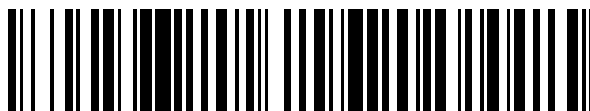


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 222**

51 Int. Cl.:

H02M 7/42 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.05.2012** **PCT/US2012/039595**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.12.2012** **WO12166605**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.05.2012** **E 12792382 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.12.2017** **EP 2715928**

54 Título: **Controlador de tensión de DC de alto rango dinámico para un inversor fotovoltaico**

30 Prioridad:

03.06.2011 US 201161493045 P
13.06.2011 US 201113159396

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.04.2018

73 Titular/es:

**SCHNEIDER ELECTRIC SOLAR INVERTERS USA,
INC. (100.0%)**
250 S. Vasco Road
Livermore, CA 94551, US

72 Inventor/es:

KAISER, KARL

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 664 222 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

Controlador de tensión de DC de alto rango dinámico para un inversor fotovoltaico

Antecedentes

5 Los sistemas fotovoltaicos usan células solares para convertir luz en electricidad. Un sistema fotovoltaico típico incluye múltiples componentes, incluyendo las células fotovoltaicas, las conexiones eléctricas y mecánicas, los montajes, y los controladores para regular y/o modificar la corriente eléctrica producida por el sistema fotovoltaico.

El documento EP2325984A1 describe un método para precargar un condensador de un circuito intermedio de tensión de corriente continua en una entrada de DC de un inversor desde una entrada de AC a través de una red de AC.

10 Los siguientes términos se usan en este documento para describir los diversos componentes y/o aspectos operacionales de los sistemas fotovoltaicos:

PV	fotovoltaico
DC	corriente continua
AC	corriente alterna
15 I_{SC}	corriente de cortocircuito
V_{OC}	tensión de circuito abierto
P_{max}	potencia de salida máxima de la matriz solar
V_{max}	tensión de salida de la matriz solar a potencia de salida máxima
I_{max}	corriente de salida de la matriz solar a potencia de salida máxima

20 La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema 100 de potencia fotovoltaica convencional. El sistema 100 de potencia PV incluye una matriz 101 de células solares que comprende una o más células solares (también referida como células fotovoltaicas) que convierten luz en tensión de DC. Las células solares son dispositivos de estado sólido que convierten la energía de la luz del sol directamente en electricidad mediante el efecto fotovoltaico. La matriz 101 de células solares está acoplada a un conmutador 102 de DC. El conmutador 102 de DC se puede cerrar para conectar la matriz 101 de células solares al banco 104 de condensadores de DC. Cuando el conmutador 102 de DC está cerrado y la matriz 101 de células solares está generando potencia, la matriz 101 de células solares puede proporcionar potencia para cargar el banco 104 de condensadores de DC.

El banco 104 de condensadores de DC está conectado a un inversor 105. El inversor 105 convierte la tensión de DC de salida emitida desde el banco 104 de condensadores en tensión de AC pulsada de 3 fases (en algunos casos de 2 fases). El inversor 105 emite la corriente de AC pulsada hasta un filtro 106. El filtro 106 convierte la corriente de AC pulsada emitida por el inversor 205 en tensión de AC sinusoidal. La tensión de AC sinusoidal se puede emitir después a la red 109 eléctrica. Si un conmutador 107 de la red de AC está cerrado, la tensión de AC sinusoidal emitida por el filtro 106 es recibida por el transformador 108 de potencia. El transformador 108 de potencia adapta la tensión emitida por el sistema 100 PV a tensión de red. Esta configuración permite al sistema 100 PV emitir la electricidad en la red 109 eléctrica. La tensión emitida por el sistema 100 fotovoltaico es no mayor que la tensión de red. El inversor 105 puede tener un periodo obligatorio de aumento gradual donde la tensión de DC proporcionada por la matriz 101 de células solares debe aumentar de manera gradual desde una tensión inicial de arranque hasta una tensión operativa.

40 La FIG. 2 es un gráfico que ilustra las características de una célula fotovoltaica. El gráfico es una curva corriente-tensión (curva I-V) para una célula PV típica. V_{OC} representa la tensión de salida de la célula solar o de la matriz de células solares donde no hay carga conectada a la célula o a la matriz de células PV. En el ejemplo ilustrado en la FIG. 1, cuando el conmutador 102 de DC está abierto, V_{OC} representa la tensión de salida de la matriz 101 de células solares, ya que la matriz 101 de células solares está desconectada de la carga (la red 109).

El valor I_{SC} representa la corriente producida por la célula o la matriz de células PV en el caso de que exista un cortocircuito. Como se puede ver a partir de la gráfica en la FIG. 2, existe una tensión máxima V_{max} donde la célula o la matriz de células PV producen una potencia máxima P_{max} . En un sistema fotovoltaico típico, tal como un sistema 100 de potencia PV, el inversor 105 incluye un controlador de tensión de DC (no mostrado) que controla la tensión (V_{DC}) de DC proporcionada por la célula o la matriz de células PV para operar la célula o la matriz de células PV en el punto de máxima potencia. La tensión de red y la V_{max} de la célula o la matriz de células PV normalmente no cambia muy rápidamente, por lo que el controlador de tensión de DC normalmente no tiene que responder de manera dinámica a cambios rápidos en estas tensiones.

El siguiente es un proceso típico para encender un sistema fotovoltaico, tal como un sistema 100 PV. Si la V_{DC} de la matriz solar es mayor que una tensión umbral predeterminada (al menos mayor que la tensión de AC de salida de pico del transformador), el controlador del sistema PV cierra el conmutador 102 de DC entre el banco 104 de condensadores de DC y la matriz 101 de células solares. Cuando el conmutador 102 de DC se ha cerrado, la matriz 101 solar opera como una fuente de corriente y comienza a cargar el banco 104 de condensadores de DC según las características de la célula fotovoltaica específica de la matriz solar y el nivel de tensión de DC que se genera. Cuando el banco 104 de condensadores de DC se ha cargado hasta la V_{OC} , el inversor 105 cierra el conmutador 107 de la red de AC. El pico de la tensión de AC de salida del transformador es menor que V_{OC} . En este punto, ninguna corriente fluye entre la matriz solar y la red, incluso aunque todos los conmutadores estén cerrados. A continuación, el inversor 105 comienza a generar la tensión de AC y el inversor 105 sincroniza su tensión de salida de AC con la tensión de red y la frecuencia de red. La corriente de salida de AC del inversor 105 durante esta fase de operación es aproximadamente cero. El sistema fotovoltaico aún no está generando potencia, y la tensión de DC es V_{OC} . Cuando el inversor 105 ha comenzado a generar la tensión de AC y ha sincronizado su salida con la tensión de red, el controlador de tensión de DC del sistema fotovoltaico comienza la operación y reduce la tensión de DC desde V_{OC} hasta V_{max} . El cambio de la tensión de DC es generalmente un procedimiento muy lento. La FIG. 2 ilustra la diferencia entre V_{OC} y V_{max} . Cuando la tensión de DC está en V_{OC} , el sistema no está generando potencia, y cuando la tensión de DC es V_{max} el sistema está generando la potencia máxima.

El proceso de encendido estándar descrito anteriormente tiene varias desventajas. Por ejemplo, V_{DC} es uno de los parámetros de diseño clave para los sistemas fotovoltaicos, especialmente con respecto a los componentes del inversor 105 y del banco 104 de condensadores de DC. La tendencia actual para los sistemas fotovoltaicos es que la V_{DC} se aumente a valores mayores (por ejemplo, en el rango de los 1000V). Se preferiría una V_{DC} menor desde el punto de vista del diseño, ya que el inversor no tendría que manejar dichas altas tensiones. Para operar a mayores tensiones, la eficiencia se compromete. La tensión de DC máxima durante la operación del inversor es V_{max} , y el nivel de tensión entre la V_{max} y la V_{DC} se usa sólo durante el procedimiento de encendido.

Una técnica que se puede usar para disminuir la tensión de DC proporcionada por la matriz 101 de células solares es introducir una precarga en el sistema PV para disminuir la tensión proporcionada al inversor 105 durante el periodo de aumento gradual para el inversor 105. La FIG. 3 ilustra un sistema PV 300 que incluye una precarga 303 de encendido (también referida en este documento como una carga de encendido). El sistema PV 300 incluye una matriz 301 de células solares, un conmutador 302 de DC, un banco 304 de condensadores de DC, un inversor 305, un filtro 306, un conmutador 307 de red de AC, y un transformador 308 de potencia. El transformador 308 de potencia adapta la tensión emitida por el sistema 300 PV a la tensión de red. Esta configuración permite al sistema 300 PV emitir electricidad en la red 309 eléctrica.

La secuencia de encendido para el sistema 300 PV es ligeramente diferente que la del sistema 100 PV, ya que el sistema 300 PV incluye la precarga 303. En el sistema 300 PV, el controlador del sistema PV cierra el conmutador 302 de DC que conecta la matriz 301 de células solares a la carga 303 de encendido. La carga 303 de encendido se dispone entre la matriz 301 de células solares y el banco 304 de condensadores de DC. El controlador del inversor 305 PV entonces cierra el conmutador 307 de la red de AC hasta que el banco 304 de condensadores de DC se carga hasta la $V_{encendido}$. El inversor 105 entonces puede comenzar a generar la tensión de AC y el filtro 306 comienza la sincronización de la tensión de salida de AC a la tensión de red y la frecuencia de red. La carga 303 de encendido es entonces deshabilitada por el controlador del inversor 305 PV, y el controlador de tensión de DC del sistema 300 PV que está operando para reducir la tensión de DC desde $V_{encendido}$ hasta V_{max} para generar la potencia máxima para el sistema PV.

La FIG. 4 ilustra la distinción entre operar a la $V_{encendido}$ donde la potencia generada por el sistema iguala la $P_{encendido}$ y operar a la V_{max} donde la potencia generada por el sistema iguala la P_{max} . La FIG. 4 es un gráfico que ilustra las características de una célula fotovoltaica que incluye el punto de operación de encendido. La gráfica es una curva corriente-tensión (curva I-V) para una célula PV típica. La $V_{encendido}$ representa la tensión de encendido y la $I_{encendido}$ representa la corriente de encendido. Como se puede ver en la FIG. 4, la tensión de encendido cae entre la V_{max} y la V_{OC} para la célula o la matriz de células PV.

En los sistemas PV convencionales, tales como los ilustrados en las FIG. 1 y 3, el inversor se puede "sobredimensionar" para permitir al inversor operar a tensiones mayores tales como la V_{OC} de la matriz de células solares, pero este enfoque sacrifica la eficiencia del inversor. Además, añadir una precarga al sistema como se sugiere en la implementación alternativa ilustrada en la FIG. 3 puede disminuir los niveles de tensión a los que el inversor puede operar, pero este enfoque añade gastos y complejidad al sistema PV.

Compendio

Los aspectos de la invención se describen en la reivindicación independiente 1 del método.

La implementación de dicho método puede incluir una o más de las características siguientes.

El banco de condensadores de DC almacena una carga eléctrica y emite una corriente de DC al inversor de potencia.

La tensión asociada con un nivel de salida de potencia máxima de la matriz de células solares es menor que la tensión de encendido para el inversor de potencia. Cerrar el conmutador de DC para permitir a la matriz de células solares proporcionar la potencia de DC al banco de condensadores de DC para cargar el banco de condensadores de DC cuando la tensión de DC recibida desde el banco de condensadores de DC se ha estabilizado en la tensión de encendido predeterminada para el inversor de potencia. El inversor de potencia, tras la operación de inicio, convierte la tensión de DC desde la recibida desde el banco de condensadores de DC a una tensión de AC que puede ser emitida a la red eléctrica.

Los aspectos de la invención también se describen en la reivindicación independiente 4 del aparato.

La implementación del controlador puede incluir una o más de las siguientes características.

- 10 El banco de condensadores de DC almacena una carga eléctrica y emite una corriente de DC al inversor de potencia.

El inversor de potencia, tras la operación de inicio, convierte la tensión de DC recibida desde el banco de condensador de DC a una tensión de AC que es emitida a la red eléctrica.

- 15 Los objetos y/o técnicas descritas en este documento pueden proporcionar una o más de las siguientes capacidades, así como otras capacidades no mencionadas. El inversor del sistema PV puede operar de manera más eficiente y el sistema PV puede operar con una carga de encendido. Otras capacidades se pueden proporcionar y no todas las implementaciones según la descripción deben proporcionar alguna, y mucho menos todas las capacidades discutidas. Además, puede ser posible que se logre el efecto anteriormente mencionado por medios distintos a los mencionados, y el objeto/técnica mencionada puede no producir necesariamente el efecto mencionado.

20 **Breve descripción de los dibujos**

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema fotovoltaico convencional.

La FIG. 2 es una curva I-V para una célula solar que ilustra el punto de potencia máxima para la célula solar.

La FIG. 3 es un diagrama de bloques de alto nivel de otro sistema PV convencional que incluye una precarga.

- 25 La FIG. 4 es una curva I-V para una célula solar que ilustra las características de una célula fotovoltaica y el punto de operación de carga de encendido.

La FIG. 5 es un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema PV que incluye un controlador de DC para el inversor PV del sistema PV.

La FIG. 6 es un diagrama de bloques de un controlador DC para un inversor PV.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de bloques de un método para encender un sistema fotovoltaico.

30 **Descripción detallada de la invención**

Se describen las técnicas para encender un inversor de un sistema fotovoltaico donde el inversor incluye un controlador de tensión de DC de alto rango dinámico.

- 35 La FIG. 5 es un diagrama de bloques de alto nivel de un sistema 500 PV. El inversor 505 del sistema PV incluye un controlador 599 de DC de alto rango dinámico que tiene un tiempo de subida de control de corriente rápido. El sistema 500 PV incluye una matriz 501 de células solares. La matriz de células solares incluye una o más células PV que generan tensión de DC al ser expuestas a la luz mediante el uso del efecto fotovoltaico. La matriz 501 de células solares se acopla al conmutador 102 de DC. El conmutador 502 de DC se puede cerrar para conectar la matriz 501 de células solares al banco 504 de condensadores de DC, o se puede abrir para desconectar la matriz 501 de células solares del banco 504 de condensadores de DC. El controlador 599 de DC se puede configurar para enviar una señal de control al conmutador 502 de DC para abrir o cerrar el conmutador.

- 40 El controlador 599 de DC puede controlar la operación del conmutador 502 de DC durante un procedimiento de encendido del inversor 505. Durante el procedimiento de encendido para el inversor 105, el controlador 599 de DC puede abrir el conmutador 502 de DC para desconectar la matriz 501 de células solares del banco 504 de condensadores de DC para evitar que la matriz 501 de células solares cargue el banco 504 de condensadores de DC. En cambio, el controlador 599 de DC puede provocar que el banco 504 de condensadores de DC se cargue de la red 509. En la FIG. 7 se ilustra un método para la implementación de un procedimiento de encendido para el inversor 505 donde el controlador 599 de DC carga el banco 504 de condensadores de DC desde la red 509 en lugar de desde la matriz 501 de células solares. Mediante la carga del banco 504 de condensadores de DC desde la red 509 en lugar de desde la matriz 504 de células solares durante el periodo de encendido para el inversor 505, el inversor 505 se puede diseñar para operar a tensiones más bajas lo que puede resultar en un aumento de la eficiencia. Este enfoque elimina también la necesidad de incluir una costosa precarga al sistema 500 PV.

El banco 504 de condensadores de DC se conecta al inversor 505. El inversor 505 convierte la tensión de DC emitida desde el banco 104 de condensadores en una tensión de AC pulsada de 3 fases (o en algunos casos de 2 fases). El inversor 105 emite la corriente de AC pulsada hasta un filtro 106. El filtro 106 convierte la corriente de AC pulsada emitida por el inversor 205 en una tensión de AC sinusoidal. La tensión de AC sinusoidal se puede emitir entonces a una red 109 eléctrica.

El controlador 599 de DC puede controlar también la operación del conmutador 507 de red de AC. El controlador 599 de DC se puede configurar para enviar una señal de control al conmutador 507 de red de AC para cerrar el conmutador 507 de red de AC para permitir a la tensión de AC sinusoidal emitida por el filtro 506 ser recibida por el transformador 508 de potencia. El transformador 508 de potencia adapta la tensión emitida por el sistema 500 PV a la tensión de red. Esta configuración permite al sistema 500 PV emitir electricidad en la red 509 eléctrica. El controlador 599 de DC puede enviar también una señal de control para cerrar el conmutador 507 de red de AC durante la fase de encendido del inversor 505. Durante la fase de encendido del inversor 505, el controlador 599 de DC puede abrir el conmutador 502 de DC y cerrar el conmutador 507 de red de AC para desconectar el banco 504 de condensadores de DC de la matriz 504 de células solares y para permitir fluir la tensión desde la red 509 a través del inversor 505 hasta el banco 504 de condensadores de DC para cargar el banco de condensadores de DC. Este enfoque permite al controlador 599 de DC cargar el banco 502 de condensadores de la red 509. El controlador 599 de DC puede inicializar la operación del inversor 505 cuando el banco 504 de condensadores de DC se ha cargado a la $V_{\text{encendido}}$. El controlador 599 de DC puede entonces estabilizar la tensión de operación del inversor 505 a la $V_{\text{encendido}}$.

El controlador 599 de DC puede cerrar el conmutador 502 de DC para permitir a la matriz 501 de células solares proporcionar potencia al banco 504 de condensadores de DC para cargar el banco de condensadores. La matriz 501 de células solares puede entonces cargar el banco de condensadores de DC como una fuente de corriente con una corriente constante de $I_{\text{encendido}}$. Este enfoque limita el exceso transitorio de la tensión (V_{Δ}) de DC a niveles muy bajos. Como resultado, la tensión de DC máxima para la operación del inversor 505 es $V_{\text{encendido}} + V_{\Delta}$. El inversor 505 no requerirá operar a la V_{OC} de la matriz 501 de células solares. Por consiguiente, incluso en los sistemas en los que la matriz 501 de células solares tiene una V_{OC} muy alta, la tensión de operación del inversor 505 se puede controlar muy de cerca y mantenerla cercana a la $V_{\text{encendido}}$, lo que significa que el inversor 505 no necesita ser sobredimensionado para manejar tensiones superiores a los voltajes de operación necesarios y se pueden usar componentes de inversor más eficientes en el inversor 505.

La FIG. 6 es un diagrama de bloques del controlador 599 de DC de alto rango dinámico para el inversor 505 del sistema 500 PV. El controlador 599 incluye un procesador 10605, una memoria 620, entradas 635 de tensión, un voltímetro 630, y una interfaz 640 de control. La memoria 1020 incluye un módulo 622 de control de tensión y un módulo 1026 de señal de control. La memoria 1020 puede comprender uno o más tipos de memoria legible por ordenador tangible, no transitoria, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria flash, o una combinación de las mismas. Los módulos pueden comprender instrucciones ejecutables por ordenador que pueden ser ejecutadas por el procesador 605.

El procesador 605 puede comprender uno o más microprocesadores configurados para acceder a la memoria 620. El procesador 605 puede leer los datos desde y escribir los datos en la memoria 620. El procesador 605 puede leer también el código del programa ejecutable desde la memoria 620 y ejecutar el código del programa.

Las entradas 635 de tensión proporcionan una interfaz a través de la cual el controlador 599 puede monitorizar las tensiones en todo el sistema 500 fotovoltaico. Por ejemplo, las entradas 635 de tensión se pueden usar para monitorizar la tensión de red (V_{red}), la tensión de DC (V_{DC}) proporcionada por la matriz 501 de células solares, y/o la tensión del banco 504 de condensadores de DC. El voltímetro 630 se puede usar para determinar la tensión de las diversas entradas que se monitorizan mediante el uso de las entradas 635 de tensión. El voltímetro 630 puede ser un voltímetro externo y el controlador 599 se puede configurar para recibir una señal desde el voltímetro externo que monitoriza la tensión de red (V_{red}), la tensión de DC (V_{DC}) proporcionada por la matriz 501 de células solares, y/o la tensión del banco 504 de condensadores de DC.

El procesador 605 puede enviar señales de control a uno o más dispositivos externos a través de la interfaz 640 de control. Por ejemplo, la interfaz 540 de control se puede conectar al conmutador 507 de la red de AC y al banco 504 de condensadores de DC y puede enviar señales de control a cada uno de los conmutadores para abrir y cerrar los conmutadores. La interfaz de control puede enviar también una señal de control al inversor 504 para iniciar una secuencia de encendido del inversor. La interfaz 640 de control se puede configurar para proporcionar conexiones por cable, conexiones inalámbricas, o una combinación de las mismas para el control del conmutador 507 de la red de AC y del banco 504 de condensadores de DC, y para comunicarse con el inversor 505.

El módulo 622 de control de tensión puede incluir código ejecutable que provoque que el procesador 605 realice un método de encendido para el inversor 505 de un sistema 500 PV. El módulo 622 de control de la tensión se puede configurar para realizar las etapas descritas en el método de la FIG. 7 cuando se enciende el inversor. El módulo 622 de control de tensión puede dar instrucciones al módulo 626 de señal de control para abrir y cerrar el conmutador 507 de la red de AC y el conmutador 502 de la red de DC para controlar el flujo de potencia a través del sistema 500 PV. El módulo 622 de control de tensión puede dar instrucciones también al módulo 626 de señal de

control para enviar señales de control al inversor 505. Por ejemplo, el módulo 622 de control de la tensión puede dar instrucciones al módulo 626 de señal de control para enviar una señal de control al inversor 505 para detener la operación, para iniciar la operación, o para entrar en un modo de encendido.

El módulo 626 de señal de control puede incluir código ejecutable que puede provocar que el procesador 605 de instrucciones a la interfaz 640 de control para enviar un comando a uno o más dispositivos externos, tales como el conmutador 507 de la red de AC, el banco 504 de condensadores de DC, y el inversor 505. Por ejemplo, el módulo 626 de señal de control puede enviar una señal al conmutador 507 de la red de AC para cerrar el conmutador para proporcionar una conexión desde la red 509 al inversor 505 o el módulo 626 de señal de control puede enviar una señal al conmutador 507 de la red de AC para abrir el conmutador para desconectar la red 509 del inversor 505. El módulo 626 de señal de control puede enviar una señal al conmutador 502 de DC para cerrar el conmutador para proporcionar una conexión desde la matriz 501 de células solares hasta el banco 504 de condensadores de DC o el módulo 626 de señal de control puede enviar una señal hasta el conmutador 502 de DC para abrir el conmutador para desconectar la matriz 501 de células solares del banco 504 de condensadores de DC.

La FIG. 7 es un diagrama de flujo de bloques de un método para encender un inversor de un sistema fotovoltaico. El método para encender el sistema PV ilustrado en la FIG. 7 puede ser implementado mediante el módulo 622 de control de tensión del controlador 599 del sistema 500 PV. En el método ilustrado en la FIG. 7, el banco 504 de condensadores de DC se puede cargar con la potencia de la red antes de que el conmutador 502 de DC se cierre para habilitar la matriz 501 de células solares.

El controlador 599 del inversor 505 puede abrir entonces el conmutador 502 de DC y el conmutador 507 de AC (etapa 705). La matriz 501 de células solares puede estar generando potencia en este punto, pero ya que el conmutador 502 de DC está abierto, la matriz 501 de células solares no puede proporcionar la potencia generada al banco 504 de condensadores de DC para cargar los condensadores. También, ya que el conmutador 507 de la red de AC está abierto, el sistema 500 PV se desconecta de la red 509 eléctrica y no proporciona potencia o recibe potencia desde la red 509.

El conmutador 507 de la red de AC se puede cerrar entonces para conectar el inversor 505 a la red 509 (etapa 710). La potencia de la red 509 puede ahora alcanzar al inversor 505 que incluye el controlador de tensión de DC de alto rango dinámico. El inversor 505 puede permitir que la corriente de la red fluya de nuevo en el banco 504 de condensadores de DC para cargar el banco 504 de condensadores de DC. El inversor convierte la potencia de AC de la red en potencia de DC que puede cargar el banco 504 de condensadores. Este enfoque utiliza la potencia desde la red para cargar el banco 504 de condensadores en lugar de depender de la corriente de DC proporcionada por la matriz 501 de células solares. El inversor 505 no está operando en este punto para convertir potencia de DC a AC.

El controlador de tensión de DC puede monitorizar la tensión del banco 504 de condensadores (etapa 715), y tomar la determinación de si se ha alcanzado la tensión deseada (etapa 717). Si no se ha alcanzado aún la tensión deseada, el controlador 599 puede continuar para monitorizar la tensión del banco de condensadores. En un ejemplo, el banco 504 de condensadores se puede cargar hasta la $V_{\text{encendido}}$, donde la $V_{\text{encendido}}$ es la deseada para encender el inversor 505. Como se puede ver en la FIG. 4, la $V_{\text{encendido}}$ es menor que la V_{OC} pero es mayor que la V_{max} . Operando en la $V_{\text{encendido}}$ pondrá menos tensión en el inversor 505 que si el inversor 505 estuviera operando en la V_{OC} . El inversor 505 no necesitaría ser sobredimensionado para manejar la mayor tensión. Los sistemas sobredimensionados tienen una menor eficiencia y una mayor complejidad que los sistemas que no están sobredimensionados.

Con el banco de condensadores de DC en el nivel de carga deseado, el controlador de tensión de DC puede iniciar la operación del inversor 505 (etapa 720). El inversor 505 comienza a operar y extraer corriente desde el banco 504 de condensadores de DC para comenzar a generar potencia de AC y el filtro 506 empieza a sincronizar la salida de AC del inversor 505 con la tensión y la frecuencia de la red 509.

El controlador de tensión de DC estabiliza la tensión de DC del sistema a la tensión de encendido, $V_{\text{encendido}}$ (etapa 725). El controlador de tensión de DC puede cerrar entonces el conmutador 502 de DC (etapa 730). Cerrar el conmutador de DC permite a la potencia de DC proporcionada por la matriz 501 de células solares cargar el banco 504 de condensadores de DC. La matriz 501 de células solares puede ahora cargar el banco de condensadores de DC como una fuente de corriente con una corriente $I_{\text{encendido}}$ constante.

El controlador 599 de tensión de DC puede entonces esperar que transcurra el periodo de encendido del inversor (etapa 735) antes de ajustar la tensión de DC desde la $V_{\text{encendido}}$ hasta la V_{max} para permitir al sistema 500 PV generar tan cerca de la potencia máxima de la matriz 501 de células solares como sea posible (etapa 740).

El controlador de tensión de DC de alto rango dinámico mantiene el exceso transitorio de la tensión de DC (V_{Δ}) muy bajo. Como resultado, la tensión de DC máxima para la operación del inversor es $V_{\text{encendido}} + V_{\Delta}$. El equipo adicional, tal como una precarga, se puede eliminar incluso donde la matriz 501 de células solares tenga un V_{OC} muy alta. Además, ya que las tensiones de operación del inversor 505 se han reducido, el inversor 505 puede usar componentes de una mayor eficiencia.

5 Los diversos bloques lógicos, módulos, y etapas de algoritmos ilustrativos descritos se pueden implementar como hardware electrónico, software informático, o combinación de ambos. Para ilustrar de manera clara esta intercambiabilidad de hardware y software, se han descrito varios componentes, bloques, módulos, y etapas ilustrativas anteriormente de manera general en términos de su funcionalidad. Si dicha funcionalidad se implementa como hardware o software depende de las restricciones de diseño impuestas en el sistema general. La funcionalidad descrita se puede implementar de varias maneras. Además, la agrupación de funciones dentro de un módulo, bloque o etapa es para facilitar la descripción. Las funciones específicas se pueden mover desde un módulo o bloque sin salir de la descripción.

10 Los diversos bloques y módulos lógicos ilustrativos descritos se pueden implementar o realizar con un procesador de propósito general, un procesador de señal digital (DSP), un circuito Integrado para aplicaciones específicas (ASIC), una matriz de puertas programables en campo (FPGA) u otro dispositivo lógico programable, puerta discreta o lógica de transistor, componentes de hardware discretos, o cualquier combinación de los mismos diseñada para realizar las funciones descritas en la presente memoria. Un procesador de propósito general puede ser un microprocesador, pero como alternativa, el procesador puede ser cualquier procesador, controlador, 15 microcontrolador, o máquina de estados. Un procesador se puede implementar también como una combinación de dispositivos de computación, por ejemplo, una combinación de un DSP y un microprocesador, múltiples microprocesadores, uno o más microprocesadores en conjunción con un núcleo DSP, o cualquier otra configuración.

20 Las operaciones de un método o algoritmo descritas se pueden realizar directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador, o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en una memoria RAM, una memoria flash, una memoria ROM, una memoria EPROM, una memoria EEPROM, registros, un disco duro, un disco extraíble, un CD-ROM, o cualquier otra forma de medio de almacenamiento. Un medio de almacenamiento ejemplar se puede acoplar al procesador de manera tal que el procesador pueda leer la información desde, y escribir la información en, el medio de almacenamiento. Como alternativa, el medio de almacenamiento puede estar integrado en el procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden 25 residir en un ASIC.

Se pueden hacer varios cambios y modificaciones a la descripción proporcionada anteriormente sin salir del alcance de la descripción o las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, aunque los elementos se puedan describir o reivindicar en singular, se puede incluir el plural. De manera adicional, todo o partes de los aspectos y/o realizaciones se pueden utilizar con otros aspectos y/o realizaciones.

30

REIVINDICACIONES

1. Un método para inicializar el inversor (105, 305, 505) de potencia de un sistema (100, 300, 500) fotovoltaico que comprende una matriz (101, 301, 501) de células solares, que comprende:

- 5 abrir un conmutador (107, 307, 507) de red de AC de corriente alterna y un conmutador (102, 302, 502) de DC de corriente continua, en donde abrir el conmutador (107, 307, 507) de red de AC desconecta la potencia (105, 305, 505) de una red (109, 309, 509) eléctrica, y en donde abrir el conmutador (102, 302, 502) de DC desconecta un banco (104, 304, 504) de condensadores de DC asociado con un inversor (105, 305, 505) de potencia de la matriz (101, 301, 501) de células solares para evitar que la matriz (101, 301, 501) de células solares cargue el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC;
- 10 cerrar el conmutador (107, 307, 507) de red de AC para permitir que fluya desde la red (109, 309, 509) eléctrica hasta el banco (104, 304, 504) de condensadores conectado al inversor de potencia (105, 305, 505) para cargar el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC;
- 15 monitorizar el banco (104, 304, 504) de condensadores hasta se alcance una tensión deseada de encendido ($V_{\text{encendido}}$) para el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC;
- iniciar la operación del inversor (105, 305, 505) de potencia de manera tal que el inversor (105, 305, 505) de potencia comience a recibir la tensión de DC desde el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC en respuesta al banco (104, 304, 504) de condensadores de DC que está siendo cargado hasta la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$) del inversor (105, 305, 505) de potencia;
- 20 estabilizar la tensión de DC recibida desde el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC en la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$) para el inversor (105, 305, 505) de potencia, tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$) del inversor (105, 305, 505) de potencia que es mayor que una tensión (V_{max}) de salida máxima de la matriz de células solares y menor que una tensión de circuito abierto (V_{oc}) para la matriz (101, 301, 501) de células solares sin una carga conectada a la matriz (101, 301, 501) de células solares;
- 25 cerrar el conmutador (102, 302, 502) de DC para permitir a la matriz (101, 301, 501) de células solares proporcionar potencia de DC al banco (104, 304, 504) de condensadores de DC para cargar el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC cuando la tensión de DC recibida desde el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC se ha estabilizado a la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$) de manera tal que la matriz (101, 301, 501) de células solares proporcione una corriente de encendido constante al banco (104, 304, 504) de condensadores de DC para minimizar el exceso transitorio de la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$);
- 30 esperar que transcurra el periodo de inicialización del inversor; y
- ajustar la tensión de DC recibida por el inversor (105, 305, 505) de potencia a la tensión (V_{max}) de salida máxima.
- 35 2. El método de la reivindicación 1 en donde el banco (104, 304, 504) de condensadores de DC almacena una carga eléctrica y emite una corriente de DC al inversor (105, 305, 505) de potencia.
3. El método de la reivindicación 1 en donde el inversor (105, 305, 505) de potencia, tras iniciar la operación, convierte la tensión de DC recibida desde el banco (104, 304, 504) de DC a tensión de AC que es emitida a la red (109, 309, 509) eléctrica.
- 40 4. Un controlador (599) para un sistema (500) fotovoltaico comprendiendo el sistema (500) fotovoltaico una matriz (501) de células solares, un banco (504) de condensadores de DC, un conmutador (507) de AC de corriente alterna, y un conmutador (502) de DC, comprendiente el controlador (599):
- una memoria (620) legible por ordenador tangible, no transitoria;
- una pluralidad de módulos (622, 626) que comprenden código ejecutable por un procesador almacenado en la memoria (620);
- 45 un procesador (605) conectado a la memoria (620) y configurado para acceder a la pluralidad de módulos (622, 626) almacenados en la memoria (620); y
- una interfaz (640) de control configurada para enviar señales de control al conmutador (507) de AC, al conmutador (502) de DC, y al inversor (505) de potencia;
- en donde una pluralidad de módulos (622, 626) almacenados en la memoria (620) incluye:

un módulo (622) de control de tensión configurado para provocar que el procesador (605) realice un método para inicializar el inversor (505) de potencia del sistema (500) fotovoltaico que comprende:

- 5 abrir un conmutador (507) de red de corriente alterna y un conmutador (502) de corriente continua, en donde la apertura del conmutador (507) de la red de AC desconecta el inversor (505) de potencia de una red (509) eléctrica, y en donde la apertura del conmutador (502) de DC desconecta el inversor (505) de potencia de la matriz (501) de células solares para evitar que la matriz (501) de células solares cargue el banco (504) de condensadores de DC,
- 10 cerrar el conmutador (507) de red de AC para permitir que fluya la potencia desde la red (509) eléctrica hasta el banco (504) de condensadores de DC conectado al inversor (505) de potencia para cargar el banco (504) de condensadores de DC,
- monitorizar el banco (504) de condensadores de DC hasta que se alcance la tensión ($V_{\text{encendido}}$) de encendido deseada para el banco (504) de condensadores de DC,
- 15 iniciar la operación del inversor (505) de potencia de manera tal que el inversor (505) de potencia empiece a recibir la tensión de DC desde el banco (504) de condensadores de DC en respuesta a que el banco (504) de condensadores de DC se cargue hasta la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$) del inversor (505) de potencia,
- 20 estabilizar la tensión de DC recibida desde el banco (504) de condensadores de DC a la tensión de encendido para el inversor (505) de potencia, tensión de encendido del inversor (505) de potencia que es mayor que la potencia de salida máxima de la matriz (501) de células solares y menor que una tensión de circuito abierto para la matriz (501) de células solares sin una carga conectada a la matriz (501) de células solares,
- 25 cerrar el conmutador (502) de DC para permitir a la matriz (501) de células solares proporcionar la potencia de DC al banco (504) de condensadores de DC para cargar el banco (504) de condensadores de DC cuando la tensión de DC recibida desde el banco (504) de condensadores de DC se haya estabilizado a la tensión de encendido predeterminada para el inversor (505) de potencia de manera tal que la matriz (501) de células solares proporcione una corriente de encendido constante al banco (504) de condensadores de DC para minimizar el exceso transitorio de la tensión de encendido ($V_{\text{encendido}}$);
- 30 esperar que transcurra el periodo de inicialización del inversor, y
- ajustar la tensión de DC recibida por el inversor (505) de potencia a la tensión (V_{max}) de salida máxima;
- un módulo (599) de señal de control configurado para provocar que el procesador (605) envíe señales de control al conmutador (507) de AC al conmutador (502) de DC, y al inversor (505) de potencia sobre la interfaz (640) de control.
- 35 5. El controlador de la reivindicación 4 en donde el banco (504) de condensadores de DC almacena una carga eléctrica y emite una corriente de DC al inversor (505) de potencia.
6. El controlador de la reivindicación 4 en donde el inversor (505) de potencia, tras la operación de inicio, convierte la tensión de DC del banco (504) de condensadores de DC a una tensión de AC que se emite a la red (509) eléctrica.

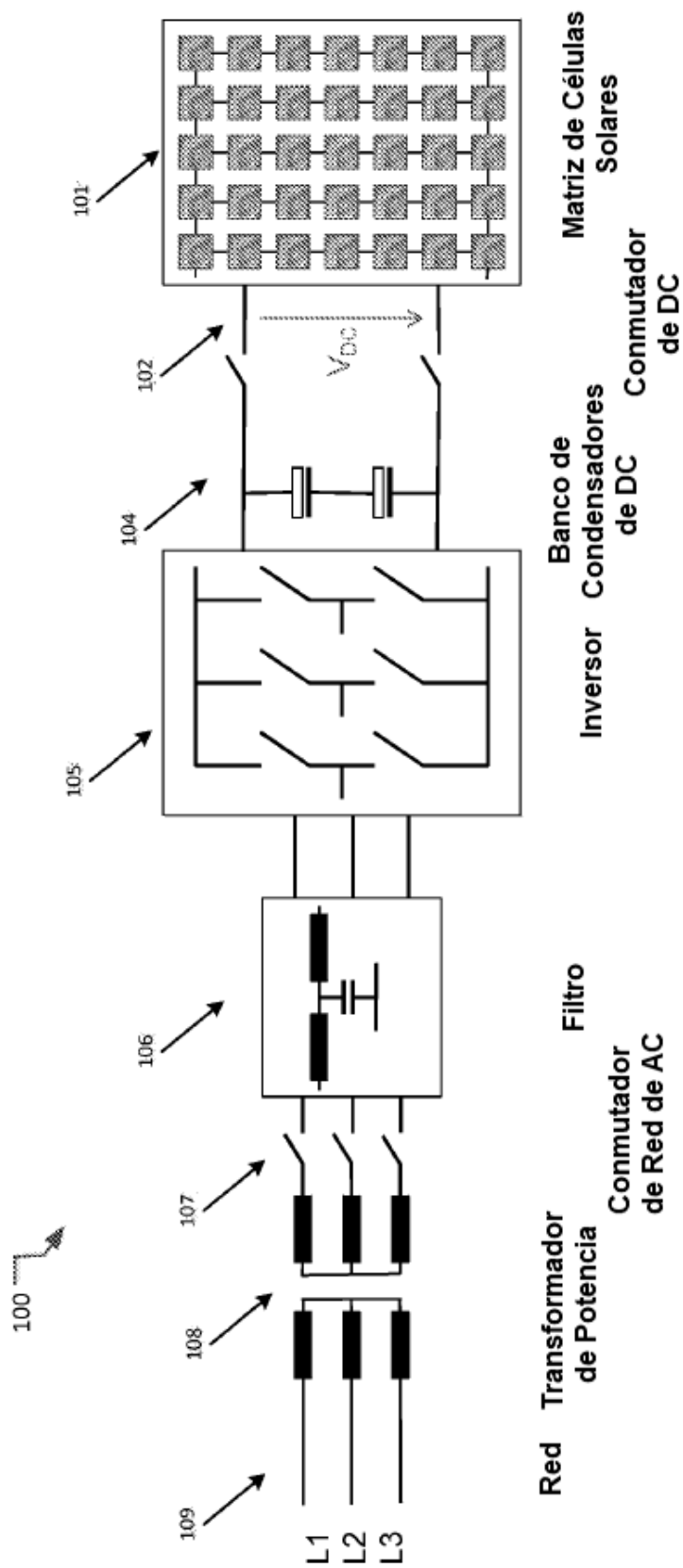


FIG. 1

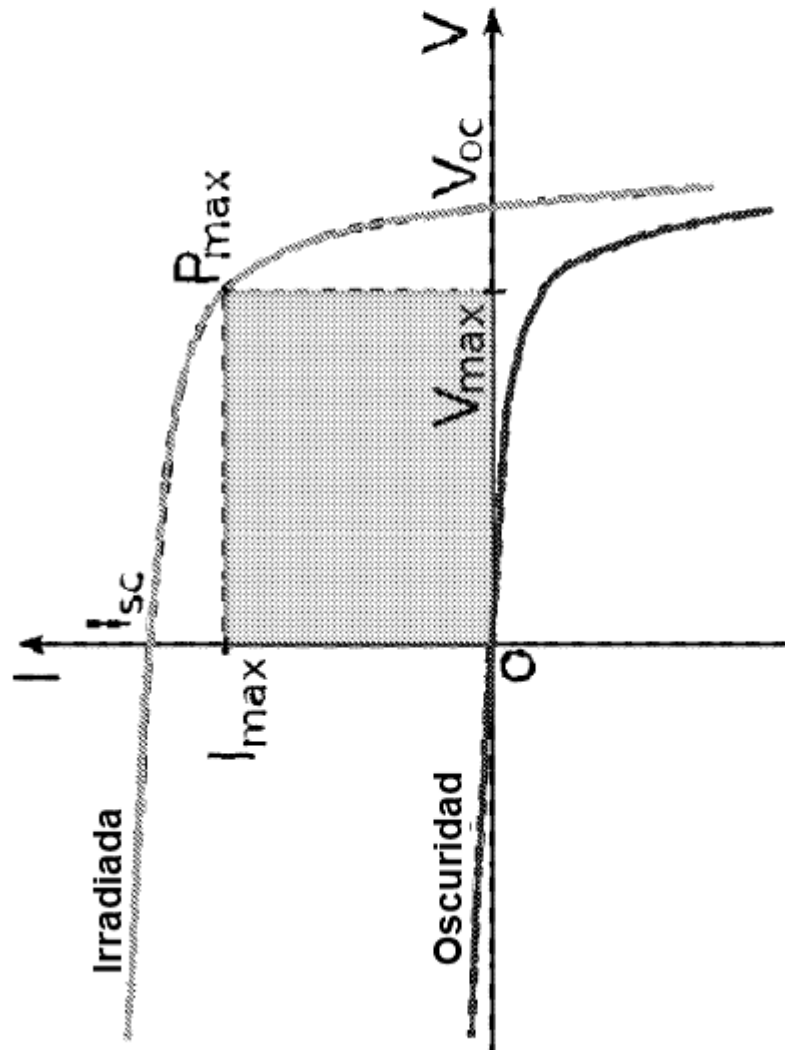


FIG. 2

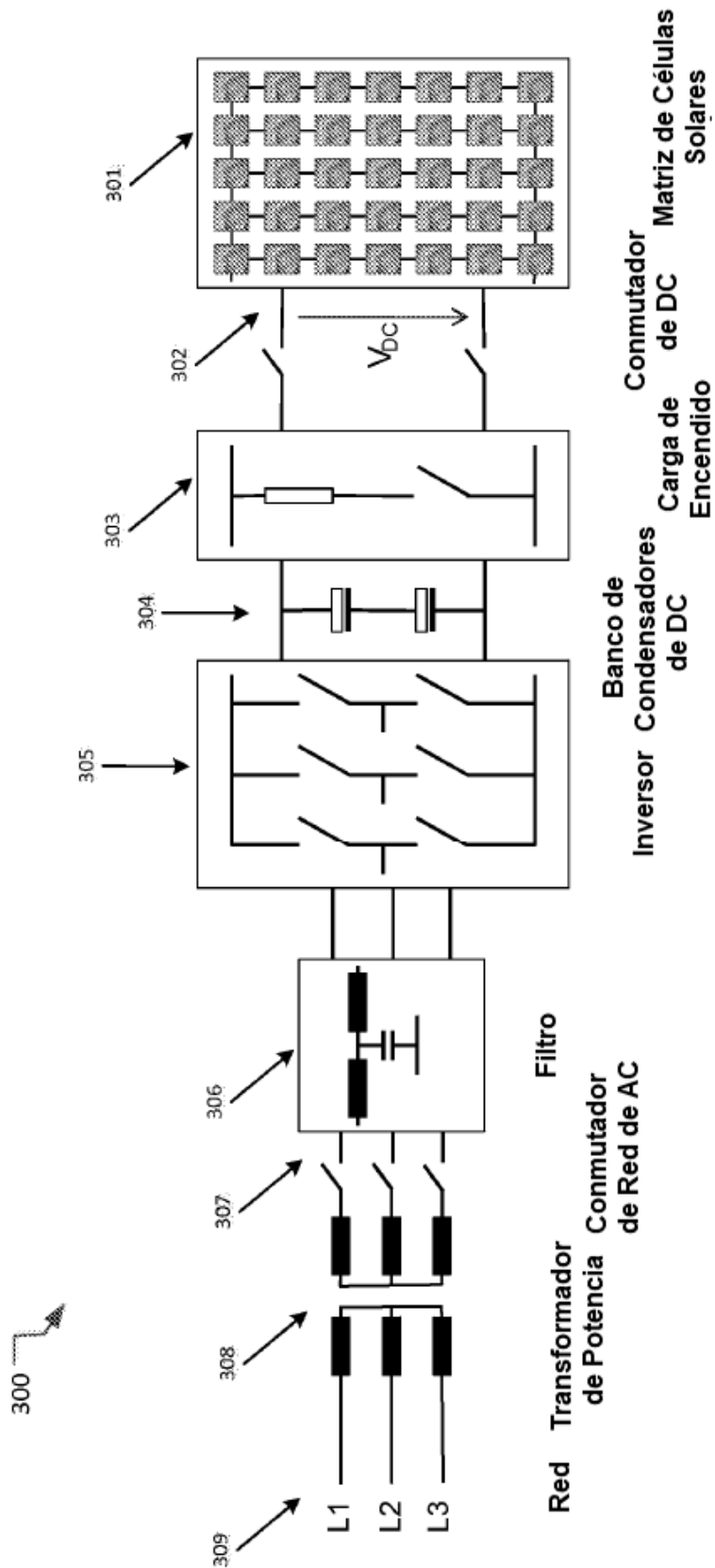


FIG. 3

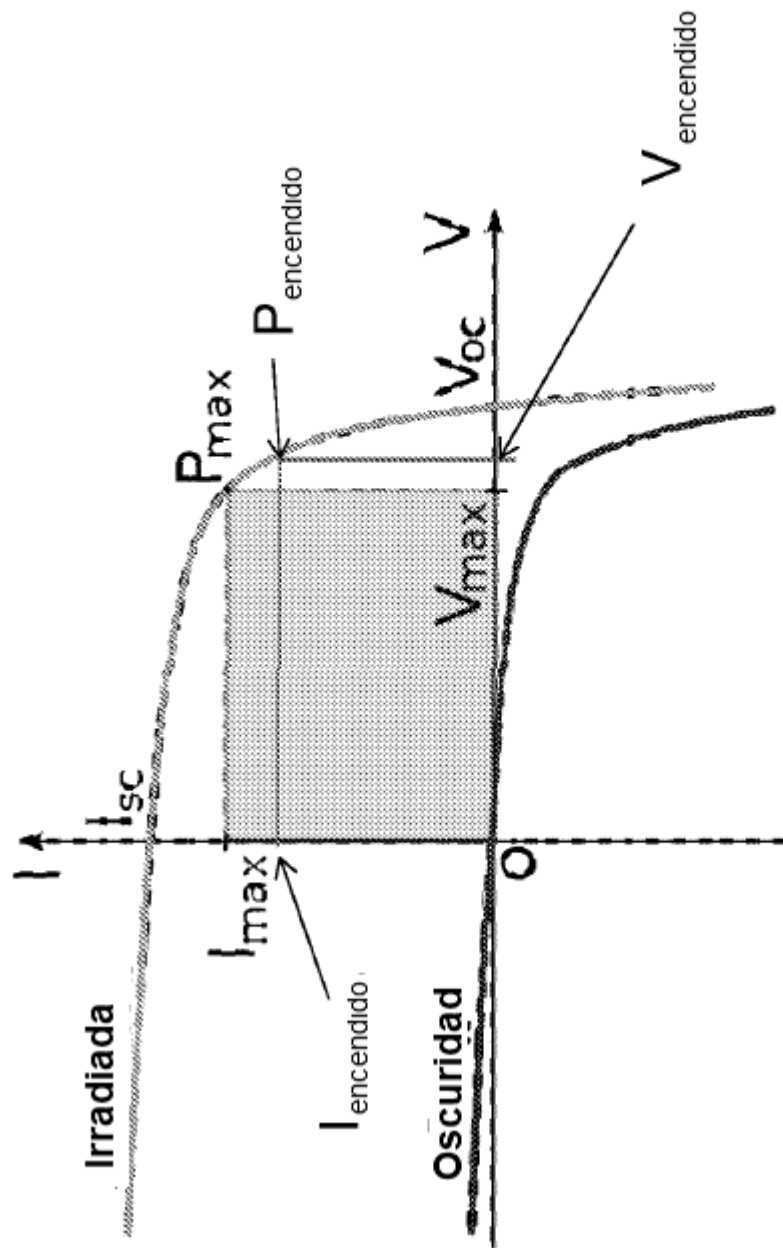


FIG. 4

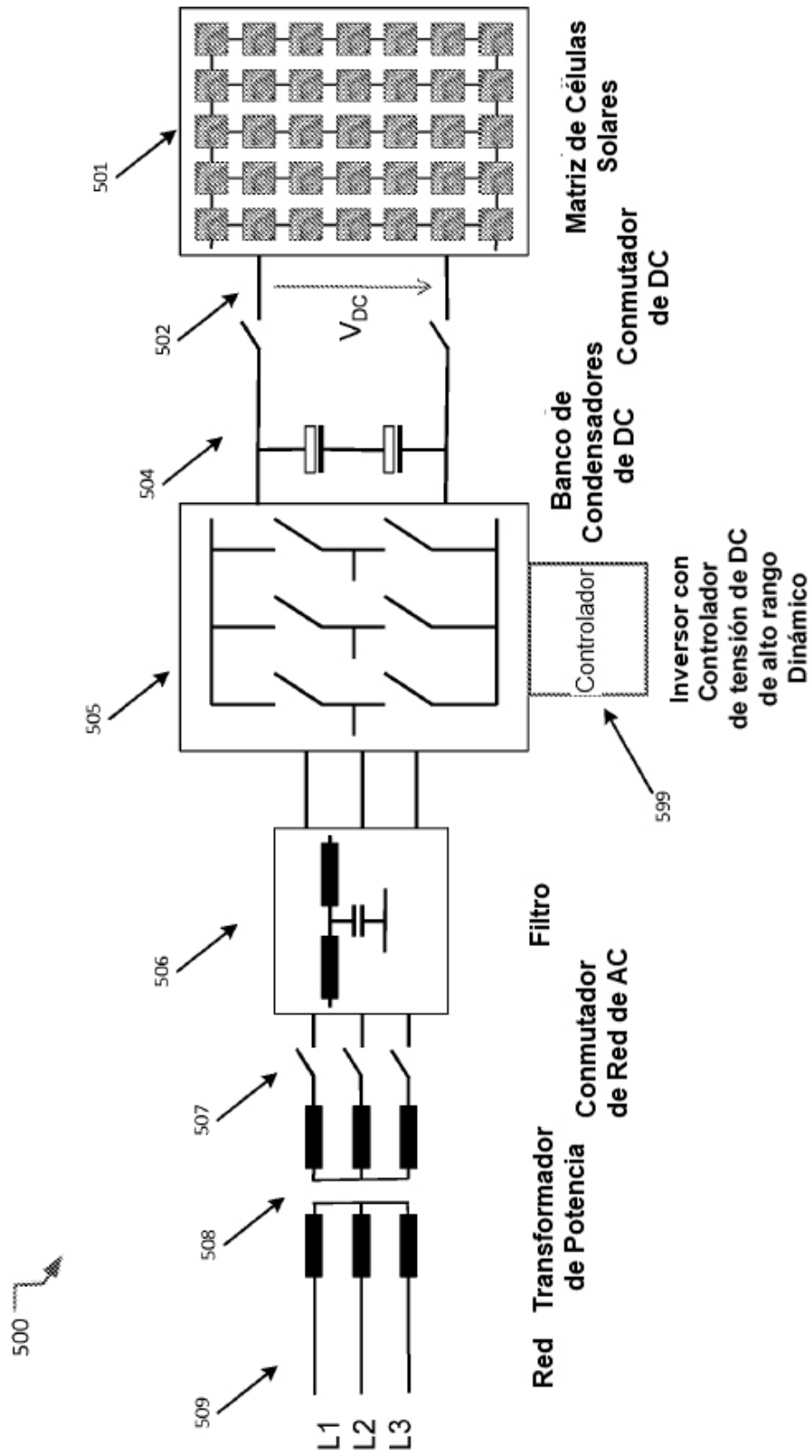


FIG. 5

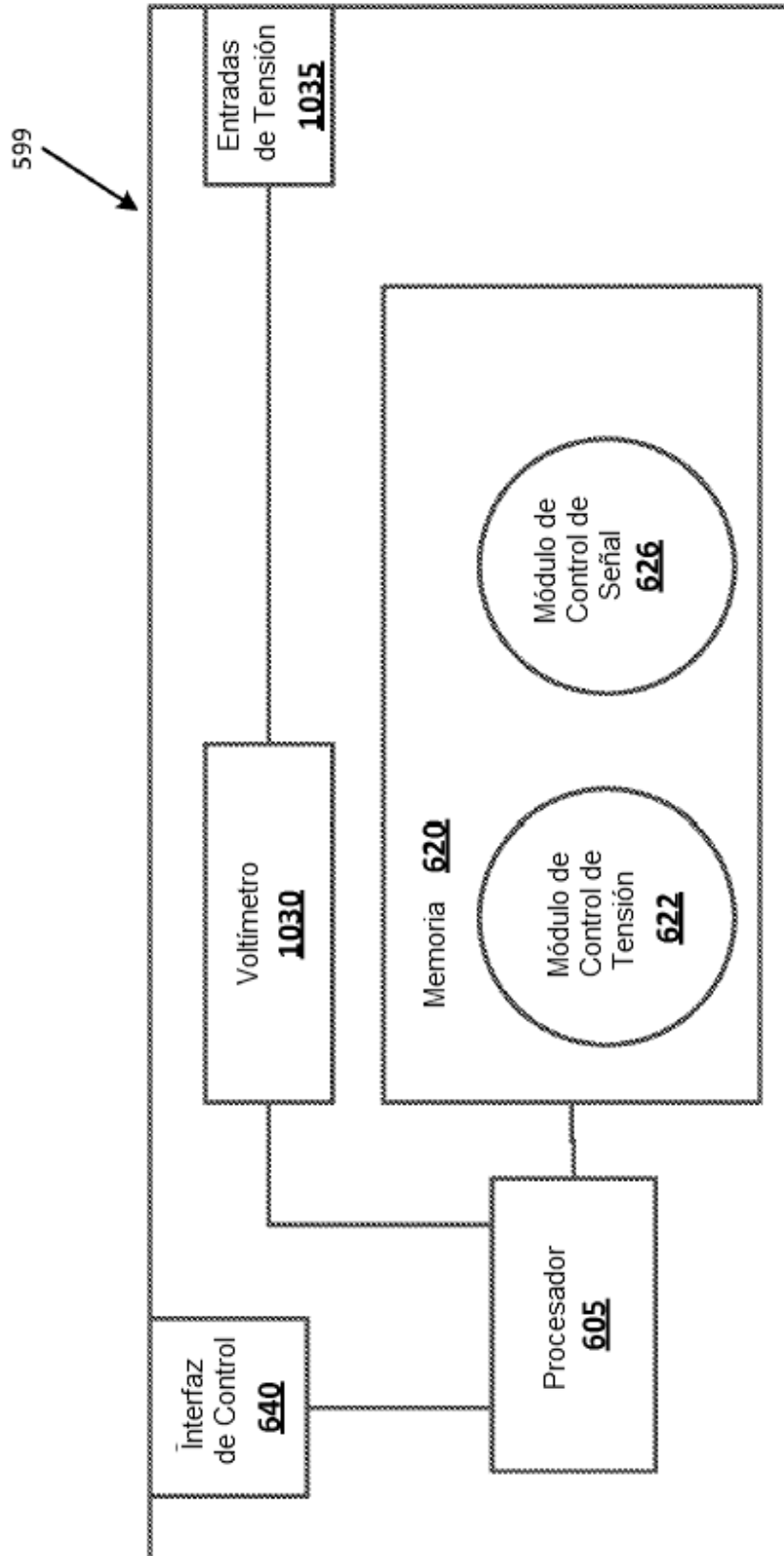


FIG. 6

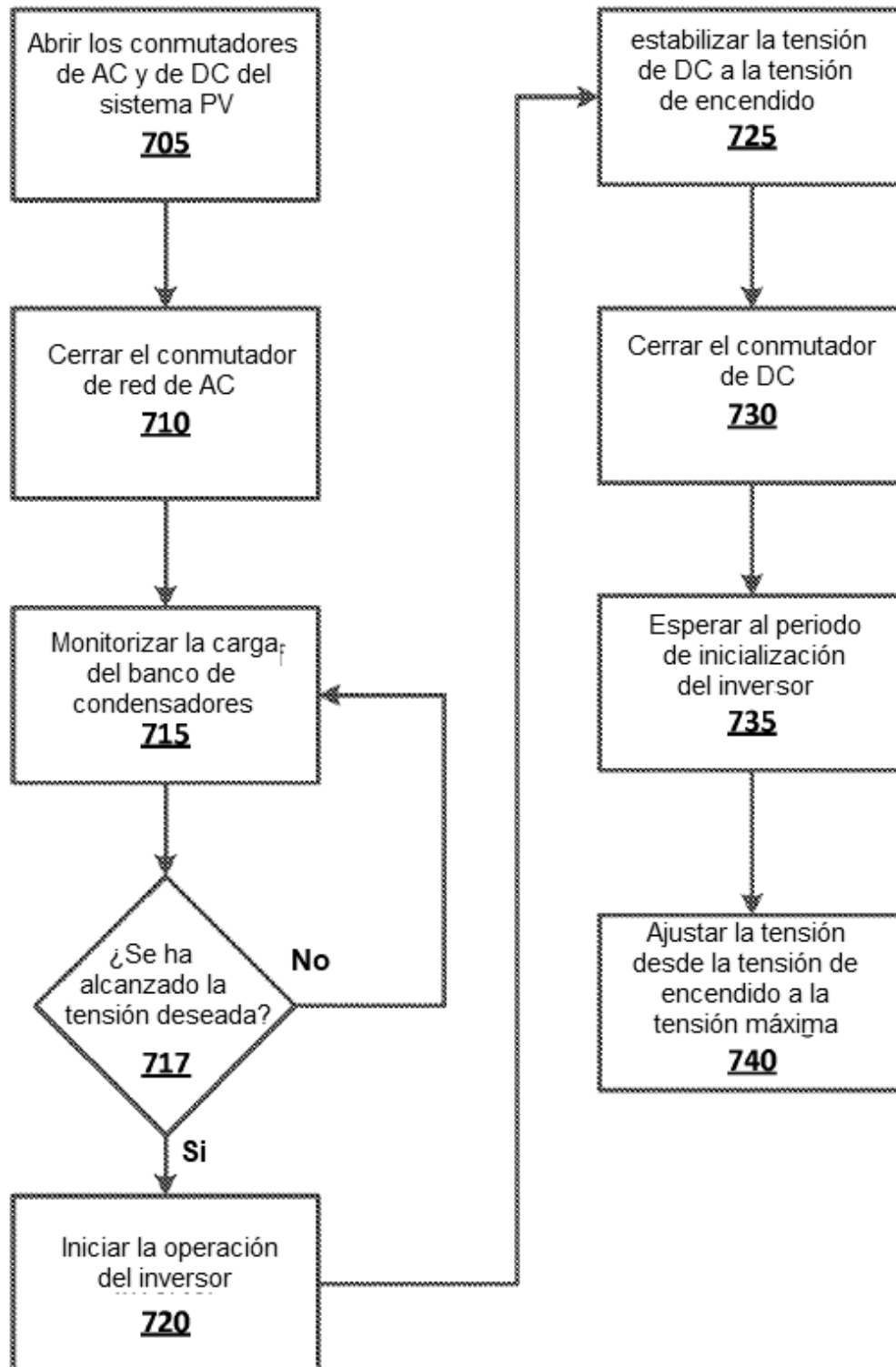


FIG. 7