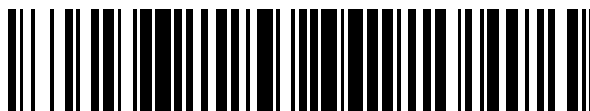


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 798 898**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

H01L 31/02 (2006.01)

H02S 40/32 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.02.2015 E 17204510 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 3312963**

54 Título: **Sistema y método para controlar la potencia de salida de una célula fotovoltaica**

30 Prioridad:

21.02.2014 US 201461943127 P

21.02.2014 US 201461943134 P

03.03.2014 US 201461947326 P

08.07.2014 US 201462022087 P

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

14.12.2020

73 Titular/es:

SOLARLYTICS, INC. (100.0%)
288 Lindbergh avenue
Livermore, CA 94551-9512, US

72 Inventor/es:

MCNAMARA, ROBERT P. y
RAYMOND, DOUGLAS

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 798 898 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

Sistema y método para controlar la potencia de salida de una célula fotovoltaica

Campo

- 5 La presente descripción se refiere generalmente a dispositivos fotovoltaicos y más específicamente, pero no exclusivamente, a sistemas y métodos para maximizar la potencia o energía generada y la eficiencia general de una o más células solares, por ejemplo, al aplicar y ajustar un campo eléctrico externo sobre las células solares.

Antecedentes

- 10 Una célula solar (también llamada célula fotovoltaica) es un dispositivo eléctrico que convierte la energía de la luz directamente en electricidad mediante un proceso conocido como "el efecto fotovoltaico". Cuando se expone a la luz, la célula solar puede generar y mantener una corriente eléctrica sin estar unida a ninguna fuente de voltaje externa.

- 15 La célula solar más común consiste en una unión 110 PN fabricada con materiales semiconductores (p. ej. silicio), tal y como en una célula 100 solar mostrada en la Figura 1. Por ejemplo, la unión 110 PN incluye una fina oblea que consiste en una capa ultra fina de silicio tipo "N" sobre una capa más gruesa de silicio tipo "P". Donde estas dos capas están en contacto, se crea un campo eléctrico (no se muestra) cerca de la superficie superior de la célula 100 solar, y tiene lugar una difusión de electrones desde la región de alta concentración de electrones (el lado tipo "N" de la unión 110 PN) hacia la región de baja concentración de electrones (el lado tipo "P" de la unión 110 PN).

- 20 La unión 110 PN está encapsulada entre dos electrodos 101a, 101b conductivos. El electrodo 101a superior es o bien transparente a la radiación incidente (solar) o no cubre por completo la parte superior de la célula 100 solar. Los electrodos 101a, 101b pueden servir de contactos metal-semiconductor óhmicos que están conectados a una carga 30 externa que está acoplada en serie. A pesar de que se muestra únicamente como resistiva, la carga 30 puede también incluir componentes tanto resistivos como reactivos.

- 25 Generalmente, múltiples células 100 solares se pueden acoplar (en serie y/o en paralelo) para formar un panel 10 solar (se muestra en la Figura 2). En referencia a la Figura 2, se muestra una configuración de instalación típica que utiliza al menos un panel 10 solar. Los paneles 10 solares pueden estar conectados o bien en paralelo como se muestra en la Figura 2, en serie, o en una combinación de ambos, y unidos a una carga, tal y como un inversor 31. El inversor 31 puede incluir componentes tanto resistivos como reactivos.

- 30 Volviendo a la Figura 1, cuando un fotón da en la célula 100 solar, el fotón o bien: pasa directamente a través del material de la célula solar, lo cual suele ocurrir con fotones de baja energía; o refleja la superficie de la célula solar; o, preferiblemente, es absorbido por el material de la célula solar, si la energía del fotón es mayor que la banda prohibida del silicio, generando un par electrón-hueco.

- 35 Si el fotón es absorbido, su energía se transmite a un electrón en el material de la célula solar. Habitualmente este electrón está en la banda de valencia y está fuertemente unido en enlaces covalentes entre átomos vecinos y, por tanto, es incapaz de alejarse. La energía que el fotón transmite al electrón "excita" al electrón hacia la banda de conducción, donde es libre para desplazarse en el interior de la célula 100 solar. El enlace covalente del que anteriormente formaba parte el electrón ahora tiene un electrón menos, esto se conoce como hueco. La presencia de un enlace covalente faltante permite que los electrones unidos de átomos vecinos se desplacen hacia el hueco, dejando otro hueco tras ellos. De esta manera, un hueco también puede desplazarse de forma eficaz a través de la célula 100 solar. Por tanto, los fotones absorbidos en la célula 100 solar crean pares electrón-hueco móviles.

- 40 El par electrón-hueco móvil se difunde o se deriva hacia los electrodos 101a, 101b. Generalmente, el electrón se difunde/deriva hacia el electrodo negativo, y el hueco se difunde/deriva hacia el electrodo positivo. La difusión de portadores (p.ej., electrones) se debe a movimientos térmicos aleatorios hasta que campos eléctricos capturan al portador. La deriva de portadores es accionada por campos eléctricos establecidos a lo largo de un campo activo de la célula 100 solar. En células solares de película fina, el modo dominante de separar los portadores de carga es la deriva, accionada por el campo electrostático de la unión 110 PN que se extiende a lo largo del grosor de la célula solar de película fina. Sin embargo, para células solares más gruesas que no tengan virtualmente ningún campo eléctrico en la región activa, el modo dominante de separación de portadores de carga es la difusión. La longitud de difusión de portadores minoritarios (es decir, la longitud que los portadores fotogenerados pueden atravesar antes de recombinarse) debe ser amplia en células solares más gruesas.

- 50 En definitiva, los electrones que están creados en el lado tipo "N" de la unión 110 PN, "recibidos" por la unión 110 PN, y arrastrados al lado tipo "N" pueden proporcionar potencia a la carga 30 externa (a través del electrodo 101a) y volver al lado tipo "P" (a través del electrodo 101b) de la célula 100 solar. Una vez ha vuelto al lado tipo "P", el electrón puede recombinarse con un hueco creado o bien como un par electrón-hueco en el lado tipo "P" o arrastrado a lo largo de la unión 110 PN desde el lado tipo "N".

Como se muestra en la Figura 1, el par electrón-hueco recorre un camino sinuoso desde que el punto en el que se crea el par electrón-hueco hasta el punto en el que se recibe el par electrón-hueco en los electrodos 101a, 101b. Debido a que el trayecto que recorre el par electrón-hueco es largo, existe una gran oportunidad para que el electrón o el hueco se recombinen con otro hueco o electrón, recombinación que resulta en una pérdida de corriente para cualquier carga 30 externa. Dicho de otro modo, cuando se crea un par electrón-hueco, uno de los portadores puede alcanzar la unión 110 PN (un portador recibido) y contribuir a la corriente producida por la célula 100 solar. De manera alternativa, el portador puede recombinarse sin contribución neta a la corriente de célula. La recombinación de la carga provoca una disminución de la eficiencia cuántica (es decir, el porcentaje de fotones que se convierte en corriente eléctrica cuando la célula 100 solar) y, por tanto, de la eficiencia general de la célula 100 solar.

El coste de la célula 100 solar o del panel 10 solar se da generalmente en unidades de dólares por vatios de potencia eléctrica máxima que se pueden generar bajo condiciones normalizadas. Las células solares de alta eficiencia reducen el coste de energía solar. Muchos de los costes de un sistema o planta de energía solar son proporcionales al número de paneles solares requeridos así como al área (terreno) requerida para montar los paneles. Una célula solar de mayor eficiencia permitirá una reducción en el número de paneles solares requeridos para una determinada salida de energía y el área requerida para instalar el sistema. Esta reducción en el número de paneles y espacio utilizado puede reducir el coste total de la planta, incluso si las células en sí son más costosas.

El objetivo principal es hacer que el coste de la generación de energía solar sea comparable a, o menor que, las plantas convencionales de energía eléctrica que utilizan gas natural, carbón, y/o petróleo combustible para generar electricidad. A diferencia de los medios más convencionales de generación de energía eléctrica que requieren amplias plantas de energía centralizadas, los sistemas de energía solar pueden instalarse en ubicaciones amplias centralizadas por compañías eléctricas, en edificios comerciales para ayudar a compensar el coste de la energía eléctrica, e incluso en una vivienda con base de vivienda.

Los intentos recientes de reducir el coste e incrementar la eficiencia de las células solares incluyen analizar varios materiales y diferentes técnicas de fabricación utilizadas para las células solares. Otro planteamiento intenta mejorar la zona de vaciado formada alrededor de la unión 110 PN para mejorar el desplazamiento de portadores de carga a través de la célula 100 solar. Véase, por ejemplo, la patente de Estados Unidos n.º 5.215.599 de Hingorani, et al. ("Hingorani"), presentada el 3 de mayo de 1991, y la patente de Estados Unidos 8.466.582, de Fornage ("Fornage"), presentada el 2 de diciembre de 2011, que reivindica prioridad ante una fecha de presentación del 3 de diciembre de 2010.

Sin embargo, estos planteamientos convencionales para mejorar el desplazamiento de los portadores de carga a través de la célula 100 solar requieren una modificación de la estructura fundamental de la célula 100 solar. Hingorani y Fornage, por ejemplo, describen la aplicación de un campo eléctrico externo a la célula solar utilizando una estructura de célula solar modificada. La aplicación del campo eléctrico externo requiere aplicar un voltaje entre los electrodos que induce al campo eléctrico (descrito en mayor detalle con referencia a la ecuación 2 a continuación). Sin modificar la estructura fundamental de la célula 100 solar, aplicar el voltaje a los electrodos 101a, 101b existentes de la célula 100 solar disminuye el voltaje aplicado a través de la carga 30 externa. Dicho de otra forma, aplicar el voltaje a los electrodos 101a, 101b del solar 100 no es efectivo para crear un campo eléctrico externo y mejorar el desplazamiento de los portadores de carga. Por consiguiente, los planteamientos convencionales, tal y como los descritos en Hingorani y Fornage, modifican necesariamente la estructura fundamental de la célula 100 solar, por ejemplo insertando un conjunto externo (y eléctricamente aislado) de electrodos en la base de la célula 100 solar. Existen diversas desventajas en este planteamiento.

Por ejemplo, los electrodos externos deben colocarse en la célula 100 solar durante el proceso de fabricación; es virtualmente imposible reajustar los electrodos externos a una célula o panel solar existente. Esta modificación del proceso de fabricación aumenta de forma significativa el coste de producción y disminuye la rentabilidad de la producción. Asimismo, colocar los electrodos externos en el lado delantero, o incidente, de la célula 100 solar reduce la energía óptica la cual alcanza la célula 100 solar, produciendo así una potencia de salida menor.

Como otra desventaja, para producir mejoras significativas en la potencia de salida de la célula 100 solar, se deben aplicar voltajes considerables a los electrodos externos de la célula 100 solar. Por ejemplo, Fornage describe que los voltajes en el orden de los "1.000" voltios deben colocarse en los electrodos externos para que el campo eléctrico aplicado sea efectivo e incremente la potencia de salida de la célula 100 solar. La magnitud de este voltaje requiere formación especial para el mantenimiento así como equipo y cableado de alto voltaje adicional que no existe actualmente en instalaciones de paneles solares existentes o nuevas. Como ejemplo, una capa de aislamiento entre los electrodos externos y la célula 100 solar debe ser suficiente para resistir el alto voltaje aplicado. En el caso de que la capa de aislamiento falle, existe un riesgo significativo de daño no solo a la célula 100 solar sino también a todos los paneles 10 solares conectados en serie o en paralelo a la célula solar fallida así como a la carga 30 externa (o el inversor 31).

Como otra desventaja, variar las condiciones de iluminación (p. ej., debido a la cobertura nubosa del sol y/o fluctuaciones del tiempo normales) puede causar inestabilidad en la potencia de salida de células solares

convencionales y paneles solares. Por ejemplo, con referencia a la Figura 2, el inversor 31 generalmente requiere un voltaje y una entrada de corriente estática y no variable. Como se muestra en la Figura 2, los paneles 10 solares proporcionan el voltaje y la corriente de entrada al inversor 31. Sin embargo, las condiciones de iluminación variables con el tiempo pueden provocar que el rendimiento de los paneles 10 solares fluctúe (p. ej., en el orden de segundos o menos). La fluctuación del voltaje y de la corriente suministrada al inversor 31 compromete la calidad de la potencia de salida del inversor 31, por ejemplo, en términos de frecuencia, voltaje y contenido armónico. Los esfuerzos convencionales para combatir las condiciones de iluminación variables incluyen colocar baterías o condensadores a la entrada del inversor 31 y, desafortunadamente, solo minimizan estas variaciones.

En vista de lo anterior, existe una necesidad de mejora en sistemas de células solares y en el método para incrementar la eficiencia y potencia de salida, tal y como con un aumento de la movilidad de los pares electrón-hueco, en un esfuerzo por superar los obstáculos y las deficiencias mencionadas de los sistemas de células solares convencionales.

El documento US 2012/006408 A1 describe un método de funcionamiento de una célula solar que comprende: - para una célula solar con una única unión y primer y segundo contacto, que provoca una polarización sobre el primer y segundo contacto para alternar periódicamente entre un valor de polarización mínimo y máximo; - siendo el periodo de alternancia de la polarización entre los valores de polarización mínimo y máximo más corto que el tiempo de enfriamiento de portadores calientes para que la célula solar los extraiga de la célula solar, portadores fotoexcitados a lo largo de un rango de niveles de energía.

El documento US 2009/078304 A1 describe un método para manejar una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos, en los que se aplica una señal constante desde el exterior a lo largo de un extenso periodo de tiempo sobre los dispositivos fotovoltaicos. La señal se aplica durante la noche.

Compendio

Según la presente invención, se proporciona un sistema para manejar un dispositivo fotovoltaico según la reivindicación 1.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 es un diagrama transversal de alto nivel de ejemplo que ilustra una realización de una célula solar de la técnica anterior.

La Figura 2 es un diagrama de bloque de alto nivel de ejemplo que ilustra una realización de un conjunto de paneles solares de la técnica anterior que utiliza las células solares de la Figura 1.

La Figura 3 es un diagrama de bloque de alto nivel de ejemplo que ilustra una realización de un sistema de gestión de células solares.

La Figura 4 es un diagrama de bloque de ejemplo que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la Figura 3, en el que un conjunto de paneles solares se acopla a una fuente de voltaje a través de un conmutador.

Las Figuras 5A-D son formas de onda de ejemplo que ilustran el voltaje aplicado como una función de tiempo de las entradas y salidas del conmutador utilizado con el conjunto de paneles solares de la Figura 4.

La Figura 6 es un diagrama de bloque de ejemplo que ilustra otra realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la Figura 3, en el que un conjunto de paneles solares se acopla a un circuito de un generador de impulsos de voltaje.

La Figura 7 es una forma de onda de ejemplo que ilustra el voltaje aplicado como una función de tiempo utilizado con el conjunto de paneles solares de la Figura 6.

La Figura 8 es un diagrama de bloque de ejemplo que ilustra una realización del circuito del generador de impulsos de voltaje de la Figura 6.

La Figura 9A es un diagrama de bloque de ejemplo que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la Figura 4, en el que el sistema de gestión de células solares incluye un circuito de control.

La Figura 9B es un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra un diagrama de estados para el circuito de control que se muestra en la Figura 9A.

La Figura 10A es un diagrama de bloque de ejemplo que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la Figura 6, en el que el sistema de gestión de células solares incluye un circuito de control.

La Figura 10B es un diagrama de flujo de ejemplo que ilustra un diagrama de estados para el circuito de control que se muestra en la Figura 10A.

Las Figuras 11A-C son formas de onda de ejemplo que ilustran una realización de la relación entre el voltaje aplicado, la frecuencia de impulsos, y la duración del impulso para mejorar la corriente de salida del dispositivo fotovoltaico de la Figura 3.

Se ha de observar que las figuras no están dibujadas a escala y que los elementos de estructuras o funciones similares están generalmente representados por números de referencia iguales con fines ilustrativos a lo largo de las figuras. También se debe observar que las figuras están únicamente destinadas a facilitar la descripción de las realizaciones preferidas. Las figuras no ilustran todos los aspectos de las realizaciones descritas y no limitan el alcance de la presente descripción.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Debido a que los sistemas de células solares disponibles actualmente no consiguen maximizar la potencia de salida de una célula fotovoltaica, un sistema de células solares que aumenta la movilidad de los pares electrón-hueco y reduce la corriente de recombinación en un material semiconductor puede resultar conveniente y proporcionar una base para un amplio rango de sistemas de células solares, tal y como para aumentar la eficiencia y la potencia de salida de las células solares configuradas como un panel solar. Se puede conseguir este resultado, según una realización descrita en la presente memoria, con un sistema 300 de gestión de células solares como se ilustra en la Figura 3.

Ahora con referencia a la Figura 3, el sistema 300 de gestión de células solares es adecuado para utilizar con un amplio rango de dispositivos fotovoltaicos. En una realización, el sistema 300 de gestión de células solares puede ser adecuado para utilizar con la célula 100 solar que se muestra en la Figura 1. Por ejemplo, la célula 100 solar puede representar cualquier generación adecuada de células solares tal y como células de obleas de silicio cristalino (primera generación), células solares de película fina incluidas las células de silicio amorfo (segunda generación), y/o células de tercera generación. El sistema 300 de gestión de células solares puede utilizarse de forma ventajosa con cualquier generación de célula 100 solar sin modificar la estructura, y sus desventajas asociadas.

En otra realización, el sistema 300 de gestión de células solares puede ser adecuado para utilizar con múltiples células 100 solares, tal y como los paneles 10 solares que se muestran en la Figura 2. Tal y como se describe previamente, múltiples células 100 solares se pueden acoplar (en serie y/o en paralelo) para formar un panel 10 solar. Los paneles 10 solares se pueden montar en una estructura de apoyo (no se muestra) con montaje sobre el suelo, montaje sobre el tejado, sistemas de seguimiento solar, rejillas fijas, etc. y pueden utilizarse para aplicaciones tanto espaciales como terrestres. De manera similar, el sistema 300 de gestión de células solares puede utilizarse de forma ventajosa con cualquier generación de panel 10 solar sin modificar la estructura, y sus desventajas, del panel 10 solar.

Como se muestra en la Figura 3, el dispositivo 200 fotovoltaico coopera con un campo 250 eléctrico. En algunas realizaciones, la polaridad del campo 250 eléctrico se puede aplicar o bien en la misma dirección o bien en dirección inversa a la polaridad de los electrodos 101a, 101b (que se muestran en la Figura 1) en el dispositivo 200 fotovoltaico. Por ejemplo, si se aplica el campo 250 eléctrico en la misma dirección que la polaridad de los electrodos 101a, 101b en el dispositivo 200 fotovoltaico, el campo 250 eléctrico actúa en los pares electrón-hueco en el dispositivo 200 fotovoltaico para imponer una fuerza $-eE$ o h^+E en el electrón o hueco, respectivamente, acelerando así la movilidad del electrón y hueco hacia los respectivos electrodos. De manera alternativa, si la polaridad del campo 250 eléctrico es inversa, la movilidad de los pares electrón-hueco en el dispositivo 200 fotovoltaico disminuye, aumentando así la corriente de recombinación en el dispositivo 200 fotovoltaico. Por consiguiente, la eficiencia del dispositivo 200 fotovoltaico se puede disminuir según se desee, tal y como para gestionar la potencia de salida del dispositivo 200 fotovoltaico.

Asimismo, el campo 250 eléctrico aplicado al dispositivo 200 fotovoltaico puede ser estático o variable con el tiempo, según se desee. En el caso en que el campo 250 eléctrico sea variable con el tiempo, el campo 250 eléctrico tiene una magnitud de tiempo promedio que no es cero. Dicho de otra forma, la fuerza neta de los electrones y huecos no es cero para proporcionar movilidad aumentada en los pares electrón-hueco del dispositivo 200 fotovoltaico.

Si se aplica en la célula 100 solar convencional de la Figura 1, en ausencia de una carga 30 externa (que se muestra en la Figura 1), se puede aplicar un voltaje externo a lo largo de los electrodos 101a, 101b de la célula 100 solar para crear el campo 250 eléctrico. En una realización, el campo 250 eléctrico (p. ej., entre los electrodos 101a, 101b) se define con la Ecuación 1:

$$E = \frac{(V_{App} - V_P)}{t} \quad (Ecuación 1)$$

En la Ecuación 1, E representa el campo 250 eléctrico, V_{App} es el voltaje aplicado externamente al dispositivo 200 fotovoltaico, V_P es el voltaje de salida del dispositivo 200 fotovoltaico (p. ej., ~ 30 voltios), y t es el grosor del material semiconductor en el dispositivo 200 fotovoltaico desde el electrodo 101a al 101b. Por ejemplo, suponiendo que V_{App} -

$V_P = 200$ Voltios (nominalmente) y un grosor t de unos 0,02 cm, el campo 250 eléctrico es de aproximadamente 10K Voltios/cm. Se puede observar en la Ecuación 1 que, a medida que disminuye el grosor t del dispositivo 200 fotovoltaico (p. ej., menor que 0,01 cm), se pueden generar campos 250 eléctricos mayores utilizando los mismos voltajes o voltajes más bajos.

Como se describe anteriormente, el dispositivo 200 fotovoltaico generalmente acciona una carga externa, tal y como la carga 30 de la célula 100 solar. En referencia a la Ecuación 1, si se aplica un voltaje V_{App} externo directamente al dispositivo 200 fotovoltaico que acciona la carga 30 externa, la carga 30 externa puede incluir componentes resistivos que consumen corriente de la fuente del voltaje V_{App} aplicado. Dicho de otra forma, aplicar el voltaje V_{App} externo al dispositivo 200 fotovoltaico puede proporcionar energía de forma eficaz al circuito general representado por la Ecuación 2:

$$Potencia_{entrada} = \frac{(V_{App})^2}{R_L} \quad (Ecuación 2)$$

En la Ecuación 2, R_L representa la impedancia de la carga 30 externa. En algunos casos, la potencia de entrada puede ser sustancialmente mayor que la potencia de salida del dispositivo 200 fotovoltaico. Por consiguiente, el sistema 300 de gestión de células solares está configurado para aplicar el campo 250 eléctrico a lo largo del dispositivo 200 fotovoltaico sin inyectar más energía de la que el dispositivo 200 fotovoltaico es capaz de producir o más energía de la que se ganaría al aplicar el campo eléctrico a lo largo del dispositivo 200 fotovoltaico.

El sistema 300 de gestión de células solares puede aplicar el voltaje V_{App} externo al dispositivo 200 fotovoltaico utilizando cualquier medio adecuado descrito en la presente memoria, incluido utilizar un conmutador 55 como se muestra en la Figura 4. Ahora con referencia a la Figura 4, el dispositivo 200 fotovoltaico puede representar cualquier número de dispositivos fotovoltaicos tal y como la célula 100 solar y/o los paneles 10 solares como se ilustra. Los paneles 10 solares están conectados al conmutador 55 como un único polo, conmutador bipolar (o de triple acción) como se muestra. En una realización, el conmutador 55 también está acoplado a una fuente 50 de voltaje y a una carga R_L externa (p. ej., se muestra como el inversor 31). El inversor 31 puede convertir un voltaje y corriente CC en un voltaje y corriente AC, lo cual es generalmente compatible en voltaje y frecuencia con redes eléctricas CA convencionales. La frecuencia de salida del inversor 31 y la amplitud de la corriente/voltaje CA se pueden basar en el país, ubicación, y requerimientos de las redes locales.

La fuente 50 de voltaje puede incluir cualquier medio adecuado para mantener un voltaje constante, incluidas las fuentes de voltaje ideal, las fuentes de voltaje controlado, etcétera. Sin embargo, en algunas realizaciones, como en la realización mostrada a continuación con referencia a la Figura 9A, la fuente 50 de voltaje puede tener un rendimiento variable y ajustable (p. ej., voltaje variable con el tiempo). Un control 45 de conmutador (o controlador) puede estar acoplado al conmutador 55 para controlar la duración de la conexión y/o la frecuencia de conmutación, tal y como entre la fuente 50 de voltaje y el inversor 31 a los paneles 10 solares. El control 45 de conmutador puede estar preestablecido para operar en una duración D de conmutación y una frecuencia f de conmutación fijas (se muestra en las Figuras 5A-C). El voltaje aplicado en la primera posición del conmutador 55 se puede fijar y basar en la fuente 50 de voltaje. En algunas realizaciones, la magnitud del voltaje aplicado por la fuente 50 de voltaje, la duración D de la conexión, y/o la frecuencia f de conmutación pueden estar preestablecidas y/o variar basándose en las condiciones de carga.

Por ejemplo, el conmutador 55 conecta los paneles 10 solares con la fuente 50 de voltaje en una primera posición (como se muestra con la flecha en el conmutador 55 de la Figura 4). Cuando se conecta en la primera posición, la fuente 50 de voltaje aplica un voltaje V_{APP} a través de los electrodos 101a, 101b (se muestran en la Figura 1) de los paneles 10 solares e induce el campo 250 eléctrico (se muestra en la Figura 3) a lo largo de cada panel 10 solar. Una vez el campo 250 eléctrico ha sido establecido a lo largo de los paneles 10 solares, el conmutador 55 conmuta para conectar los paneles 10 solares al inversor 31 (es decir, la carga R_L) en una segunda posición. Por consiguiente, la fuente 50 de voltaje puede proporcionar el campo 250 eléctrico sin conectarse a los paneles 10 solares y al inversor 31 al mismo tiempo. Por tanto, en referencia a la Ecuación 2 de nuevo, aplicar el voltaje V_{APP} externo no permite a la carga R_L (p. ej., el inversor 31) consumir corriente directamente de la fuente 50 de voltaje.

La aplicación del campo 250 eléctrico a los paneles 10 solares puede aumentar la corriente y la potencia de salida de los paneles 10 solares en una cantidad predeterminada cuando los paneles 10 solares se conectan posteriormente al inversor 31 en la segunda posición. La cantidad predeterminada depende de una intensidad de luz incidente en los paneles 10 solares, el voltaje V_{APP} aplicado a los paneles 10 solares por parte de la fuente 50 de voltaje, el grosor de los paneles 10 solares, la frecuencia f a la que la fuente 50 de voltaje se conecta a los paneles 10 solares, y el ciclo de trabajo del proceso de conmutación entre la primera posición y la segunda posición, estando el ciclo de trabajo definido como la cantidad de tiempo que los paneles 10 solares están conectados a la fuente 50 de voltaje dividido entre $1/f$ el tiempo de conmutación (es decir, multiplicado por la frecuencia f o dividido entre el periodo total de la señal). Se ha de observar que el tiempo D de duración del conmutador, la frecuencia f de conmutación y el ciclo de

trabajo son cantidades interrelacionadas de forma que cuantificar dos cantidades cualquiera permite determinar la tercera cantidad. Por ejemplo, especificar la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo permite determinar el tiempo D de duración del conmutador. Por ejemplo, en condiciones de luz de alta intensidad, la mejora de la potencia de salida puede ser del orden del 20 %; en condiciones de luz de baja intensidad, 50+ %.

- 5 La realización que se muestra en la Figura 4 proporciona de forma ventajosa el campo 250 eléctrico al dispositivo 200 fotovoltaico sin la necesidad de modificar los paneles 10 solares y/o las células 100 solares para incluir electrodos externos adicionales.

En algunas realizaciones, se puede colocar un dispositivo de almacenamiento de energía, tal y como un condensador 41, un inductor 42 y/o una batería 43, delante del inversor 31 para mitigar que el inversor 31 perciba cualquier caída del voltaje mientras el conmutador 55 está en la primera posición. Por consiguiente, mientras que el inversor 31 (es decir, carga) está desconectado de los paneles 10 solares cuando el conmutador 55 está en la primera posición y el campo 250 eléctrico se está estableciendo a lo largo de los paneles 10 solares (es decir, tiempo D de conmutación que se muestra en las Figuras 5A-D), el dispositivo de almacenamiento de energía proporciona energía al inversor 31 para mantener la corriente fluyendo durante este periodo conmutado. Dicho de otra forma, el dispositivo de almacenamiento de energía puede descargarse mientras los paneles 10 solares se desconectan del inversor 31.

Por tanto, no es necesario aplicar de manera continuada un voltaje constante de la fuente 50 de voltaje, la cual a su vez crea el campo 250 eléctrico, para ver una mejora en la potencia de salida de los paneles 10 solares. Por ejemplo, con tiempos D de duración de conmutación de, nominalmente, 10-2000 ns, un V_{App} de, nominalmente, 100-500+ Voltios y una frecuencia f de conmutación de 20 μ segundos, se puede utilizar el ciclo de trabajo de, nominalmente 0,1-10 %. El inductor 42, el condensador 41 y/o la batería 43 se escogen para tener el tamaño suficiente para proporcionar suficiente descarga mientras los paneles 10 solares están desconectados mientras el campo 250 eléctrico se está colocando a lo largo de los paneles 10 solares de forma que no se cause una caída en el rendimiento del inversor 31.

Por ejemplo, el tamaño del condensador 41 colocado a lo largo de la carga (p. ej., el inversor 31) está determinado por la caída de voltaje aceptable que el inversor 31 puede tolerar durante el tiempo D de conmutación. Por ejemplo, si la caída de voltaje durante el tiempo D de conmutación no es menor que un 90 % de voltaje máximo generado por el dispositivo 200 fotovoltaico, el condensador necesita dimensionarse según la Ecuación 3:

$$C_{41} = \frac{-D}{R_L \ln(\text{Max}V)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

En la Ecuación 3, D es la duración en la que el conmutador está conectado a la fuente 50 de voltaje y MaxV es el porcentaje del voltaje máximo requerido (p. ej., 90 % en el ejemplo anterior). De una manera similar, la inductancia y/o la batería se puede calcular.

La Figura 5A ilustra voltaje de control como una función de tiempo del conmutador 45 de control para activar y controlar el conmutador 55 utilizando el sistema 300 de gestión de células solares de la Figura 4. En este ejemplo, los paneles 10 solares están desconectados del inversor 31 y conectados a la fuente 50 de voltaje en la primera posición del conmutador 55 para la duración D, que se repite cada $1/f$ segundos. La Figura 5B ilustra el voltaje como una función de tiempo de la fuente 50 de voltaje proporcionada al conmutador 55 en la primera posición. La Figura 5C ilustra el voltaje de salida del conmutador 55 de los paneles 10 solares (cuando están conectados en paralelo) como una función de tiempo en el rendimiento del conmutador 55 que se acopla al inversor 31 en la segunda posición. De manera similar, la Figura 5D ilustra el voltaje como una función de tiempo al rendimiento del conmutador 55 que se acopla al inversor 31, con un condensador 41 acoplado entre medias.

La caída del voltaje que aprecia el inversor 31 que se muestra en la Figura 5D al final de la duración D de conmutación se designa como la caída de voltaje descrita anteriormente. La caída de voltaje depende del tamaño del condensador 41, del inductor 42 y/o de la batería 43. En un ejemplo del sistema 300 que no incluye el condensador 41, el inductor 42 ni la batería 43, el voltaje aplicado a lo largo de la entrada del inversor 31 aparece como el voltaje de salida ilustrado en la Figura 5C.

La Figura 6 ilustra una realización alternativa del sistema 300 de gestión de células solares de la Figura 3. Ahora con referencia a la Figura 6, el dispositivo 200 fotovoltaico puede representar cualquier número de dispositivos fotovoltaicos tal y como la célula 100 solar y/o los paneles 10 solares como se ilustra. Como se muestra, los paneles 10 solares están conectados en paralelo, pero también se pueden conectar en serie y en cualquier combinación de los mismos.

Un generador de impulsos 60 de voltaje, tal y como un generador de impulsos de alto voltaje, puede aplicar un impulso 71 de voltaje variable con el tiempo (se muestra en la Figura 7) a lo largo de uno o más de los paneles 10 solares. En una realización, una duración D_p del impulso 71 de voltaje puede ser corta, nominalmente 10-2000 ns, y una magnitud puede ser alta, nominalmente 100-500+ Voltios. En la realización que se muestra en la Figura 6, los voltajes aplicados, la duración del impulso y la frecuencia de repetición de impulsos están fijadas en un nivel predeterminado para

proporcionar un rendimiento óptimo bajo condiciones de funcionamiento seleccionadas. Por ejemplo, en referencia a las Figuras 6 y 7, el impulso 71 de voltaje tiene la duración D_P de unos 1000 ns, dicho impulso 71 de voltaje se repite en un periodo de $1/f$. La duración D_P del impulso 71 de voltaje y la frecuencia f del impulso 71 de voltaje se escogen de forma que la reactancia de los inductores en el inversor 31 de voltaje presente una alta impedancia al generador de impulsos 60 de voltaje, dicha alta impedancia permite que se desarrolle un alto voltaje a través de los electrodos 101a, 101b (que se muestran en la Figura 1) de los paneles 10 solares y que el inversor 31 no habrá de disminuir.

Asimismo, se pueden colocar inductores (no se muestran) en serie en la entrada del inversor 31, dichos inductores en serie son capaces de administrar la entrada de corriente al inversor 31 y actuar como una bobina de radiofrecuencia de forma que el componente resistivo del inversor 31 no atenúe (ni disminuya de manera efectiva) los impulsos 71 de voltaje. El ciclo de trabajo (tiempo en que el impulso está encendido/tiempo en el que el impulso está apagado) puede ser nominalmente 0,1-10 %.

La fuerza del campo 250 eléctrico impuesto en el dispositivo 200 fotovoltaico es una función de la construcción del dispositivo 200 fotovoltaico, tal y como el grosor del dispositivo 200 fotovoltaico, la constante material y dieléctrica del dispositivo 200 fotovoltaico, el voltaje de ruptura máximo del dispositivo 200 fotovoltaico, etcétera.

Para el impulso 71 de voltaje que se muestra en la Figura 7, un análisis Fourier de esta forma de onda resulta en una serie de impulsos con frecuencias $\omega = n\omega_0$ donde $\omega_0 = 2\pi f$ y la fuerza de los impulsos la da la Ecuación 4:

$$V(\omega) = 2\pi\tau V_{App} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \frac{\sin n\pi\tau}{n\pi\tau} \quad (\text{Ecuación 4})$$

en la Ecuación 4, n es una serie de números enteros de $-\infty$ a $+\infty$. Por consiguiente, el impulso de orden 0ésimo (es decir, $n=0$) tiene un componente CC que se disminuye a través de la carga R_L resistiva. La primera orden del impulso 71 de voltaje aplicado a lo largo de los paneles 10 solares es $V_{App} (1 - D_P/f)$, donde D_P/f es el ciclo de trabajo del impulso, D_P es la duración del impulso, y f es la frecuencia de repetición de impulsos. Debido a que la inductancia del inversor 31 actúa como una alta impedancia Z para el impulso 71 de voltaje generado por la realización de la Figura 6, se desarrolla un impulso 71 de alto voltaje a lo largo de cada uno de los paneles 10 solares, lo cual, a su vez, crea un campo 250 eléctrico a lo largo de los paneles 10 solares.

Como se muestra en la Figura 6, el inversor 31 de voltaje representa la carga R_L externa. Sin embargo, la carga R_L externa puede incluir componentes puramente resistivos de forma que un conjunto de inductores se puede colocar en serie con la carga R_L para actuar como la bobina de radiofrecuencia de forma que el impulso 71 de voltaje (y el campo 250 eléctrico) se aplica a lo largo de los paneles 10 solares.

Cualquier número de circuitos se puede utilizar en el generador de impulsos 60 de voltaje para aplicar el impulso 71 de voltaje como se desee. Un circuito tal de ejemplo utilizado en el generador de impulsos 60 de voltaje se muestra en la Figura 8. Como se ilustra, el generador de impulsos 60 de voltaje incluye un generador 61 de impulsos (no se muestra), una fuente 69 de alto voltaje (no se muestra) y un transistor 68 de conmutación para infundir el impulso 71 de alto voltaje en los paneles 10 solares (p. ej., conmutando la salida de la fuente 69 de alto voltaje a los paneles 10 solares) que se muestran en la Figura 6. El generador de impulsos 60 de voltaje de la Figura 8 contiene un dispositivo que transfiere señales eléctricas entre dos circuitos, aislados eléctricamente, utilizando luz, tal y como un aislador 62 óptico para aislar el generador 61 de impulsos del transistor 68 de conmutación de alto voltaje. De manera ventajosa, el aislador 62 óptico evita que un alto voltaje (p. ej., de la fuente 69 de alto voltaje) afecte a la señal 71 de impulso. El circuito 62 del aislador óptico se ilustra con pasadores 1-8 y se muestra como parte del circuito de entrada al generador de impulsos 60 de voltaje.

Un suministro 63 de voltaje de polarización (no se muestra) proporciona voltaje (p. ej., 15 VDC) al aislador 62 óptico para suministrar la polarización requerida para el aislador 62 óptico. Un condensador 64 aísla al suministro 63 de voltaje de polarización creando un trayecto de CA para cualquier señal de distorsionar el suministro de polarización al aislador 62 óptico. Los pasadores 6 y 7 del aislador 62 óptico son la salida de señal de conmutación del aislador 62 óptico utilizada para accionar el transistor 68 de conmutación de alto voltaje. Un diodo 66, tal y como un diodo Zener, se utiliza para mantener el umbral de conmutación del transistor 68 de conmutación por encima del punto de referencia del diodo 66, consiguiendo que ningún ruido active de forma inadvertida el transistor 68 de conmutación. La resistencia 67 establece el punto de polarización para la puerta G y el emisor E del transistor 68 de conmutación. Cuando el voltaje aplicado a lo largo de los pasadores 6 y 7 del aislador 62 óptico excede el umbral establecido por la resistencia 67, el transistor 68 de conmutación se "enciende" y fluye la corriente entre el colector C y el emisor E del transistor 68 de conmutación de alto voltaje. Por consiguiente, el transistor 68 de conmutación de alto voltaje presenta una fuente de Alto Voltaje Inyectado a los paneles 10 solares hasta que el Impulso IN de Control del generador 61 de impulsos caiga por debajo del umbral establecido en la G del transistor 68 de conmutación de alto voltaje, lo que detiene el flujo de corriente a través de C-G "apagando" el transistor 68 de conmutación.

Como en las realizaciones previas descritas anteriormente, la aplicación del campo 250 eléctrico a los paneles 10 solares puede incrementar la corriente y la potencia de salida de los paneles 10 solares cuando se conectan posteriormente al inversor 31 en una cantidad predeterminada (p. ej., dependiendo de la intensidad de la luz incidente en los paneles 10 solares, el voltaje V_{APP} aplicado a los paneles 10 solares por parte de la fuente 50 de voltaje, el grosor de los paneles 10 solares, la duración D_p del impulso y la frecuencia f que el impulso 71 de voltaje es aplicado a los paneles 10 solares, etcétera). De manera similar, bajo condiciones de luz de alta intensidad, la mejora en la potencia de salida de los paneles 10 solares puede ser del orden de 20 %; y bajo condiciones de luz de baja intensidad puede ser de 50+ %.

La mejora en el rendimiento del dispositivo 200 fotovoltaico que coopera con el campo 250 eléctrico se puede medir como un aumento en la corriente de cortocircuito de la célula solar, I_{sc} , como se muestra en la Ecuación 5:

$$I_{sc} = I_{Base} [1 + c(V(\tau, f), t, \epsilon) * (p_{max} - p)] \quad (Ecuación 5)$$

donde I_{Base} es la corriente de cortocircuito cuando no se aplica ningún campo 250 eléctrico externo y p_{max} es la energía óptica máxima mediante la cual ninguna energía adicional crea ningún par electrón-hueco adicional. Debido a que la mejora en la corriente de salida de la célula solar es accionada por el campo 250 eléctrico, la forma de $c(V(\tau, f), t, \epsilon)$ se puede describir en la Ecuación 6:

$$c(V(\tau, f), t, \epsilon) = m(t, \epsilon) V_{App} * (1 - \exp(-\tau/\tau_o)) * \exp(-f_{decaimiento}/f) \quad (Ecuación 6)$$

En la ecuación 6, $m(t, \epsilon)$ depende del dispositivo 200 fotovoltaico. La mejora en la corriente I_{sc} de cortocircuito debido al campo 250 eléctrico puede ser lineal con respecto al voltaje V_{App} aplicado. La mejora observada con respecto a la frecuencia de repetición de impulsos tiene una velocidad de decaimiento característica de $(1/f_{decaimiento})$ y actúa exponencialmente con respecto a la frecuencia f de impulsos. La mejora observada con respecto a la duración τ del impulso puede también actuar exponencialmente y describir con qué rapidez el voltaje V_{App} aplicado alcanza toda su magnitud. La mejora observada con respecto a la duración τ del impulso depende de los detalles del generador de impulsos 60 de voltaje. El aumento en la corriente I_{sc} de cortocircuito como una función del voltaje V_{App} aplicado, la frecuencia f de repetición de impulsos, y la duración de los impulsos τ , se muestran en las Figuras 11A-C, respectivamente.

La Figura 11A muestra la mejora esperada en la corriente I_{sc} , de cortocircuito para el panel 10 solar (se muestra en la Figura 2) como una función de la magnitud del generador de impulsos V_{APP} de voltaje aplicado. Como se muestra, la duración de los impulsos y la frecuencia de repetición de impulsos son fijas y la magnitud del voltaje de impulsos varía de 50 a 250 Voltios. La mejora en la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito aumenta de, nominalmente, 0,1 a 2 A. El cambio en la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito como una función del generador de impulsos V_{APP} de voltaje es, en un primer orden, aproximadamente lineal. La Figura 11B muestra el cambio en la mejora de la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito como una función de la frecuencia de repetición de impulsos en una duración de impulso fija y en un impulso de voltaje fijo. Como se muestra en la Figura 11B, la mejora en la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito disminuye de aproximadamente 1,7 A a alrededor de 0,45 A mientras que la frecuencia de repetición de impulsos aumenta de 10 a 100 en unidades de tiempo arbitrarias. Este comportamiento es aproximadamente exponencial. La Figura 11C muestra el cambio en la mejora de la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito como una función de la duración de impulso en una frecuencia de repetición de impulsos fija y en un impulso de voltaje fijo. Para este ejemplo, la mejora de la corriente ΔI_{sc} de cortocircuito aumenta de 0 a 1,2 amperios mientras que la duración del impulso aumenta de 0 a 2000 con el tiempo.

En cada una de las realizaciones descritas, aumentar la fuerza del campo 250 eléctrico a través de los electrodos 101a, 101b de la célula 100 solar o del panel 10 solar aumenta la eficiencia de la célula 100 solar o panel 10, por ejemplo, hasta una fuerza máxima de campo eléctrico de E_{max} . Dicho de otra forma, una vez la fuerza del campo 250 eléctrico alcanza una fuerza máxima, la tasa de recombinación del electrón-hueco se ha minimizado. Por consiguiente, puede ser conveniente configurar el circuito de control del dispositivo 200 fotovoltaico para maximizar la corriente y el voltaje de salida bajo condiciones de funcionamiento variables.

Por ejemplo, haciendo referencia a la Figura 9A, se muestran un sensor 33 de corriente y una sonda 32 de voltaje acoplados al sistema 300 de gestión de células solares de la Figura 4. Como se ilustra, el sensor 33 de corriente está acoplado en serie entre el panel 10 solar y el inversor 31. El sensor 33 de corriente puede monitorizar la corriente de salida del panel 10 solar. De manera similar, la sonda 32 de voltaje está conectada a través de los paneles 10 solares y el inversor 31 para monitorizar el voltaje de salida del panel 10 solar.

Se acopla un circuito 35 de control tanto al sensor 33 de corriente mediante guías 33a de control como a la sonda 32 de voltaje mediante guías 32a de control. El sensor 33 de corriente puede ser una unidad de medición en línea o inductiva y mide la corriente de salida de los paneles 10 solares. De manera similar, el sensor 32 de voltaje se utiliza para medir el voltaje de salida de los paneles 10 solares. El producto de la corriente medida desde el sensor 33 de corriente y el voltaje medido desde la sonda 32 de voltaje es la potencia de salida de los paneles 10 solares al inversor 31.

En algunas realizaciones, la sonda 32 de voltaje puede también servir como fuente de energía para el circuito 35 de control y está activa solo mientras los paneles 10 solares sean iluminados y proporcionen suficiente energía para activar el circuito 35 de control. El circuito 35 de control además está acoplado al conmutador 55 para determinar tiempos y frecuencia de conmutación descritos con referencia a la Figura 4. La duración de los tiempos y la frecuencia de conmutación se pueden controlar para aplicar el voltaje V_{App} a lo largo de los paneles 10 solares de forma que la corriente generada en la célula 100 solar y medida por el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje están maximizadas bajo varias condiciones de funcionamiento, tal y como bajo condiciones de luz diferentes o variables.

En una realización para aplicar el campo 250 eléctrico, el panel 10 solar inicialmente no genera energía, por ejemplo, durante la noche o con densa cobertura de nubes. Cuando los paneles 10 solares son iluminados (por ejemplo, durante la mañana), los paneles 10 solares generan voltaje y corriente y las guías 32a comienzan a proporcionar tanto corriente como voltaje al circuito 35 de control. El circuito 35 de control contiene una fuente de alimentación lógica de bajo voltaje (no se muestra) para accionar la lógica de control en el circuito 35 de control. El circuito 35 de control también incluye la fuente 50 de energía para proporcionar una fuente de alimentación de alto voltaje. La fuente 50 de voltaje tiene un rendimiento variable que se puede ajustar por el circuito 35 de control y es responsable de disponer V_{App} en una guía 38. El alto voltaje de salida V_{App} del circuito 35 de control acciona la guía 38 y está conectado al conmutador 55. La guía 38 se utiliza para aplicar voltaje V_{App} a través del conmutador 55 a los paneles 10 solares. En este ejemplo, el circuito 35 de control está configurado para no aplicar ningún voltaje V_{App} a los paneles 10 solares hasta que los paneles 10 solares generen suficiente energía para activar tanto la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje como la fuente de alimentación de alto voltaje.

En una realización alternativa, el circuito 35 de control puede estar configurado para aplicar el campo 250 eléctrico y maximizar la potencia de salida mientras la iluminación en el día aumenta y disminuye. El circuito 35 de control puede proporcionar el campo 250 eléctrico y estabilizar la potencia de salida de los paneles 10 solares según cualquier método descrito anteriormente, incluido el proceso 9000 que se muestra en la Figura 9B.

Haciendo referencia a la Figura 9B, el proceso 9000 incluye inicializar energía, en la etapa 900. Debe haber suficiente energía en la salida de los paneles 10 solares para activar tanto la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje, la cual dirige la lógica de control en el circuito 35 de control, como la fuente de alimentación de alto voltaje necesaria para disponer un alto voltaje en la guía 38 y a través del conmutador 55. De manera alternativa, el circuito 35 de control puede recibir energía de una fuente externa (no se muestra), por ejemplo, una batería, un condensador de gran tamaño, un suministro de energía CA externo, lo que permite que la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje funcione y que el circuito 35 de control monitorice la potencia de salida de los paneles 10 solares hasta que los paneles 10 solares generen suficiente potencia de salida para garantizar la aplicación del campo 250 eléctrico en los paneles 10 solares para aumentar su potencia de salida. Desde que el circuito 35 de control comienza a funcionar, todos los parámetros (p. ej., el alto voltaje V_{App} aplicado, el tiempo D de duración del conmutador y la frecuencia f de conmutación) se inicializan. En una realización, el alto voltaje V_{App} aplicado se ajusta en cero mientras que la duración D de conmutación y la frecuencia f de conmutación se ajustan en valores nominales de $D=\tau_0$ y $f=f_0$. Todos los índices n , i , y j de control se inicializan en cero.

El circuito 35 de control determina entonces, en la etapa 901, si el voltaje medido en la sonda 32 de voltaje está por encima o por debajo de un mínimo V_{min} predeterminado y si la corriente medida en el sensor 33 de corriente está por encima de un mínimo i_{min} predeterminado. La combinación de V_{min} e i_{min} se han escogido de forma que los paneles 10 solares están determinados para ser iluminados y generar algún porcentaje nominal, por ejemplo, 5 %, de su potencia nominal media y que se está generando suficiente energía para suministrar a la fuente 50 de energía en el circuito 35 de control para aumentar el rendimiento de los paneles 10 solares. Si el circuito 35 de control determina que tanto el voltaje como la corriente medidos están por encima de los mínimos predeterminados respectivos, el circuito 35 de control está ahora en funcionamiento y el proceso 9000 pasa a la etapa 903; de otro modo, el proceso 9000 pasa a un estado de espera, en la etapa 902, y vuelve a la etapa 900.

En la etapa 903, el circuito 35 de control mide la corriente que fluye al inversor 31 mediante el sensor 33 de corriente, el voltaje sobre el inversor 31 mediante el sensor 32 de voltaje, y calcula la energía (nominalmente, corriente x voltaje) que fluye a través del inversor 31. Se incrementa a $n+1$ un índice n de control.

En la etapa 904, el circuito 35 de control compara V_{App} con V_{max} . V_{max} puede ser un valor preestablecido y representa el voltaje máximo que se puede disponer en los paneles 10 solares sin dañar ni los paneles 10 solares ni el inversor 31. Dependiendo del tipo de panel 10 solar, V_{max} está generalmente entre 600 V y 1.000 V. Si V_{App} es menor que V_{max} entonces el proceso 9000 procede a la etapa 906; de otro modo, el proceso 9000 se queda en espera en la etapa 905.

En la etapa 906, el circuito 35 de control incrementa el alto voltaje V_{App} aplicado en una cantidad $n\Delta V$ y activa el conmutador 55. Activar el conmutador 55 desconecta los paneles 10 solares del inversor 31 y conecta los paneles 10 solares a V_{App} desde el circuito 35 de control en las guías 38. Para este ejemplo, ΔV puede ser un salto de tensión fijo de 25 Voltios a pesar de que se pueden utilizar saltos de tensión mayores o menores. El voltaje V_{App} impone el campo 250 eléctrico en los paneles 10 solares de forma que la fuerza del campo 250 eléctrico es proporcional al voltaje V_{App} aplicado. La duración de la conexión de los paneles 10 solares a V_{App} en el circuito 35 de control se escoge para no

interrumpir el funcionamiento del inversor 31. Para este ejemplo, se escoge que el ciclo de trabajo sea 5 % (los paneles 10 solares están conectados el 5 % del tiempo a V_{App} en el circuito 35 de control) y que la duración por defecto del tiempo de conmutación sea nominalmente 1000 ns. Se pueden utilizar tiempos de conmutación alternativos según se desee. El circuito 35 de control nuevamente recibe la medida de la corriente que fluye al inversor 31 mediante el sensor 33 de corriente, recibe la medida del voltaje sobre el inversor 31 mediante el sensor 32 de voltaje, y recalcula la energía que fluye a través del inversor 31.

En la etapa 908, el circuito 35 de control compara la potencia de salida de los paneles 10 solares antes de que V_{App} se dispusiese en el panel 10 solar con la medida más reciente. Si la energía ha aumentado, el proceso 9000 vuelve a la etapa 901 y se repite. El voltaje aplicado en la guía 38 se aumenta en ΔV hasta que o bien el alto voltaje V_{App} aplicado es mayor que V_{max} o bien hasta que el aumento en el alto voltaje V_{App} aplicado no produce un aumento en la potencia de salida de los paneles 10 solares. V_{max} se define aquí como el voltaje máximo que se puede disponer en un panel solar sin causar ningún daño. Dependiendo del tipo de panel 10 solar, V_{max} es general y aproximadamente de 600 a 1.000 v. En ambos casos, el proceso 9000 se queda en espera en la etapa 905. La duración de la etapa de espera puede ser desde segundos hasta minutos.

Después de la etapa 905 de espera, el proceso 9000 continúa a la etapa 907. Si la energía, al medirse mediante las guías 32a y 33a, no ha cambiado, el índice n se reduce ($n=n-1$), el voltaje V_{App} aplicado en las guías 38 al panel(es) 10 solar(es) se disminuye en la cantidad ΔV , y el circuito 35 de control activa el conmutador 55. El proceso 9000 continúa en la etapa 909 donde el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje miden la potencia de salida. Si la potencia de salida muestra una caída, el proceso 9000 continúa a la etapa 910. Si la potencia de salida ha aumentado, el proceso 9000 vuelve a la etapa 907 y el voltaje V_{App} aplicado continúa reduciéndose hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares deja de disminuir. El proceso 9000 procede a la etapa 910.

En la etapa 910, el circuito 35 de control aumenta la duración en la que el conmutador 55 está conectado a los paneles 10 solares en la guía 38 en la primera posición descrita anteriormente. La cantidad de tiempo en la que el conmutador 55 está conectado a la fuente 50 de voltaje se aumenta en una cantidad de $i\Delta t_0$. El conmutador 55 se activa y la potencia de salida de los paneles 10 solares se monitoriza de nuevo por el sensor 33 de corriente y la sonda 34 de voltaje. El proceso 9000 procede al estado 912 para determinar si la potencia de salida de los paneles 10 solares aumenta. En ese caso, el proceso 9000 pasa a la etapa 910 y la duración en la que los paneles 10 solares están conectados a la fuente 50 de voltaje se aumenta de nuevo. La duración de conmutación aumentará hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares alcance un máximo (o hasta un límite de duración fijado, por ejemplo, 3-5 μ segundos alcanzados), punto en el cual la duración de conmutación cambia accionada por las paradas del circuito 35 de control. Sin embargo, si en la etapa 912 el circuito 35 de control determina que aumentar la duración D de conmutación causa un descenso en la potencia de salida medida por el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje, el proceso 9000 continúa a la etapa 911 y la duración D de conmutación se disminuye al iterar entre las etapas 911 y 913 hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares se maximiza de nuevo. Después de que el circuito 35 de control haya determinado que la duración de conmutación se ha optimizado para la potencia de salida máxima de los paneles 10 solares al repetir la etapa 910 a la etapa 913, el proceso 9000 continúa a la etapa 914.

En la etapa 914, el circuito 35 de control comienza a aumentar la frecuencia de conexión f a la que el conmutador 55 se conecta al circuito 35 de control. La frecuencia f a la que el conmutador 55 se conecta a la fuente 50 de voltaje se aumenta en $j\Delta f$ desde la frecuencia f_0 de conmutación original de forma que $f = f_0 + j\Delta f$. En la etapa 914, el conmutador 55 se conecta entre la guía 38 y los paneles 10 solares a una nueva frecuencia, f , y el sensor 33 de corriente y la sonda 34 de voltaje monitorizan de nuevo la potencia de salida de los paneles 10 solares. El proceso 9000 continúa a la etapa 916. Si la potencia de salida de los paneles 10 solares ha aumentado, el proceso 9000 vuelve a la etapa 914 y la velocidad a la que los paneles 10 solares se conectan a la fuente 50 de voltaje se vuelve a aumentar. La velocidad de conexión aumentará hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares alcance un máximo o hasta una frecuencia f_{max} máxima, punto en el cual el proceso 9000 pasa a la etapa 915. En la etapa 914, la frecuencia a la que el conmutador 55 se conecta al alto voltaje 50 en la guía 38 se reduce ahora en una cantidad de $j\Delta f$ y el conmutador 55 se activa de nuevo y el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje monitorizan de nuevo la potencia de salida de los paneles 10 solares. En ese punto, el circuito 35 de control decide si la disminución en la velocidad de conexión aumenta la potencia de salida de los paneles 10 solares en la etapa 917. En ese caso, el proceso 9000 vuelve a la etapa 915. De manera alternativa, si la frecuencia de conmutación alcanza alguna frecuencia f_{min} mínima, el proceso 9000 pasa a la etapa 918 a espera.

En la etapa 918, una vez la potencia de salida de los paneles 10 solares se ha maximizado, el circuito 35 de control pasa a un estado de espera durante un periodo de tiempo. El periodo de tiempo de espera puede ser de segundos o minutos. Después de esperar en la etapa 918, el proceso 9000 pasa a la etapa 901 donde el proceso 9000 comienza de nuevo a variar el voltaje, el tiempo de conexión del conmutador y la velocidad de conmutación de los valores optimizados previos para validar que los paneles 10 solares siguen funcionando en sus niveles máximos de rendimiento. El voltaje 50 aplicado del circuito 35 de control, la duración de conmutación y la velocidad de conmutación se varían con el curso de funcionamiento durante un día para asegurar que los paneles 10 solares están funcionando por debajo con máxima potencia de salida bajo las condiciones de funcionamiento de ese día en particular.

Si en la etapa 901, el voltaje medido en el sensor 32 de voltaje cae por debajo del mínimo $v_{\min}$ predeterminado y la corriente medida en el sensor 33 de corriente cae por debajo de un mínimo $i_{\min}$ predeterminado, el circuito 35 de control eliminará cualquier voltaje en líneas 38 y el circuito 35 de control pasará a la etapa 902 a esperar antes de volver a la etapa 900 (donde el sistema reiniciará todos los parámetros e índices). El proceso 9000 alternará de la etapa 900 a la etapa 901 a la 902 a la 900 hasta que tanto el voltaje medido en la sonda 32 de voltaje como la corriente medida en el sensor 33 de corriente estén por encima de $v_{\min}$ e $i_{\min}$ respectivamente, punto en el cual el proceso 9000 pasará de la etapa 901 a la etapa 903.

Se pueden implementar máquinas en diferentes estados dentro del circuito 35 de control para producir resultados similares y están comprendidas en la presente descripción. Sin embargo, el proceso 9000 descrito anteriormente minimiza de manera ventajosa la magnitud del voltaje V_{App} aplicado al valor más bajo posible de forma que el producto de la corriente medida por la sonda 33 de corriente y el voltaje medido por la sonda 32 de voltaje se maximizan. El voltaje V_{App} aplicado se interpola, que se cambia en cantidades pequeñas al alza y a la baja, a lo largo del curso de funcionamiento en un día para justificar cambios en la potencia óptica incidente, p , en la célula 100 solar, el panel 10 solar o la pluralidad de paneles 10 solares a lo largo del curso de un día de forma que la potencia de salida máxima siempre se puede mantener.

La mayoría de las etapas descritas en el proceso 9000 anterior estaban designadas para abordar cambios adiabáticos en la iluminación que ocurren lentamente a lo largo de periodos de múltiples minutos u horas. En una realización alternativa, si las variaciones de iluminación ocurren a una velocidad de cambio más alta, el proceso 9000 se puede adaptar para minimizar las variaciones de alta frecuencia en potencia de salida de CC al inversor tratando de evitar que la potencia de salida de CC varíe a una velocidad de cambio demasiado alta, mejorando así la calidad del inversor.

En otro ejemplo, haciendo referencia a la Figura 10A, se muestran el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje acoplados al sistema 300 de gestión de células solares de la Figura 6. Como se ilustra, el sensor 33 de corriente está acoplado en serie entre el panel 10 solar y el inversor 31. El sensor 33 de corriente puede monitorizar la corriente de salida del panel 10 solar. De manera similar, la sonda 32 de voltaje está conectada a través de los paneles 10 solares y el inversor 31 para monitorizar el voltaje de salida del panel 10 solar.

Se acopla un circuito 36 de control tanto al sensor 33 de corriente mediante guías 33a de control como a la sonda 32 de voltaje mediante guías 32a de control. El sensor 33 de corriente puede ser una unidad de medición en línea o inductiva y mide la corriente de salida de los paneles 10 solares. De manera similar, el sensor 32 de voltaje se utiliza para medir el voltaje de salida de los paneles 10 solares. El producto de la corriente medida desde el sensor 33 de corriente y el voltaje medido desde la sonda 32 de voltaje permite calcular la potencia de salida de los paneles 10 solares al inversor 31.

En algunas realizaciones, la sonda 32 de voltaje puede también servir como fuente de energía para el circuito 36 de control y está activa solo mientras los paneles 10 solares sean iluminados y proporcionen suficiente energía para activar el circuito 36 de control. El circuito 36 de control además está acoplado a un generador de impulsos 60 de voltaje para controlar la amplitud del impulso V_{App} de voltaje, la duración D_P del impulso y la frecuencia f del impulso descritas con referencia a la Figura 6. La duración D_P del impulso, la frecuencia f del impulso y el voltaje V_{App} del impulso aplicados a lo largo de los paneles 10 solares se pueden controlar y ajustar de forma que la corriente generada en el panel 10 solar y medida por el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje estén maximizadas bajo varias condiciones de funcionamiento, tal y como bajo condiciones de luz diferentes o variables.

En una realización para aplicar el campo 250 eléctrico, el panel 10 solar inicialmente no genera energía, por ejemplo, durante la noche o con densa cobertura de nubes. Cuando los paneles solares son iluminados (por ejemplo, durante la mañana), los paneles 10 solares generan voltaje y corriente y las guías 32a comienzan a proporcionar tanto corriente como voltaje al circuito 36 de control. El circuito 36 de control contiene una fuente de alimentación lógica de bajo voltaje (no se muestra) para accionar la lógica de control en el circuito 36 de control. El circuito 60 generador de impulsos contiene una fuente de alimentación de bajo voltaje y una de alto voltaje (no se muestra). La fuente de alimentación de alto voltaje en el generador de impulsos 60 de voltaje tiene un rendimiento variable que se puede ajustar por el circuito 36 de control y es responsable de disponer V_{App} en paneles 10 solares. En este ejemplo, el circuito 36 de control está configurado para no aplicar ningún voltaje a los paneles 10 solares hasta que los paneles 10 solares generen suficiente energía para activar tanto la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje como la fuente de alimentación de alto voltaje en el generador de impulsos 60.

En una realización alternativa, el circuito 36 de control está configurado para controlar el campo 250 eléctrico y maximizar la potencia de salida mientras que la iluminación en el día aumenta y disminuye. El circuito 36 de control puede controlar el campo 250 eléctrico aplicado por el generador de impulsos 60 y estabilizar la potencia de salida de los paneles 10 solares según cualquier método descrito anteriormente, incluido el proceso 10000 que se muestra en la Figura 10B.

Haciendo referencia a la Figura 10B, el proceso 10000 incluye inicializar energía, en la etapa 1000. Debe haber suficiente energía en el rendimiento de los paneles 10 solares para activar tanto la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje, la cual dirige la lógica de control en el circuito 36 de control, como la fuente de alimentación de alto y bajo

voltaje en el generador de impulsos 60 de voltaje. De manera alternativa, el circuito 36 de control puede recibir energía de una fuente externa (no se muestra), por ejemplo, una batería, un condensador de gran tamaño, un suministro de energía CA externo, lo que permite que la fuente de alimentación lógica de bajo voltaje funcione y que el circuito 36 de control monitoree la potencia de salida de los paneles 10 solares hasta que tengan suficiente potencia de salida para garantizar la aplicación del campo 250 eléctrico en los paneles 10 solares para aumentar su potencia de salida. Desde que el circuito 36 de control comienza a funcionar, todos los parámetros (p. ej., el alto voltaje V_{App} aplicado, el tiempo D_P de duración del impulso y la frecuencia de repetición de impulsos, f) se inicializan. En una realización, el alto voltaje V_{App} aplicado se ajusta en cero mientras que la duración D_P del impulso y la frecuencia f de repetición de impulsos se ajustan en valores nominales de $D_P = T_0$ y $f = f_0$. Todos los índices n , i , y j de control se inicializan en cero.

El circuito 36 de control determina entonces, en la etapa 1001, si el voltaje medido en la sonda 32 de voltaje está por encima o por debajo de un mínimo V_{min} predeterminado y si la corriente medida en el sensor 33 de corriente está por encima de un mínimo i_{min} predeterminado. La combinación de V_{min} e i_{min} se han escogido de forma que los paneles 10 solares están determinados para ser iluminados y generar algún porcentaje nominal, por ejemplo, 5 %, de su potencia nominal media y que se está generando suficiente energía para suministrar a la fuente de energía de alto voltaje para aumentar el rendimiento de los paneles 10 solares. Si el circuito 36 de control determina que tanto la corriente como el voltaje medidos están por encima de los mínimos predeterminados respectivos, entonces el proceso 10000 está ahora en funcionamiento y pasa a la etapa 1003; de otro modo, el proceso 10000 pasa a un estado de espera 1002 y vuelve a la etapa 1000.

En la etapa 1003, el circuito 36 de control mide la corriente que fluye al inversor 31 mediante el sensor 33 de corriente, el voltaje sobre el inversor 31 mediante el sensor 32 de voltaje y calcula la energía que fluye a través del inversor 31 (nominalmente, $I \times V$). Se incrementa a $n+1$ un índice n de control.

En la etapa 1004, el proceso 10000 compara V_{App} con V_{max} . V_{max} es un valor preestablecido y representa el voltaje máximo que se puede disponer en los paneles sin dañar ni los paneles 10 solares ni el inversor 31. Si V_{App} es menor que V_{max} , entonces el proceso 10000 procede a la etapa 1006; de otro modo, el proceso 10000 espera en la etapa 1005.

En la etapa 1006, el circuito 36 de control indica al generador de impulsos 60 de voltaje que incremente el alto voltaje V_{App} aplicado en una cantidad $n\Delta V$, e indica al generador de impulsos 60 de voltaje que aplique el impulso de voltaje a los paneles 10 solares. Para este ejemplo, ΔV puede ser un salto de tensión fijo de 25 Voltios, a pesar de que se pueden utilizar saltos de tensión mayores o menores. El voltaje V_{App} impone el campo 250 eléctrico en los paneles 10 solares y la fuerza del campo 250 eléctrico es proporcional al voltaje V_{App} aplicado. Para este ejemplo, se escoge que la duración D_P del impulso sea de 1000 ns y la frecuencia de repetición de impulsos sea de 20 μ segundos. También se pueden escoger otras duraciones de impulso y otras frecuencias de repetición de impulsos. El circuito 36 de control nuevamente recibe la medida de la corriente que fluye al inversor 31 mediante el sensor 33 de corriente, recibe la medida del voltaje sobre el inversor 31 mediante el sensor 32 de voltaje, y recalcula la energía que fluye a través del inversor 31.

En la etapa 1008, el circuito 36 de control compara la potencia de salida de los paneles 10 solares antes de que V_{App} se dispusiese en el panel 10 solar con la medida más reciente. Si la energía ha aumentado, el proceso 10000 vuelve a la etapa 1001 y se repite. El voltaje V_{App} aplicado se aumenta en ΔV hasta que o bien el alto voltaje V_{App} aplicado es mayor que V_{max} o bien hasta que el aumento en el alto voltaje V_{App} aplicado no produce un aumento en la potencia de los paneles 10 solares. De nuevo, V_{max} se define en la presente como el máximo voltaje que se puede disponer en un panel 10 solar sin causarle ningún daño y dependiendo del tipo de panel solar, generalmente sería de 600 a 1.000 V. En ambos casos, el proceso 10000 espera en la etapa 1005. La duración de la etapa de espera puede ser desde segundos hasta minutos.

Después de la etapa 1005 de espera, el proceso 10000 ingresa en la etapa 1007. Si la energía, al medirse mediante las guías 32a y 33a, no ha cambiado, el índice n se reduce ($n=n-1$), el impulso V_{App} de voltaje aplicado se disminuye en la cantidad ΔV , y el circuito 36 de control activa el generador de impulsos 60. El proceso 10000 continúa en la etapa 1009 donde el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje miden la potencia de salida. Si la potencia de salida muestra una caída, el proceso 10000 continúa a la etapa 1010. Si la potencia de salida ha aumentado, el proceso 10000 vuelve a la etapa 1007 y el voltaje V_{App} aplicado continúa reduciéndose hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares deja de disminuir. El proceso 10000 procede a la etapa 1010.

En la etapa 1010, el circuito 36 de control comienza a aumentar la duración D_P del impulso de voltaje. La duración D_P del impulso de voltaje se aumenta en una cantidad $i\Delta T_0$. El generador de impulsos 60 de voltaje se activa y la potencia de salida de los paneles 10 solares se monitoriza de nuevo por el sensor 33 de corriente y la sonda 34 de voltaje. El proceso 10000 procede a la etapa 1012 para determinar si la potencia de salida de los paneles 10 solares aumenta. En ese caso, el proceso 10000 pasa a la etapa 1010 y la duración D_P del impulso 71 de voltaje se aumenta de nuevo. La duración D_P del impulso aumentará hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares alcance un máximo o hasta que se alcance un límite de duración fijado, por ejemplo, una duración del impulso de 5 μ segundos, punto en el cual la duración del impulso cambia accionada por las paradas del circuito 36 de control. Sin embargo, si en la etapa

1012 se descubre que el aumento en la duración del impulso causa un descenso en la potencia de salida medida por el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje, el proceso 10000 continúa a la etapa 1011. La duración del impulso se disminuye al iterar entre las etapas 1011 y 1013 hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares se maximiza de nuevo. Después de que el circuito 36 de control haya determinado que la duración del impulso se ha optimizado para la potencia de salida máxima de los paneles 10 solares al repetir de la etapa 1010 a la etapa 1013, el proceso continúa a la etapa 1014.

En la etapa 1014, el circuito 36 de control aumenta la frecuencia de los impulsos de voltaje. La frecuencia de los impulsos de voltaje se aumenta en $j\Delta f$ desde la frecuencia f_o de conmutación original de forma que $f = f_o + j\Delta f$. En la etapa 1014, el generador de impulsos 60 de voltaje aplica los impulsos de voltaje a los paneles 10 solares a una nueva frecuencia f y el sensor 33 de corriente y la sonda 34 de voltaje monitorizan de nuevo la potencia de salida de los paneles 10 solares. El proceso 10000 continúa entonces a la etapa 1016.

Si la potencia de salida de los paneles 10 solares ha aumentado, el proceso 10000 vuelve a la etapa 1014 y la velocidad a la que los impulsos de voltaje se aplican a los paneles 10 solares se vuelve a aumentar. El aumento en la velocidad de los impulsos de voltaje aumentará hasta que la potencia de salida de los paneles 10 solares alcance un máximo o hasta una frecuencia f_{max} máxima, punto en el cual el proceso 10000 pasa a la etapa 1015. En la etapa 1014, la frecuencia de los impulsos de voltaje se reduce ahora en una cantidad de $j\Delta f$ y el conmutador del generador de impulsos 60 de voltaje se activa de nuevo y el sensor 33 de corriente y la sonda 32 de voltaje monitorizan de nuevo la potencia de salida de los paneles 10 solares. En ese punto, el circuito 36 de control decide si la disminución en la velocidad de los impulsos de voltaje aumenta la potencia de salida de los paneles 10 solares en la etapa 1017. En ese caso, el proceso 10000 vuelve a la etapa 1015. De manera alternativa, si la frecuencia de conmutación alcanza alguna frecuencia f_{min} mínima, el proceso 10000 pasa a la etapa 1018, la cual es una etapa de espera.

En la etapa 1018, una vez la potencia de salida de los paneles 10 solares se ha maximizado, el proceso 10000 pasa a un estado de espera durante un periodo de tiempo. El periodo de tiempo de espera puede ser de segundos o minutos. Después de esperar en la etapa 1018, el proceso 10000 pasa a la etapa 1001 donde el circuito 36 de control comienza de nuevo a variar el impulso de voltaje, la duración del impulso y la frecuencia de repetición de impulsos de los valores optimizados previos para validar que los paneles 10 solares siguen funcionando en sus niveles máximos de rendimiento. La amplitud V_{App} del impulso, la duración del impulso, y la frecuencia de repetición de impulsos se varían con el curso de funcionamiento durante un día para asegurar que los paneles 10 solares están funcionando por debajo con máxima potencia de salida bajo las condiciones de funcionamiento de ese día en particular.

Si en la etapa 1001, el voltaje medido en el sensor 32 de voltaje cae por debajo del mínimo v_{min} predeterminado y la corriente medida en el sensor 33 de corriente cae por debajo de un mínimo i_{min} predeterminado, el circuito 36 de control parará el generador de impulsos 60 de voltaje y el proceso 10000 pasará al estado de espera de la etapa 1002 y después a la etapa 1000, donde el sistema reiniciará todos los parámetros e índices. El proceso 10000 pasará de la etapa 1000 a la 1001 a la 1002 a la 1000 hasta que tanto el voltaje medido en la sonda 32 de voltaje como la corriente medida en el sensor 33 de corriente estén por encima de v_{min} e i_{min} respectivamente, punto en el cual el proceso 10000 pasará de la etapa 1001 a la etapa 1003.

Se pueden implementar máquinas en diferentes estados dentro del circuito 36 de control para producir resultados similares y están comprendidas en la presente descripción. Sin embargo, el proceso 10000 descrito anteriormente minimiza de manera ventajosa la magnitud del impulso V_{App} de voltaje aplicado al valor más bajo posible de forma que el producto de la corriente medida por la sonda 33 de corriente y el voltaje medido por la sonda 32 de voltaje se maximizan. El impulso V_{App} de voltaje aplicado se interpola, que se cambia en cantidades pequeñas al alza y a la baja, a lo largo del curso de funcionamiento en un día para justificar cambios en la potencia óptica incidente, p , en la célula 100 solar, el panel 10 solar o la pluralidad de paneles 10 solares a lo largo del curso de un día de forma que la potencia de salida máxima siempre se puede mantener.

Las etapas descritas en el proceso 10000 pueden abordar cambios adiabáticos en la iluminación que ocurren lentamente a lo largo de periodos de múltiples minutos u horas. En una realización alternativa, si las variaciones de iluminación ocurren a una velocidad de cambio más alta, el proceso 10000 se puede adaptar para minimizar las variaciones de alta frecuencia en potencia de salida de CC al inversor tratando de evitar que la potencia de salida de CC varíe a una velocidad de cambio demasiado alta, mejorando así la calidad del inversor.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para gestionar un dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico, que comprende:
medios (55) de conmutación de voltaje, que incluyen:
un primer puerto habilitado para acoplarse al dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico;
5 un segundo puerto habilitado para acoplarse a una carga accionada por el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico;
un tercer puerto habilitado para acoplarse a una fuente de voltaje,
en el que los medios (55) de conmutación de voltaje están adaptados para funcionar en una primera posición para proporcionar un primer trayecto de corriente entre el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico y la fuente de voltaje, y una
10 segunda posición para proporcionar un segundo trayecto de corriente entre el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico y la carga, y
el sistema se adapta de forma que, durante el funcionamiento del dispositivo fotovoltaico, se aplica una señal de voltaje generada por la fuente de voltaje al dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico de forma que la señal de voltaje tiene un primer estado para generar un campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico cuando los medios (55) de conmutación de voltaje están en la primera posición y tiene un segundo estado cuando los
15 medios (55) de conmutación de voltaje están en la segunda posición lo cual produce aislamiento eléctrico entre la fuente de voltaje y la carga, en el que cada uno de los primeros estados forma un impulso de voltaje, a través del que una serie de impulsos de voltaje se aplican al dispositivo fotovoltaico, en el que una polaridad de los impulsos de voltaje corresponde a una polaridad de un voltaje generado por el dispositivo (200) fotovoltaico.
2. El sistema de la reivindicación 1, que además comprende un controlador de conmutador acoplado a los medios (55) de conmutación de voltaje para controlar al menos una de una frecuencia y una duración de conmutación entre la
20 primera posición y la segunda posición.
3. El sistema de la reivindicación 1 o reivindicación 2, que además comprende un dispositivo adaptado para mitigar cualquier caída de voltaje del primer estado, estando el dispositivo acoplado entre la carga y el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico.
4. El sistema de la reivindicación 3, en el que el dispositivo está configurado para proporcionar energía a la carga mientras los medios (55) de conmutación están en la primera posición.
25
5. El sistema de la reivindicación 4, en el que el dispositivo está configurado para almacenar energía generada por el dispositivo fotovoltaico mientras los medios (55) de conmutación están en la segunda posición.
6. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en el que el dispositivo comprende un condensador (41), un inductor (42) y/o una batería (43).
30
7. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que los medios (55) de conmutación de voltaje aplican un voltaje ajustable al dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico.
8. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-7, que además comprende un circuito (35; 36) de control acoplado a al menos una de entre la fuente de voltaje y los medios (55) de conmutación de voltaje para controlar al menos una de entre una frecuencia, una magnitud y una duración del primer estado y/o del segundo estado.
35
9. El sistema de la reivindicación 8, en el que dicho circuito (35; 36) de control maximiza una potencia de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico al controlar la al menos una de entre la magnitud, la duración y la frecuencia.
10. El sistema de la reivindicación 8 o reivindicación 9, que además comprende unos medios de monitorización para medir un voltaje de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico y/o una corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico, en el que dicho circuito (35;36) de control controla la al menos una de entre la magnitud, la duración y la frecuencia basándose en el voltaje de salida medido y/o la corriente de salida medida.
40
11. El sistema de la reivindicación 10, en el que dichos medios de monitorización se seleccionan desde un sensor (33) de corriente acoplado en serie entre el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico y la carga y/o una sonda (32) de voltaje acoplada a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico.
12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-11, en el que los medios (55) de conmutación de voltaje aplican el segundo estado entre los primeros estados adyacentes.
45
13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-12, en el que los medios (55) de conmutación de voltaje aplican el primer estado como una serie de impulsos (71) de voltaje con una magnitud positiva y aplican el segundo estado entre series adyacentes de impulsos (71) de voltaje.

14. El sistema de la reivindicación 13, en el que los medios (55) de conmutación de voltaje aplican el segundo estado entre impulsos (71) de voltaje adyacentes o aplican el segundo estado entre impulsos (71) de voltaje adyacentes seleccionados.
- 5 15. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1-14, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o una corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico.
16. El sistema de la reivindicación 15, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o la corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico hasta un cincuenta por ciento bajo condiciones de luz de baja intensidad.
- 10 17. El sistema de la reivindicación 15, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o la corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico en más de un cincuenta por ciento bajo condiciones de luz de baja intensidad.
- 15 18. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 15-17, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o la corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico hasta un veinte por ciento bajo condiciones de luz de alta intensidad.
19. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 15-18, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o la corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico entre un veinte por ciento y un cincuenta por ciento.
- 20 20. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 15-18, en el que la generación del campo (250) eléctrico externo a lo largo del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico aumenta la potencia de salida y/o la corriente de salida del dispositivo (10; 100; 200) más de un cincuenta por ciento.
- 25 21. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 15-20, en el que el aumento en la potencia de salida y/o la corriente de salida se basa en una intensidad de luz incidente en el dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico, la señal de voltaje aplicada al dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico, un grosor del dispositivo (10; 100; 200) fotovoltaico, una duración del impulso del primer estado y/o una frecuencia del primer estado.
22. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los medios (55) de conmutación de voltaje proporcionan el aumento en la potencia de salida y/o la corriente de salida aumentada a la carga en la segunda posición.
- 30 23. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer puerto de los medios (55) de conmutación de voltaje se habilita para acoplarse a una pluralidad de dispositivos (10; 100; 200) fotovoltaicos, y en el que el impulso (71) de voltaje genera un campo (250) eléctrico externo a lo largo de la pluralidad de dispositivos (10; 100; 200) fotovoltaicos cuando los medios (55) de conmutación de voltaje están en la primera posición.
24. El sistema de la reivindicación 22, en el que la pluralidad de dispositivos (10; 100; 200) fotovoltaicos está dispuesta en una configuración de dispositivo en serie, una configuración de dispositivo en paralelo o una combinación de ambos.

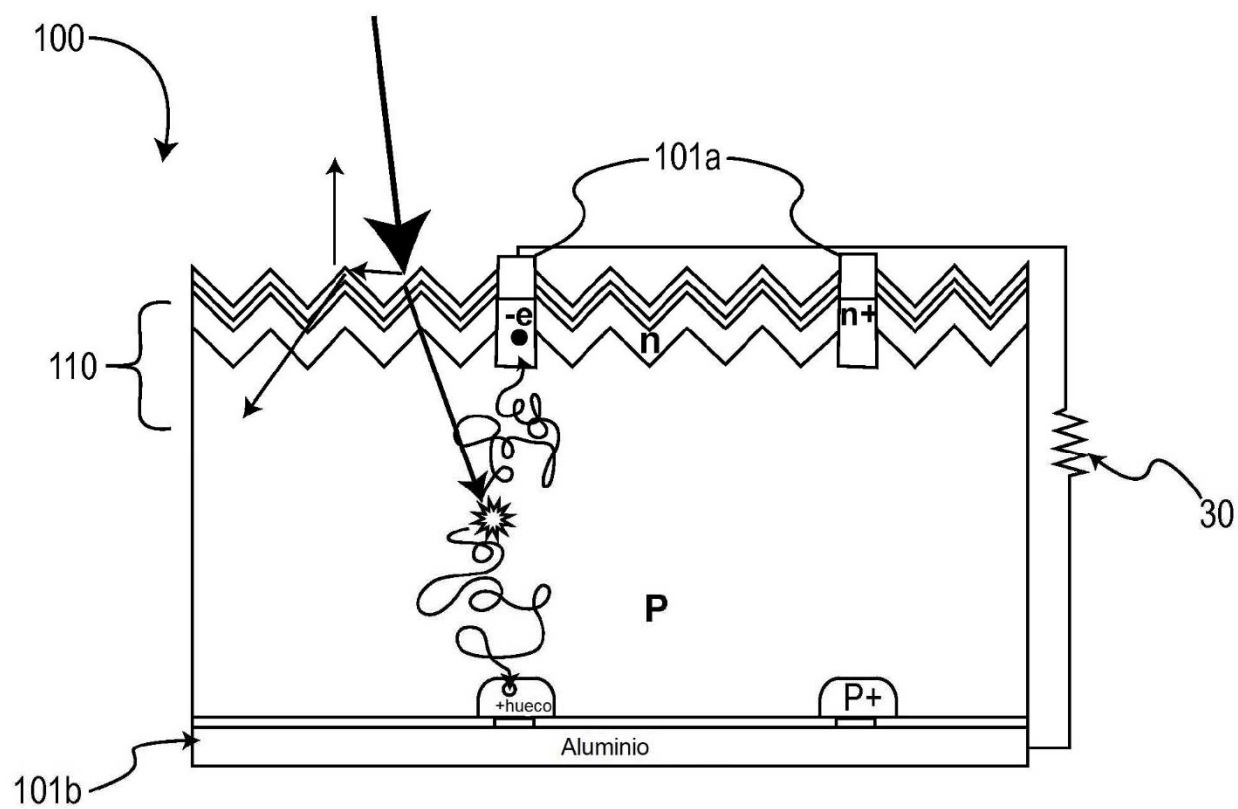


FIG. 1

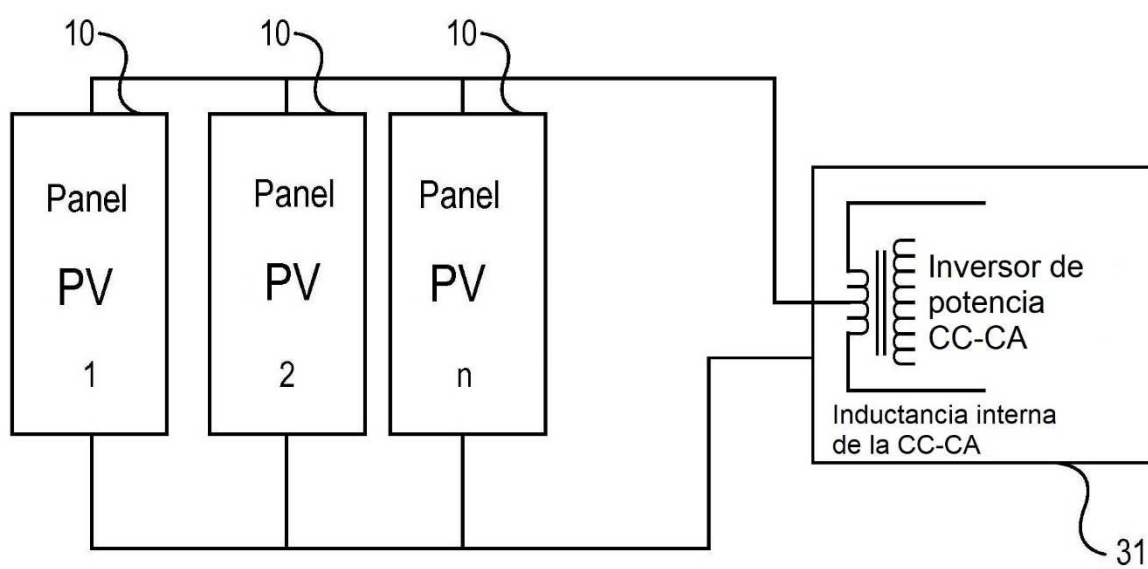


FIG. 2

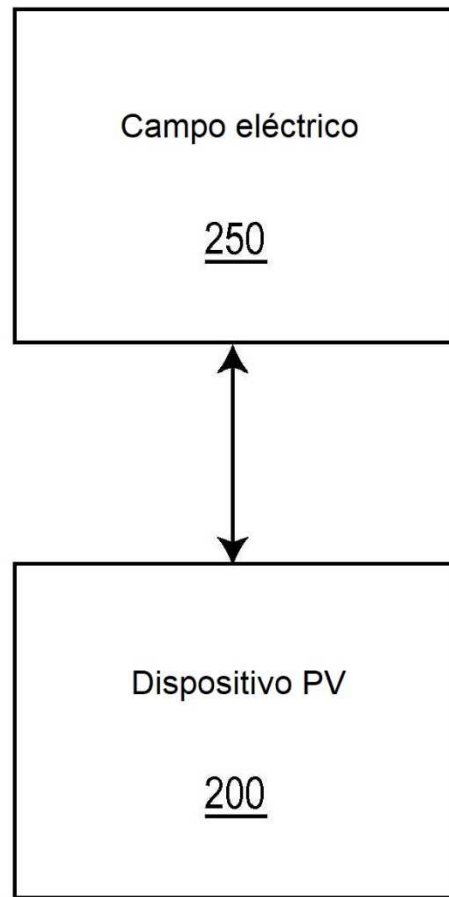


FIG. 3

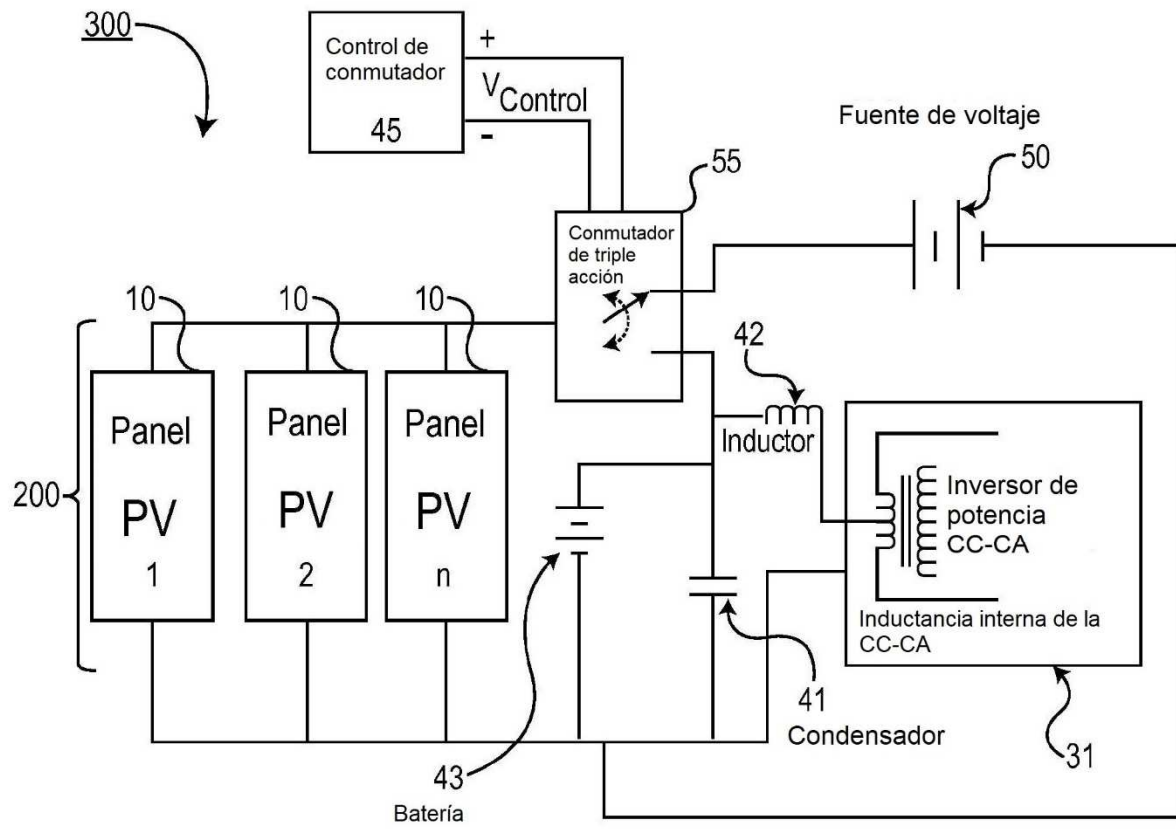


FIG. 4

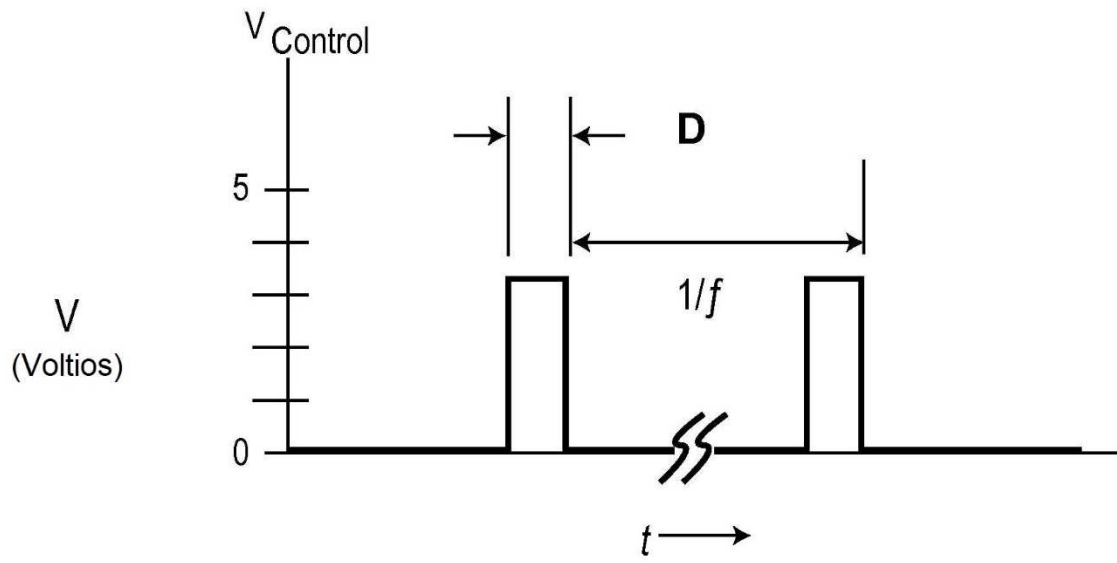


FIG. 5A

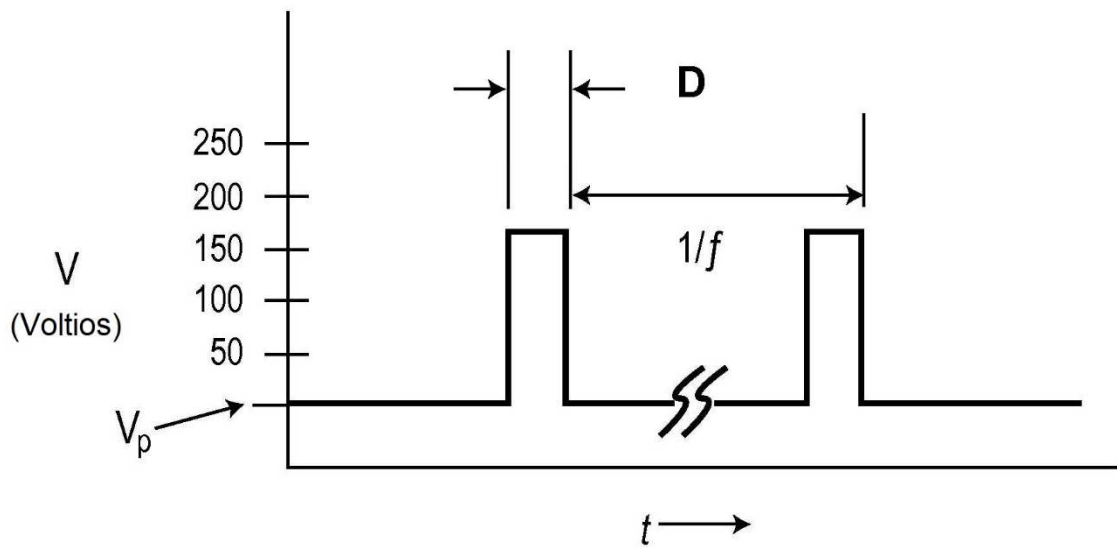


FIG. 5B

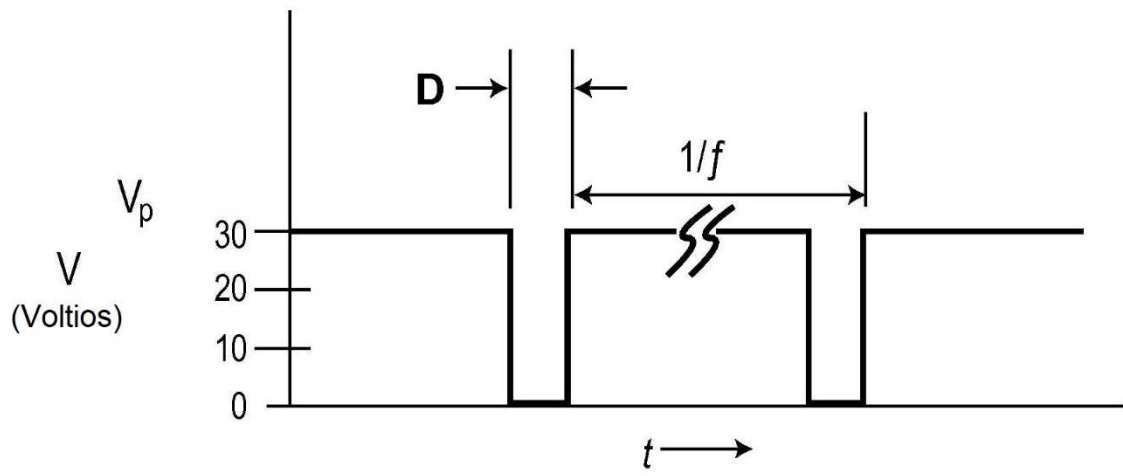


FIG. 5C

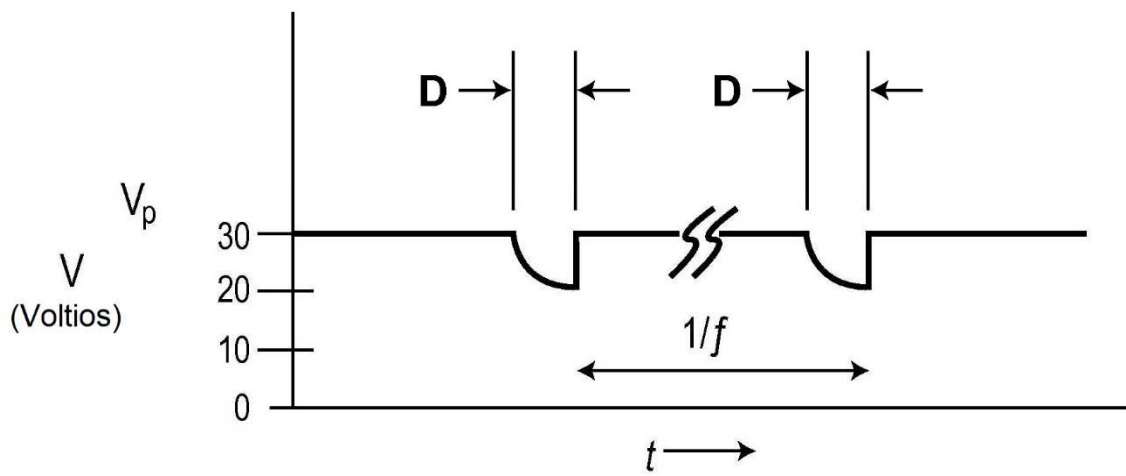


FIG. 5D

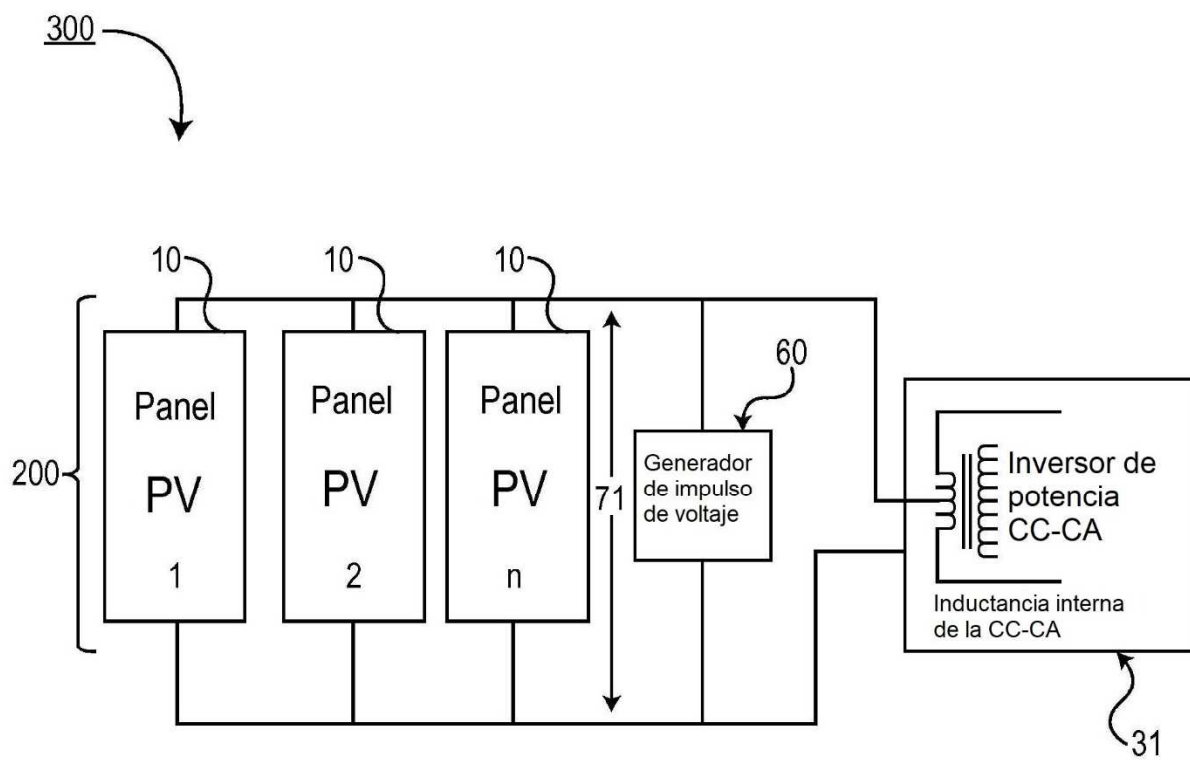


FIG. 6

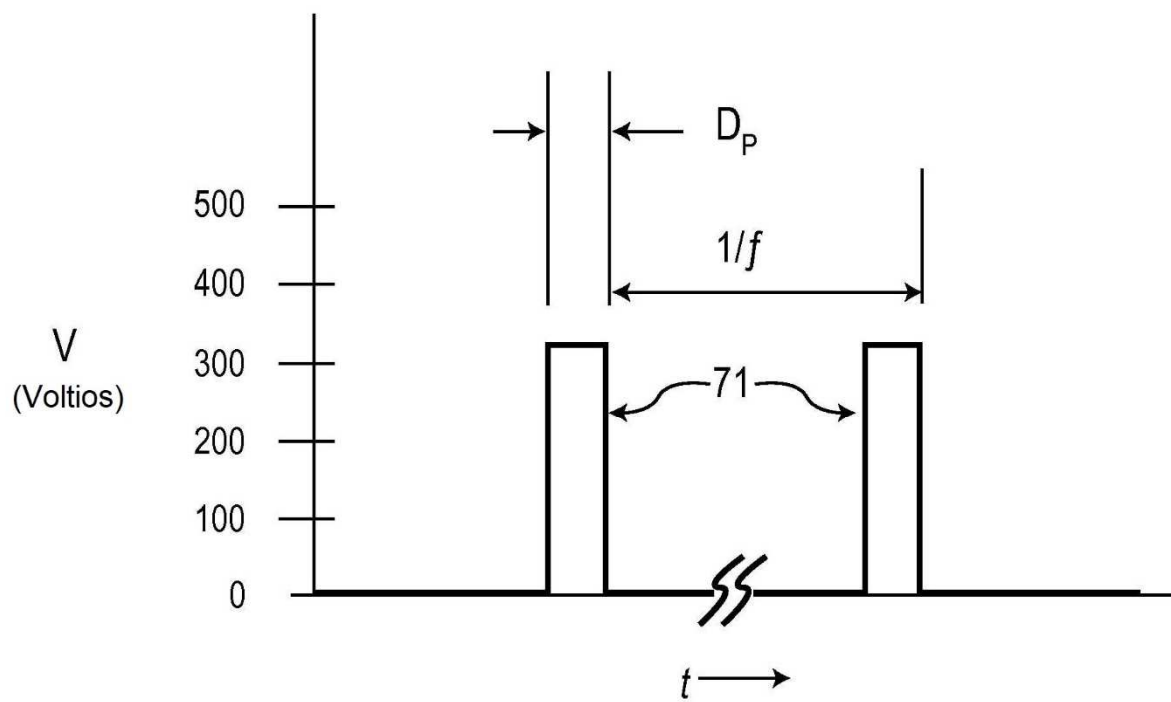


FIG. 7

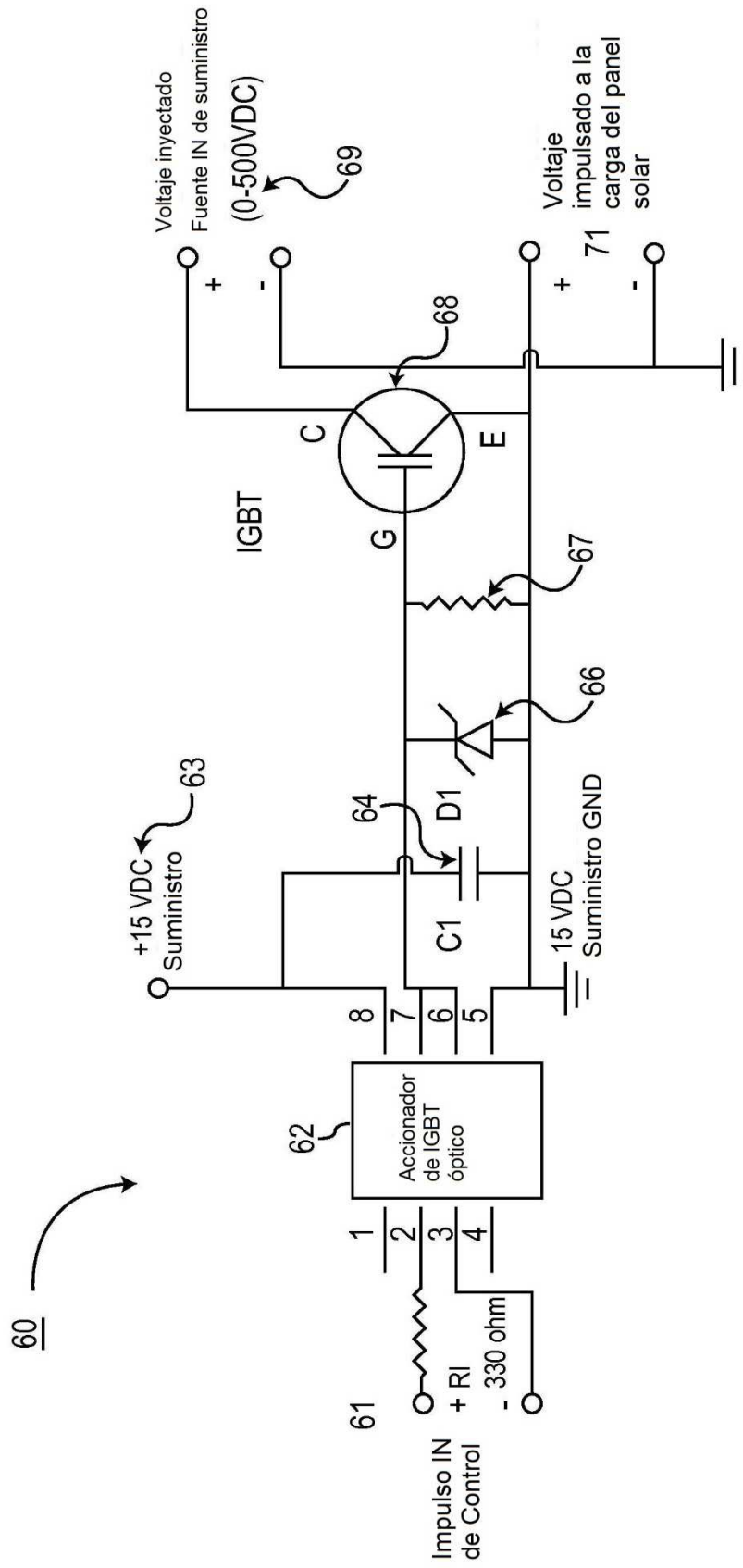


FIG. 8

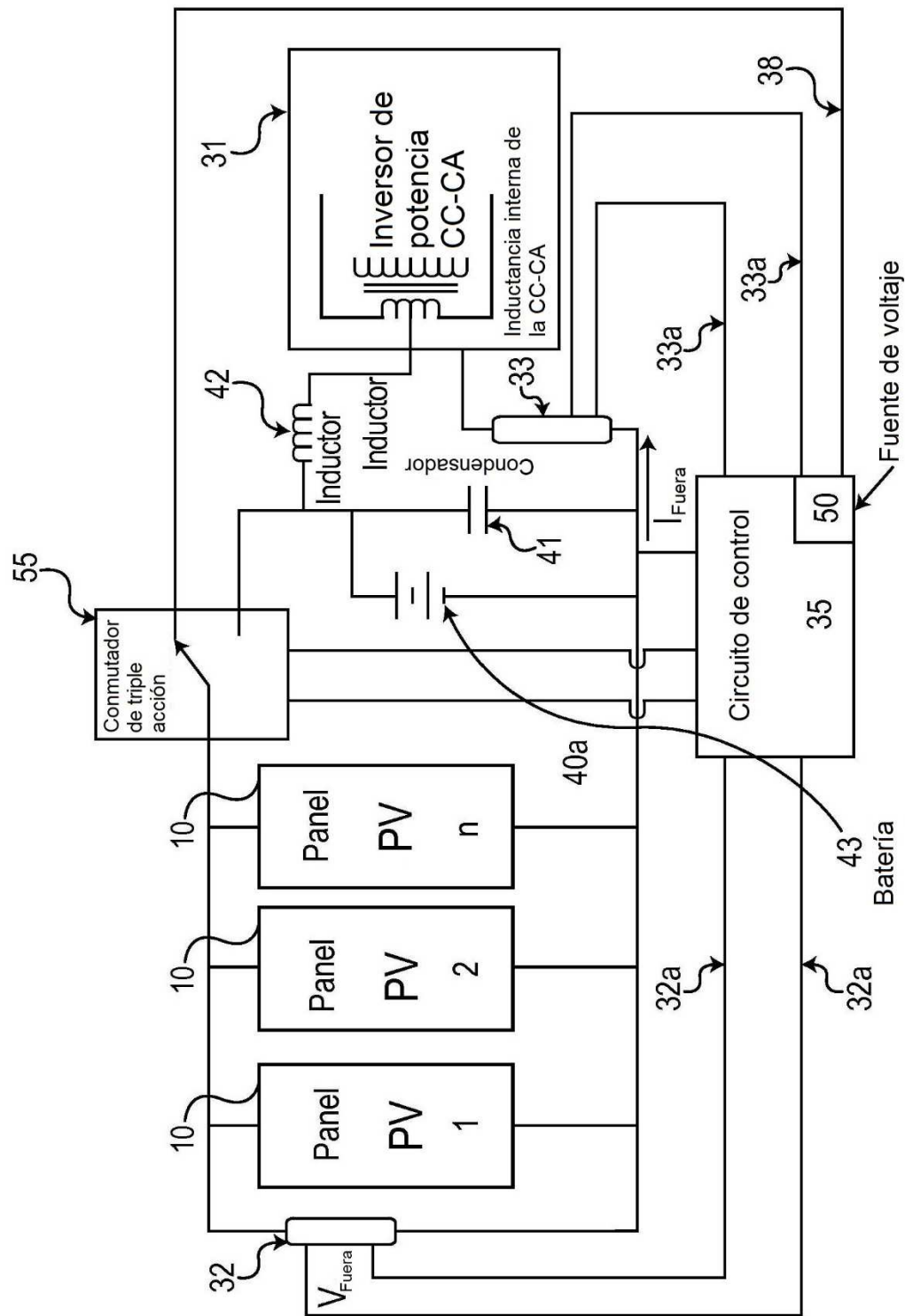


FIG. 9A

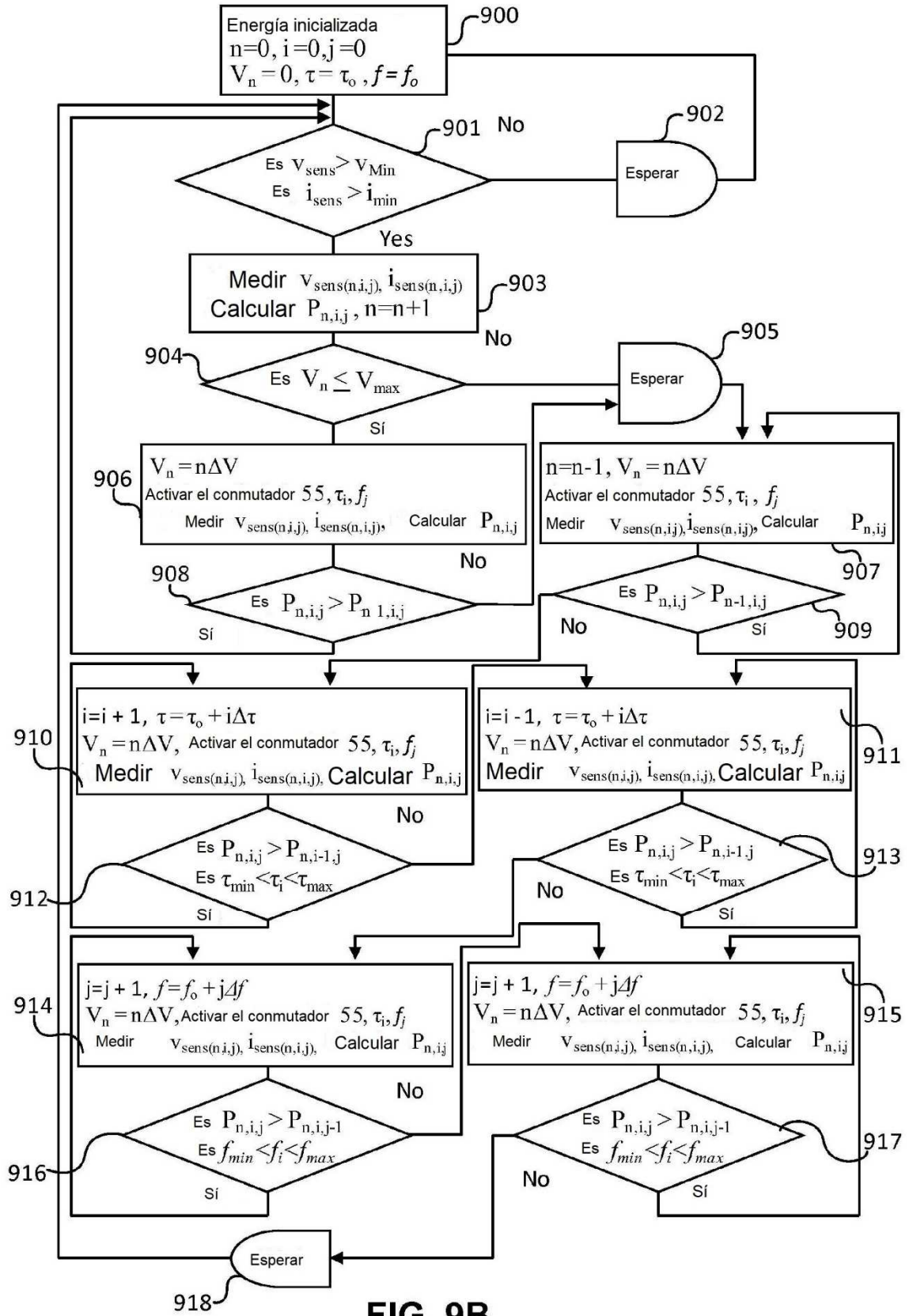


FIG. 9B

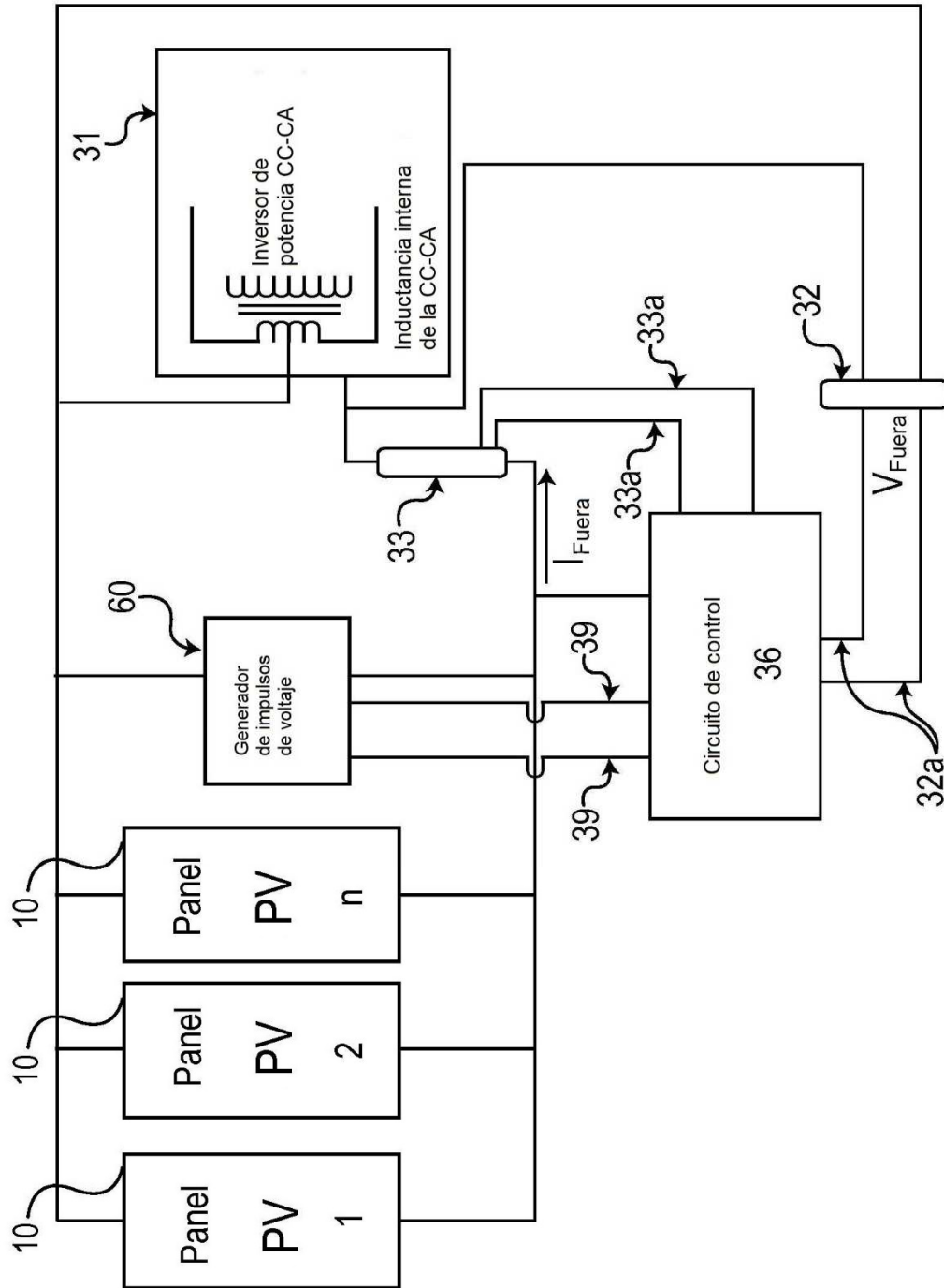


FIG. 10A

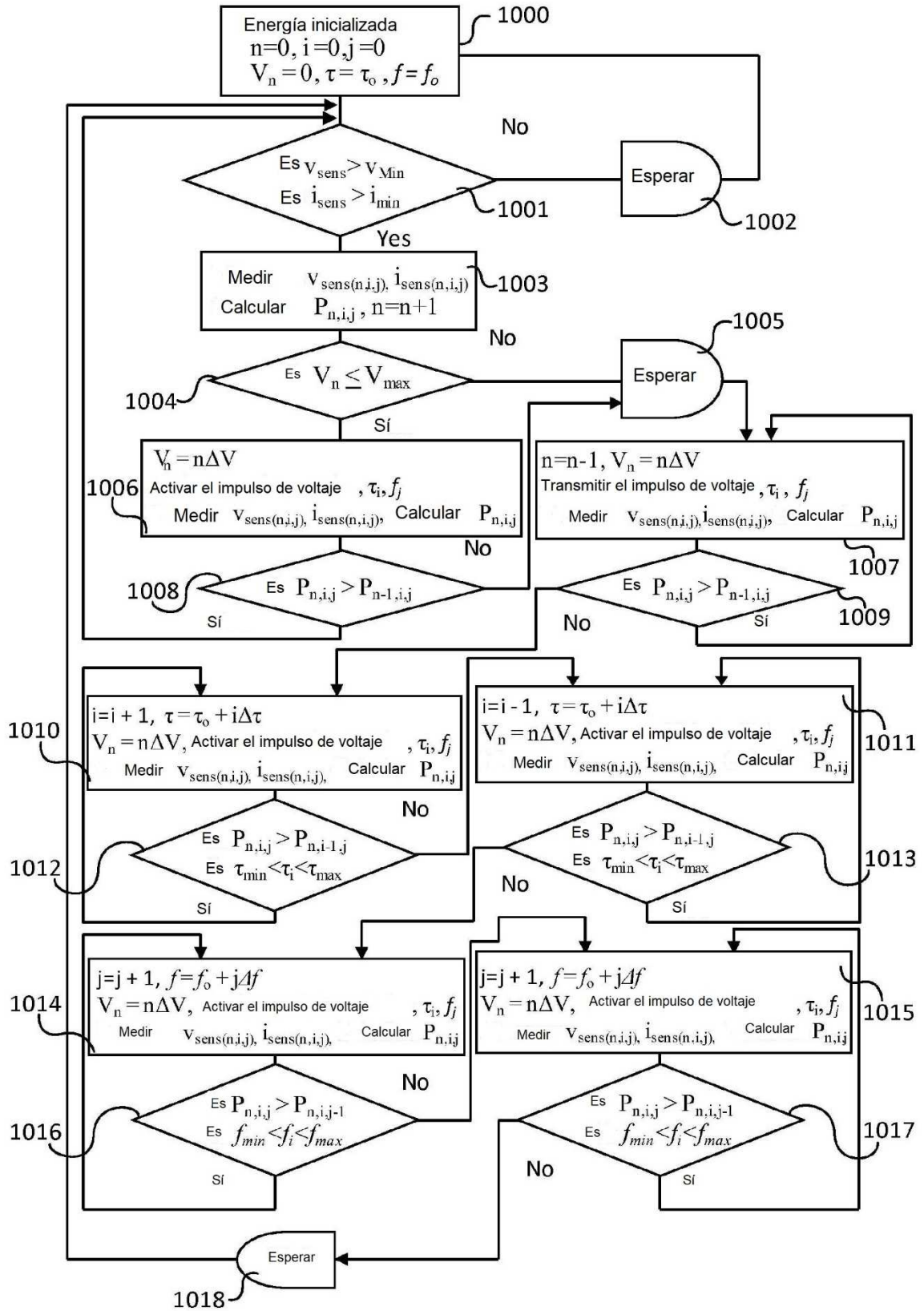


FIG. 10B

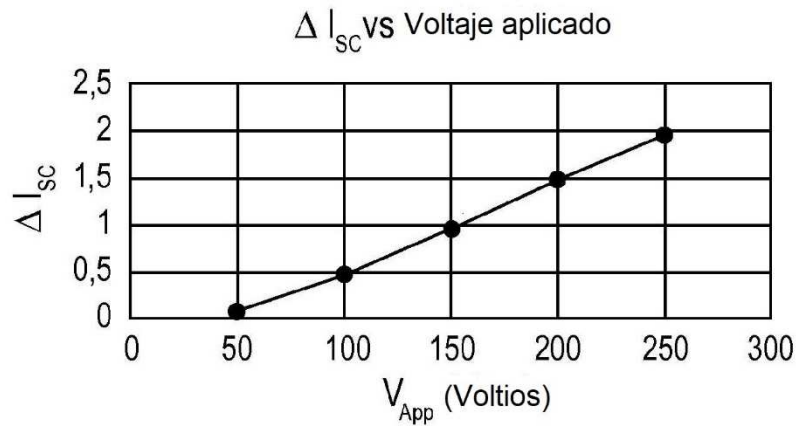


FIG. 11A

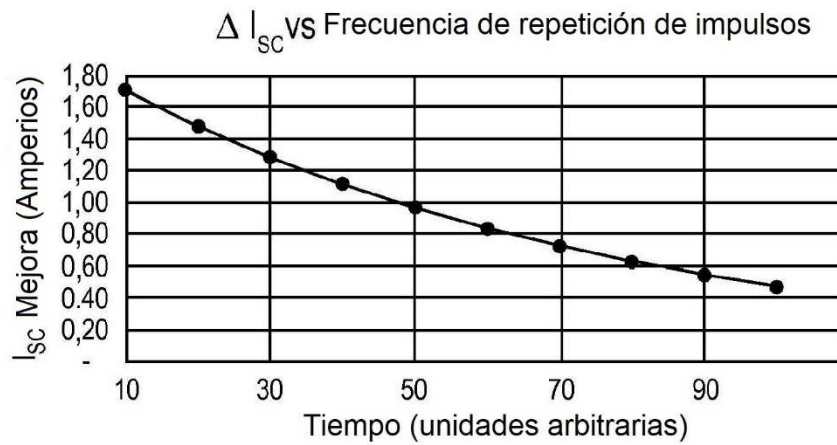


FIG. 11B

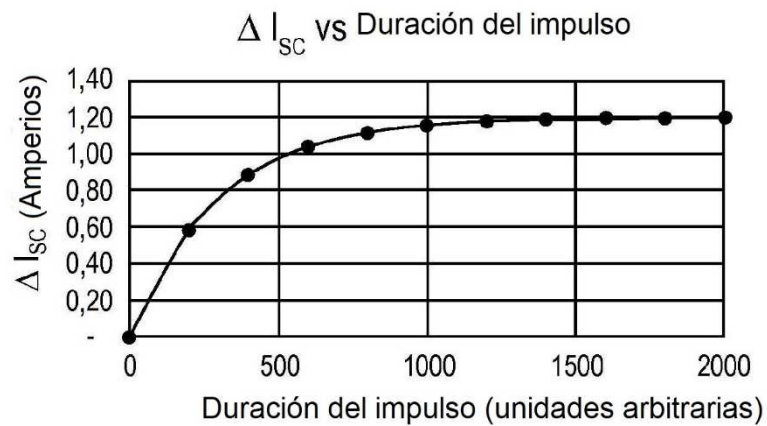


FIG. 11C