestación fotovoltaica 210 y en las almohadillas inversoras 220.

Una almohadilla inversora 220 es un área general donde se encuentran los inversores. Las almohadillas inversoras 220 se ubican por lo general lejos de la subestación 210, lejos del punto de interconexión (POI) 204 con la red eléctrica. Los módulos de comunicación 201 permiten la comunicación de datos entre los inversores 110 y los componentes ubicados en la subestación 210. Una almohadilla inversora 220 puede incluir también componentes adicionales que no se muestran específicamente en la Figura 2, como convertidores analógico a digital, convertidores digital a analógico y otros componentes para soportar la operación de los inversores 110.

En una realización, la operación del sistema fotovoltaico 200 se controla mediante el Control De Supervisión y Adquisición De Datos (SCADA), con el controlador de planta 202 que actúa como ordenador de control central. En una realización, los inversores 110, el controlador de planta 202 y un ordenador de subestación 203 se comunican de acuerdo con el protocolo de comunicaciones Modbus TCP/IP. En esa realización, los módulos de comunicación 201 comprenden conmutadores Ethernet que proporcionan enlaces de comunicación de datos entre componentes del sistema fotovoltaico 200. La supervisión y el control pueden realizarse también mediante señalización analógica, por ejemplo, proporcionando un cableado individual para las señales.

En el ejemplo de la Figura 2, un transformador elevador en una almohadilla inversora 220 incrementa la salida de tensión de CA de un inversor 110 a una tensión más alta para su distribución a la subestación 210.

Un transformador elevador del generador (GSU) en la subestación 210 incrementa aún más la tensión de CA recibida de las almohadillas inversoras 220 antes de acoplarse al POI 204 para su distribución a la red eléctrica (no mostrada). Un ordenador de subestación 203 permite el control y supervisión de la subestación 210. El ordenador de subestación 203 puede configurarse para controlar circuitos de protección y leer la tensión en el POI 204 por medio de un medidor 205.

Un controlador de planta 202 en la subestación 210 puede comprender un ordenador de propósito especial o de propósito general configurado para facilitar el control de la tensión en (o cerca) del POI 204. Como será más evidente a continuación, el controlador de planta 202 puede facilitar el control de la tensión en el POI 204 al manipular una señal de control en forma de una tensión de referencia del inversor.

La tensión en un punto de interconexión se puede controlar por la regulación automática de tensión (AVR). En términos generales, la AVR puede implicar la manipulación de la exportación/importación de potencia reactiva del sistema fotovoltaico mediante la manipulación de los puntos de consigna reactivos (o factor de potencia) en el inversor para controlar la tensión en el punto de interconexión con la distribución, transmisión u otra conexión eléctrica a la red. La AVR puede emplearse también para coordinar la operación de un sistema fotovoltaico con fuentes de potencia reactiva, como compensadores de VAR estáticos y bancos capacitivos.

Si bien la AVR puede adaptarse para cambiar las tensiones de la red por sí misma, puede ser demasiado lenta para reaccionar ante algunas situaciones. Por ejemplo, cuando el controlador de AVR está intentando reducir la tensión de la red (por ejemplo, la red está a 1,03 pu, y el punto de consigna de la AVR está a 1,02 pu) al absorber una gran cantidad de potencia reactiva, la tensión del terminal del inversor puede estar a un valor más bajo (por ejemplo, 0,96 pu) debido a la impedancia del subsistema de recogida de CA dentro de la planta eléctrica. Esto puede dar como resultado que las tensiones de los terminales del inversor estén hasta un 7 % más bajas que la tensión en el punto

de interconexión. Si la tensión de la red bajara repentinamente, por ejemplo, a 0,97 pu, más rápido que el tiempo de respuesta del controlador de AVR y los inversores todavía están absorbiendo potencia reactiva, las tensiones de los terminales del inversor pueden caer muy bajo, por ejemplo, a 0,90 pu, y como resultado, los inversores se desconectan porque los inversores suelen tener una ventana de operación estrecha, que puede ser de +/- 10 %.

5 Para abordar el lento tiempo de respuesta de una implementación de AVR convencional, las realizaciones de la presente invención generan y manipulan una señal de control para permitir que un inversor se adapte rápidamente a las condiciones cambiantes de la red.

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de regulación automática de tensión para un sistema fotovoltaico de acuerdo con una realización de la presente invención. El procedimiento de la Figura 3 se explica utilizando los componentes de la Figura 2 con fines ilustrativos.

10

En el ejemplo de la Figura 3, el controlador de planta 202 sirve como un controlador de AVR. El controlador de planta 202 recibe una tensión de punto de consigna en forma de una tensión de referencia  $V_{REF}$ . La tensión de referencia  $V_{REF}$  puede recibirse desde una fuente SCADA o una pasarela de procesamiento de datos, por ejemplo. La tensión de referencia  $V_{REF}$  corresponde a un nivel de tensión regulado predeterminado y deseado en el POI 204.

15

En una realización, los inversores 110 se configuran para generar o absorber potencia reactiva en función de una tensión de referencia del inversor presentada en los terminales de los inversores 110 en las almohadillas inversoras 220. Los ejemplos de inversores comercialmente disponibles con esta capacidad incluyen los de SMA Solar Technology AG de Alemania. También se pueden utilizar otros inversores adecuados. Cuando la tensión de referencia del inversor se ajusta en respuesta a la tensión en el POI 204 que es demasiado alta (por ejemplo, por encima de una tensión umbral), un inversor 110 puede absorber la potencia reactiva para disminuir la tensión en el POI 204. De manera similar, cuando la tensión de referencia del inversor se ajusta en respuesta a la tensión en el POI 204 que es demasiado baja (por ejemplo, por debajo de una tensión umbral), el inversor 110 puede generar potencia reactiva para aumentar la tensión en el POI 204. La electrónica del inversor es especialmente adecuada para esta función, y algunos inversores disponibles en el mercado 110 tienen un tiempo de respuesta tan rápido como uno o unos pocos ciclos de CA. El rápido tiempo de respuesta del inversor 110 permite que las tensiones de los terminales del inversor permanezcan dentro de su ventana operativa en respuesta a los cambios de tensión transitorios de la red, y permite además que el inversor 110 genere potencia reactiva de emergencia cuando la red eléctrica más la necesita.

20

25

30

Debido a la impedancia en el sistema de recogida de CA, puede haber una gran diferencia entre la tensión en el POI 204 y la tensión en el terminal de un inversor 110. Es decir, la tensión en el terminal de un inversor 110 en una almohadilla inversora 220 no es necesariamente la misma que la tensión en el POI 204.

35

De acuerdo con una realización, el controlador de planta 202 recibe una lectura de la tensión en el POI 204 del medidor 205. El controlador de planta 202 genera una señal de error  $V_{ERR}$ , que indica la diferencia entre la tensión deseada en el POI 204 ( $V_{REF}$ ) y la tensión real en el POI 204 ( $V_{MEDIDOR}$ ). La señal de error se proporciona a un compensador 403, que genera una señal de control en forma de tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor en función de la señal de error. El compensador 403 ajusta la tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor para minimizar el error entre la tensión deseada y la real en el POI 204. El compensador 403 ajusta la tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor dentro de los valores mínimo ("Mín.") y máximo ("Máx."). En una realización, el compensador 403 genera la tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor utilizando un esquema de control proporcional-integral (PI). Otros esquemas de control que pueden usarse incluyen proporcional, integral, derivado, proporcional integral, integral derivado, proporcional derivado y proporcional integral derivado.

40

45

La tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor se recibe por el inversor 100, que genera o absorbe después potencia reactiva en función del valor de la tensión de referencia  $V_{INV\_REF}$  del inversor. El ciclo de realimentación continúa manteniendo la tensión en el POI 204 dentro de una tensión regulada dictada por la tensión de punto de consigna representada por la tensión de referencia  $V_{REF}$ .

50

La Figura 4 muestra esquemáticamente detalles adicionales del sistema fotovoltaico 200 de acuerdo con una realización de la presente invención.

55

En el ejemplo de la Figura 4, los bloques de funciones 401-408 y 410-413 son realizados por el controlador de planta 202. Como se puede apreciar, estas funciones pueden implementarse en software, hardware o combinación de hardware/software. Por ejemplo, el controlador de planta 202 puede comprender un ordenador con interfaces de hardware para la medición y control directo de entrada analógica, comunicaciones de datos (por ejemplo, adaptador de red Ethernet), adquisición de datos (por ejemplo, para recibir señales) y control (por ejemplo, para enviar señales de control) y el software del controlador asociado. El controlador de planta 202 puede utilizar procesadores dedicados o coprocesadores en combinación con el software de aplicación para realizar sus funciones. El controlador de planta 202 puede emplearse también en una configuración maestro-esclavo con otros controladores para coordinar la operación del sistema fotovoltaico 200 con fuentes de potencia reactiva, como compensadores de VAR estáticos y bancos capacitivos.

60

65

Haciendo referencia a la Figura 4, el controlador de planta 202 recibe una tensión de referencia  $V_{REF}$  que se emplea como una tensión de punto de consigna para establecer la tensión en el POI 204. Un sumador 401 genera una señal de error  $V_{ERR}$  basada en la diferencia entre la tensión deseada en el POI 204 como lo indica la tensión de referencia  $V_{REF}$  y la tensión en el POI 204 medida por el medidor 205 ( $V_{MEDIDOR}$ ).

5 En una realización, la tensión de referencia  $V_{REF}$  y la lectura de la tensión del medidor  $V_{MEDIDOR}$  se procesan en el controlador de planta 202 como señales digitales. Estas tensiones se pueden convertir a digital utilizando un convertidor analógico a digital (ADC), y se proporcionan después al controlador de planta 202 a través de una red de comunicaciones de datos. Como ejemplo particular, la tensión de referencia  $V_{REF}$  y la lectura de la tensión del medidor  $V_{MEDIDOR}$  pueden proporcionarse al controlador de planta 202 por medio de registros ModbusTCP. La verificación de límites se puede realizar en comandos y entradas (incluida la tensión de referencia  $V_{REF}$  y la lectura de tensión del medidor  $V_{MEDIDOR}$ ) recibidos por el controlador de planta 202.

15 La tensión de referencia  $V_{REF}$ , la lectura de tensión del medidor  $V_{MEDIDOR}$  y otras tensiones/corrientes en el sistema fotovoltaico pueden representarse por otros tipos de señales con cambios apropiados al resto del sistema fotovoltaico 200. Por ejemplo, una señal de tensión puede estar representada por una señal de corriente, y viceversa. Como otro ejemplo, las tensiones y corrientes en el sistema fotovoltaico se pueden representar en RMS (media cuadrática).

20 Una función de banda muerta de descarga (bloque 402) puede o no estar habilitada según la aplicación. La función de banda muerta de descarga permite que la tensión de error  $V_{ERR}$  varíe dentro de un intervalo sin ajustar la señal de control a los inversores 110. Más específicamente, la función de banda muerta de descarga permite que la entrada al compensador 403 varíe hacia arriba o hacia abajo cuando la tensión de la red (es decir, la tensión en el POI 204) está dentro de los límites (normalmente  $\pm 1\%$  del nominal), y mantiene los inversores 110 en una configuración de tensión de referencia para que los inversores 110 exporten un factor de potencia de valor uno. En otras palabras, si la tensión de la red está dentro de, por ejemplo,  $\pm 1\%$ , la entrada al compensador 403 es en realidad solo la tensión de la red. Esto también hará que los inversores 110 pasen al factor de potencia de valor uno si la tensión de la red está dentro de los límites de la banda muerta.

30 En una realización, el compensador 403 comprende un compensador PI. El compensador PI 403 puede ser absoluto, lo que significa que la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor se desplaza hacia arriba o hacia abajo basándose en la señal de error  $V_{ERR}$  y la ganancia proporcional ( $K_p$ ) y la ganancia integral ( $K_i$ ) del compensador PI 403. Sin embargo, la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor puede permanecer anclada por la tensión de referencia  $V_{REF}$ . El compensador 403 puede también ser incremental. El compensador 403 puede tener límites de saturación y protección de reinicio. El compensador 403 puede habilitarse o inhabilitarse debido a la lógica de la máquina de estados que se dispara cuando se producen perturbaciones en la red.

40 Una función de selección de límite de tensión (bloque 404) se configura para reducir o aumentar la salida de tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor del compensador 403 basándose en las entradas de los sub-bucles del limitador del factor de potencia (sub-bucle 431) y del limitador de potencia reactiva (sub-bucle 432). La función de selección de límite de tensión ajusta la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor, de modo que un inversor 110 no genera una salida que exceda un límite de factor de potencia (límite PF) y un límite de potencia reactiva (límite Q).

45 El sub-bucle del limitador del factor de potencia (sub-bucle 431) se configura para limitar la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor cuando el factor de potencia medido por el medidor 205 en el POI 204 está cerca, en o sobre un límite del factor de potencia (límite PF). La lectura del factor de potencia del medidor 205 se filtra mediante un filtro de factor de potencia (filtro PF) y luego se compara con el límite del factor de potencia (bloque 413). El sub-bucle del limitador del factor de potencia tiene su propio compensador 410 porque el factor de potencia en el POI 204 no es necesariamente el mismo que el factor de potencia en los terminales del inversor debido a los cambios de impedancia en la potencia real que fluye a través del sistema de recogida de CA de la planta. El compensador 409 puede emplear un PI u otro esquema de control.

50 El sub-bucle del limitador de potencia reactiva (sub-bucle 432) se configura para limitar la salida de potencia reactiva de los inversores 110 cuando la potencia reactiva medida por el medidor 205 en el POI 204 está cerca, en o por encima de un límite de potencia reactiva (límite Q). La lectura de potencia reactiva del medidor 205 se filtra mediante un filtro de potencia reactiva (filtro Q) y luego se compara con el límite de potencia reactiva (bloque 412). El sub-bucle de potencia reactiva tiene su propio compensador 411 porque el factor de potencia reactiva en el POI 204 no es necesariamente el mismo que en la potencia reactiva en los terminales del inversor debido a los cambios de impedancia en la potencia real que fluye a través del sistema de recogida de CA de la planta. El compensador 410 puede emplear un PI u otro esquema de control.

Una función de límite de tasa global (bloque 405) limita la tasa de cambio de la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor. Esto protege contra cambios rápidos y drásticos en la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor.

65 Una función de desviación del inversor (bloque 406) se configura para compensar las interrupciones del inversor modificando las tensiones de referencia individuales del inversor, si es necesario. La función de desviación del

- inversor puede desviar las tensiones de referencia individuales del inversor hacia arriba o hacia abajo en función de los valores de desviación del inversor calculados por la función del equilibrador de potencia reactiva (bloque 408). La función del equilibrador de potencia reactiva examina la salida de potencia reactiva de todos los inversores 110 con los que se está comunicando el controlador de planta 202. Si un inversor particular 110 está exportando/absorbiendo más potencia reactiva que otros inversores 110, la tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor para ese inversor particular 110 se ajustará hacia arriba o hacia abajo en consecuencia. La función del equilibrador de potencia reactiva puede leer una salida de potencia reactiva del inversor directamente desde el terminal del inversor. Existen múltiples filtros de potencia reactiva (filtro Q) y entradas de potencia reactiva al equilibrador de potencia reactiva 408, pero solo se muestra un conjunto en la Figura 4 por claridad de la ilustración.
- La función de desviación del inversor puede recibir periódicamente una señal de latido de cada inversor 110 para detectar interrupciones del inversor. Se aplica una función de límite de velocidad individual (bloque 407) a cada tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor individual antes de proporcionarse a un inversor 110 correspondiente. En una realización, se proporciona una tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor a un inversor correspondiente 110 por medio de un registro ModbusTCP. La tensión de referencia  $V_{INV-REF}$  del inversor se lee del registro y se convierte en una señal de tensión analógica, que luego se presenta a un terminal del inversor 110 en la almohadilla inversora 220 donde se encuentra el inversor 110.
- Se ha divulgado una técnica mejorada de regulación automática de tensión para sistemas fotovoltaicos. Si bien se han proporcionado realizaciones específicas de la presente invención, debe entenderse que estas realizaciones tienen fines ilustrativos y no limitativos. Muchas realizaciones adicionales serán evidentes para los expertos en la técnica que lean esta divulgación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para regular automáticamente la tensión generada por un sistema fotovoltaico, comprendiendo el procedimiento:
  - 5 medir la tensión suministrada por un sistema fotovoltaico en un punto de interconexión (204) con una red eléctrica para generar una tensión de red medida;
  - comparar la tensión de red medida con una tensión de referencia, indicando la tensión de referencia una tensión de consigna para el punto de interconexión (204);
  - generar una tensión de referencia del inversor basándose en la comparación de la tensión de red medida con la
    - 10 tensión de referencia;
    - presentar la tensión de referencia del inversor a un inversor fotovoltaico (110) en la ubicación del inversor fotovoltaico, convirtiendo el inversor fotovoltaico la corriente continua generada por las células solares en corriente alterna para su suministro a la red eléctrica;
    - ajustar la tensión de referencia del inversor para ajustar una salida de potencia reactiva del inversor fotovoltaico a fin
      - 15 de responder a los cambios transitorios de la tensión de red medida.
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la tensión de referencia del inversor es generada por un compensador (403) de acuerdo con un esquema de control.
- 20 3. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que el esquema de control comprende un compensador proporcional integral.
4. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende además: limitar una tasa de cambio de la tensión de referencia del inversor.
- 25 5. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además: limitar la tensión de referencia del inversor basándose en una comparación de la potencia reactiva generada por el inversor fotovoltaico (110) frente a la potencia reactiva generada por otros inversores fotovoltaicos en el sistema fotovoltaico.
- 30 6. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que las células solares (115) comprenden células solares de contacto posterior montadas en paneles solares.
7. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que la tensión de referencia del inversor se proporciona en el inversor fotovoltaico (110) por medio de registros transmitidos a través de una red de comunicaciones de datos.
- 35 8. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que la tensión de referencia del inversor se ajusta para hacer que el inversor fotovoltaico (110) absorba potencia reactiva cuando la tensión medida indica que la tensión de la red está por encima de una tensión umbral.
- 40 9. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la tensión de referencia del inversor se ajusta para hacer que el inversor fotovoltaico (110) genere potencia reactiva cuando la tensión medida indica que la tensión de red está por debajo de una tensión umbral.
- 45 10. Un sistema fotovoltaico que comprende:
  - una pluralidad de células solares (115);
  - una pluralidad de inversores fotovoltaicos (110) configurados para convertir la corriente continua generada por la pluralidad de células solares en corriente alterna; y
  - un controlador de planta (202) configurado para ajustar una tensión de referencia del inversor basándose en una
    - 50 tensión medida en un punto de interconexión (204) de un sistema fotovoltaico con una red eléctrica, y para proporcionar la tensión de referencia del inversor a un inversor fotovoltaico en la pluralidad de inversores fotovoltaicos (110) para ajustar una salida de potencia reactiva del inversor fotovoltaico y responder a una tensión de red cambiante en el punto de interconexión (204).
- 55 11. El sistema fotovoltaico de la reivindicación 10, que comprende además un medidor (205) configurado para medir la tensión medida en el punto de interconexión (204).
12. El sistema fotovoltaico de la reivindicación 10 u 11, que comprende además una pluralidad de conmutadores que proporcionan enlaces de comunicación de datos entre el controlador de planta (202) y la pluralidad de inversores fotovoltaicos (110).
- 60 13. El sistema fotovoltaico de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, en el que el controlador de planta (202) se configura para limitar una tasa de cambio de la tensión de referencia del inversor.
- 65 14. El sistema fotovoltaico de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, en el que el controlador de planta (202) se configura para limitar la tensión de referencia del inversor basándose en una comparación de la potencia reactiva

generada por el inversor fotovoltaico (110) y la potencia reactiva generada por otros inversores fotovoltaicos en la pluralidad de inversores fotovoltaicos.

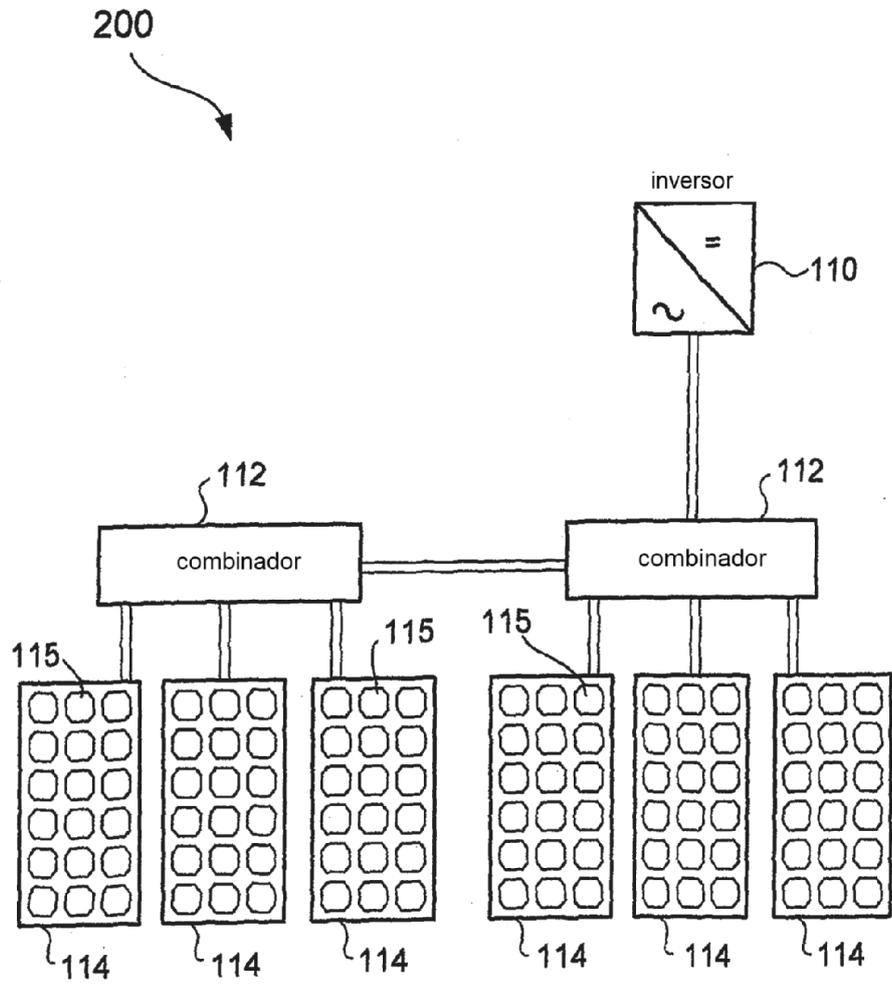


FIG. 1

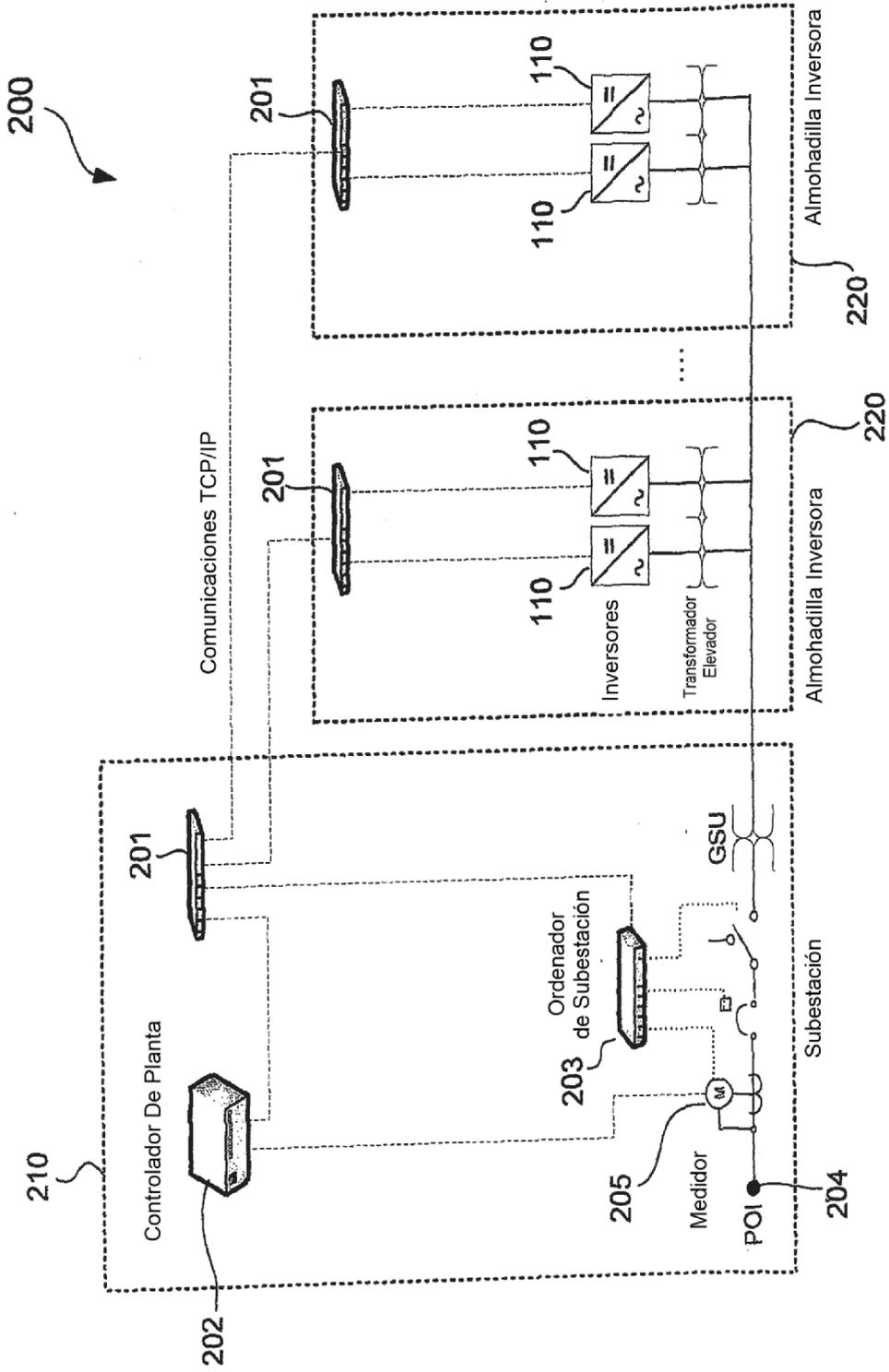


FIG. 2

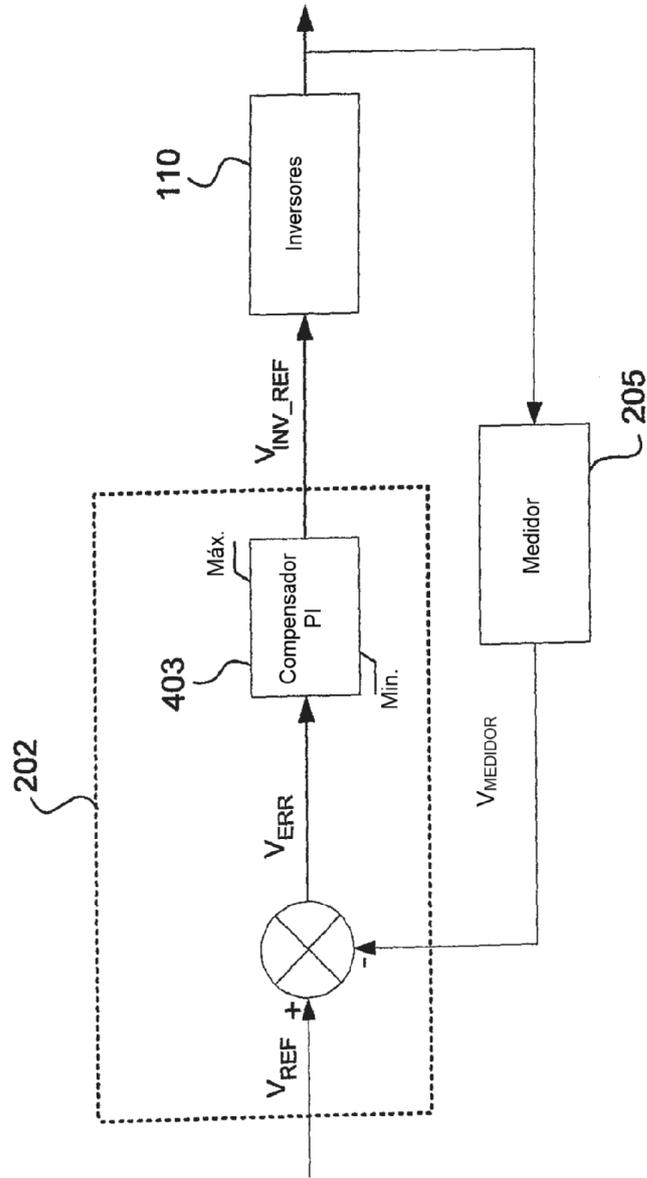


FIG. 3

