

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 665 796**

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

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.03.2015 PCT/US2015/018552**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.09.2015 WO15134549**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.03.2015 E 15710361 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.01.2018 EP 3114746**

54 Título: **Método y sistema para aplicar campos eléctricos a múltiples paneles solares**

30 Prioridad:

**03.03.2014 US 201461947326 P**

**08.07.2014 US 201462022087 P**

**20.02.2015 US 201514628079**

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

**27.04.2018**

73 Titular/es:

**SOLARLYTICS, INC. (100.0%)**

**288 Lindbergh avenue**

**Livermore, CA 94551-9512, US**

72 Inventor/es:

**MCNAMARA, ROBERT P. y**

**RAYMOND, DOUGLAS M.**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 665 796 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).

## DESCRIPCION

Método y sistema para aplicar campos eléctricos a múltiples paneles solares

**Campo técnico**

5 La presente exposición se refiere en general a dispositivos fotovoltaicos y más específicamente, aunque no exclusivamente, a sistemas y métodos para maximizar la potencia o energía generada y la eficiencia global de una o más células solares, por ejemplo, mediante la aplicación y el ajuste de un campo eléctrico externo en paralelo a las células solares.

**Antecedentes**

10 Una célula solar (también denominada una 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 que se acople a ninguna fuente de alimentación externa.

15 La célula solar más común consta de una unión p-n 110 fabricada a partir de materiales semiconductores (p. ej., silicio), tal como en una célula solar 100 mostrada en la figura 1. Por ejemplo, la unión p-n 110 incluye una oblea delgada que consta de una capa muy delgada de silicio tipo n sobre una capa más gruesa de silicio tipo p. Cuando estas dos capas están en contacto, se crea un campo eléctrico (no se muestra) cerca de la superficie superior de la célula solar 100, y tiene lugar una difusión de electrones desde la región de alta concentración de electrones (el lado tipo n de la unión p-n 110) a la región de baja concentración de electrones (el lado tipo p de la unión p-n 110).

20 La unión p-n 110 está encapsulada entre dos electrodos conductores 101a, 101b. El electrodo superior 101a es transparente a la radiación incidente (solar) o no cubre completamente la parte superior de la célula solar 100. Los electrodos 101a, 101b pueden servir como contactos óhmicos de metal-semiconductor que están conectados a una carga externa 30 que está acoplada en serie. Aunque mostrada únicamente como resistiva, la carga 30 también puede incluir componentes resistivos y reactivos.

25 Cuando un fotón incide en la célula solar 100, el fotón puede: atravesar el material de la célula solar sin desviarse, lo que ocurre generalmente con fotones de baja energía; reflejarse en la superficie de la célula solar; o preferentemente ser absorbido por el material de la célula solar, si la energía del fotón es mayor que la banda energética del silicio, lo que genera un par electrón-hueco.

30 Si el fotón se absorbe, se cede su energía a un electrón en el material de la célula solar. Generalmente, este electrón está en la banda de valencia y está fuertemente vinculado en enlaces covalentes entre los átomos colindantes, y por tanto es incapaz de moverse lejos. La energía que el fotón da al electrón "excita" al electrón a la banda de conducción, donde puede moverse con libertad dentro de la célula solar 100. El enlace covalente del que el electrón era anteriormente parte, tiene en ese instante un electrón menos, esto se conoce como un hueco. La presencia de un enlace covalente perdido permite a los electrones enlazados de átomos colindantes moverse al hueco, dejando otro hueco detrás suyo. De esta manera, un hueco también se puede mover en la práctica a través  
35 de la célula solar 100. Por tanto, los fotones absorbidos en la célula solar 100, crean pares móviles electrón-hueco.

40 El par móvil electrón-hueco se difunde o se arrastra hacia los electrodos 101a, 101b. Habitualmente, el electrón se difunde/arrastra hacia el electrodo negativo, y el hueco se difunde/arrastra hacia el electrodo positivo. La difusión de portadoras (p. ej., electrones) es debido a un movimiento aleatorio de origen térmico hasta que el portador es capturado por campos eléctricos. Los campos eléctricos establecidos en paralelo a un campo activo de la célula solar 100 accionan el arrastre de portadores. En células solares de películas delgadas, el modo predominante de separación de los portadores de carga es el arrastre, accionado por el campo electrostático de la unión p-n 110 que se extiende a través de todo el grosor de la célula solar de película delgada. No obstante, en células solares más gruesas que virtualmente no tienen campo eléctrico en la región activa, el modo predominante de separación de los portadores de carga es la difusión. La longitud de difusión de los portadores menores (es decir, la longitud que los portadores generados por el efecto fotoeléctrico pueden desplazarse antes de recombinarse) debe ser grande en  
45 células solares más gruesas.

50 Por último, los electrones que se crean en el lado tipo n de la unión p-n 110, "recogidos" por la unión p-n 110, y que se deslizan rápidamente al lado tipo n, pueden proporcionar potencia a la carga externa 30 (por medio del electrodo 101a) y volver al lado tipo p (por medio del electrodo 101b) de la célula solar 100. Una vez que vuelven al lado tipo p, el electrón se puede recombinar con un hueco que haya sido creado como un par electrón-hueco en el lado tipo p o que se ha deslizado rápidamente a través de la unión p-n 110 desde el lado tipo n.

55 Tal como se muestra en la figura 1, el par electrón-hueco se desplaza en una ruta sinuosa desde el punto en el que se crea el par electrón-hueco hasta el punto en el que se recoge el par electrón-hueco en los electrodos 101a, 101b. Como el trayecto en el que el par electrón-hueco se ha desplazado es largo, existen amplias oportunidades de que el electrón o el hueco se recombinen con otro hueco o electrón, donde dicha recombinación da como resultado una pérdida de corriente a cualquier carga externa 30. Expresado de otra manera, cuando se crea un par electrón-

huevo, uno de los portadores puede alcanzar la unión p-n 110 (un portador recogido) y contribuir a la corriente producida por la célula solar 100. Como alternativa, el portador se puede recombinar sin ninguna contribución neta a la corriente de la célula. La recombinación de la carga provoca una caída en la eficiencia de los cuantos (es decir, el porcentaje de fotones que se convierten a corriente eléctrica en la célula solar 100) y, por lo tanto, la eficiencia global de la célula solar 100.

Algunos intentos recientes para reducir el costo y aumentar la eficiencia de las células solares incluyen el ensayo de diversos materiales y la utilización de técnicas de fabricación diferentes para las células solares. Otro enfoque intenta mejorar la región de agotamiento que se forma alrededor de una unión p-n 110, de modo que mejore el movimiento de los portadores de carga a través de la célula solar 100. Por ejemplo, véase la patente de EE. UU. n.º 5.215.599, de Hingorani, *et al.* ("Hingorani"), presentada el 3 de mayo de 1991, y la patente de EE. UU. 8.466.582, de Fornage ("Fornage"), presentada el 2 de diciembre de 2011, que reivindica la prioridad frente a un documento con fecha de presentación del 3 de diciembre de 2010, cuyas exposiciones, por tanto, se incorporan a la presente por referencia en su totalidad y para cualquier fin.

No obstante, estos enfoques convencionales para mejorar el movimiento de los portadores de carga a través de la célula solar 100 requieren una modificación de la estructura fundamental de la célula solar 100. Hingorani y Fornage, por ejemplo, exponen la aplicación de un campo eléctrico externo a la célula solar utilizando una estructura modificada de la célula solar. La aplicación del campo eléctrico externo requiere que se aplique una tensión entre los electrodos que inducen el campo eléctrico (descrito con mayor detalle al hacer referencia a la ecuación 2 más adelante). Sin modificar la estructura fundamental de la célula solar 100, aplicar la tensión a los electrodos 101a, 101b existentes de la célula solar 100 cortocircuita el voltaje aplicado a través de la carga externa 30. Expresado de otra manera, aplicar la tensión a los electrodos 101a, 101b de la célula solar 100 no es eficaz para crear un campo eléctrico externo y mejorar el movimiento de los portadores de carga. En consecuencia, los enfoques convencionales, tales como los que se exponen en Hingorani y Fornage, modifican necesariamente la estructura fundamental de la célula solar 100, tal como, mediante la inserción de un conjunto externo de electrodos (y aislados eléctricamente) en la base de la célula solar 100. Existen diversas desventajas con este enfoque.

Por ejemplo, los electrodos externos se deben colocar en la célula solar 100 durante el proceso de fabricación, es virtualmente imposible montar los electrodos externos en una célula o panel solar existente. Esta modificación al proceso de fabricación aumenta significativamente el costo de fabricación y disminuye dicho rendimiento. Adicionalmente, la colocación de los electrodos externos sobre el frontal, o el lado incidente, de la célula solar 100 reduce la energía óptica que alcanza la célula solar 100, y de ese modo esta ofrece una salida de potencia menor.

Como una desventaja adicional, para ofrecer mejoras significativas en la salida de potencia de la célula solar 100, se deben aplicar unas tensiones considerables a los electrodos externos de la célula solar 100. Por ejemplo, Fornage expone que se deben aplicar tensiones del orden de "miles" de voltios en los electrodos externos para que el campo eléctrico aplicado sea eficaz y aumente la salida de potencia de la célula solar 100. La magnitud de esta tensión requiere una capacitación especial para el mantenimiento, así como también equipos y cableado adicionales para tensiones altas que no existen en la actualidad en las instalaciones de paneles solares existentes o nuevas. A modo de ejemplo, una capa aislante entre los electrodos externos y la célula solar 100 debe ser suficiente para soportar la tensión alta aplicada. En el caso de una falla de la capa aislante, existe un riesgo significativo de daños no solo a la célula solar 100, sino también a todos las células solares 100 conectadas en serie o en paralelo a la célula solar con la falla, así como también a la carga externa 30.

Como una desventaja más, la instalación habitual de la célula solar 100 puede introducir factores adicionales, tal como, cableado adicional, hardware externo, etc., que pueden afectar la salida de potencia de la célula solar 100. Por ejemplo, se pueden acoplar múltiples células solares 100 (en serie y/o en paralelo) entre sí para formar un panel solar 10 (mostrado en las figuras 2A-D). A continuación, se puede acoplar cada panel solar 10 utilizando cualquier manera adecuada descrita en la presente, que incluye en paralelo, serie o una combinación de estas. Haciendo referencia a las figuras 2A-D, se muestran unas configuraciones habituales de instalación que utilizan al menos un panel solar 10.

Los paneles solares 10 se pueden conectar en paralelo (figura 2A), en serie (figura 2B) o en una combinación de estas (figura 2C). En cada una de las figuras 2A-C, los paneles solares 10 pueden accionar una carga, tal como un inversor 31. La figura 2A muestra un acoplamiento en serie de los paneles solares 10. Volviendo a la figura 2B, los paneles solares 10 se muestran conectados en serie y accionan el inversor 31. La figura 2C muestra una instalación alternativa de los paneles solares 10 conectados en paralelo y en serie. En otra realización más, la figura 2D muestra una instalación que se encuentra habitualmente en muchas instalaciones residenciales, donde cada uno de los paneles solares 10 está conectado a su propio inversor 31.

Cada método de conexión de las células solares 100 y de los paneles solares 10 requiere un cableado y unos métodos de instalación diferentes, que cambian las características/el comportamiento eléctrico, y la correspondiente salida de potencia, de los paneles solares 10 conectados. Los esfuerzos convencionales para aumentar la eficiencia de las células solares rara vez justifican los inconvenientes de la instalación, tales como los diversos métodos para conectar múltiples células solares 100 y/o múltiples paneles solares 10.

En vista de lo anterior, existe una necesidad de un sistema y un método de células solares mejorados para una mayor eficiencia y salida de potencia, tal como con una mayor movilidad de los pares electrón-hueco, en un esfuerzo para superar los obstáculos y deficiencias anteriormente mencionados de los sistemas de células solares convencionales.

- 5 El documento US 2012/006408 A1 expone un método de funcionamiento de una célula solar que comprende: - para una célula solar que tiene una única unión y un primer y segundo contacto, que provoca una polarización a través del primer y segundo contacto para alternar de manera periódica entre unos valores de polarización mínimo y máximo; - siendo más corto el período de alternancia de la polarización entre los valores de polarización mínimo y máximo que el tiempo de enfriamiento de los portadores activos, para que la célula solar extraiga los portadores excitados por fotones de la célula solar en todo un intervalo de niveles de energía.

### Compendio

De acuerdo con la presente invención, se proporciona un método de acuerdo con la reivindicación 1.

- 15 La presente exposición se refiere a un sistema para optimizar una salida de potencia de al menos un dispositivo fotovoltaico y a los métodos para la utilización y fabricación de este. De acuerdo con un primer aspecto expuesto en la presente, se explica un método para gestionar un dispositivo fotovoltaico, donde el método comprende:

aplicar una primera componente de una señal de tensión a un dispositivo fotovoltaico seleccionado, representando la primera componente un estado activado para generar un campo eléctrico externo en paralelo al dispositivo fotovoltaico seleccionado; y

- 20 aplicar una segunda componente de la señal de tensión al dispositivo fotovoltaico seleccionado, representado la segunda componente un ciclo desactivado.

En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además aplicar la primera componente a un segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, de manera concurrente a dicha aplicación de la primera componente al dispositivo fotovoltaico seleccionado; y

- 25 aplicar la segunda componente al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, de manera concurrente a dicha aplicación de la segunda componente al dispositivo fotovoltaico seleccionado.

En algunas realizaciones del método expuesto, dicha aplicación de la primera componente comprende aplicar una tensión alta de un impulso de tensión variable con el tiempo desde un circuito de generación de impulsos de tensión, y donde dicha aplicación de la segunda componente comprende desconectar el circuito de generación de impulsos de tensión.

- 30 En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además superponer la primera componente sobre una tensión existente generada por el dispositivo fotovoltaico seleccionado, donde dicha superposición de la primera componente comprende, de manera opcional, crear una referencia negativa para la primera componente por medio de un circuito inyector de elevación acoplado entre dicho circuito de generación de impulsos de tensión y el dispositivo fotovoltaico seleccionado.

- 35 En algunas realizaciones del método expuesto, dicha aplicación de la primera componente comprende conectar una fuente de alimentación y el dispositivo fotovoltaico en una primera posición de un interruptor dispuesto entre la fuente de alimentación y el dispositivo fotovoltaico seleccionado, y donde dicha aplicación de la segunda componente comprende desconectar la fuente de alimentación y el dispositivo fotovoltaico seleccionado en una segunda posición del interruptor.

- 40 De acuerdo con otro aspecto expuesto en la presente, se explica un método para gestionar al menos un dispositivo fotovoltaico, que comprende:

poner en servicio un generador de impulsos de tensión de modo que esté acoplado al dispositivo fotovoltaico seleccionado; y

- 45 aplicar una señal de tensión generada por el generador de impulsos de tensión al dispositivo fotovoltaico seleccionado, teniendo la señal de tensión un primer estado para generar un campo eléctrico externo en paralelo al dispositivo fotovoltaico seleccionado y un segundo estado que representa un ciclo desactivado.

En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además poner en servicio un circuito inyector de elevación, de modo que esté acoplado entre el generador de impulsos de tensión y el dispositivo fotovoltaico seleccionado con el fin de proporcionar una referencia negativa para el primer estado.

- 50 En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además aplicar la señal de tensión a un segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, donde, de manera opcional, dicha aplicación de la señal de tensión al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado tiene lugar de manera concurrente a dicha aplicación de la señal de tensión al dispositivo fotovoltaico seleccionado.

- 5 En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además poner en servicio un segundo circuito de generación de impulsos de tensión, de modo que esté acoplado al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado para proporcionar, de manera concurrente, un segundo impulso de tensión variable con el tiempo en paralelo al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, proporcionando el segundo impulso de tensión variable con el tiempo el primer estado y el segundo estado.
- En algunas realizaciones del método expuesto, dicha aplicación de la señal de tensión comprende aplicar una tensión regulable al dispositivo fotovoltaico seleccionado.
- 10 En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además controlar al menos uno de entre una frecuencia y una duración del primer estado y el segundo estado, por medio de un circuito de control acoplado al generador de impulsos de tensión.
- De acuerdo con la presente invención, se explica un método para gestionar uno o más dispositivos fotovoltaicos, que comprende:
- 15 poner en servicio un primer puerto de un interruptor de modo que se acople a un dispositivo fotovoltaico seleccionado;
- 20 poner en servicio un segundo puerto del interruptor de modo que se acople a una carga accionada por el dispositivo fotovoltaico seleccionado;
- poner en servicio un tercer puerto del interruptor de modo que se acople a una fuente de alimentación, donde el interruptor puede operar en una primera posición, para proporcionar un trayecto a la corriente entre el dispositivo fotovoltaico seleccionado y la fuente de alimentación, y una segunda posición, para proporcionar el trayecto a la corriente entre el dispositivo fotovoltaico seleccionado y la carga; y
- 25 aplicar una señal de tensión generada por la fuente de alimentación al dispositivo fotovoltaico seleccionado, teniendo la señal de tensión un primer estado, para generar un campo eléctrico externo en paralelo al dispositivo fotovoltaico seleccionado cuando el interruptor está en la primera posición, y un segundo estado, para proporcionar aislamiento eléctrico entre la fuente de alimentación y la carga cuando el interruptor está en la segunda posición.
- En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además poner en servicio un primer puerto de un segundo interruptor de modo que se acople a un segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado;
- 30 poner en servicio un segundo puerto del segundo interruptor de modo que se acople a la carga, donde la carga se acciona mediante el dispositivo fotovoltaico seleccionado y el segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado;
- 35 poner en servicio un tercer puerto del segundo interruptor de modo que se acople a la fuente de alimentación, donde el segundo interruptor puede operar en una primera posición, para proporcionar un trayecto a la corriente entre el segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado y la fuente de alimentación, y una segunda posición, para proporcionar el trayecto a la corriente entre el segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado y la carga; y
- 40 aplicar la señal de tensión generada por la fuente de alimentación de manera concurrente al dispositivo fotovoltaico seleccionado y al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, donde el primer estado genera el campo eléctrico externo en paralelo al dispositivo fotovoltaico seleccionado y al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, cuando el interruptor y el segundo interruptor están en la primera posición, y el segundo estado proporciona aislamiento eléctrico entre la fuente de alimentación y la carga, cuando el interruptor y el segundo interruptor están en la segunda posición.
- En algunas realizaciones del método expuesto, dicha puesta en servicio del primer puerto del interruptor comprende poner en servicio un primer puerto de un interruptor de dos posiciones de modo que se acople al dispositivo fotovoltaico seleccionado.
- 45 En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además controlar, al menos, uno de entre una frecuencia y una duración de la conmutación entre la primera posición y la segunda posición por medio de un controlador del interruptor acoplado al interruptor de dos posiciones.
- En algunas realizaciones del método expuesto, el método comprende además poner en servicio un dispositivo, para mitigar cualquier desconexión de tensión de la primera componente, de modo que se acople entre la carga y el dispositivo fotovoltaico seleccionado.
- 50 En algunas realizaciones del método expuesto, dicha aplicación de la señal de tensión comprende aplicar una tensión regulable al dispositivo fotovoltaico seleccionado.
- Descripción breve de los dibujos**
- La figura 1 es un diagrama de una sección transversal de alto nivel, a modo de ejemplo, que ilustra una realización de una célula solar de la técnica anterior.

La figura 2A es un diagrama de bloques de alto nivel, a modo de ejemplo, que ilustra una realización de una disposición ordenada de paneles solares de la técnica anterior utilizando las células solares de la figura 1.

5 La figura 2B es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa de una disposición ordenada de paneles solares de la técnica anterior utilizando las células solares de la figura 1, donde cada panel solar está acoplado en serie.

La figura 2C es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa de una disposición ordenada de paneles solares de la técnica anterior utilizando las células solares de la figura 1, donde cada panel solar está acoplado en serie y en paralelo.

10 La figura 2D es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa de una disposición ordenada de paneles solares de la técnica anterior utilizando las células solares de la figura 1, donde cada panel solar está acoplado directamente a una carga.

La figura 3 es un diagrama de bloques de alto nivel, a modo de ejemplo, que ilustra una realización de un sistema de gestión de una célula solar.

15 La figura 4 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización del sistema de gestión de células solares de la figura 3, donde una disposición ordenada de paneles solares está cableada en paralelo de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2A y acoplada a una fuente de alimentación a través de un interruptor.

20 La figura 5 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 3, donde una disposición ordenada de paneles solares está cableada en paralelo de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2A y acoplada a un circuito de generación de impulsos de tensión.

La figura 6 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 4, donde la disposición ordenada de paneles solares está acoplada en serie de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2B.

25 La figura 7 es un gráfico que ilustra una tensión aplicada  $V_{Ap}$  en relación con la tensión en paralelo a cada panel solar del sistema de gestión de células solares de la figura 6.

La figura 8 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 6, donde una o más de las disposiciones ordenadas de paneles solares están acopladas a una fuente de alimentación a través de uno o más interruptores.

30 La figura 9 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra otra realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 4, donde una o más de las disposiciones ordenadas de paneles solares están acopladas a la fuente de alimentación a través de uno o más interruptores.

35 La figura 10 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra otra realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 4, donde una o más de las disposiciones ordenadas de paneles solares están cableadas en serie y en paralelo, de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2D, y están acopladas a la fuente de alimentación a través de un interruptor.

La figura 11 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra otra realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 10, donde una o más disposiciones ordenadas de paneles solares están acopladas a la fuente de alimentación a través de uno o más interruptores.

40 Las figuras 12A-B son diagramas de bloques, a modo de ejemplo, que ilustran realizaciones alternativas del sistema de gestión de células solares de la figura 4, que coopera con la disposición ordenada de paneles solares de la figura 2E.

45 La figura 13 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 5, donde la disposición ordenada de paneles solares está cableada en serie de acuerdo con la disposición ordenada de paneles solares de la figura 2B.

La figura 14 es un gráfico que ilustra una tensión aplicada  $V_{Ap}$  en relación con la tensión en paralelo a cada panel solar del sistema de gestión de células solares de la figura 13.

50 Las figuras 15A-B son diagramas de bloques, a modo de ejemplo, que ilustran realizaciones alternativas del sistema de gestión de células solares de la figura 13, donde una o más de las disposiciones ordenadas de paneles solares están acopladas a uno o más generadores de impulsos de tensión.

La figura 16 es un diagrama de bloques, a modo de ejemplo, que ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares de la figura 5, donde la disposición ordenada de paneles solares está cableada de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2C.

5 Las figuras 17A-B son diagramas de bloques, a modo de ejemplo, que ilustran realizaciones alternativas del sistema de gestión de células solares de la figura 5, donde la disposición ordenada de paneles solares está cableada de acuerdo con la disposición mostrada en la figura 2D.

La figura 18 es un diagrama de un circuito, a modo de ejemplo, que ilustra una realización de un circuito de elevación del impulso para su utilización con el sistema de gestión de células solares de la figura 5.

10 Cabe destacar que las figuras no están dibujadas a escala y que los elementos de estructuras o funciones similares están representados, con fines ilustrativos, generalmente con números de referencia similares en todas las figuras. También cabe destacar que las figuras únicamente pretenden facilitar la descripción de las realizaciones preferidas. Las figuras no ilustran cada aspecto de las realizaciones descritas y no limitan el alcance de la presente exposición.

### Descripción detallada de las realizaciones preferidas

15 Como los sistema de células solares disponibles en la actualidad fracasan a la hora de maximizar la salida de potencia de una célula fotovoltaica, un sistema de células solares que aumente la movilidad de los pares electrón-hueco y reduzca la corriente de recombinación en un material semiconductor puede resultar deseable y proporcionar una base para una amplia variedad de sistemas de células solares, de modo que aumente la eficiencia y la salida de potencia de células solares configuradas como un panel solar. Este resultado se puede lograr, de acuerdo con una realización expuesta en la presente, mediante un sistema de gestión de células solares 300, tal como se ilustra en la figura 3.

20 Volviendo a la figura 3, el sistema de gestión de células solares 300 es adecuado para su utilización con una amplia variedad de dispositivos fotovoltaicos. En una realización, el sistema de gestión de células solares 300 puede ser adecuado para su utilización con la célula solar 100 mostrada en la figura 1. Por ejemplo, la célula solar 100 puede representar cualquier generación adecuada de células solares, tal como las células de base obleas de silicio cristalino (primera generación), células solares de películas delgadas que incluyen células de silicio amorfo (segunda generación) y/o las células de tercera generación. Convenientemente, el sistema de gestión de células solares 300 se puede utilizar con cualquier generación de célula solar 100 sin modificación estructural ni los inconvenientes asociados.

25 En otra realización, el sistema de gestión de células solares 300 puede ser adecuado para su utilización con múltiples células solares 100, tal como los paneles solares 10 mostrados en las figuras 2A-D. Tal como se ha analizado anteriormente, se pueden acoplar entre sí múltiples células solares 100 (en serie y/o en paralelo) para formar un panel solar 10. Los paneles solares 10 se pueden montar en una estructura de soporte (no se muestra) por medio de un montaje sobre el terreno, un montaje sobre un tejado, unos sistemas solares de seguimiento, unos armazones fijos, etc., y se pueden utilizar tanto para aplicaciones terrestres como aéreas. De manera similar, el sistema de gestión de células solares 300 se puede utilizar convenientemente con cualquier generación de panel solar 10 sin modificación estructural ni los inconvenientes asociados del panel solar 10.

30 Tal como se muestra en la figura 3, el dispositivo fotovoltaico 200 trabaja conjuntamente con un campo eléctrico 250. En algunas realizaciones, la polaridad del campo eléctrico 250 se puede aplicar tanto en el mismo sentido como en el sentido inverso a la polaridad de los electrodos 101a, 101b (mostrados en la figura 1) en el dispositivo fotovoltaico 200. Por ejemplo, si se aplica el campo eléctrico 250 en el mismo sentido que la polaridad de los electrodos 101a, 101b en el dispositivo fotovoltaico 200, el campo eléctrico 250 actúa sobre los pares electrón-hueco en el dispositivo fotovoltaico 200 para ejercer una fuerza  $e^-E$  o  $h^+E$  sobre el electrón o el hueco respectivamente, y de ese modo acelerar la movilidad del electrón y el hueco hacia los electrodos respectivos. Como alternativa, si se invierte la polaridad del campo eléctrico 250, la movilidad de los pares electrón-hueco en el dispositivo fotovoltaico 200 disminuye, y de ese modo aumenta la corriente de recombinación dentro del dispositivo fotovoltaico 200. En consecuencia, la eficiencia del dispositivo fotovoltaico 200 puede disminuirse según se desee, tal como para gestionar la salida de potencia del dispositivo fotovoltaico 200.

35 Además, el campo eléctrico 250 aplicado al dispositivo fotovoltaico 200 puede ser estático o variable con el tiempo según se desee. En el caso donde el campo eléctrico 250 es variable con el tiempo, el campo eléctrico 250 tiene una magnitud promediada en el tiempo que es distinta de cero. Dicho de otra manera, la fuerza neta sobre los electrones y huecos es distinta de cero para proporcionar una mayor movilidad en los pares electrón-hueco del dispositivo fotovoltaico 200.

40 El sistema de gestión de células solares 300 puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  al dispositivo fotovoltaico 200 utilizando cualquier medio adecuado descrito en la presente, que incluye utilizar un interruptor 55, tal como se muestra en la figura 4. Volviendo a la figura 4, el dispositivo fotovoltaico 200 puede representar cualquier número de dispositivos fotovoltaicos tal como la célula solar 100 y/o los paneles solares 10, tal como se ilustra. Los paneles solares 10 se muestran que están cableados en paralelo (también mostrados en la figura 2A) y están conectados al interruptor 55, tal como un interruptor unipolar de doble posición (o tres vías). No obstante, tal como se analizará

haciendo referencia a las figuras 6 y 8-12, los paneles solares 10 también se pueden cablear en serie, en una combinación de serie y paralelo e independientemente unos de otros. En una realización, el interruptor 55 también está acoplado a una fuente de alimentación 50 y a una carga externa  $R_L$  (p. ej., mostrada como el inversor 31). El inversor 31 puede incluir componentes resistivos y reactivos. En algunas realizaciones, el inversor 31 puede convertir tensión y corriente continuas en tensión y corriente alternas, lo que habitualmente es compatible en tensión y frecuencia con las redes eléctricas de CA convencionales. La frecuencia de salida del inversor 31 y la amplitud de la corriente/tensión alterna puede ser función del país, la ubicación y los requisitos de la red local.

La fuente de alimentación 50 puede incluir cualquier medio adecuado para mantener una alimentación constante, lo que incluye unas fuentes de alimentación ideales, fuentes de alimentación controladas, etc. No obstante, en algunas realizaciones, la fuente de alimentación 50 puede tener una salida regulable y variable (p. ej., una tensión variable con el tiempo). Un control del interruptor (o controlador) 45 está acoplado al interruptor 55 para controlar la duración de la conexión y/o la frecuencia de conmutación, tal como entre la fuente de alimentación 50 y el inversor 31 con respecto a los paneles solares 10. El controlador del interruptor 45 se puede configurar previamente de modo que opere con una duración de conmutación  $D$  fija y una frecuencia de conmutación  $f$ . En algunas realizaciones, la magnitud de la tensión  $V_{Ap}$  aplicada por la fuente de alimentación 50, la duración  $D$  de la conexión y/o la frecuencia  $f$  de conmutación se pueden configurar previamente y/o modificar en función de las condiciones de carga.

Por ejemplo, el interruptor 55 conecta los paneles solares 10 con la fuente de alimentación 50 en una primera posición (tal como se muestra con la flecha en el interruptor 55 de la figura 4). Cuando está conectado en la primera posición, la fuente de alimentación 50 aplica la tensión  $V_{Ap}$  en paralelo a los electrodos 101a, 101b (mostrados en la figura 1) de los paneles solares 10 e induce el campo eléctrico 250 (mostrado en la figura 3) en paralelo a cada panel 10. Una vez que el campo eléctrico 250 se ha establecido en paralelo a los paneles solares 10, el interruptor 55 conmuta de modo que conecte los paneles solares 10 con el inversor 31 (es decir, con la carga  $R_L$ ) en una segunda posición. En consecuencia, la fuente de alimentación 50 puede proporcionar el campo eléctrico 250 sin estar conectada a los paneles solares 10 y al inversor 31 al mismo tiempo. Por lo tanto la aplicación de la tensión externa  $V_{Ap}$  no permite que la carga  $R_L$  (p. ej., el inversor 31) consuma corriente directamente de la fuente de alimentación 50.

La aplicación del campo eléctrico 250 a los paneles solares 10 puede aumentar la salida de corriente y potencia de los paneles solares 10 en una cantidad preestablecida, cuando los paneles solares 10 se conectan posteriormente al inversor 31 en la segunda posición. La cantidad preestablecida depende de una intensidad de luz incidente en los paneles solares 10, la tensión aplicada  $V_{Ap}$  a los paneles solares 10 por la fuente de alimentación 50, el grosor de los paneles solares 10, la frecuencia  $f$  con la que se conecta la fuente de alimentación 50 a los paneles solares 10 y el ciclo de trabajo del proceso de conmutación entre la primera posición y la segunda posición, estando definido el ciclo de trabajo como la cantidad de tiempo que los paneles solares 10 están conectados a la fuente de alimentación 50 dividido por  $1/f$  el tiempo de conmutación (es decir, multiplicado por la frecuencia  $f$  o dividido por el período total de la señal). Cabe destacar, que el tiempo de duración de la conmutación  $D$ , la frecuencia de conmutación  $f$  y el ciclo de trabajo son todas magnitudes interrelacionadas, de modo que cuando se cuantifican cualesquiera dos de las magnitudes se puede determinar la tercera magnitud. Por ejemplo, especificando la frecuencia de conmutación y el ciclo de trabajo se puede determinar el tiempo de duración de la conmutación  $D$ . Por ejemplo, en condiciones de alta intensidad de luz, la mejora en la salida de potencia puede ser del orden de un 20%; en condiciones de luz baja, un 50% o más.

Convenientemente, la realización mostrada en la figura 4 proporciona el campo eléctrico 250 al dispositivo fotovoltaico 200 sin la necesidad de modificar los paneles solares 10 y/o las células solares 100 para incluir electrodos externos adicionales.

En algunas realizaciones, se puede colocar un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como, un condensador 41, una bobina de inducción 42 y/o una batería 43 antes del inversor 31, para mitigar cualquier desconexión de tensión que se observe en el inversor 31 mientras el interruptor 55 está en la primera posición. En consecuencia, mientras el inversor 31 está desconectado de los paneles solares 10 (es decir, cargado), cuando el interruptor 55 está en la primera posición, y se establece el campo eléctrico 250 en paralelo a los paneles solares 10, el dispositivo de almacenamiento de energía suministra energía al inversor 31 para mantener el flujo de corriente durante este período conmutado. Dicho de otra manera, el dispositivo de almacenamiento de energía se puede descargar mientras los paneles solares 10 están desconectados del inversor 31.

Por lo tanto, no se necesita aplicar, de manera continua, una tensión constante desde la fuente de alimentación 50, lo que a su vez crea el campo eléctrico 250, para observar una mejora en la salida de potencia de los paneles solares 10. Por ejemplo, con tiempos de duración de la conmutación  $D$  de teóricamente entre 10 y 2000 ns, con  $V_{Ap}$  de teóricamente entre 100 y 500 o más voltios, y una frecuencia de conmutación  $f$  de 20  $\mu$  segundos, se puede utilizar el ciclo de trabajo de teóricamente entre un 0.1 y un 10%. La bobina de inducción 42, el condensador 41 y/o la batería 43 se eligen de modo que tengan un tamaño suficiente para proporcionar suficiente descarga mientras los paneles solares 10 están desconectados, mientras el campo eléctrico 250 se aplica en paralelo a los paneles solares 10, de modo que no se produzca una desconexión en la salida del inversor 31.

La figura 5 ilustra una realización alternativa del sistema de gestión de células solares 300 de la figura 3. Volviendo a la figura 5, el dispositivo fotovoltaico 200 puede representar cualquier número de dispositivos fotovoltaicos tal como la célula solar 100 y/o los paneles solares 10, tal como se ilustra. Tal como se muestra, los paneles solares 10 están cableados en paralelo (también mostrados en la figura 2A), aunque también se pueden cablear en serie y en cualquier combinación de ambas, tal como se analizará haciendo referencia a las figuras 13 y 15-17.

Un generador de impulsos de tensión 60, tal como un generador de impulsos de tensión alta, puede aplicar un impulso de tensión variable con el tiempo en paralelo a uno o más de los paneles solares 10. En una realización, una duración  $D_P$  del impulso de tensión puede ser corta, teóricamente entre 10 y 2000 ns, y una magnitud puede ser alta, teóricamente entre 100 y 500 o más voltios. En la realización mostrada en la figura 5, las tensiones aplicadas, la anchura del impulso y la tasa de repetición del impulso se fijan a un nivel preestablecido para proporcionar un comportamiento óptimo en las condiciones operativas seleccionadas. Por ejemplo, el impulso de tensión puede tener la duración  $D_P$  de aproximadamente 1000 ns, donde dicho impulso de tensión se repite con un período de  $1/f$ . La duración  $D_P$  del impulso de tensión y la frecuencia  $f$  del impulso de tensión se escogen de modo que la reactancia de las bobinas de inducción en el inversor de tensión 31 presenten una impedancia alta al generador de impulsos de tensión 60, donde dicha impedancia alta permite que se cree una tensión alta en paralelo a los electrodos 101a, 101b (mostrados en la figura 1) de los paneles solares 10 y no estar cortocircuitados por el inversor 31.

Adicionalmente, se pueden colocar bobinas de inducción en serie (no se muestran) en la entrada del inversor 31, donde dichas bobinas de inducción en serie son capaces de dirigir la entrada de corriente al inversor 31 y actuar como una bobina de *choke* de RF, de modo que los impulsos de tensión no se atenúan (o se cortocircuitan de manera eficaz) mediante el componente resistivo del inversor 31. El ciclo de trabajo (tiempo en el que el impulso está activo/tiempo en el que el impulso está desactivado) puede ser teóricamente entre un 0.1 y un 10%.

La fuerza del campo eléctrico 250 impuesto sobre el dispositivo fotovoltaico 200 es una función de la construcción del dispositivo fotovoltaico 200, tal como del grosor del dispositivo fotovoltaico 200, el material y la constante dieléctrica del dispositivo fotovoltaico 200, la tensión de ruptura máxima del dispositivo fotovoltaico 200, etc.

Tal como se ha analizado anteriormente, el dispositivo fotovoltaico 200 puede incluir cualquier número de células solares 100 y/o paneles solares 10, estando acoplada cada célula solar 100 y panel solar 10, por ejemplo, en paralelo, en serie y/o en una combinación de ambas. En algunas realizaciones, imponer el campo eléctrico 250 en un dispositivo fotovoltaico 200 seleccionado puede justificar las variaciones en la configuración del dispositivo fotovoltaico 200.

En cada opción de instalación analizada, haciendo referencia a las figuras 2A-D, el sistema de gestión de células solares 300 puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  al dispositivo fotovoltaico 200. Por ejemplo, utilizando el interruptor 55 de la figura 4, el sistema de gestión de células solares 300 también puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  a los paneles solares 10 que están conectados en serie (mostrados en la figura 2B) y en serie y en paralelo (mostrados en la figura 2C). Volviendo a la figura 6, los paneles solares 10 están cableados en serie y conectados al interruptor 55, tal como el interruptor unipolar de doble posición (o tres vías) de la figura 4. En una realización, el interruptor 55 también está acoplado a la fuente de alimentación 50 y a la carga externa  $R_L$  (p. ej., mostrada como el inversor 31).

En la figura 6, el campo eléctrico 250 (mostrado en la figura 3) aplicado en paralelo a cada panel solar 10 debe ser mayor que un campo eléctrico mínimo  $E_{\min}$  preestablecido. En consecuencia, la tensión externa aplicada  $V_{Ap}$ , aplicada a cada panel solar 10 debe ser mayor que una tensión mínima aplicada  $V_{\min}$  preestablecida. En algunas realizaciones, la tensión externa  $V_{Ap}$  aplicada a cada panel solar 10 también debe ser menor que una tensión máxima aplicada  $V_{\max}$  para evitar una tensión de ruptura y daños al panel solar 10 o, al menos, daños a una o más células solares 100 de los paneles solares 10. Dicho de otra manera, la ecuación 1 representa los límites superior e inferior de la tensión externa aplicada  $V_{Ap}$ .

$$V_{\max} > V_{Ap} > V_{\min} > kV_P, \quad (\text{ecuación 1})$$

En la ecuación 1,  $V_P$  es la salida de tensión del panel solar 10 y  $k$  es el  $k$ -ésimo panel de la configuración. Mientras la relación entre la tensión externa aplicada  $V_{Ap}$  y las tensiones mínima/máxima aplicadas de la ecuación 1 sea cierta, el interruptor 55 puede aplicar eficazmente el campo eléctrico 250 en paralelo a cada panel solar 10.

La figura 7 ilustra la tensión externa  $V_{Ap}$  con relación a la tensión medida en paralelo a cada panel solar 10 sucesivo (p. ej., del nodo A en paralelo a los nodos B, C...N) mostrado en la figura 6, mientras el interruptor 55 está en la segunda posición. Tal como se muestra en la figura 7, la tensión en paralelo a cada panel solar 10 aumenta debido a la salida de tensión del panel solar 10. Por ejemplo, cada panel solar 10 genera una tensión de aproximadamente veinticuatro voltios y una tensión medida entre el nodo A y cualquier nodo de medida es aproximadamente  $k \times 24$  voltios, donde  $k$  es el número de paneles solares 10 en paralelo en los que se mide la tensión. Si la desigualdad de la ecuación 1 no se puede satisfacer, se puede modificar la realización mostrada en la figura 6 de modo que incluya interruptores 55 adicionales. Por ejemplo, en una realización, se puede acoplar un segundo interruptor 55 (interruptor 55b) en la serie de los paneles solares 10, tal como se muestra en la figura 8. No obstante, según se desee, se puede acoplar más de un interruptor 55 (es decir, un interruptor 55a, 55b...55n) a los paneles solares 10.

Volviendo a la figura 8, se puede añadir un conmutador 72 entre la fuente de alimentación 50 y cada grupo de paneles solares 10. Para simplificar las figuras y únicamente con fines ilustrativos, las interconexiones entre diferentes puntos en la figura 8 se designan mediante las letras mayúsculas rodeadas con círculos A y B, donde A se acopla con A y B se acopla con B. El conmutador 72 puede representar un interruptor unipolar de una posición (dos vías). Específicamente, el conmutador 72 puede incluir N puertos de entrada y 1 puerto de salida. El conmutador 72 define además un estado activado y un estado desactivado. En el estado activado, todos los N puertos de entrada están conectados simultáneamente al único puerto de salida. En el estado desactivado, ninguno de los puertos de entrada están conectados al único puerto de salida. El conmutador 72 se puede activar mediante el controlador del interruptor 45, el cual también controla los interruptores 55a, 55b, etc. Tal como se muestra en la figura 8, el conmutador 72 proporciona un trayecto eléctrico de retorno para la fuente de alimentación 50 cuando los interruptores 55a, 55b están en la primera posición (tal como se analiza haciendo referencia a la figura 4). El conmutador 72 se activa (estado activado), cuando los interruptores 55a, 55b están conectados a la fuente de alimentación 50 y el campo eléctrico 250 (mostrado en la figura 3) se aplica a los paneles solares 10. El conmutador 72 se desactiva (estado desactivado) mientras los paneles solares 10 proporcionan potencia al inversor 31.

En una realización preferida, el control del interruptor 45 se puede sincronizar de modo que los interruptores 55a, 55b estén situados en una primera posición simultáneamente y conectados a la fuente de alimentación 50, mientras el conmutador 72 se activa de manera concurrente al estado activado. Asimismo, el controlador del interruptor 45 sitúa simultáneamente los interruptores 55a, 55b en la segunda posición y también desactiva el conmutador 72 (estado desactivado). En algunas realizaciones, se puede colocar un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como, el condensador 41, el inductor 42 y/o la batería 43 antes del inversor 31, para mitigar cualquier desconexión de tensión que se observe en el inversor 31 mientras los interruptores 55a, 55b están en la primera posición.

Tal como se ha analizado haciendo referencia a la figura 4, el sistema de gestión de células solares 300 también puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  a los paneles solares 10 que están conectados en paralelo. Volviendo a la figura 9, el controlador del interruptor 45 puede controlar más de un interruptor 55. En una realización preferida, el controlador del interruptor 45 puede sincronizar cada uno de los interruptores 55a, 55b y los conecta y desconecta simultáneamente. Tal como anteriormente, se puede colocar un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como, el condensador 41, el inductor 42 y/o la batería 43 antes del inversor 31, para mitigar cualquier desconexión de tensión que se observe en el inversor 31 mientras los interruptores 55a, 55b están en la primera posición.

Utilizando el interruptor 55 de la figura 4, el sistema de gestión de células solares 300 también puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  a los paneles solares 10 que están conectados en serie y en paralelo (mostrados en la figura 2C). Volviendo a la figura 10, se muestran dos o más de los paneles solares 10 cableados en serie. A continuación, los paneles solares 10 cableados en serie se interconectan en paralelo. El número de paneles solares 10 que están cableados en serie y en paralelo se puede seleccionar previamente según se desee.

Tal como se muestra en la figura 10, se pueden utilizar uno o más interruptores 55 para aplicar el campo eléctrico 250 (mostrado en la figura 3) en paralelo a los paneles solares 10. Si se utiliza más de un interruptor 55, los paneles solares 10 se pueden cablear tal como se muestra en la figura 11. Volviendo a la figura 11, los paneles solares 10 cableados en serie están cableados en paralelo y a continuación se interconectan a los interruptores 55a, 55b. En una realización preferida, el controlador del interruptor 45 sincroniza los interruptores 55a, 55b de modo que se desconecten simultáneamente del inversor 31. De manera similar, el controlador del interruptor 45 conecta al mismo tiempo ambos interruptores 55a, 55b a la fuente de alimentación 50. En algunas realizaciones, se puede colocar un dispositivo de almacenamiento de energía, tal como, el condensador 41, el inductor 42 y/o la batería 43 antes del inversor 31, para mitigar cualquier desconexión de tensión que se observe en el inversor 31 mientras los interruptores 55a, 55b están en la primera posición.

En otra realización más, el sistema de gestión de células solares 300 puede cooperar con los paneles solares que se encuentran habitualmente en muchas instalaciones residenciales, donde cada uno de los paneles solares 10 está conectado a su propio inversor 31 (mostrado en la figura 2D). Volviendo a las figuras 12A-B, el interruptor 55 puede cooperar con cada panel solar 10 de diferentes maneras. En una realización, la figura 12A ilustra el interruptor 55, la fuente de alimentación 50 y el controlador del interruptor 45 integrados en el inversor 31. Debido a que el inversor 31 está conectado habitualmente a una fuente de alimentación, el condensador 41 se puede situar dentro del inversor 31. Como alternativa, tal como se muestra en la figura 2D, se utilizan habitualmente múltiples paneles solares 10 en combinación y cada uno de estos está acoplado a su propio inversor 31, de modo que el condensador 41 no se utiliza. En algunas realizaciones, cada inversor 31 opera independientemente de todos los demás inversores 31 de modo que el interruptor 55 no se sincronice entre inversores 31. En consecuencia, una desconexión momentánea de potencia en un panel solar seleccionado no afecta de manera apreciable la calidad de la potencia de la pluralidad de los paneles solares 10 e inversores 31.

Convenientemente, la realización mostrada en la figura 12A puede tener como objetivo cualquier instalación nueva de paneles solares. En una realización alternativa, haciendo referencia a la figura 12B, cada par de panel solar 10 e inversor 31 puede incluir su propio interruptor 55a-55n. Cada interruptor 55 está conectado a un interruptor central 46, que está controlado mediante un controlador del interruptor 72, y a la fuente de alimentación 50.

El interruptor central 46 puede proporcionar dos salidas concurrentes a cada panel solar 10, cada interruptor 55 y cada inversor 31. La primera salida del interruptor central 46 incluye A1, B1...N1 y activa cada interruptor 55 en la primera posición, tal como se ha analizado haciendo referencia a la figura 4. La tensión externa  $V_{Ap}$  se aplica desde la fuente de alimentación 50 a través de la segunda salida del interruptor central 46, que incluye A2, B2...N2.

5 El controlador del interruptor 72 activa un interruptor 55 seleccionado, de uno en uno, por medio del interruptor central 46 y aplica la tensión externa  $V_{Ap}$  desde la fuente de alimentación 50 a cada uno de los pares de panel solar 10 e inversor 31 consecutivamente. Como el ciclo de trabajo de cada interruptor 55 individual es pequeño, habitualmente menos de un 2%, el controlador del interruptor 72 controla y acciona un gran número de interruptores 55, paneles solares 10 e inversores 31.

10 No hay limitación en esta realización que impida al controlador del interruptor 72 conmutar y conectar la fuente de alimentación 50 a los múltiples paneles solares 10 siempre que la tensión aplicada a cada panel sea mayor que  $V_{\min}$ . En una realización alternativa, se puede añadir más de un controlador del interruptor 72, donde cada controlador del interruptor 72 es responsable de un número preestablecido de paneles solares 10. Cada uno de los controladores del interruptor 72 puede actuar independientemente.

15 Tal como se ha analizado anteriormente haciendo referencia a la figura 5, el sistema de gestión de células solares 300 también puede aplicar la tensión externa  $V_{Ap}$  al dispositivo fotovoltaico 200 utilizando el generador de impulsos de tensión 60 para diferentes configuraciones de los paneles solares 10. Volviendo a la figura 13, el circuito de generación de impulsos de tensión 60 está conectado a los paneles solares 10 cableados en serie. Tal como se discutió anteriormente, siempre que la desigualdad de la ecuación 1 se satisfaga, el generador de impulsos de  
 20 tensión 60 actúa tal como se muestra en la figura 14. La figura 14 ilustra la tensión externa  $V_{Ap}$  con relación a la tensión en paralelo a cada panel solar 10 sucesivo (medida en paralelo desde el nodo A hasta cada uno de los paneles solares 10 en los nodos B, C...N) en la serie. Tal como se muestra en la figura 14, la tensión en cada panel solar 10 aumenta debido a la salida de tensión del panel solar 10. Por ejemplo, cada panel solar 10 genera una tensión de aproximadamente veinticuatro voltios y una tensión medida en paralelo a cualquier panel solar 10 (desde  
 25 el nodo A hasta el nodo B, C...N) es aproximadamente  $k \times 24$  voltios, donde  $k$  es el número de paneles solares 10 en paralelo en los que se mide la tensión. Si la desigualdad de la ecuación 1 no se puede satisfacer, se puede modificar la realización mostrada en la figura 13 de modo que incluya generadores de impulsos de tensión 60 adicionales.

Haciendo referencia a la figura 5, para maximizar la fuerza del campo eléctrico 250 en paralelo al conjunto de  
 30 células solares 100 o de paneles solares 10, el sistema de gestión solar 300 considera la tensión de CC que se genera en cada una de las células solares 100 o los propios paneles solares 10. En una realización, se puede utilizar un circuito de elevación de tensión alta, tal como un circuito inyector de elevación 90 (mostrado en la figura 18), con el generador de impulsos de tensión 60 para superponer un impulso de tensión sobre la tensión de CC de los propios paneles solares 10. Esta superposición del impulso de tensión desde el generador de impulsos de  
 35 tensión 60 sobre la tensión de CC generada por los paneles solares 10 se puede realizar mediante la creación de una referencia negativa para la señal del impulso de tensión alta inyectada que es igual a la tensión de CC positiva suministrada por los paneles solares 10.

Volviendo a la figura 18, el circuito inyector de elevación 90 incluye un condensador 91, que trabaja conjuntamente con un inductor 92, permite al condensador 91 mantener una carga igual a la tensión suministrada por los paneles  
 40 solares 10. El condensador 91 y el inductor 92 crean una referencia negativa elevada para la señal del impulso de tensión alta inyectada que se conecta al generador de impulsos de tensión 60 a través de los condensadores 94 y 95. La referencia positiva del generador de impulsos de tensión 60 se conecta a través del diodo 93, que proporciona una protección frente a la polarización inversa a la línea de tensión positiva, conectada a la interfaz que se conecta a los paneles solares 10 y a la interfaz que se conecta al inversor 31. Para proporcionar aislamiento RF de modo que el inversor 31 no cortocircuite los impulsos de tensión desde el generador de impulsos de tensión 60 y para proporcionar, adicionalmente, aislamiento RF entre los demás paneles solares 10 conectados entre el circuito  
 45 inyector de elevación 90 y el inversor 31, los inductores 96 y 97 se pueden colocar en serie entre el inversor 31 y el generador de impulsos de tensión 60 para proporcionar una bobina de *choke* RF para cualesquiera impulsos de tensión alta. Los inductores 96 y 97 atenúan cualquier impulso de tensión desde el generador de impulsos de  
 50 tensión 60 que los atraviese y aíslan el generador de impulsos de tensión 60 del resto del circuito hacia el inversor 31.

Tal como se muestra en la figura 18, el inductor 92 proporciona una protección de reactancia alta frente a la señal del impulso de tensión alta inyectada, que evita que la señal vuelva al condensador 91. El resultado es la señal del impulso de tensión alta inyectada superpuesta sobre la tensión de CC suministrada por los paneles solares 10 y que  
 55 sube y baja con la tensión de CC, lo que maximiza de ese modo el impulso de tensión.

En una realización preferida, el circuito inyector de elevación 90 se puede incorporar como parte de una interfaz entre cada generador de impulsos de tensión 60 y diferentes paneles solares 10.

En algunas realizaciones, tal como se muestra en la figura 15A, se puede utilizar más de un generador de impulsos de tensión 60 para un número preestablecido de paneles solares 10. Volviendo a la figura 15A, los paneles solares

10 están dispuestos en serie y en paralelo, e interconectados con los generadores de impulsos de tensión 60. Cada generador de impulsos de tensión 60 es responsable de  $k$  paneles y está interconectado al inversor 31. En algunas realizaciones, de manera similar al sistema de conmutación descrito anteriormente en las figuras 6 y 8-11, se puede sincronizar la utilización de más de un generador de impulsos de tensión 60. No obstante, en la realización mostrada en la figura 15A, la utilización de más de un generador de impulsos de tensión 60 no requiere, convenientemente, sincronización entre los diferentes generadores de impulsos de tensión 60. Debido a que el impulso de tensión desde cada generador de impulsos de tensión 60 está asociado a un conjunto de paneles solares 10 que están interconectados, la aplicación del impulso de tensión no afecta la salida del inversor 31.

En la figura 15B, se muestra otra realización que implementa múltiples generadores de impulsos de tensión en los paneles solares 10 cableados en serie. Volviendo a la figura 15B, el generador de impulsos de tensión 60 se conecta a cada panel solar 10 por medio de un interruptor secuencial 70. El interruptor secuencial 70 puede incluir  $N$  puertos de salida para acoplar  $k$  paneles solares 10, tal como se muestra en la figura 15B. En la realización mostrada en la figura 15B, únicamente para simplificar las figuras y con fines ilustrativos, las interconexiones entre los diferentes puntos en el circuito se designan mediante las letras mayúsculas A1 y B1, conectando A1 con A1, conectando B1 con B1, etc.

El interruptor secuencial 70 incluye un puerto de entrada conectado al generador de impulsos de tensión 60. Los  $N$  puertos de salida del interruptor secuencial 70 conectan el generador de impulsos de tensión 60 en paralelo a  $k$  paneles 10 a la vez. En un ejemplo, el interruptor secuencial 70 conecta el generador de impulsos de tensión 60 a los puertos de salida A1 y A2. El generador de impulsos de tensión 60 aplica la tensión externa  $V_{Ap}$  en paralelo a los paneles solares 1 a  $k$ . El interruptor secuencial 70 desconecta el generador de impulsos de tensión 60 de las salidas A1 y A2 y conecta el generador de impulsos de tensión 60 a las salidas B1 y B2. Cuando se activa, el generador de impulsos de tensión 60 aplica el impulso de tensión  $V_{Ap}$  en paralelo a los  $k$  paneles en esa fase de paneles solares 10 cableados en serie. De una manera similar, el interruptor secuencial 70 realiza un ciclo por todos los puertos para aplicar el impulso de tensión  $V_{Ap}$  a  $k$  paneles a la vez. Después de que a todos los  $n$  paneles solares 10 en serie se les haya aplicado un impulso de tensión  $V_{Ap}$ , el interruptor secuencial 70 vuelve a conectar los cables conductores A1 y A2 y se repite el proceso. De esta manera, se puede utilizar un único generador de impulsos de tensión 60 para aplicar impulsos de tensión  $V_{Ap}$  a un gran número de paneles solares 10. Debido a que el ciclo de trabajo del impulso de tensión es pequeño, habitualmente menos de un 2%, un único generador de impulsos de tensión 60 puede controlar múltiples paneles solares 10.

Volviendo a la figura 16, el generador de impulsos de tensión 60 coopera con los paneles solares 10 cableados en serie y en paralelo, de la manera analizada anteriormente haciendo referencia a la figura 2C. El generador de impulsos de tensión 60 se conecta en paralelo a  $2k$  paneles solares 10 y al inversor 31. En la mayoría de las situaciones, la magnitud de las resistencias en serie y de los *shunt* ( $\gg 1 \text{ M}\Omega$ ) encontrada en la mayoría de los paneles solares 10 permite que el generador de impulsos de tensión 60 coopere con un gran número de paneles solares 10.

Las figuras 17A y 17B ilustran el generador de impulsos de tensión 60 cooperando con las instalaciones residenciales habituales de un panel solar 10. En una realización, volviendo a la figura 17A, el generador de impulsos de tensión 60 está integrado en el inversor 31, conectado en paralelo al panel solar 10.

La figura 17B ilustra una realización alternativa para cooperar con las instalaciones residenciales habituales de un panel solar 10 e incluye cada panel solar 10 y el inversor 31 conectados por medio del interruptor secuencial 70 a un generador de impulsos de tensión 60 central. El generador de impulsos de tensión 60 central aplica el impulso de tensión  $V_{Ap}$  a través del interruptor secuencial 70 y consecutivamente a cada uno de los paneles solares 10. El interruptor secuencial 70 en la figura 17b se muestra como un interruptor  $N \times 1$ . El interruptor secuencial 70 tiene un puerto de entrada, que está conectado al generador de impulsos de tensión 60, y  $N$  puertos de salida, que están conectados en paralelo a cada panel solar 10 individual, tal como se muestra en la figura 17b. El interruptor secuencial 70 conecta el generador de impulsos de tensión 60 en paralelo a cada panel 10 de uno en uno.

En un ejemplo, el interruptor secuencial 70 conecta el generador de impulsos de tensión 60 a los puertos de salida A1 y A2. Cuando se activa, el generador de impulsos de tensión 60 aplica el impulso de tensión  $V_{Ap}$  en paralelo a un panel solar 10 seleccionado acoplado al interruptor secuencial 70. A continuación, el interruptor secuencial 70 desconecta el generador de impulsos de tensión 60 de los puertos de salida A1 y A2 y conecta el generador de impulsos de tensión 60 a los puertos de salida B1 y B2. De nuevo, cuando se activa, el generador de impulsos de tensión 60 aplica el impulso de tensión  $V_{Ap}$  en paralelo a otro panel solar 10 seleccionado acoplado al interruptor secuencial 70. De una manera parecida, el interruptor secuencial 70 realiza un ciclo por todos los puertos activos para aplicar un impulso de tensión  $V_{Ap}$  a un panel solar 10 seleccionado a la vez. Después de que a todos los  $n$  paneles solares 10 se les haya aplicado un impulso de tensión  $V_{Ap}$ , el interruptor secuencial 70 se vuelve a conectar a los puertos de salida A1 y A2 y se repite el proceso. De esta manera, se puede utilizar un único generador de impulsos de tensión 60 para aplicar impulsos de tensión  $V_{Ap}$  a un gran número de paneles solares 10. Como el ciclo de trabajo de los impulsos de tensión es muy pequeño, habitualmente menos de un 2%, un único generador de impulsos de tensión 60 puede controlar un gran número de paneles solares 10 e inversores 31.

5 No hay limitación en esta realización que impida al generador de impulsos de tensión alta central conmutar un impulso de tensión a múltiples paneles solares, de manera concurrente, siempre que la tensión aplicada a cada panel sea mayor que  $V_{\min}$ . Aunque existe la opción de aplicar, de manera concurrente, un interruptor de impulsos de tensión alta a múltiples paneles solares 10, la realización preferida incluye un único generador de impulsos de tensión 60 para conmutar entre los paneles solares 10, tal como de manera secuencial. En el caso de que el número de paneles solares 10 sea grande, se pueden añadir generadores de impulsos de tensión 60 e interruptores secuenciales 70 adicionales, donde cada generador de impulsos de tensión 60 es responsable de un número de paneles solares 10.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para gestionar una pluralidad de dispositivos fotovoltaicos (10; 200), que comprende:

poner en servicio un primer puerto de un interruptor (55) de modo que se acople a un dispositivo fotovoltaico seleccionado;

5 poner en servicio un segundo puerto del interruptor de modo que se acople a una carga ( $R_L$ ; 31) accionada por el dispositivo fotovoltaico seleccionado;

poner en servicio un tercer puerto del interruptor de modo que se acople a una fuente de alimentación (50), donde el interruptor (55) puede operar en una primera posición, para proporcionar un trayecto a la corriente entre el dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado y la fuente de alimentación (50), y una segunda posición, para proporcionar el trayecto a la corriente entre el dispositivo fotovoltaico (200) seleccionado y la carga ( $R_L$ ; 31); y

10 aplicar una señal de tensión ( $V_{AP}$ ) generada por la fuente de alimentación (50) al dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado, teniendo la señal de tensión un primer estado, para generar un campo eléctrico externo (250) en paralelo al dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado conmutando el interruptor (55) a la primera posición, y un segundo estado, para proporcionar aislamiento eléctrico entre la fuente de alimentación (50) y la carga ( $R_L$ ;31) conmutando el interruptor (55) a la segunda posición.

2. El método de la reivindicación 1, que comprende además:

poner en servicio un primer puerto de un segundo interruptor (55b) de modo que se acople a un segundo dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado;

20 poner en servicio un segundo puerto del segundo interruptor (55b) de modo que se acople a la carga ( $R_L$ ; 31), donde la carga se acciona mediante el dispositivo fotovoltaico seleccionado y el segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado;

poner en servicio un tercer puerto del segundo interruptor (55b) de modo que se acople a la fuente de alimentación (50), donde el segundo interruptor puede operar en una primera posición, para proporcionar un trayecto a la corriente entre el segundo dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado y la fuente de alimentación (50), y una segunda posición, para proporcionar el trayecto a la corriente entre el segundo dispositivo fotovoltaico (10; 200) seleccionado y la carga ( $R_L$ ; 31); y

25 aplicar la señal de tensión generada por la fuente de alimentación de manera concurrente al dispositivo fotovoltaico seleccionado y al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, donde el primer estado genera el campo eléctrico externo (250) en paralelo al dispositivo fotovoltaico seleccionado y al segundo dispositivo fotovoltaico seleccionado, cuando el interruptor (55a) y el segundo interruptor (55b) están en la primera posición, y el segundo estado proporciona aislamiento eléctrico entre la fuente de alimentación y la carga, cuando el interruptor y el segundo interruptor están en la segunda posición.

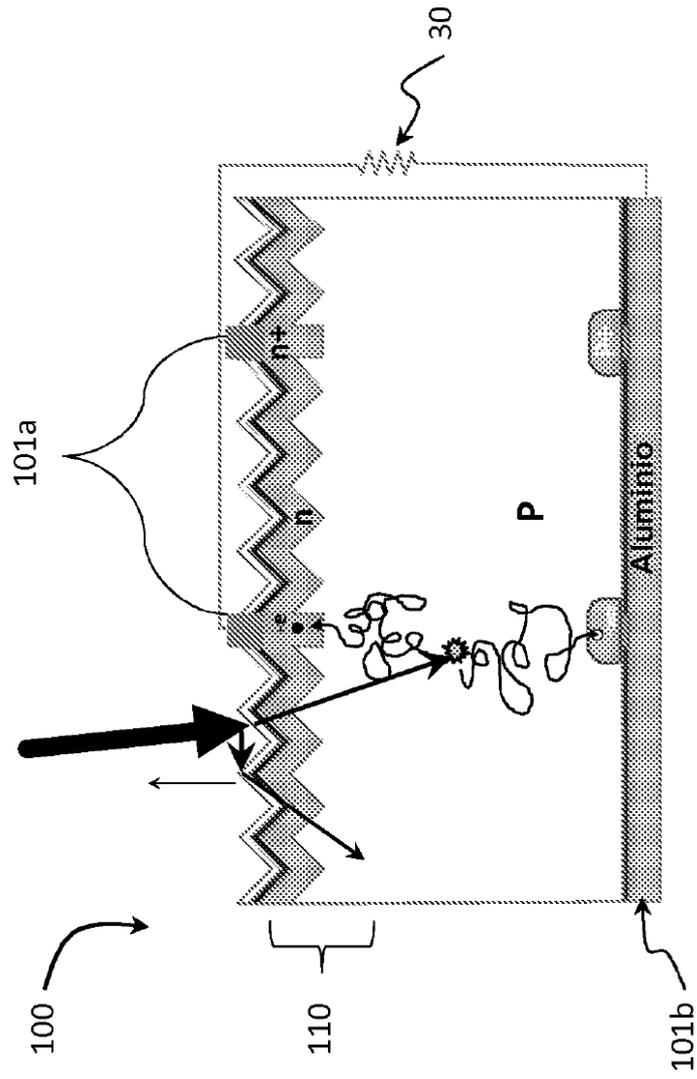
3. El método de cualquiera de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde dicha puesta en servicio del primer puerto del interruptor (55a) comprende poner en servicio un primer puerto de un interruptor de dos posiciones (55b) de modo que se acople al dispositivo fotovoltaico seleccionado.

35 4. El método de la reivindicación 3, que comprende además controlar, al menos, uno de entre una frecuencia y una duración de la conmutación entre la primera posición y la segunda posición por medio de un controlador del interruptor (45) acoplado al interruptor de dos posiciones.

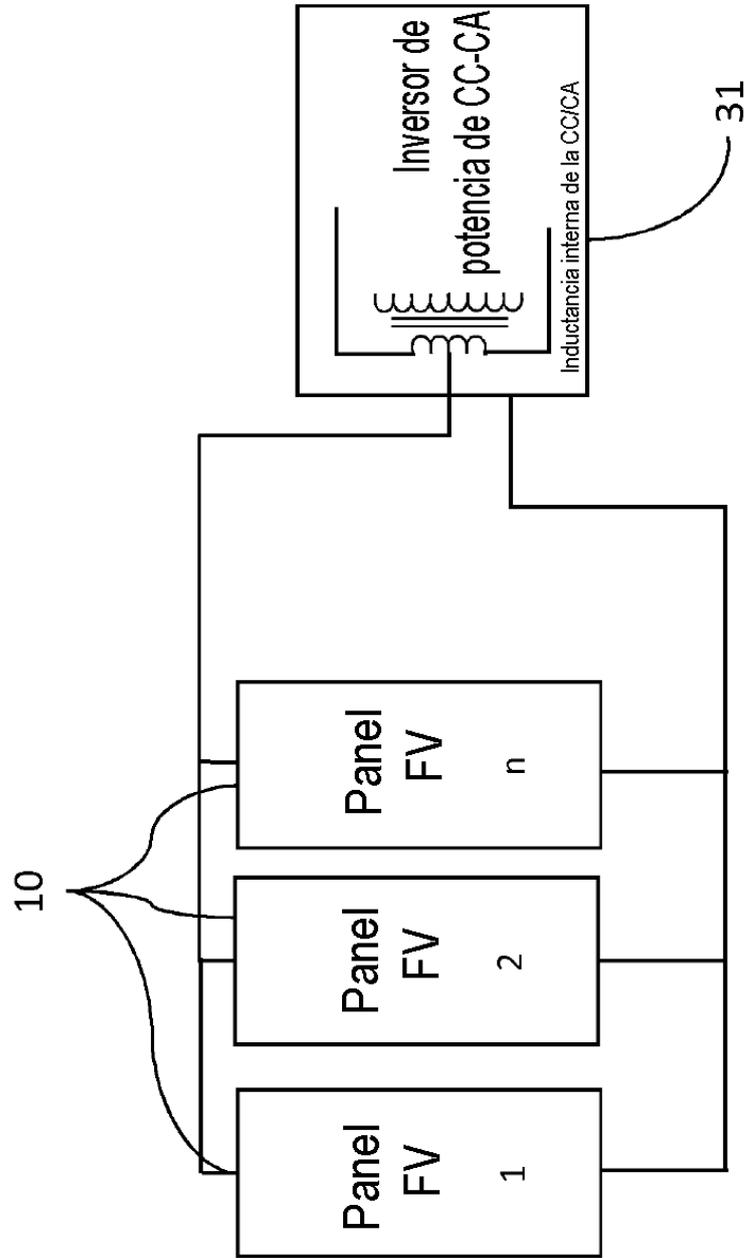
5. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, que comprende además poner en servicio un dispositivo (42; 43), para mitigar cualquier desconexión de tensión de la primera componente, de modo que se acople entre la carga y el dispositivo fotovoltaico seleccionado.

40 6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, donde dicha aplicación de la señal de tensión comprende aplicar una tensión regulable al dispositivo fotovoltaico seleccionado.

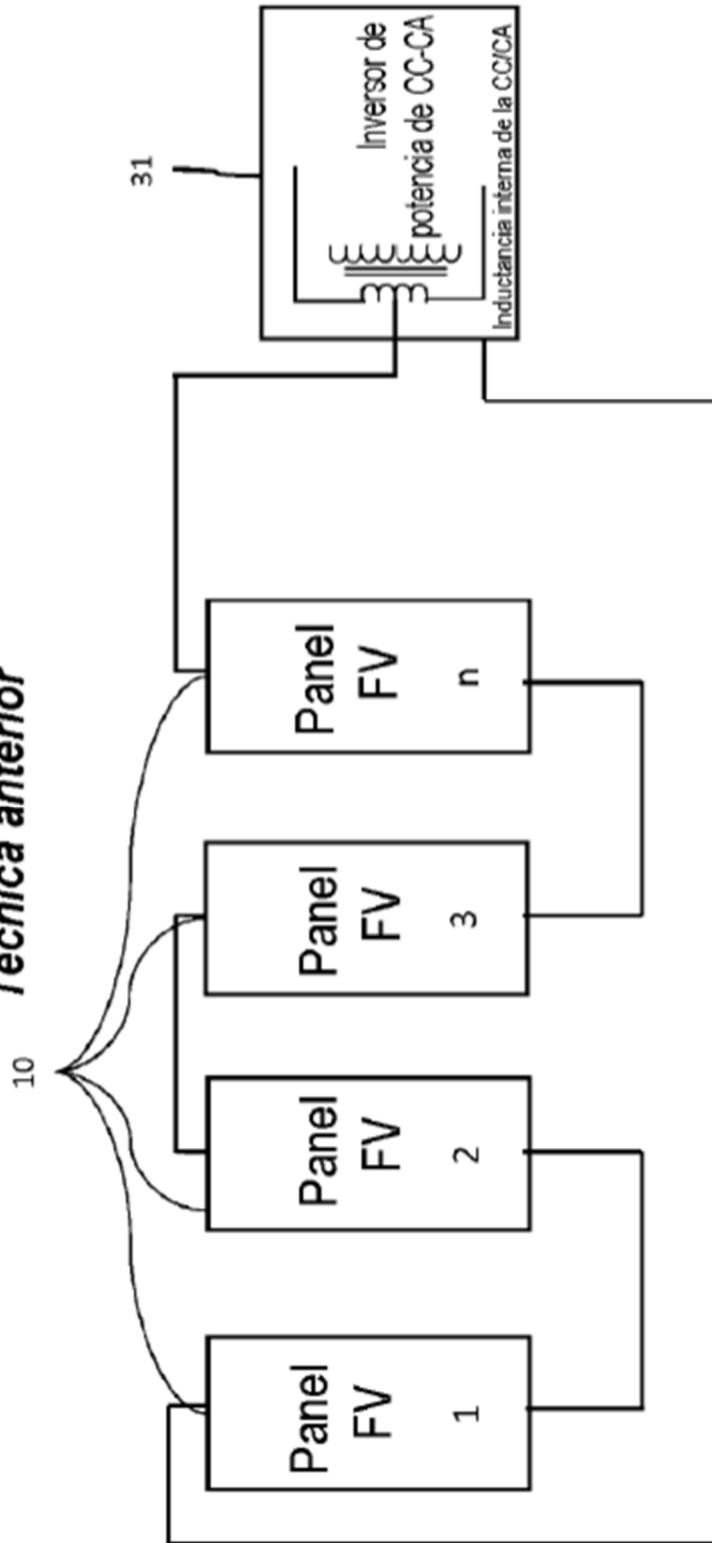
**Fig. 1**  
*Técnica anterior*



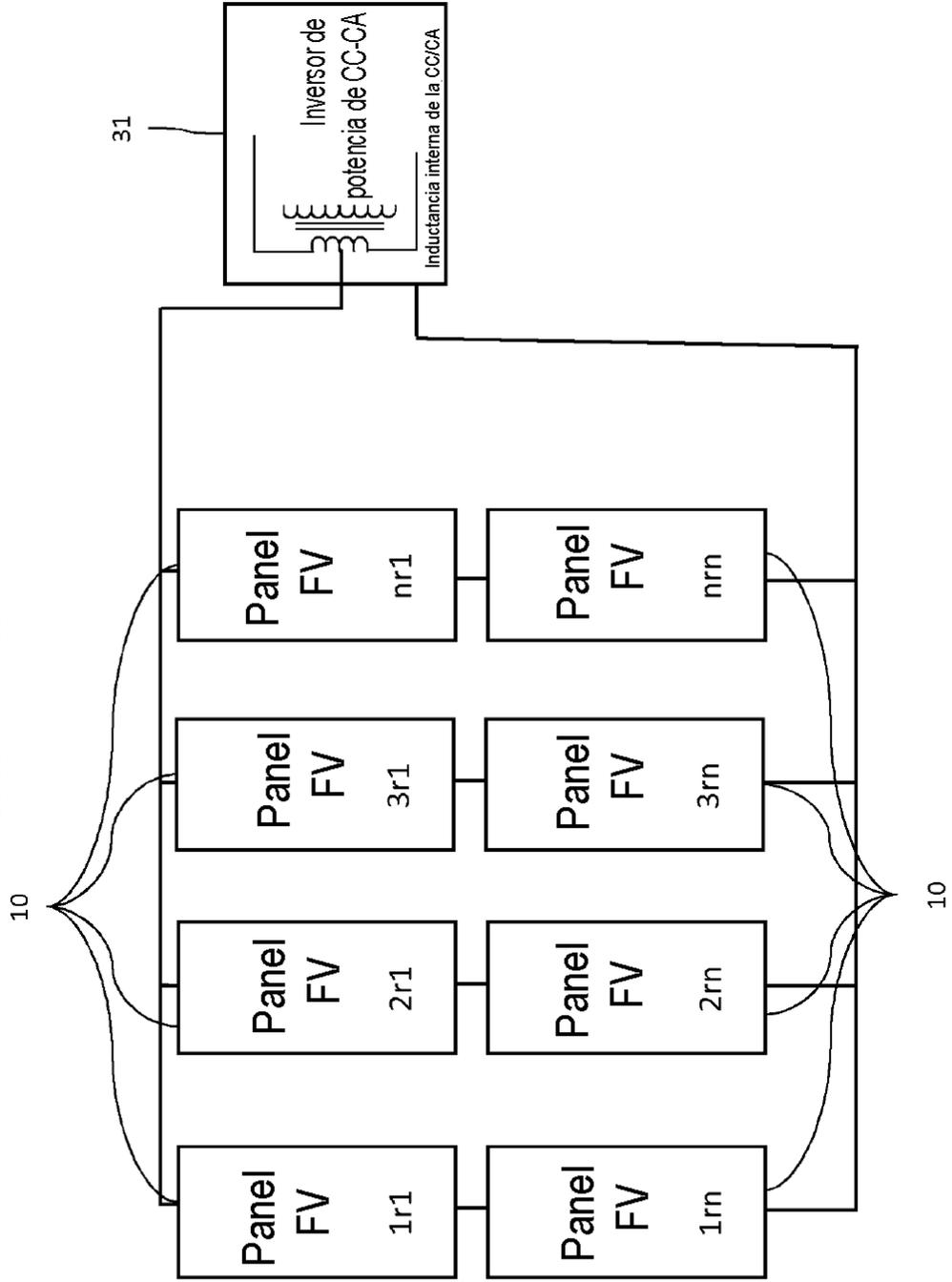
**Fig. 2A**  
**Técnica anterior**



**Fig. 2B**  
**Técnica anterior**



**Fig. 2C**  
*Técnica anterior*



**Fig. 2D**  
*Técnica anterior*

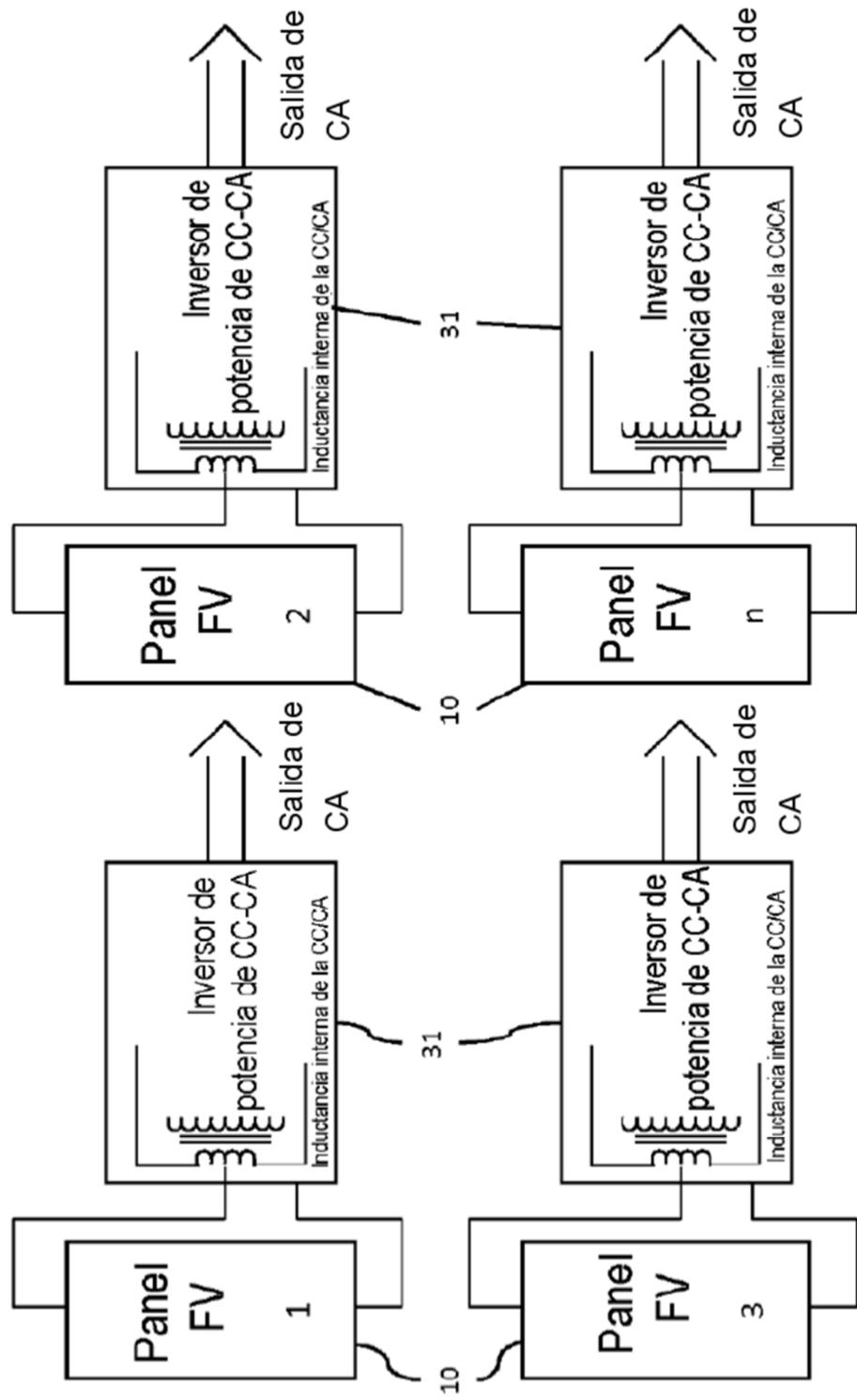


Fig. 3

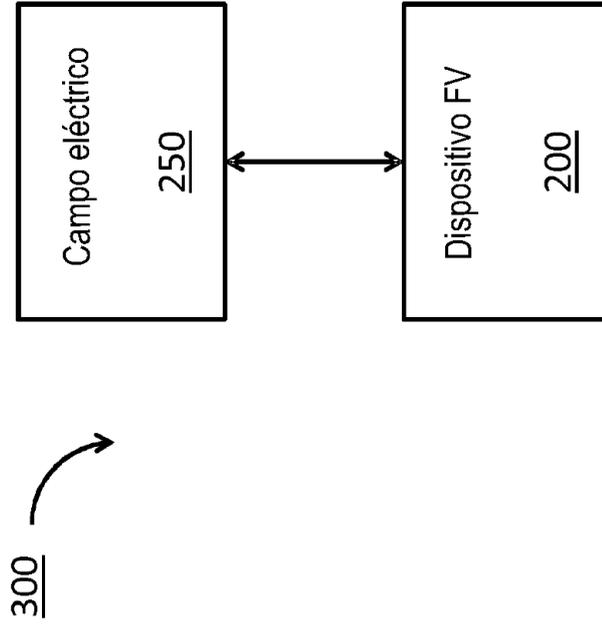


Fig. 4

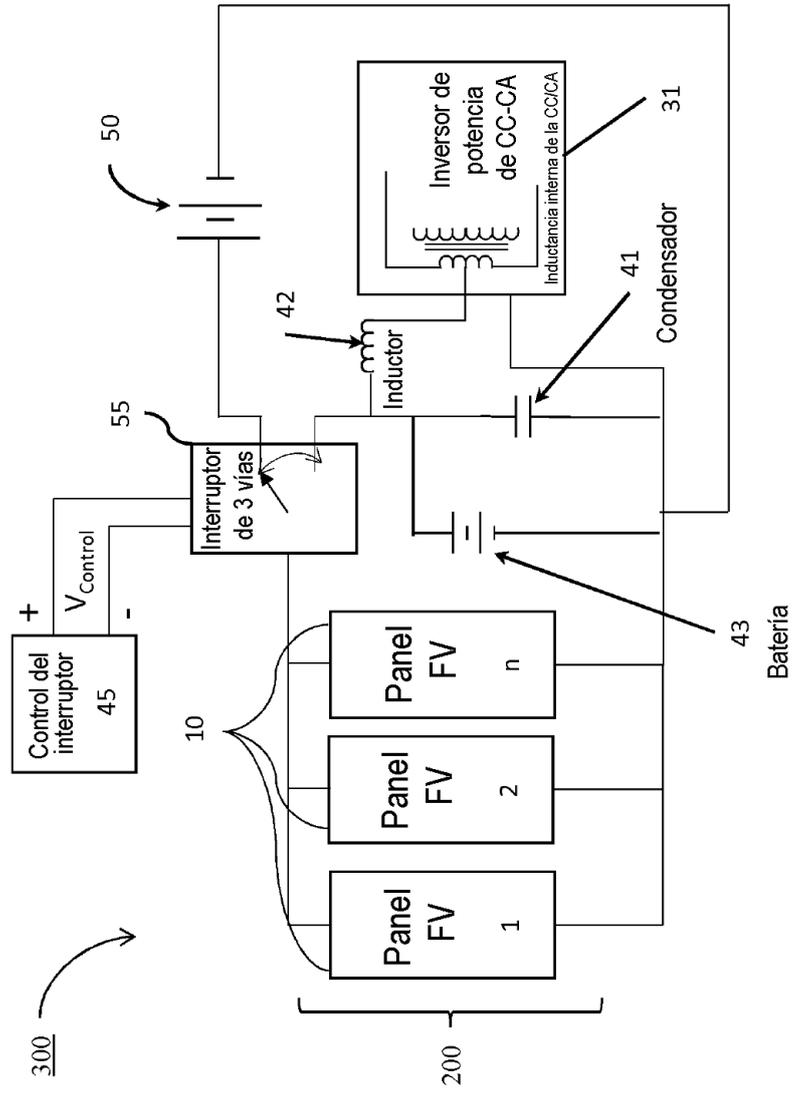


Fig. 5

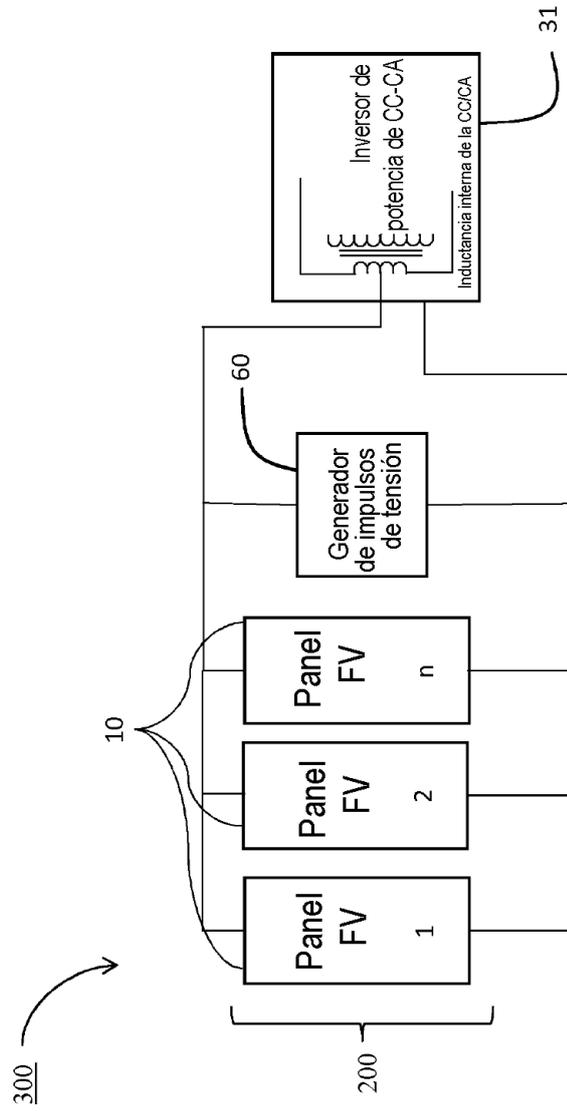


Fig. 6

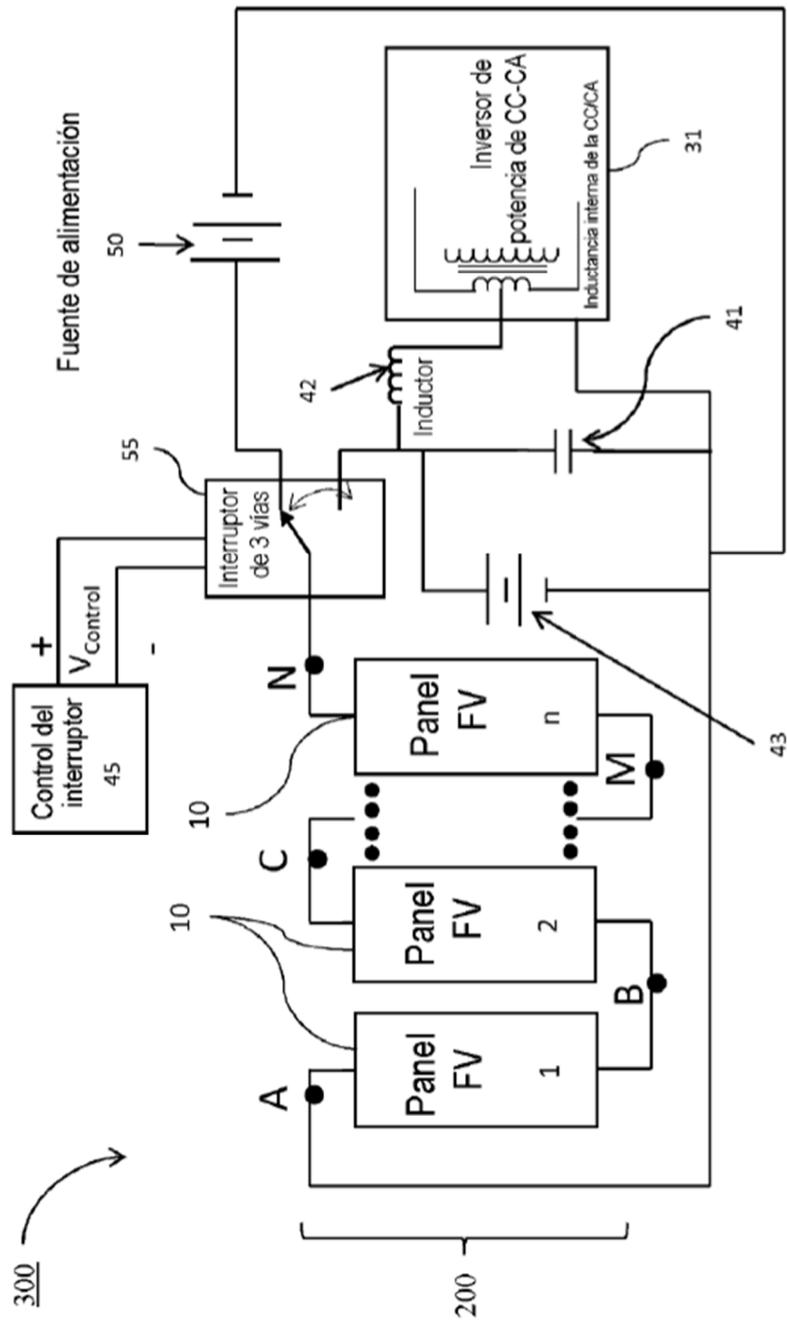


Fig. 7

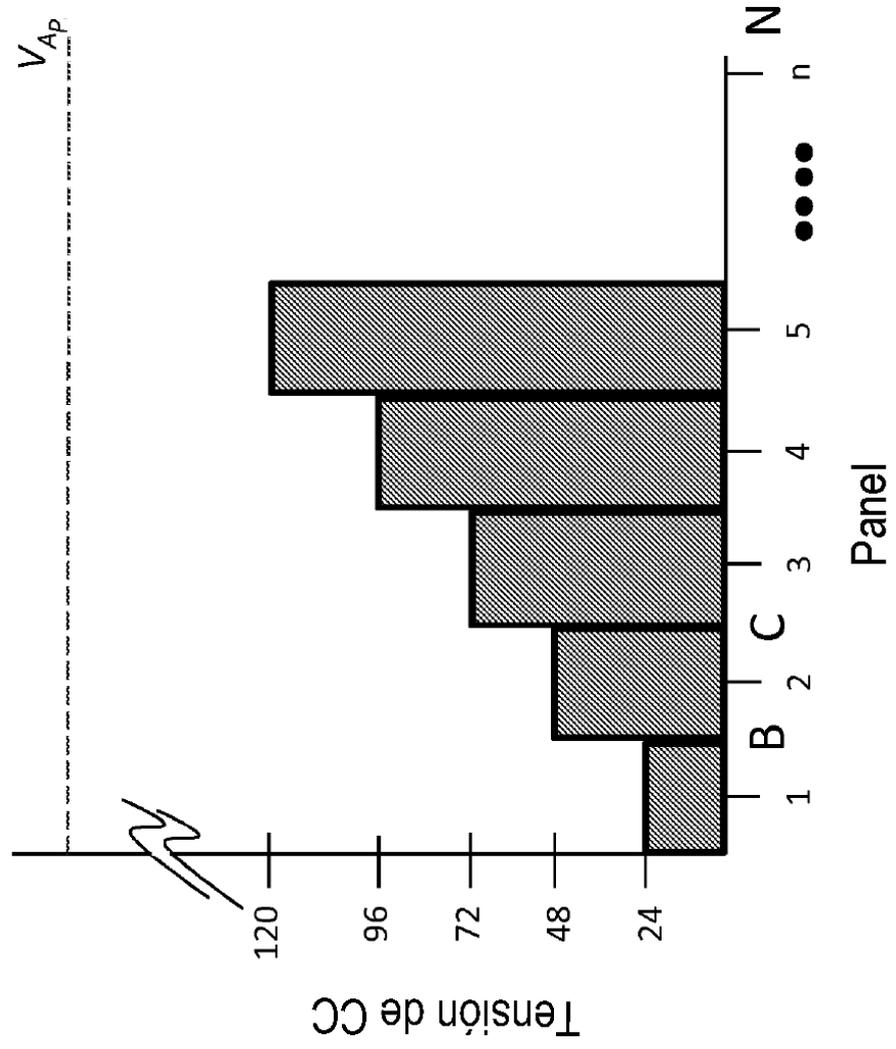


Fig. 8

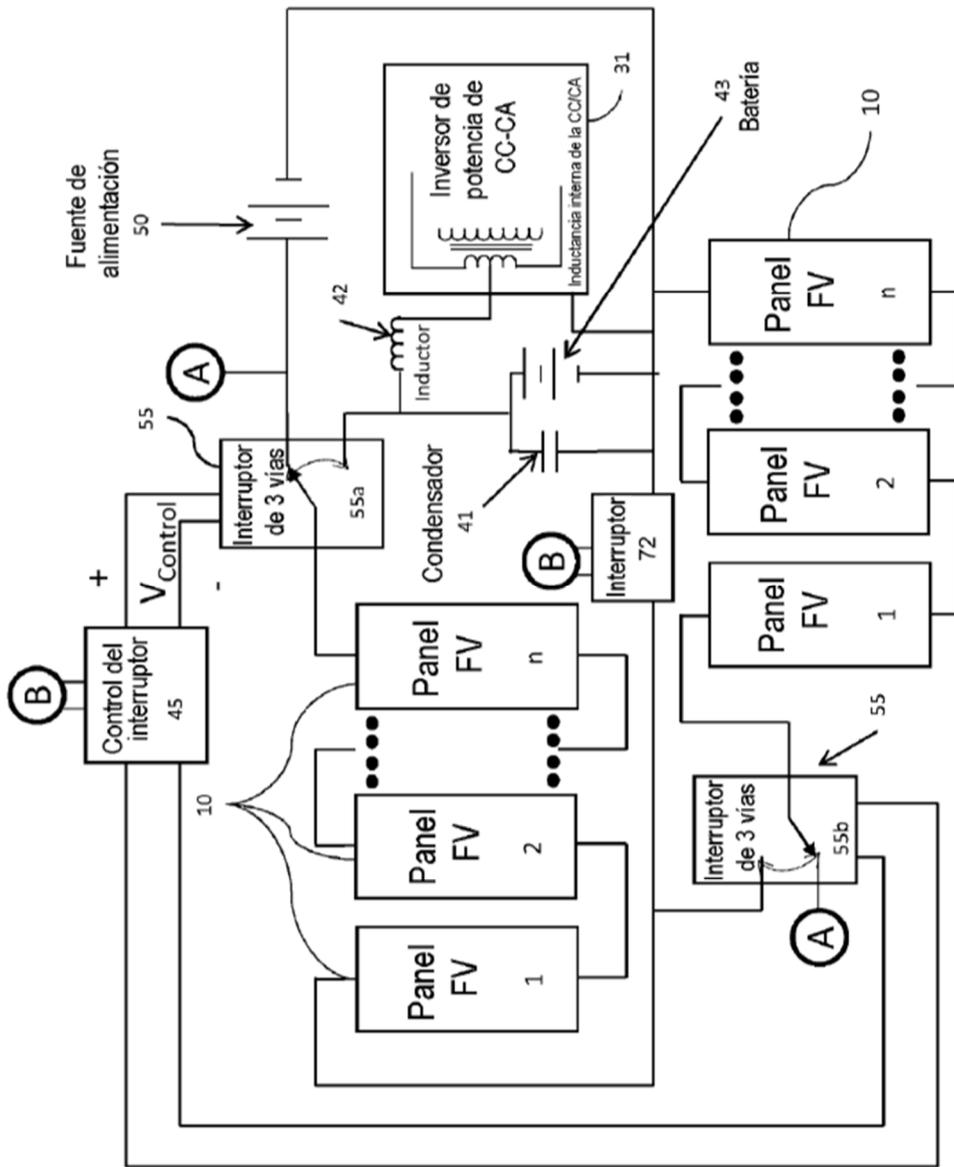


Fig. 9

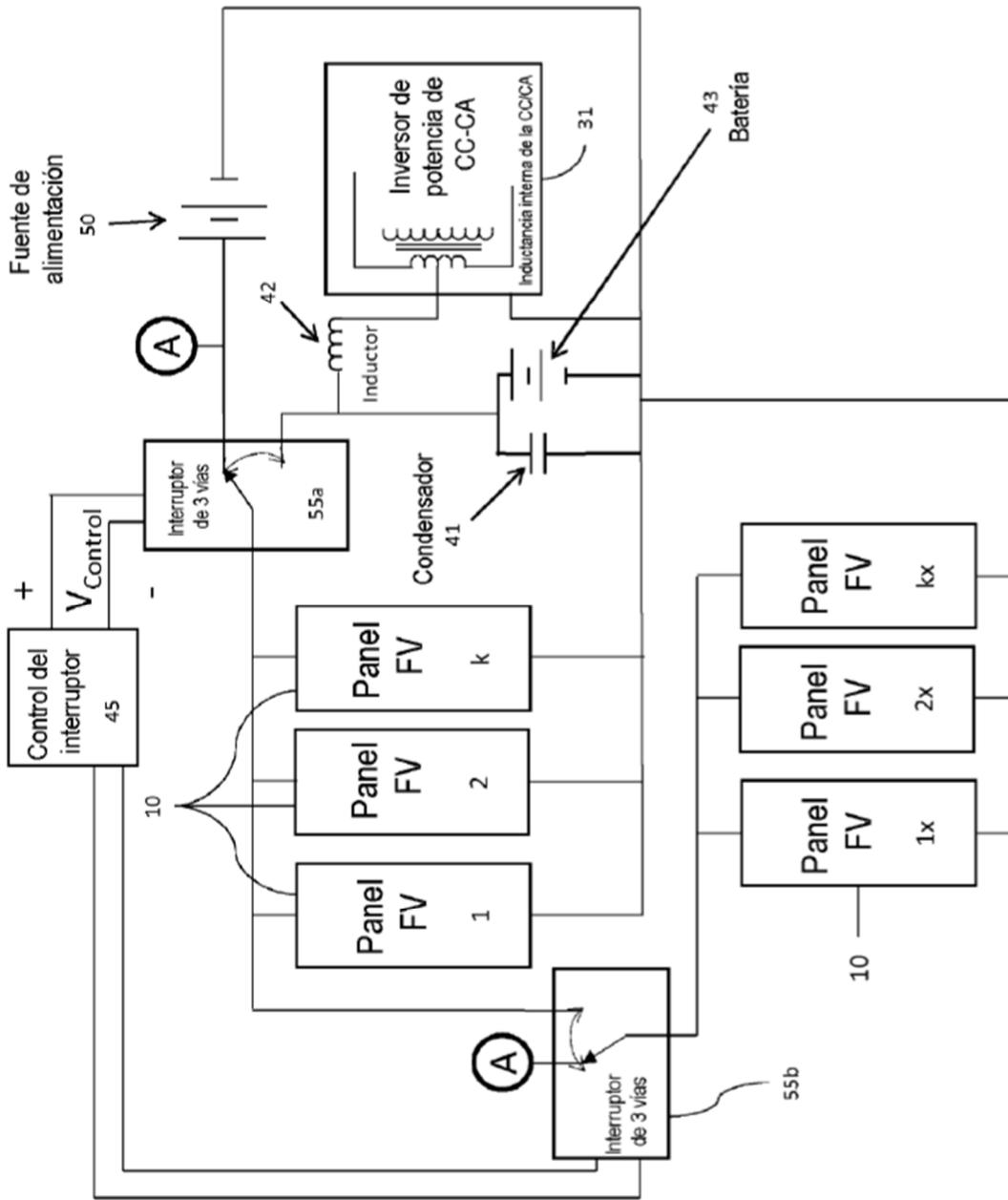


Fig. 10

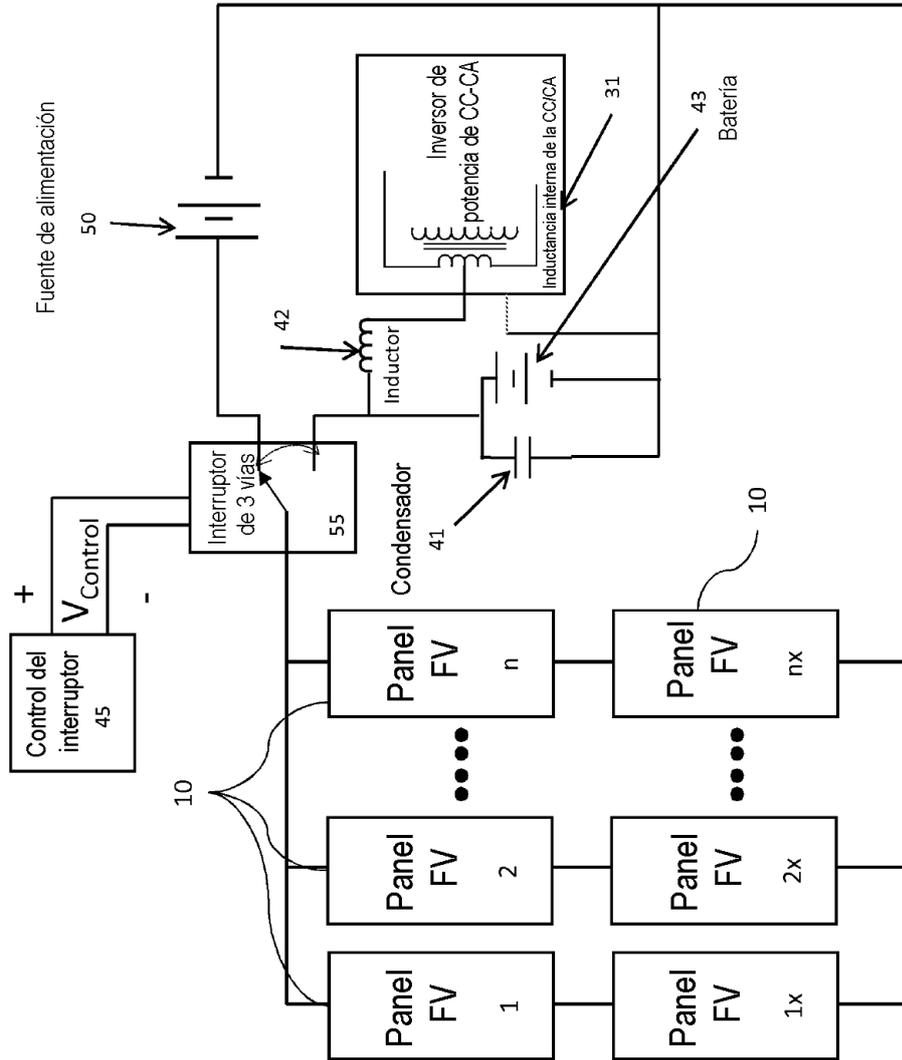


Fig. 11

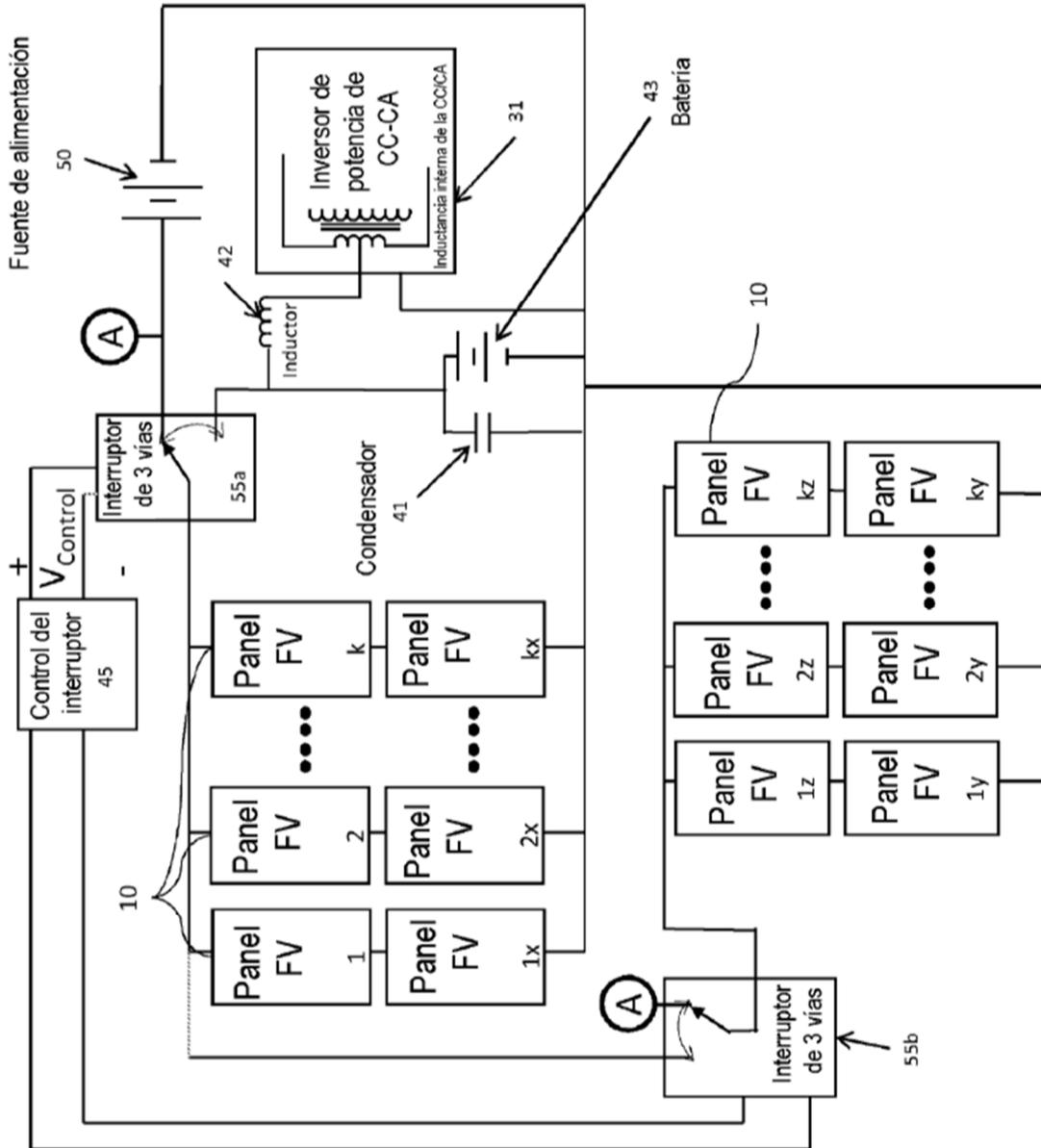


Fig. 12A

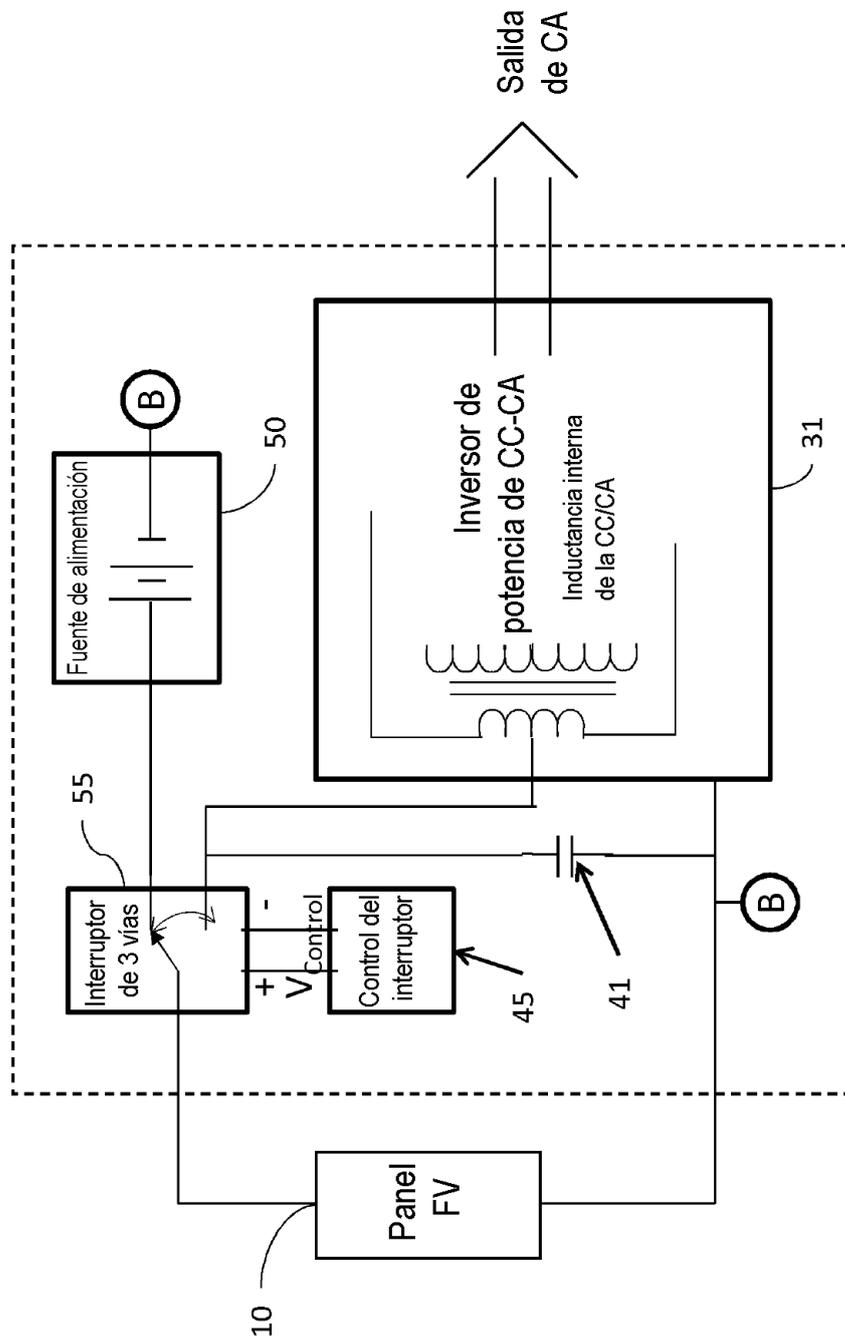


Fig. 12B

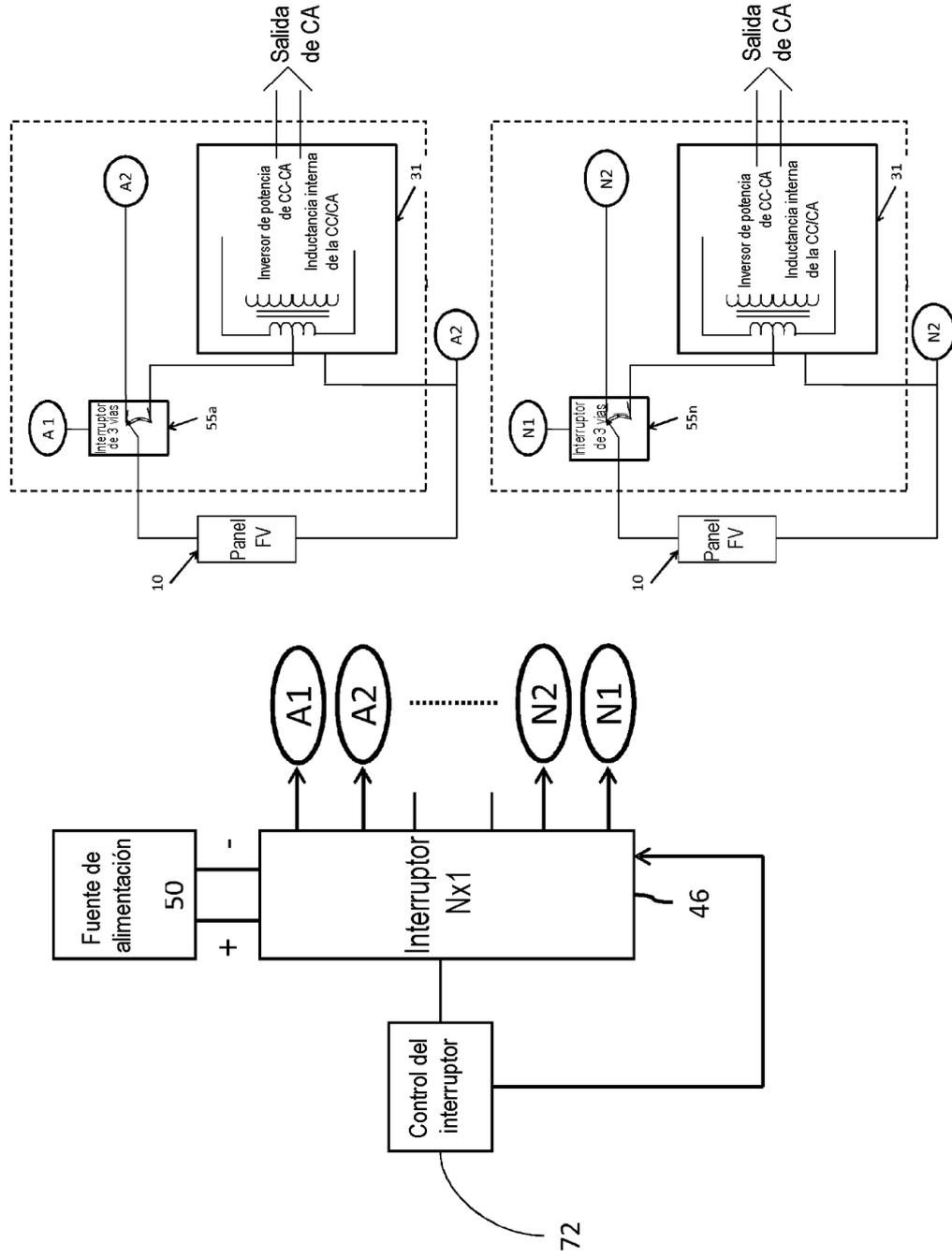


Fig. 13

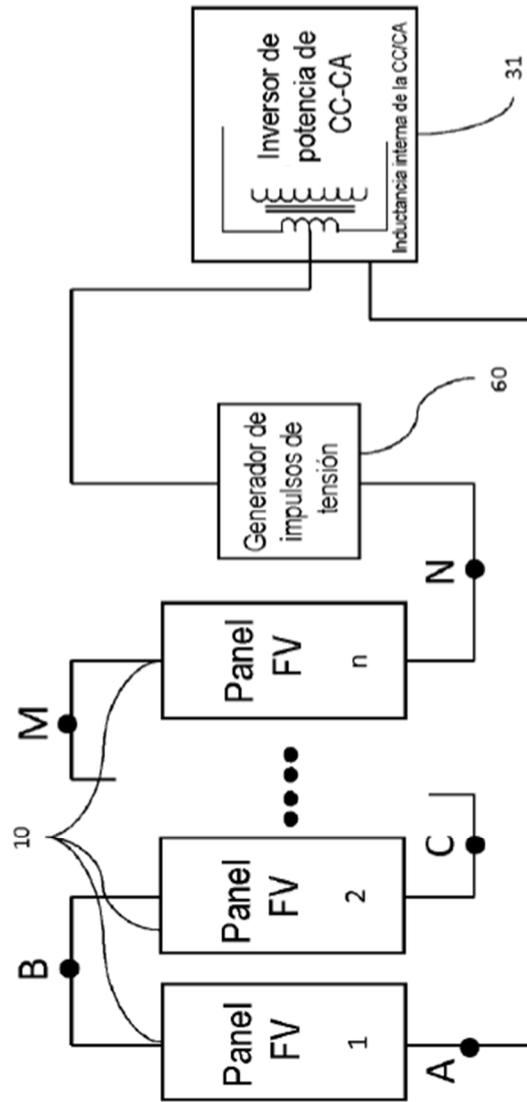


Fig. 14

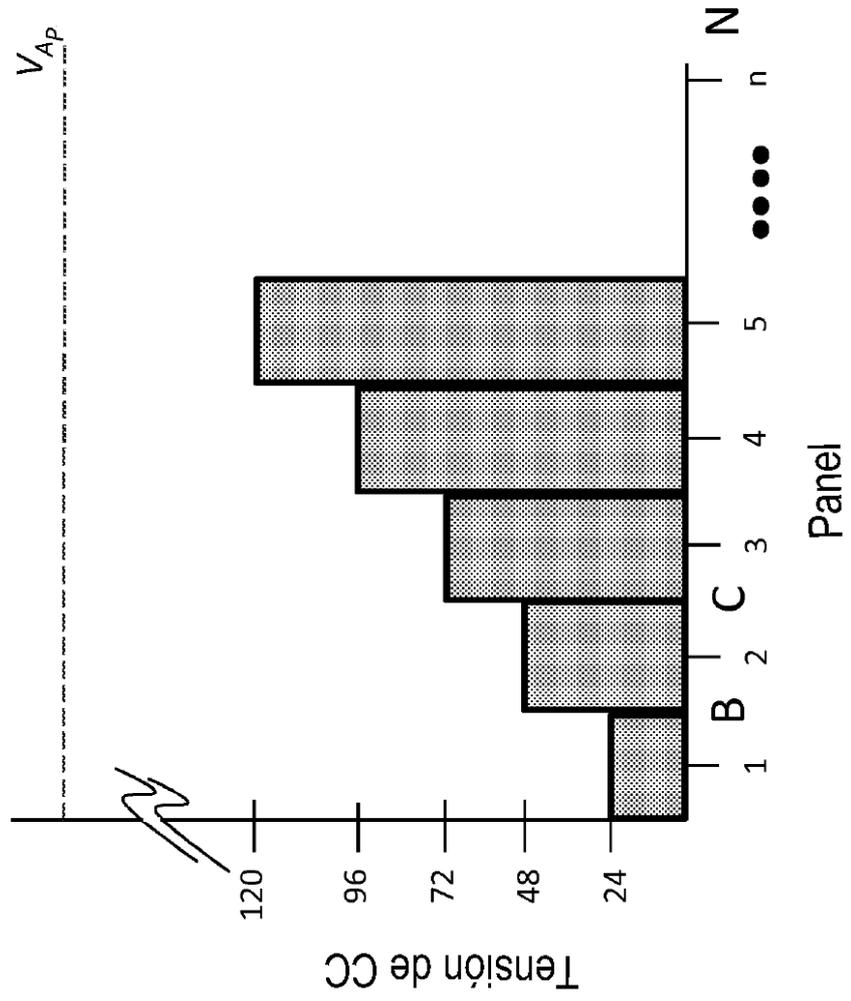


Fig. 15A

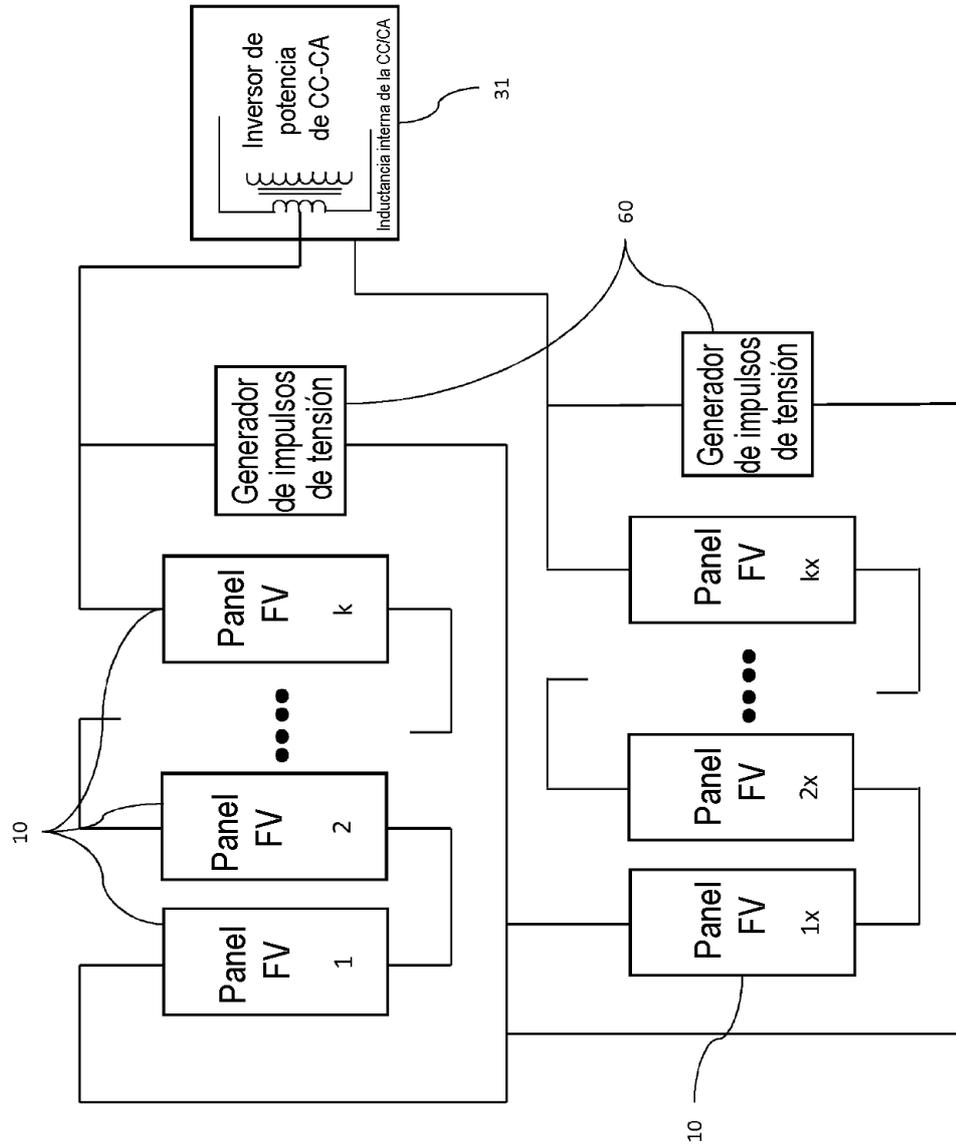


Fig. 15B

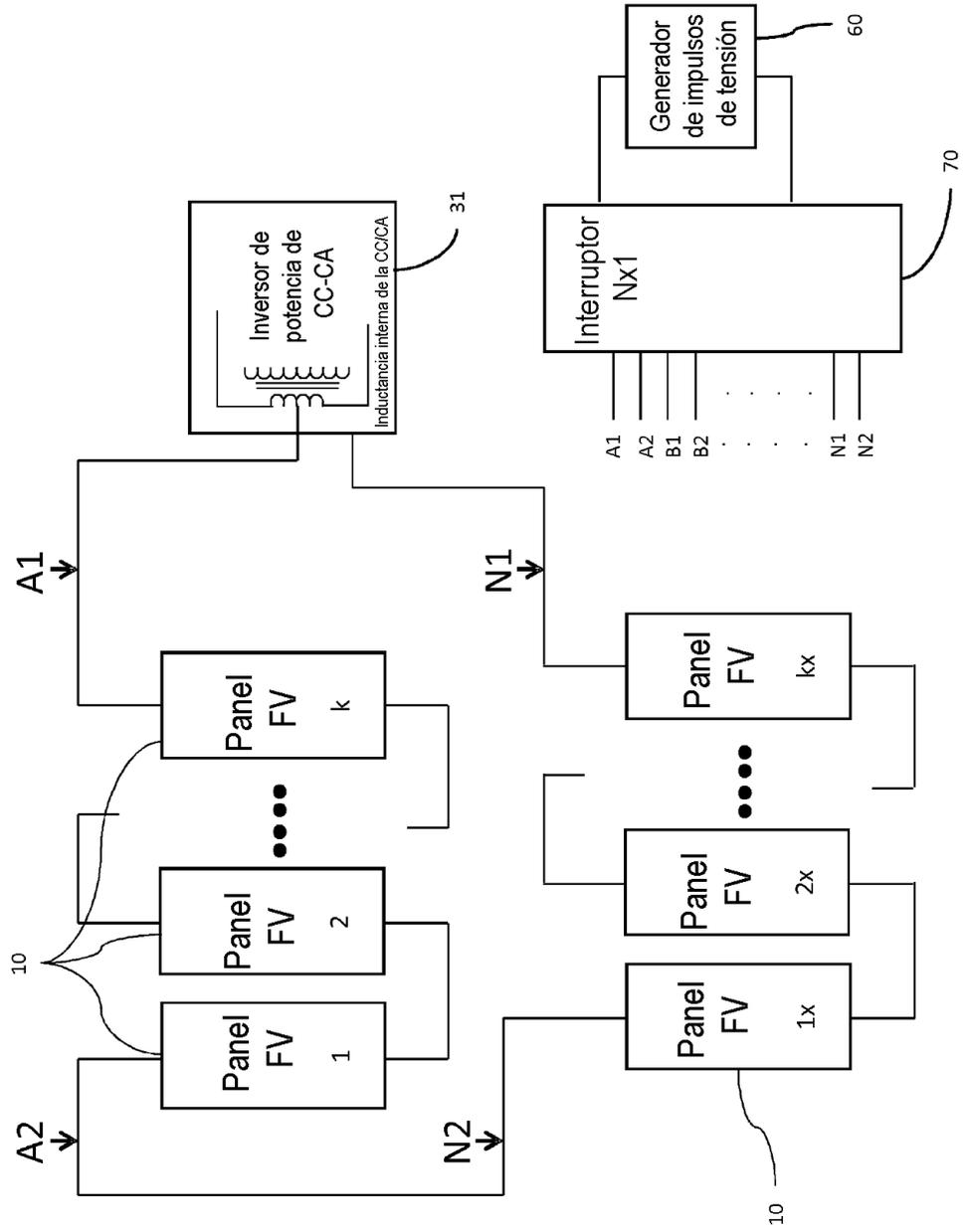


Fig. 16

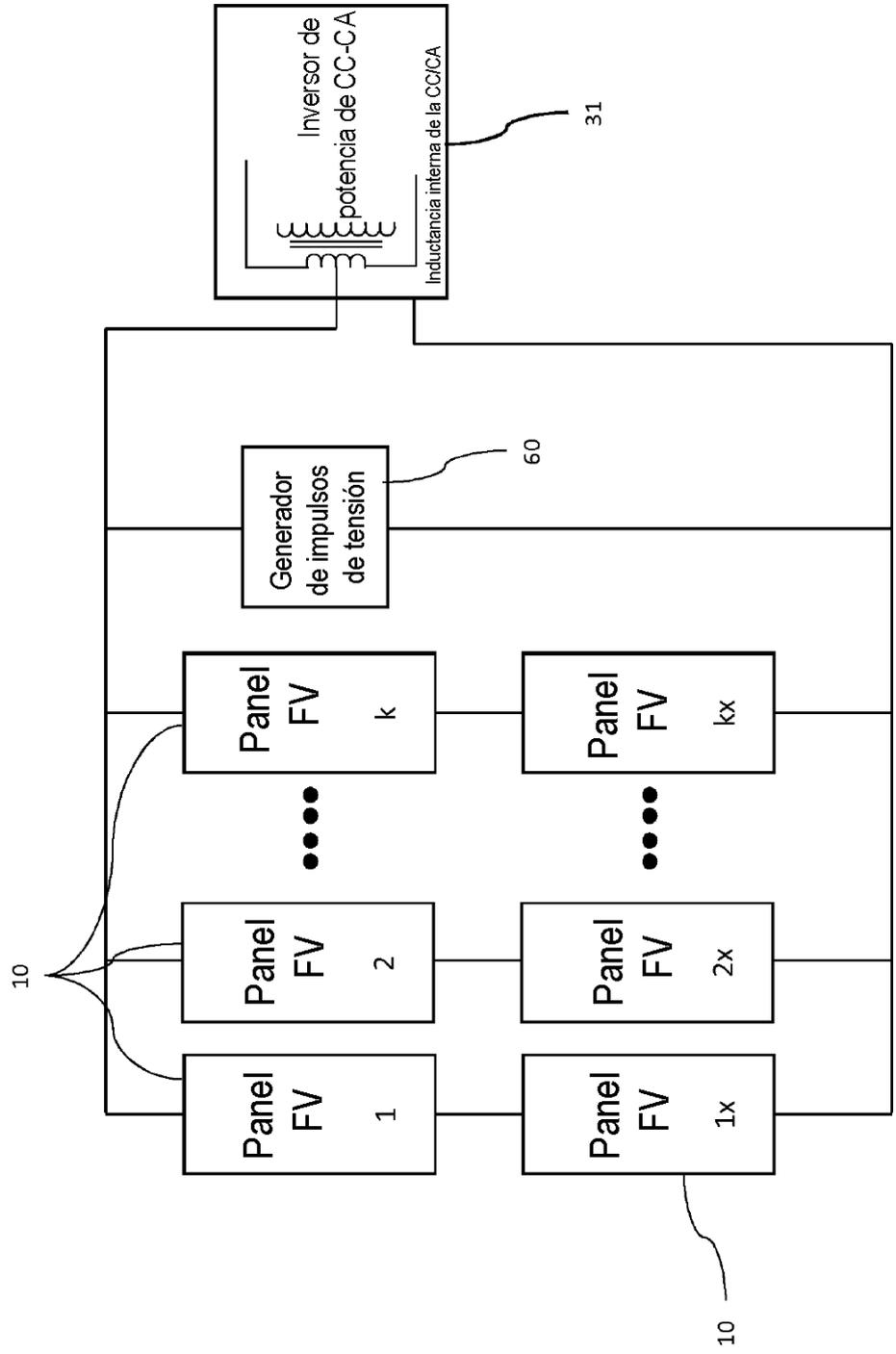


Fig. 17A

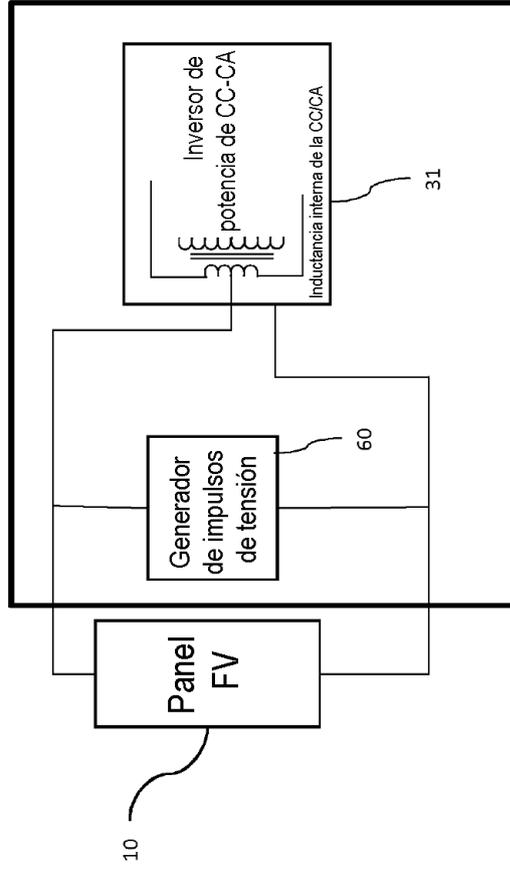


Fig. 17B

