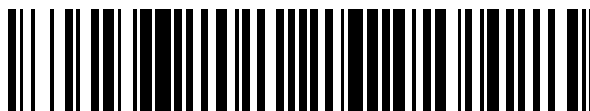


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 005**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 3/156 (2006.01)

H02M 1/36 (2007.01)

H02M 1/00 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.10.2008** **E 08167891 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.01.2015** **EP 2061143**

54 Título: **Procedimiento y sistema para convertir una corriente continua (cc) en corriente alterna (ca) utilizando un inversor fotovoltaico**

30 Prioridad:

14.11.2007 US 939940

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

23.03.2015

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US

72 Inventor/es:

LEONARD, JOHN ANDREW

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 532 005 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y sistema para convertir una corriente continua (cc) en corriente alterna (ca) utilizando un inversor fotovoltaico

5 La presente invención se refiere, en general, a la generación de potencia utilizando células fotovoltaicas (PV) y, en concreto para convertir la alimentación de corriente continua (cc) eléctrica generada por las células PV en corriente alterna (ca) eléctrica utilizada por muchas redes de distribución de alimentación y aparatos eléctricos.

10 Las células PV están dispuestas en una instalación (designada como "instalación PV"), como por ejemplo una instalación de paneles planos. La alimentación de cc generada por las células en una instalación es descargada desde la instalación a través de una salida de alimentación común de la instalación. Cada instalación PV presenta un punto de alimentación máxima (MPP) y un correspondiente punto de tensión (Vmpp) en el que la instalación produce la alimentación máxima. El MPP y el Vmpp varían con la cantidad de luz solar que llega a la instalación PV. Por ejemplo, el MPP y el Vmpp pueden variar lentamente a lo largo del día desde que el sol sale hasta que se pone. El MPP y el Vmpp pueden variar rápidamente en cuanto las nubes reducen la luz solar que llega a una instalación PV. La operación de la instalación PV y su MPP y su Vmpp incrementan la eficiencia operativa de la instalación y garantiza la máxima potencia de salida de las instalaciones. Sin embargo, la instalación de salida y la alimentación de salida de la instalación deben ser ajustadas de manera regular para efectuar el seguimiento de los cambios del MPP y el Vmpp debidos a las variaciones de la luz solar que llega a la instalación.

20 La alimentación de cc generada por una instalación PV es convertida en alimentación de ca utilizando un convertidor de cc a ca (cc - ca) que incluye unos inversores PV y / o unos convertidores de alimentación estáticos (SPCs). Las instalaciones PV están eléctricamente conectadas a los inversores PV de los convertidores cc - ca. Cada inversor PV puede recibir una alimentación de cc de una o más instalaciones PV independientes. Están siendo desarrollados múltiples inversores PV de entrada para adaptarse a las instalaciones PV encaradas en diferentes direcciones, por ejemplo, tanto para orientaciones del techo del Este como del Oeste para las instalaciones PV.

25 Los inversores PV comerciales pueden conseguir eficiencias de conversión de cc a ca superiores a un 94% y alojar múltiples instalaciones fotovoltaicas. Para conseguir eficiencias elevadas, los inversores PV operan, de modo preferente, las instalaciones PV en su Vmpp. Los inversores PV efectúan el seguimiento de los cambios del Vmpp para sus respectivas instalaciones y regulan la tensión de salida de cada instalación para situarse de modo preferente en el Vmpp para cada instalación.

30 Los inversores PV también elevan el voltaje de la tensión entrante procedente de las instalaciones PV hasta un nivel de tensión más alto apropiado para la inversión requerida para generar la tensión de ca predeterminada. La elevación del voltaje de una instalación PV provoca una pérdida de alimentación y una reducción de la eficiencia del inversor PV. Existe una necesidad largamente sentida para incrementar la eficiencia de los convertidores cc - ca para las instalaciones PV y, en particular, para reducir al mínimo la pérdida de eficiencia resultante de la elevación de voltaje de las instalaciones PV.

35 El documento EP-A-1 852 962 se refiere a un aparato de conversión de alimentación que eleva el voltaje de la luz solar, y la convierte de cc a ca y suministra la alimentación de ca a una carga o sistema. En particular, una tensión de la luz solar desde la fuente de alimentación de cc es elevada de voltaje por un circuito de interrupción periódica para generar una fuente de alimentación de cc de una tensión más alta. Cuando la tensión de la luz solar sobrepasa una tensión predeterminada, la operación de elevación de voltaje del circuito de interrupción periódica es detenida reduciendo de esta manera la pérdida de potencia debida a la elevación de voltaje.

40 El documento JP-A-2006/302147 se refiere a un elevador de voltaje que lleva a cabo un control de la elevación de voltaje de la salida de un módulo de células solares. El elevador de voltaje incorpora un circuito de control de seguimiento del punto de potencia máximo (MPPT), que está conectado al módulo de células solares, y controla el punto de operación del módulo para potenciar al máximo la alimentación generada. Una pluralidad de convertidores de elevación de voltaje, cada uno de los cuales está conectado al circuito de control del MPPT, elevan el voltaje de las tensiones de salida bajo el control del circuito de control del MPPT.

45 El documento US-A-5 801 519 se refiere a una técnica para controlar una variable de un circuito eléctrico de conmutación que comprende un esquema generalizado que utiliza la correlación entre los cambios en la entrada y los correspondientes cambios en la salida para sincronizar el punto operativo.

50 El documento US-A-2005/105224 se refiere a un aparato inversor que incluye una pluralidad de convertidores. Cada convertidor recibe una alimentación de cc procedente de una instalación de células solares respectiva de una correspondiente pluralidad de instalaciones que presentan diferentes intervalos de tensión de salida. La pluralidad de convertidores presentan diferentes intervalos de entrada de tensión correspondientes a los diferentes intervalos de tensión de salida de las instalaciones, y cada control, en base a una señal de control de modulación de frecuencia por impulsos recibida de una correspondiente unidad de control de los convertidores, una tensión de salida de su instalación respectiva, con el fin de potenciar al máximo la alimentación de salida.

Resumiendo, el documento divulga las siguientes características de la reivindicación 1:

Un procedimiento para convertir la alimentación de corriente continua generada por una pluralidad de células fotovoltaicas en una alimentación de corriente alterna utilizando un inversor PV que presenta un circuito de elevación de voltaje de cc para cada una de las instalaciones PV y un inversor de cc a ca, comprendiendo el procedimiento:

- 5 - aplicar la alimentación de cc generada por cada instalación PV a una respectiva entrada del inversor PV;
- operar cada instalación PV a una tensión de alimentación máxima correspondiente a una salida de alimentación máxima de la instalación PV para producir la alimentación de cc;
- determinar un ciclo de trabajo para cada instalación PV que regula la instalación PV para emitir la máxima tensión de alimentación de la instalación PV y eleva la potencia de la tensión de alimentación máxima hasta al menos una tensión de enlace de cc mínima;
- 10 - aplicar el ciclo de trabajo a cada circuito de elevación de voltaje de cc para elevar el voltaje de la alimentación de cc procedente de la instalación PV al circuito de elevación de voltaje de cc desde la tensión de alimentación máxima de la instalación PV hasta al menos de la tensión de enlace de cc mínima;
- convertir la potencia de cc elevada de voltaje a la alimentación de ca;

15 La presente invención proporciona un procedimiento como se define en la reivindicación adjunta 1, y un inversor fotovoltaico como se define en la reivindicación adjunta 5.

Se ha desarrollado un procedimiento para incrementar la eficiencia del inversor PV mediante la desactivación de la Elevación de Voltaje de cc - cc (tensión de salida PV a la Tensión del Enlace de cc del Inversor PV).

20 De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para convertir la alimentación de corriente continua (cc) generada por una pluralidad de instalaciones fotovoltaicas (PV) en alimentación de corriente alterna (ca) utilizando un inversor PV que incorpora un circuito de elevación de voltaje de cc para cada una de las instalaciones PV y un inversor de cc a ca, comprendiendo el procedimiento: aplicar la alimentación cc generada por cada instalación PV a una respectiva entrada del inversor PV; operar cada instalación PV a una tensión de alimentación máxima correspondiente a una salida de alimentación máxima de la instalación PV para producir la alimentación de cc; determinar un ciclo de trabajo para cada instalación PV que regula la salida PV hasta la alimentación de potencia máxima para la instalación PV y eleva el voltaje de la tensión de la alimentación máxima hasta una tensión de enlace de cc mínima; aplicar el ciclo de trabajo a cada circuito de elevación de voltaje de cc para elevar el voltaje de la alimentación de cc a partir de la instalación PV conectada al circuito de elevación de voltaje de cc procedente de la tensión de alimentación máxima de la instalación PV hasta al menos la tensión de enlace de cc mínima; convertir la alimentación de cc elevada de voltaje a la alimentación de ca y desactivar el circuito de elevación de voltaje conectado a una instalación PV que presenta una tensión de alimentación máxima al menos de igual volumen que la tensión de enlace de cc mínima.

35 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un inversor fotovoltaico que comprende: una pluralidad de conexiones de entrada cada una de las cuales está adaptada para recibir la alimentación de cc procedente de una instalación fotovoltaica; un circuito de elevación de voltaje cc separado conectado eléctricamente a cada una de las conexiones de entrada, en el que el circuito de elevación de voltaje de cc incluye al menos un conmutador operador de acuerdo con un ciclo de trabajo; un circuito de enlace de cc eléctricamente conectado a una salida de cc procedente de cada uno de los circuitos de elevación de voltaje de cc, en el que el circuito de enlace de cc incluye un inversor de cc a ca y una salida de tensión de ca adaptada para suministrar una tensión de ca a una red de alimentación de ca, y un controlador configurado para: determinar una tensión en la que cada una de las instalaciones PV conectadas a una conexión de entrada produce una salida de alimentación máxima; generar el ciclo de trabajo para cada circuito de elevación de voltaje de cc para controlar al menos un conmutador para provocar que la instalación PV produzca la salida de tensión máxima a la tensión determinada y el circuito de elevación de voltaje de cc para emitir una tensión de enlace de cc mínima, y desactivar uno de los circuitos de elevación de voltaje de cc acoplados a una instalación PV generando una tensión al menos de igual volumen que la tensión de enlace de cc mínima.

45 De acuerdo con formas de realización de la presente invención, un punto de alimentación máxima para una instalación fotovoltaica se determina sobre la marcha. Una salida de tensión de la instalación fotovoltaica puede ser modificada durante un intervalo operativo de las tensiones para la instalación; una salida de corriente procedente de la instalación fotovoltaica puede ser medida cuando la salida de la tensión sea modificada en la instalación operativa; y la corriente medida y la tensión correspondiente a la corriente medida pueden ser utilizadas para determinar una salida de alimentación de la instalación para cada una de las diversas tensiones en el intervalo operativo. La salida de tensión máxima puede ser seleccionada a partir de las salidas de tensión del intervalo operativo y una tensión correspondiente puede ser designada como una tensión en el punto de alimentación máximo (Vmpp) para la instalación. Las etapas mencionadas anteriormente pueden ser repetidas para actualizar el Vmpp; y la instalación fotovoltaica operada en el Vmpp. Así mismo el Vmpp puede ser oscilado desplazando ligeramente la tensión de la instalación alejándola del Vmpp, y si la salida de alimentación de la instalación a la tensión desplazada

es mayor que la salida de la alimentación de la instalación en el Vmpp, la tensión desplazada puede ser designada como Vmpp.

A continuación se describirán diversos aspectos y formas de realización de la presente invención en conexión con los dibujos que se acompañan, en los cuales:

5 La FIGURA 1 es un diagrama esquemático de un inversor fotovoltaico (PV).

Las FIGURAS 2 a 5 son diagramas de flujo de la operación del inversor PV.

10 La FIGURA 1 es un diagrama esquemático de un inversor 10 fotovoltaico (PV), que puede también ser designado como convertidores de tensión estática (SPCs). La alimentación de corriente continua (cc) generada por las instalaciones 12 (PV) es convertida en alimentación de corriente alterna (ca) por el inversor PV. El inversor PV recibe la alimentación de corriente continua (cc) generada por una o más instalaciones 12 PV. El inversor 10 PV convierte la potencia de cc en alimentación de corriente alterna (ca) que es emitida hasta una central eléctrica (Red 14 de ca) y es utilizada localmente para alimentar los aparatos de una casa que incorpore el inversor y la instalación de un domicilio. El aislamiento se refiere a la generación de alimentación únicamente para un punto local y no proporciona alimentación a la red de ca.

15 La conversión de la alimentación de cc a ca es verificada y controlada por un controlador 16 que incluye un sistema informático y un software para ejecutar diversos algoritmos y rutinas de proceso. El inversor PV consigue una conversión de gran eficiencia de la alimentación de cc a ca mediante: (i) la actualización regular del Vmpp y la operación de las instalaciones PV en el Vmpp actualizado, (ii) la reducción al mínimo de la elevación de voltaje de las tensiones de la instalación PV, mediante el cálculo de una tensión de enlace de cc mínima requerida para que el convertidor de cc - ca genere la alimentación de alimentación ca para la red de ca y la regulación de la tensión de enlace de cc, y (iii) la desactivación del circuito de elevación de voltaje de una instalación (siempre que el Vmpp sea igual o mayor que la tensión de Enlace de cc calculada mínima requerida).

20 El inversor 10 PV puede recibir la alimentación de cc procedente de una o más instalaciones 12 PV independientes cada una acoplada a una sección 18 de entrada de cc del inversor. La sección 18 de entrada de cc del inversor determina la tensión (Vmpp) correspondiente a la salida de tensión máxima de cada una de las instalaciones PV, extrae la alimentación de cada instalación en el Vmpp y, cuando se necesita, eleva el voltaje de la tensión de cc entrante procedente de cada instalación PV hasta una tensión más elevada requerida para la inversión a una tensión de ca apropiada para la red 14 de ca. La alimentación de cc es convertida en alimentación de ca por un circuito 19 de enlace de cc que emite la alimentación de ca hasta la red 14 de ca.

25 La sección de alimentación de entrada de cc puede incluir un conmutador 20 de conexión de entrada para cada conexión con la instalación 12 PV. El conmutador 20 de conexión es controlado por el controlador 16 del sistema para el inversor PV. La salida de alimentación de cc por cada instalación PV hasta el inversor PV es verificada por un sistema 44 de medición que mide una diferencia de tensión a través de cada conmutador de conexión. El sistema de medición puede también verificar las pérdidas a tierra de las instalaciones PV y los interruptores de conexión utilizando un sensor 24 de pérdidas a tierra (GF).

30 Un circuito 26 de elevación de voltaje separado, por ejemplo, un conjunto de conmutadores 28 de transistor, para cada instalador PV está dispuesto en la sección de entrada de cc. El inversor PV puede estar conectado a múltiples (N) instalaciones PV. Cada una de las N instalaciones PV está conectada a un circuito de elevación de voltaje independiente. El circuito de elevación de voltaje dedicado a la instalación PV hace posible que la instalación sea operada en su MPP y Vmpp.

35 El circuito de elevación de voltaje incrementa la tensión de salida de cc por encima del nivel de tensión suministrado por la instalación PV. El circuito de elevación de voltaje es utilizado cuando la tensión de cc requerida por el circuito 19 de enlace de cc es más alta que la tensión de salida de cc procedente de la instalación PV. El circuito de elevación de voltaje es desactivado cuando la instalación PV produce la tensión de cc en un nivel de tensión igual o superior a la tensión de entrada de cc requerida por el circuito de enlace de cc.

40 Cuando el Vmpp (Punto de Alimentación Máxima de la Tensión) es inferior a la tensión de enlace de cc permisible mínima, la entrada de la instalación será elevada de voltaje hasta la tensión de enlace de cc mínima. Esto permite que la entrada del circuito de elevación de voltaje se fije en el Vmpp para obtener la alimentación máxima procedente de la instalación PV proporcionando al tiempo una tensión de enlace de cc suficiente para hacer posible que el inversor de cc - ca genere la alimentación ca para distribuir a la red ca.

45 El circuito 26 de elevación de voltaje puede ser configurado como un circuito de actuación en oposición (escalonado) que incluye unos conmutadores 28 de transistor que ACTIVAN - DESACTIVAN la alimentación de cc procedente de cada instalación PV en base a un ciclo de trabajo por impulsos suministrado por un generador 30 de impulsos. El ciclo de trabajo se determina por una rutina 31 de software de control de la elevación de voltaje del controlador 16 del sistema. La corriente es elevada de voltaje acumulando energía en los inductores 32 durante la porción de DESACTIVACION del ciclo de trabajo, y durante la porción de ACTIVACIÓN del ciclo, aplicando la energía procedente tanto de la instalación PV como de inductor a la porción restante del inversor PV. Cuando los

conmutadores 28 están cerrados (correspondiendo a la porción de DESACTIVACIÓN del ciclo de trabajo), la energía procedente de las instalaciones PV se acumula en los inductores 32 pero no se aplica al circuito 19 de enlace de cc. Cuando los conmutadores se abren (correspondiendo a la porción de ACTIVACIÓN del ciclo de trabajo), la alimentación de cc procedente de las instalaciones PV y de los inductores es aplicada a los condensadores 34 y al circuito 19 de enlace de cc. Unos diodos 33 impiden el flujo inverso de corriente desde los condensadores 34. El nivel de tensión de cc de salida resultante procedente del circuito 26 de elevación de voltaje (a través del punto 36 del circuito) es más elevado que la tensión de cc procedente de las instalaciones PV. La relación de la salida del nivel de tensión de cc por y la entrada al circuito 26 de elevación de voltaje es proporcional a la relación del entero ciclo de trabajo dividido por la porción de ACTIVACIÓN del ciclo. Típicamente, la mayor elevación de voltaje efectiva de la tensión se consigue mediante un ciclo de trabajo en el que los conmutadores están abiertos en la mitad del ciclo (un ciclo de 50 - 50).

La elevación de voltaje del nivel de tensión PV procedente de esa salida por las instalaciones PV reduce la alimentación de cc debido a la conmutación de la ACTIVACIÓN y DESACTIVACIÓN de la tensión de cc durante el ciclo de trabajo. La reducción de la alimentación degrada la eficiencia del inversor PV. El sistema 31 de control de la elevación de voltaje reduce al mínimo la alimentación y las pérdidas de eficiencia operando las instalaciones PV en sus Vmpp y desactivando el circuito de elevación de voltaje para cualquier instalación PV que presente un Vmpp igual o superior a la tensión de enlace de cc. Los circuitos de elevación de voltaje son desactivados sin desplazar el punto de operación de las instalaciones PV lejos del Vmpp para la instalación. La desactivación de uno o más de los circuitos de elevación de voltaje reduce las pérdidas de conmutación en otro caso atribuibles al circuito de elevación de voltaje y de esta manera mejora la eficiencia global del inversor.

El circuito 19 de enlace de cc incluye un circuito 37 inversor que "corta" la alimentación de cc procedente de los circuitos de elevación de voltaje para formar la alimentación de ca. El circuito 37 inversor puede estar dispuesto como un circuito inversor de "Puente en H" que incorpore unos conmutadores 38 de transistor dispuesto cada uno en paralelo con un diodo. El generador 30 de impulsos activa los conmutadores 38 de acuerdo con un ciclo de trabajo. El ciclo de trabajo se determina por una rutina de software de un control 40 del inversor que configura el ciclo de trabajo para producir una alimentación de ca de suficiente tensión y corriente para la red 14 de ca en base a la alimentación de cc procedente de los circuitos de elevación de voltaje.

El ciclo de trabajo para el circuito inversor típicamente conmuta de forma alternada un par de los cuatro conmutadores 30 de ACTIVACIÓN y el otro par de conmutadores de DESACTIVACIÓN. Los pares de conmutadores son diagonales entre sí dentro del patrón en H de los cuatro conmutadores. Mediante la ACTIVACIÓN y DESACTIVACIÓN alternada de los pares de conmutadores, el circuito 19 de enlace de cc invierte la polaridad de la tensión de cc que está siendo emitida por la sección 18 de entrada de cc hacia el inversor PV. La inversión secuencial de la tensión de cc crea una tensión de ca que es emitida como alimentación de ca.

El circuito de enlace de cc incluye un filtro 42 de línea de ca para eliminar el ruido y otras señales extrañas en la salida de alimentación de ca por el circuito de enlace de cc. La alimentación de ca está también sincronizada con la alimentación de ca de la red 14 utilizando el PLL y la rutina 56 de antiaislamiento. La sincronización se puede conseguir sincronizando el ciclo de trabajo en el inversor con respecto a la alimentación de ca de la red. Un sistema 44 de medición verifica la alimentación de salida de ca, si el inversor 10 PV está conectado a la central eléctrica 14 de ca y la alimentación de cc introducida por las instalaciones PV. Un control 50 del sistema opera un relé 43 que conecta el inversor 10 PV a la red 14 ca y releva el conmutador 20 de conexión que acopla las instalaciones PV al inversor PV. Un algoritmo 54 de control del bus de cc regula las conexiones de las instalaciones PV con el inversor PV.

Así mismo, el sistema 44 de medición genera unas señales de estado que son introducidas en el sistema 46 de detección de fallos, el cual también verifica el circuito 24 de interrupción de pérdidas a tierra. El detector 46 de pérdidas genera unas señales de salida que están dirigidas a una rutina 48 de software de verificación de la función y protección del sistema. En determinados casos, el software de verificación de función y protección del sistema puede generar un comando hasta un dispositivo 50 de control del sistema para desconectar el inversor PV de una o ambas instalaciones 12 PV y de la red 14 de ca.

El sistema 16 de control opera, de modo preferente, el inversor PV en su punto de alimentación máxima (MPP). Para determinar el MPP para las instalaciones PV, el sistema 16 de control ejecuta una rutina 52 de software de Seguimiento del Punto de Alimentación Máxima (MPPT) para identificar periódicamente el Vmpp para cada instalación 12 PV conectada al inversor PV. Con el Vmpp identificado, el sistema de control regula el inversor PV, por ejemplo el circuito de elevación de voltaje y el inversor de cc - ca, para mantener cada instalación PV en su Vmpp.

El Vmpp cambia durante el día para cada instalación PV. El máximo punto de alimentación y el correspondiente Vmpp para cada instalación PV varía durante las horas de luz solar con los cambios en la cantidad de luz solar recibida por la instalación. El Vmpp varía lentamente desde que el sol sale y se pone durante un día y varía rápidamente cuando las nubes pasan delante del sol. El Vmpp para cada instalación PV es diariamente actualizado utilizando procesos de optimización que afinan el Vmpp casi continuamente, por ejemplo, cada 0,1 segundos, y controlan los cambios importantes del Vmpp, por ejemplo cada 30 minutos.

Para mejorar la eficiencia de la sección 18 de entrada de cc, el circuito 26 de elevación de voltaje para una instalación PV es desactivado cuando el nivel de la tensión (V_{mpp}) de la instalación está al menos en el nivel de tensión de cc mínimo requerido por el circuito 19 de enlace de cc. La desactivación de uno o más de los circuitos de elevación de voltaje reduce las pérdidas de la eficiencia que inherentemente se producen cuando están operando los circuitos de elevación de voltaje. Cuando el circuito de elevación de voltaje es desactivado, la salida de tensión de la correspondiente instalación PV es regulada por el inversor de cc - ca.

Así mismo, la tensión de enlace de cc es periódicamente recalculada para determinar si la tensión puede ser reducida a partir de una tensión de enlace de cc por defecto. La reducción al mínimo de la tensión de enlace de cc reduce el nivel de la tensión de cc requerida por las instalaciones PV. Reduciendo la tensión de enlace de cc requerida, es más probable que el V_{mpp} para una o más instalaciones PV se sitúe en o por encima de la tensión de enlace de cc mínima requerida. Si el V_{mpp} para una instalación está en o por encima de la tensión de enlace de cc mínima, el circuito de elevación de voltaje para la instalación PV puede ser desactivado. La determinación periódica de una tensión de enlace de cc mínima, permite que el (los) circuito(s) de elevación de voltaje sea(n) desactivado(s) más a menudo.

Las FIGURAS 2 a 5 son un diagrama de flujo que muestra algunas etapas para el inversor 10 PV. En la etapa 100 se produce justo antes del amanecer cuando no hay o es mínima la luz solar que brilla sobre las instalaciones PV. El circuito de enlace de cc está desactivado y la tensión de enlace de cc se fija en cero. Cuando el sol comienza a salir, las instalaciones PV comienzan a generar la alimentación cc. En la etapa 102. La alimentación de cc inicial procedente de las instalaciones PV es mínima. El incremento de la alimentación cc a medida que llega más luz solar a las instalaciones es verificada por el sistema 44 de medición. El controlador 16 puede estar en un modo de reposición, hibernación o de espera hasta que las instalaciones PV comienzan a generar alimentación de cc o más de una cantidad mínima de alimentación. El circuito 44 de medición puede inducir al controlador 16 a que se sitúe en posición activa y salga del modo cuando la alimentación de cc generada por las instalaciones PV aumente más allá de una tensión de umbral o de un nivel de alimentación de, por ejemplo, 180 voltios, en la etapa 104. La tensión de umbral o el nivel de alimentación puede ser un reglaje inicial respecto de la tensión de enlace de cc mínima. Este reglaje de alimentación de cc inicial es utilizado mientras el inversor 10 PV es energizado y preparado para producir la alimentación de cc para la red 14. El reglaje inicial está en un nivel de tensión de cc por debajo de la que necesita el circuito de enlace de cc para proporcionar la alimentación de ca a la red de ca.

En la etapa 106, la alimentación de cc procedente de las instalaciones PV, que ahora está por encima del umbral es aplicada al circuito 18 de entrada de cc y, en concreto, al circuito 26 de elevación de voltaje. La rutina 31 de control de la elevación de voltaje del controlador 16 ajusta el circuito de elevación de voltaje, por ejemplo, el ciclo de trabajo, para extraer la alimentación de las instalaciones PV y acelerar la alimentación de cc a partir de las instalaciones PV hasta un nivel de tensión de cc más alto, en la etapa 108. Las instalaciones PV no están controladas para funcionar a una salida de alimentación máxima durante esta fase de arranque. Cuando el nivel de la tensión de cc acelerado alcanza una tensión de enlace de cc predefinida, por ejemplo, 425 voltios, un relé 43 es cerrado por el control 50 del sistema para conectar el inversor 10 PV a la red 14 ca en la etapa 110. Una vez que el relé está cerrado, se verifica un control para indicar que el inversor PV está eléctricamente conectado a la red de ca y que el inversor no está simplemente suministrando alimentación a un área localizada, por ejemplo, aislada. La expiración de un temporizador de aislamiento, que es dirigido por el lazo de sincronización de fase (PLL) y la rutina 56 antiaislamiento, confirma que el inversor PV está conectado en la red de ca, en la etapa 112.

También en la etapa 112, el circuito de elevación de voltaje es completamente habilitado y el circuito de entrada de cc comienza a ejecutar la rutina 52 de MPP para determinar una salida de tensión máxima de las instalaciones PV. Las instalaciones PV no son inicialmente operadas en su V_{mpp} sino que, por el contrario, son operadas en su tensión de salida máxima. El ciclo de trabajo del circuito de elevación de voltaje es reducido por la rutina 31 de control de la elevación de voltaje para conseguir una salida de tensión de cc máxima a partir del circuito de elevación de voltaje, en la etapa 116. La tensión de cc máxima es utilizada para alcanzar rápidamente la tensión de enlace de cc requerida para generar la alimentación de ca para la red de ca. La tensión de cc máxima no se corresponde necesariamente con la salida de alimentación máxima o con el V_{mpp} de las instalaciones PV.

Cuando el sol sale, la cantidad de luz solar que llega hasta las instalaciones PV aumenta y las instalaciones PV incrementan su alimentación de salida de cc. El circuito de elevación de voltaje continúa acelerando la tensión de cc hasta que la tensión de cc elevada de voltaje alcanza una tensión de enlace de cc de umbral de, por ejemplo, 500 voltios en la etapa 118. El inversor de ca es activado cuando la salida de tensión de cc procedente del circuito de elevación de voltaje hasta el circuito de enlace de cc alcanza el nivel de umbral, en la etapa 120. Cuando el inversor de ca es activado, el inversor convierte la tensión de entrada de enlace de cc en la alimentación de ca apropiada para la red, por ejemplo entre 220 y 240 voltios de ca y 15 amperios, en la etapa 122. El inversor de ca también sincroniza la alimentación de ca generada con la alimentación de ca de la red, en la etapa 124.

La eficiencia del inversor PV se degrada debido a los circuitos de elevación de voltaje en la etapa 126. Para optimizar la eficiencia, el inversor PV desactiva uno o más circuitos de elevación de voltaje cuando el V_{mpp} de una o más instalaciones PV alcanza la tensión de enlace de cc mínima. La activación de un circuito de elevación de voltaje elimina la ineficiencia que se produce cuando el circuito de elevación de voltaje es activado y se producen pérdidas de conmutación.

Otra técnica para mejorar la eficiencia del inversor PV es reducir la tensión de enlace de cc. Las pérdidas de conmutación del inversor están directamente relacionadas con la magnitud de la tensión de enlace de cc. La reducción al mínimo de la tensión de enlace de cc para un conjunto determinado de condiciones operativas reduce las pérdidas de conmutación e incrementa la eficiencia del inversor.

- 5 Para potenciar la eficiencia de las instalaciones PV, la rutina del MPPT determina periódicamente el punto de alimentación máximo y el Vmpp para cada instalación. Para determinar el Vmpp, la rutina del MPPT provoca que la salida de tensión procedente de una instalación experimente un barrido desde un valor bajo hasta un valor elevado y verifique la corriente resultante procedente de la instalación. La alimentación se determina a partir del producto de la tensión y de la corriente. La rutina del MPPT determina el punto de alimentación máximo (MPP) para un amplio intervalo de tensiones de la instalación. La tensión de la instalación correspondiente a la alimentación máxima es el Vmpp y se define como el punto operativo de la instalación.

- 15 En general, el punto de alimentación máxima se determina barriendo periódicamente el entero intervalo de tensiones de una instalación PV e identificando la tensión (Vmpp) correspondiente al punto de alimentación máxima de la instalación. Entre las determinaciones periódicas del Vmpp mediante el barrido de los niveles de tensión, el Vmpp se ajusta mediante una oscilación de pequeña amplitud, por ejemplo, desplazando la tensión de la instalación desde el Vmpp, por ejemplo, en 0,1 voltios, y la alimentación resultante debido al desplazamiento de la tensión es comparada con la alimentación de la instalación en el Vmpp. Si la instalación PV en la tensión desplazada produce un punto más alto que el Vmpp, el nivel de la tensión desplazada se define como el Vmpp y la instalación es operada en el nuevo Vmpp. La oscilación de la Vmpp puede llevarse a cabo con frecuencia, por ejemplo cada 0,1 segundos. Etapa 128.

- 25 En particular, el MPP y los algoritmos de control de la elevación de voltaje controlan el generador de impulsos para variar las tensiones a partir de cada instalación PV por medio de un barrido de las tensiones operativas. Para inicializar la operación de barrido, la tensión de enlace de cc, por ejemplo, la tensión de salida del circuito de elevación del voltaje, se ajusta a una constante, por ejemplo 500 voltios, en la etapa 130. El controlador entonces detiene el ciclo de trabajo aplicado al circuito de elevación de voltaje para que la instalación de salida de la instalación PV sea aplicada sin una elevación de voltaje a la salida de tensión del enlace de cc, en la etapa 132. La salida de alimentación de la instalación PV se determina mediante la medición de la corriente desde la instalación PV. La alimentación es el producto de la corriente medida y de la salida de tensión de la instalación PV, como se muestra en la etapa 134.

- 30 Para barrer la salida de tensión de la instalación PV a través de un intervalo de ciclos de trabajo, por ejemplo desde un ciclo en el que los transistores están todos situados en la mitad del conmutador de ACTIVACIÓN de cada ciclo (ciclo de trabajo 50 - 50), en la etapa 136. Cuando el ciclo de trabajo se modifica de una situación de siempre DESACTIVADO hasta un ciclo de 50 - 50, el sistema 44 de medición y el controlador 16 verifican la salida de corriente y de tensión de la instalación PV, en la etapa 138. La tensión de salida de la instalación PV cae cuando el ciclo de trabajo incrementa la cantidad de tiempo que la instalación PV está cargada con el mínimo circuito de enlace de cc. Mediante el incremento del ciclo de trabajo, la salida de tensión de la instalación PV puede ser barrida a lo largo de un intervalo operativo de tensiones para la instalación PV. Cuando la salida de tensión de la instalación PV es barrida, la unidad de medición mide la corriente y el controlador determina la salida de alimentación de la instalación PV como producto de la tensión de salida y de la corriente correspondiente, en la etapa 138. En base a la salida de alimentación determinada de la instalación PV para su intervalo de tensiones operativo, el controlador determina la salida de alimentación máxima (MPP) y la correspondiente tensión (Vmpp) para la instalación. Así mismo, el controlador determina el ciclo de trabajo para el circuito de elevación de voltaje que se corresponde con el MPP y Vmpp, en la etapa 140.

- 45 El proceso descrito anteriormente de determinación del MPP, la desactivación de un circuito de elevación de voltaje si el Vmpp de su correspondiente instalación PV es mayor que la tensión de enlace de cc y la reducción al mínimo de la tensión de enlace de cc se repite periódicamente, por ejemplo cada 30 minutos, en la etapa 142.

- 50 Además del barrido periódico, el entero intervalo de las tensiones PV para determinar el MPP y el Vmpp, el controlador puede sintonizar con precisión el Vmpp de una forma casi continua. El Vmpp es sintonizado con precisión efectuando pequeños cambios en la tensión de la instalación PV y verificando si la alimentación de la instalación ha aumentado. En particular, la tensión PV es oscilada en escasa amplitud alrededor del Vmpp, por ejemplo, mediante el desplazamiento de la tensión de la instalación aproximadamente desde el Vmpp, por ejemplo en más y menos (+ / -) 0,1 a 0,05 voltios, en la etapa 144. El controlador verifica la salida de alimentación procedente de la instalación PV después de efectuar el pequeño cambio de tensión. La alimentación de la instalación PV a la tensión desplazada es comparada con la alimentación de la instalación en el Vmpp. Si la alimentación de la instalación PV a la tensión desplazada es superior a la del Vmpp, el nivel de la tensión desplazada se define como el Vmpp y la instalación es operada en el nuevo Vmpp, en la etapa 146, la oscilación del Vmpp puede llevarse a cabo con frecuencia, por ejemplo, cada 0,1 o cada 0,05 segundos en la etapa 128.

- 60 Cuando el Vmpp de una instalación PV es inferior a la tensión de enlace de cc mínima permisible, la salida de tensión de la instalación es elevada de voltaje aplicando al ciclo de trabajo determinado correspondiente al Vmpp. La salida de tensión es elevada de voltaje hasta la tensión de enlace de cc, en la etapa 142. Mediante el ajuste del ciclo

de trabajo para que la instalación se corresponda con el V_{mpp} y con la tensión de enlace de cc mínima, el circuito de elevación de voltaje puede extraer la alimentación máxima (MPP) de la instalación PV y proporcionar una tensión de cc elevada de voltaje suficiente para el circuito de enlace de cc en la etapa 142.

- 5 Mediante la continua actualización del V_{mpp} para cada instalación (barriendo periódicamente el intervalo de tensiones de la instalación PV y haciendo oscilar continuamente el V_{mpp}), las instalaciones PV pueden ser operadas en su actual V_{mpp} . La eficiencia del inversor PV se potencia operando las instalaciones PV en su actual V_{mpp} .

- 10 La eficiencia del operador PV puede también ser incrementada desactivando un circuito de elevación de voltaje. Si el V_{mpp} de una instalación PV es superior a la tensión de enlace de cc mínima permisible, el circuito de elevación de voltaje para esa instalación PV es desactivado en la etapa 144. El controlador desactiva el circuito de elevación de voltaje manteniendo los conmutadores 28 de transistor en una posición abierta para aplicar la alimentación de cc desde la instalación PV directamente hasta el circuito de enlace de cc y puenteando eficazmente el circuito de elevación de voltaje. Cuando el circuito de elevación de voltaje es activado, el V_{mpp} para la instalación PV es regulado por el inversor de cc - ca 37 del circuito de enlace de cc, en la etapa 146. El inversor ajusta la tensión de
15 enlace de cc, que es la entrada de cc al inversor, para que se corresponda con el V_{mpp} de la instalación PV. Para aquellas instalaciones PV que presenten un V_{mpp} por debajo de la tensión de enlace de cc, sus respectivos circuitos de elevación de voltaje continúan incrementando su tensión.

- 20 Si más de una instalación PV presenta un V_{mpp} superior a la mínima tensión de enlace de cc, la tensión de enlace de cc se ajusta por el circuito inversor para que sea el valor V_{mpp} mayor. El circuito de elevación de voltaje es desactivado por la instalación PV que presente el mayor V_{mpp} . Los circuitos de elevación de voltaje para otras instalaciones PV son activados y elevan el voltaje de las tensiones de sus respectivas instalaciones hasta el mayor valor V_{mpp} . Así mismo, el ciclo de trabajo aplicado al inversor de cc - ca se ajusta para adaptarse al V_{mpp} mayor como nueva tensión de enlace de cc.

- 25 Si es necesario, para limitar la alimentación de entrada procedente de la instalación PV que presente un V_{mpp} superior a la tensión de enlace de cc y con un circuito de elevación de voltaje desactivado, el MPPT puede elevar o rebajar la salida de tensión de la instalación hasta una tensión de referencia (V_{ref}) que sea superior o inferior al V_{mpp} . La V_{ref} emitida por la instalación PV es aplicada como la tensión de enlace de cc, siempre que la V_{ref} sea mayor que la tensión de enlace de cc permisible mínima. El MPPT puede ajustar el ciclo de trabajo aplicado por el inversor para limitar la regulación de la instalación PV a la V_{ref} .

- 30 Otra técnica para mejorar la eficiencia del inversor PV es reducir la tensión de enlace de cc. La conmutación de las pérdidas del inversor están directamente relacionadas con la magnitud de la tensión de enlace de cc. La reducción al mínimo de la tensión de enlace de cc con respecto a un conjunto determinado de condiciones operativas reduce las pérdidas de conmutación e incrementa la eficiencia.

- 35 Antes de reducir la tensión de enlace de cc, el controlador determina una tensión de enlace de cc permisible mínima para cada ciclo, por ejemplo 50 hercios (Hz) o 60 Hz, de la alimentación de ca en la red, en la etapa 148. Para determinar la tensión de enlace de cc permisible mínima, la tensión de salida de ca del inversor PV es añadida y media a la salida de la tensión a través del inductor 42 de filtro utilizado análisis vectorial. El resultado del análisis vectorial se divide por el ciclo de trabajo de conmutación mínimo del inversor de cc - ca. Los dispositivos de conmutación del inversor presentan un específico de tiempo de DESACTIVACIÓN mínimo. En base a la frecuencia
40 de conmutación y al tiempo de DESACTIVACIÓN mínimo, se puede calcular un ciclo de trabajo máximo. El resultado de la división del análisis vectorial y del ciclo de trabajo de conmutación máximo produce una tensión de enlace de cc mínima calculada.

- 45 Para cada ciclo de ca, la tensión de ca medida máxima es registrada por el controlador y se mide y registra el ciclo de trabajo de excitación verificado máximo del inversor de cc - ca. A partir de estos dos valores registrados, se calcula y se ajusta continuamente la tensión de enlace de cc mínima. La tensión de enlace de cc mínima es, a continuación, utilizada para determinar si cualquiera de las instalaciones tiene un V_{mpp} suficientemente alto para desactivar su circuito de elevación de voltaje, en la etapa 150.

- 50 El inversor PV divulgado en la presente memoria se considera que proporciona diversas ventajas de consecuencias técnicas (efectos) para la conversión de la alimentación de cc generada a partir de instalaciones PV en alimentación de ca apropiada para una red eléctrica de alimentación. Una ventaja de consecuencias técnicas es la reducción de las pérdidas de alimentación para un convertidor de alimentación estático (SPC) de PV de N entradas, manteniendo al tiempo la cantidad de MPPT sobre todas las entradas. Otra ventaja de consecuencias técnicas es la provisión de un MPPT en un SPC de N entradas utilizando el inversor para disponer el MPPT sobre una entrada y el MPPT sobre
55 las demás entradas utilizando una elevación de voltaje de entrada o una etapa de conversión. Otra ventaja de consecuencias técnicas es la eficiencia de conversión incrementada de cc a ca mediante el ajuste continuo de la tensión de enlace de cc en base a las condiciones operativas.

Aunque la invención ha sido descrita en conexión con lo que actualmente se considera como la forma de realización más práctica y preferente, se debe entender que la invención no está limitada a la forma de realización divulgada

sino, que por el contrario, pretenden amparar diversas modificaciones y disposiciones equivalentes incluidas dentro del espíritu y el alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un procedimiento para convertir una alimentación de corriente continua (cc) generada por una pluralidad de instalaciones (12) fotovoltaicas (PV) en una alimentación de corriente alterna (ca) utilizando un inversor (10) PV que presenta un circuito (26) de elevación de voltaje de cc para cada una de las instalaciones PV y un inversor (37) de cc a ca, comprendiendo el procedimiento:
 - 5 aplicar (106) la alimentación de cc generada por cada instalación PV a una respectiva entrada del inversor PV;
 - operar (140) cada instalación PV a una tensión de alimentación máxima correspondiente a la salida de alimentación máxima de la instalación PV para producir la alimentación de cc;
 - 10 calcular (152, 154) de forma periódica una tensión de enlace de cc en base a la tensión de salida de ca del inversor PV por una red (14) eléctrica de alimentación;
 - determinar (136, 138, 148) un ciclo de trabajo para cada instalación PV que regula la instalación PV para emitir la tensión de alimentación máxima para la instalación PV y que eleva el voltaje de la tensión de alimentación máxima hasta al menos la tensión de enlace de cc mínima;
 - 15 aplicar (140) el ciclo de trabajo a cada circuito de elevación de voltaje de cc para elevar el voltaje de la alimentación de cc desde la instalación PV conectada al circuito de elevación de voltaje de cc desde la tensión de alimentación máxima de la instalación PV hasta una tensión de enlace de cc mínima;
 - convertir (122, 152) la potencia de cc elevada de voltaje en una alimentación de ca y,
 - 20 desactivar (156) el circuito de elevación de voltaje de cc conectado a la instalación PV que presenta una tensión de alimentación máxima tan elevada como la tensión de enlace de cc mínima.
- 2.- El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la determinación de una tensión de enlace de cc mínima comprende:
 - determinar una tensión de enlace de cc permisible mínima en base a la tensión de salida de ca del inversor PV.
- 25 3.- El procedimiento de la reivindicación 2, en el que la determinación de una tensión de enlace de cc mínima comprende además la división de la tensión de enlace de cc permisible mínima determinada por un ciclo de trabajo máximo del inversor de cc a ca para determinar la tensión de enlace de cc mínima.
- 4.- El procedimiento de la reivindicación 1, 2 o 3, que comprende además la actualización (128) de forma periódica de la tensión de alimentación máxima y la determinación del ciclo de trabajo de la tensión de alimentación máxima actualizada.
- 30 5.- El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que la instalación PV con la elevación de voltaje desactivada es una primera instalación PV y la alimentación procedente de las instalaciones PV adicionales es introducida en el inversor (10) PV, comprendiendo además el procedimiento la elevación de voltaje de forma separada de la alimentación procedente de cada instalación PV adicional con la desactivación al tiempo del circuito de elevación de voltaje de cc conectado a la primera instalación PV, en el que la tensión de enlace de cc mínima es la alimentación de alimentación máxima para la primera instalación PV.
- 35 6.- Un inversor (10) fotovoltaico, que comprende:
 - una pluralidad de conexiones de entrada adaptadas cada una para recibir la alimentación de corriente continua (cc) de una instalación (12) fotovoltaica (PV);
 - 40 una pluralidad de circuitos (26) de elevación de voltaje de cc eléctricamente conectados a una respectiva conexión de salida de la pluralidad de conexiones de entrada, en el que cada circuito (26) de elevación de voltaje de cc incluye al menos un conmutador (28) operado de acuerdo con un ciclo de trabajo;
 - un circuito (19) de enlace de cc eléctricamente conectado a una salida de cc procedente de cada uno de los circuitos (26) de elevación de voltaje de cc, en el que el circuito (19) de enlace de cc incluye un inversor de corriente de cc en corriente alterna (ca) y una salida de alimentación de ca adaptada para suministrar una alimentación de ca a una red (14) de alimentación de ca, y
 - 45 un controlador (16) configurado para:
 - determinar una tensión a la que cada una de las instalaciones (12) PV conectadas a una conexión de entrada produce una salida de alimentación máxima;

el cálculo periódico de una tensión de enlace de cc mínima en base a la tensión de salida de ca del inversor PV por una red (14) eléctrica de alimentación;

5 generar el ciclo de trabajo para cada circuito (26) de elevación de voltaje de cc para controlar al menos un conmutador para provocar que la instalación (12) PV produzca la salida de alimentación máxima a la tensión determinada y que el circuito (26) de elevación de voltaje de cc emita al menos una tensión de enlace de cc mínima, y la desactivación de uno de los circuitos (26) de elevación de voltaje de cc acoplados a una instalación (12) PV generando una tensión al menos tan elevada como la tensión de enlace de cc mínima.

10 7.- El inversor (10) fotovoltaico de la reivindicación 6, en el que el controlador (16) está además configurado para repetir de forma periódica las etapas de determinar la tensión a la que cada una de las instalaciones (12) PV conectadas a una conexión de entrada produce una salida de alimentación máxima; y generar el ciclo de trabajo para cada circuito (26) de elevación de voltaje.

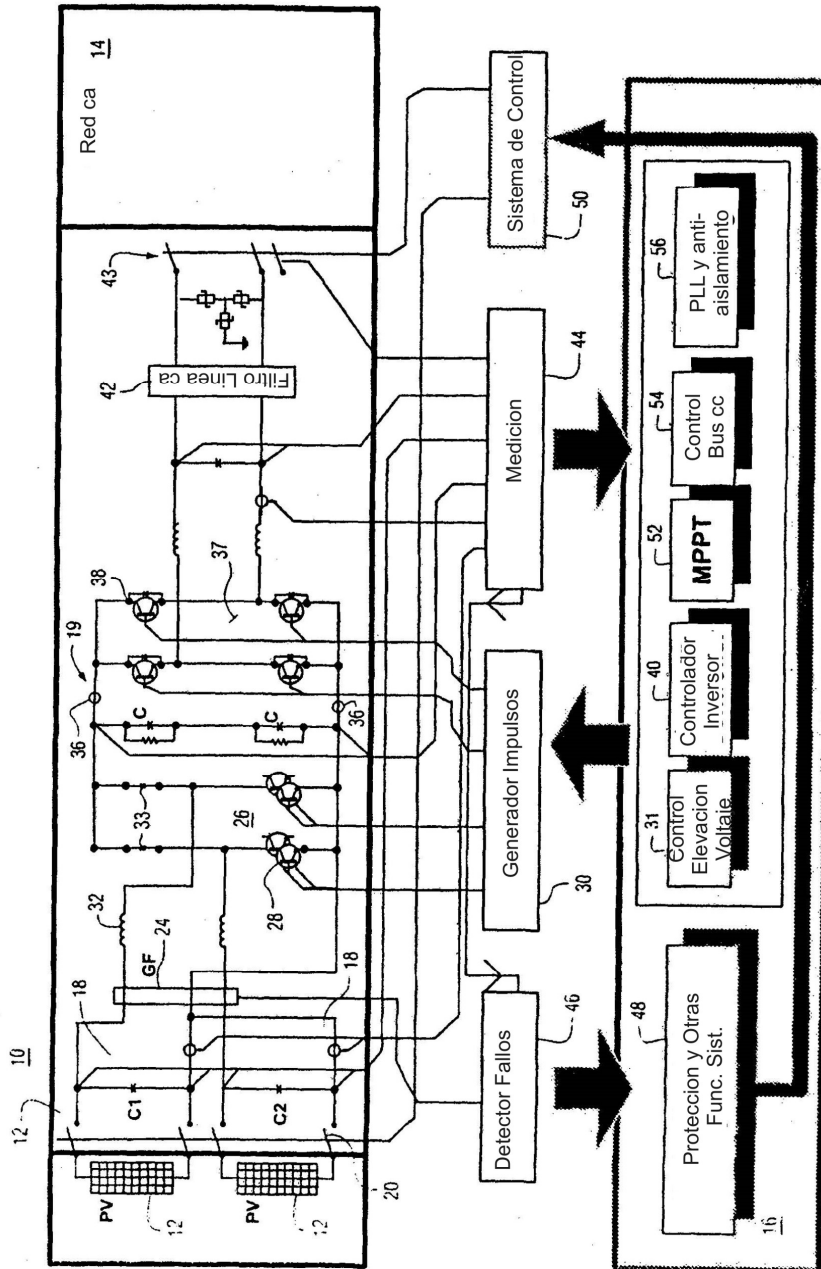


FIGURA 1

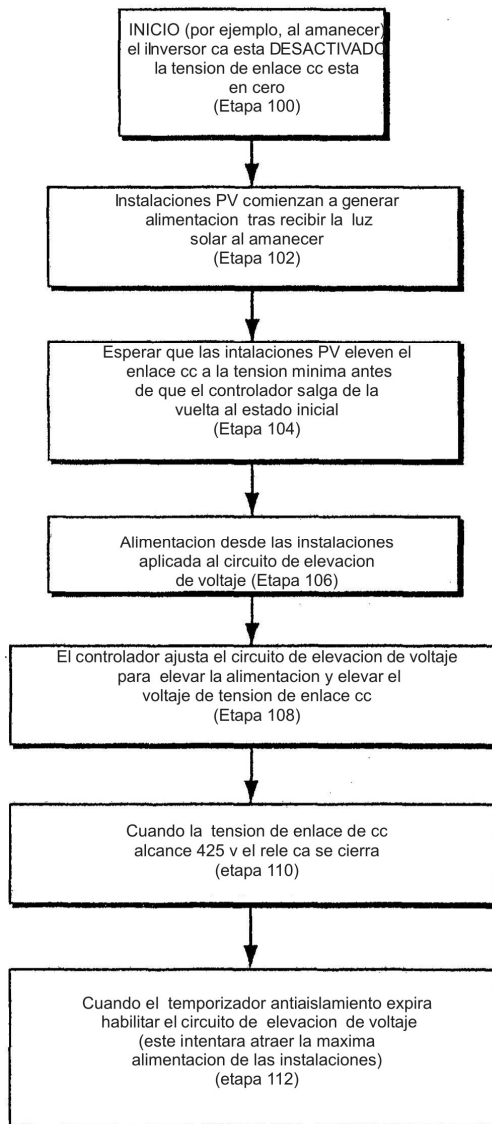


FIGURA 2

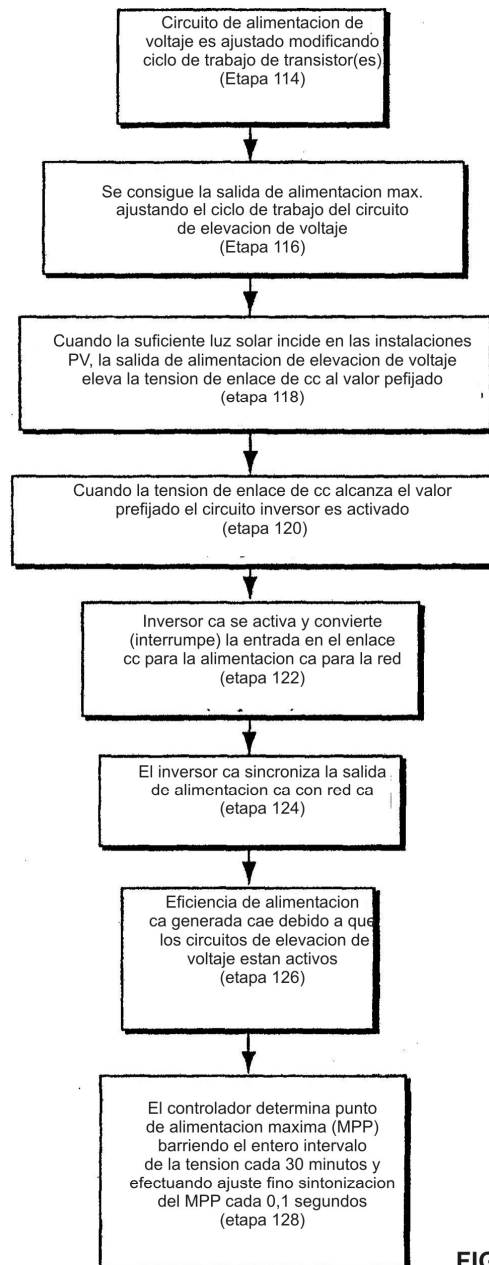
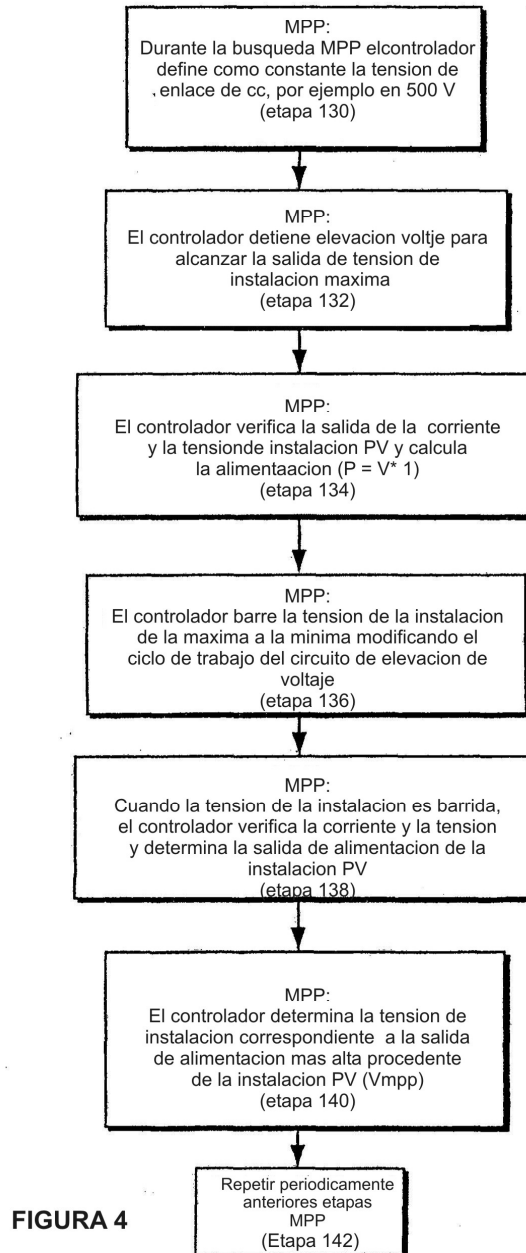


FIGURA 3



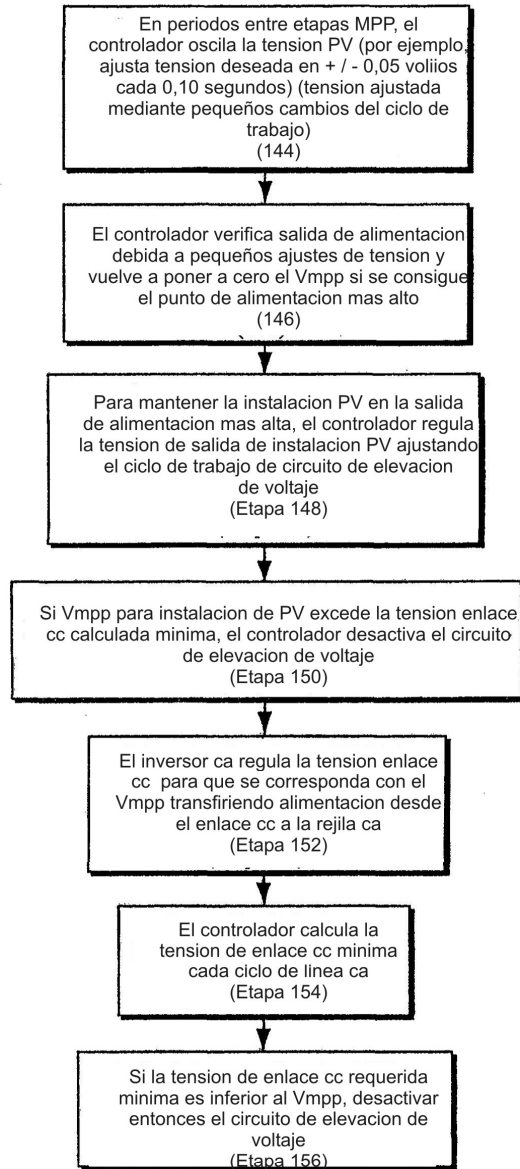


FIGURA 5