

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 248**

51 Int. Cl.:

H02M 3/158 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

H02S 40/34 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.03.2017** E **17159484 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.04.2020** EP **3373433**

54 Título: **Sistema de planta de energía fotovoltaica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
05.02.2021

73 Titular/es:

MARICI HOLDINGS THE NETHERLANDS B.V.
(100.0%)
George Hintzenweg 81
3068AX Rotterdam, NL

72 Inventor/es:

MARINOPOULOS, ANTONIS;
SVENSSON, JAN;
ALVAREZ, SILVERIO y
SCHNEZ, STEPHAN

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 248 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 de planta de energía fotovoltaica

Campo técnico

5 La tecnología aquí expuesta se refiere generalmente al campo de la generación de energía solar, y en particular a un sistema de planta de energía fotovoltaica para la generación de energía.

Antecedentes

10 Durante la última década el precio de las celdas fotovoltaicas (PV) ha disminuido sustancialmente, lo que ha llevado a un auge en desarrollo de las plantas fotovoltaicas. Estas plantas de energía PV inicialmente fueron de pequeña y media escala, es decir hasta algunos pocos megawattios (MW). Una continua disminución del precio, la presión global para fuentes de energía medioambientales propicias y las reglamentaciones y políticas que han facilitado desarrollos de sistemas de energía PV han llevado al desarrollo de plantas de energía PV grandes y a muy grande escala en los últimos 4-5 años. Las plantas de energía PV de muy grande escala están comprendidas entre 100 MW y 500 MW, y hay plantas más grandes de hasta 1 GW.

15 Una principal ventaja de los sistemas de energía PV, al igual que otras renovables, es que tienen un coste operativo bajo debido al "combustible" gratuito. Una ventaja adicional del sistema de energía PV en contraste con las turbinas eólicas por ejemplo, es la ausencia de piezas mecánicas móviles, lo que lleva a unos costes de mantenimiento reducidos.

20 A pesar de la enorme caída de los precios de las celdas de PV, el coste del restante equipo de una planta de energía PV, es decir el coste del Balance de sistemas, no ha caído tanto. Básicamente, la tecnología y la configuración de las plantas PV no han cambiado, además de aumentar la potencia de los componentes. Estos componentes principalmente comprenden inversores PV centrales, dispositivos de protección, transformadores y cables. Con el fin de continuar el desarrollo reduciendo el precio de un sistema completo, el coste total de estos componentes también debería ser reducido.

25 La Figura 1 ilustra una configuración típica simplificada de una planta de energía PV 1. Un número de unidades PV $2_1, \dots, 2_n$ están agrupadas conjuntamente. Actualmente, el tamaño de una unidad PV $2_1, \dots, 2_n$ mostrado en la figura 1 es hasta 5 MW. Cada unidad PV $2_1, \dots, 2_n$ comprende un número de matrices $3_1, \dots, 3_m$, comprendiendo cada matriz un número de celdas PV. Cada matriz PV $3_1, \dots, 3_m$ está conectada a un inversor de corriente continua / corriente alterna (DC/AC) $4_1, \dots, 4_m$. Los inversores CD/AC $4_1, \dots, 4_m$ convierten la energía eléctrica CC en una energía AC, que es después intensificada por unos transformadores elevadores 5_k . La producción de los transformadores elevadores 5_k es aplicada a una cuadrícula de colección 6, la cual puede conectar directamente con una subestación de energía 7 que a su vez conecta con una red de suministro eléctrico.

30 El voltaje de la cuadrícula de colección 6 en CA está usualmente en niveles normalizados de Medio Voltaje (MV), por ejemplo, 20 kV o 33 kV.

35 Un problema con el aumento del tamaño de tal planta de energía PV 1 es que el cableado MV AC aumenta mucho, aunque no directamente en proporción con la capacidad de potencia instalada. Esto es porque sólo hay un punto de colección para la planta de energía PV 1: la situación de la subestación 7 de la cuadrícula de conexión, la cual está usualmente en el borde de la planta. De este modo, en general se requerirán más cables MV para una planta PV de 50 MW que para cinco plantas de 10 MW. Para una planta típica de PV de 100 MW la longitud del cableado MV puede ser de alrededor de unas pocas decenas de km. Esto implica unas desventajas tales como el transporte de energía reactiva, el descenso y las pérdidas de voltaje.

40 El documento CN 104.113.082 A expone un sistema modular totalmente directo de corriente fotovoltaica y un método de control de él. El sistema comprende n módulos convertidores DC-AC y un inversor MMC centralizado, y cada módulo convertidor DC-AC está conectado con un bucle de control independiente y una función de control de seguimiento de la potencia máxima para asegurar que el conjunto de baterías fotovoltaicas conectado con cada convertidor DC-AC trabaja en el punto más alto de la energía de salida.

45 El documento EP 2.089.913 A2 expone un sistema de monitorización y un método para monitorizar el funcionamiento de las fuentes de energía individuales en un sistema de fuente de energía distribuida.

50 El documento US 2016/099572 A1 expone un sistema para extraer un voltaje DC desde una pluralidad de módulos PV dispuestos en una matriz y que suministran el voltaje DC medio a unos inversores situados fuera de la matriz cerca de un punto de interconexión con una red de suministro eléctrico.

El documento EP 2.533.412 A2 expone un aparato de conversión de energía solar que incluye al menos una matriz solar que recibe luz y que genera una energía DC, una unidad de convertidor que convierte la amplitud de la energía CC generada, una unidad de inversor multinivel que recibe la energía DC desde una unidad del convertidor para producir una energía en AC con multiniveles y que comprende una pluralidad de inversores multinivel, un filtro AC

que aísla la unidad del inversor desde una cuadrícula de energía, y una unidad de control que aplica una señal de control a la unidad del convertidor y al inversor multinivel.

El documento US 2014/265584 A1 expone un método y un aparato que pueden monitorizar los inversores de energía solar en tiempo real día y noche, y generar unas alarmas y acciones de vigilancia cuando un inversor de energía solar es retirado o desconectado de la línea de energía DC por razones desconocidas. Ofrece un bajo coste y unos medios de vigilancia fiables para ayudar a mantener una escala residencial, una escala comercial, o un sistema de energía solar de escala de utilidad en tiempo real en cualquier momento.

El documento US 2016/172838 A1 expone un gestor de distribución para un sistema de microcuadrícula que incluye una barra colectora principal, y un cortacircuito acoplado a la barra colectora principal y a uno de una carga y un sistema de conexión entre microcuadrículas del sistema de microcuadrícula de energía, estando el cortacircuito estructurado para operar basándose en un conjunto de fijaciones de desenganche funcionales.

El documento WO 2016/009047 A1 expone un sistema de convertidor para interconectar fuentes de energía renovable con una barra colectora de distribución DC que comprende una unidad del convertidor que comprende un convertidor DC-a-DC aislado conectable a la fuente de energía renovable, y un convertidor DC-a-DC no aislado conectable a la barra colectora de distribución DC, que está conectada en cascada con el convertidor aislado DC-a-DC.

El documento EP 2.518.855 A2 expone una planta de energía fotovoltaica distribuida que incluye una pluralidad de convertidores DC-DC distribuidos. Los convertidores DC-DC están configurados para conmutar en coordinación uno con otro de modo que al menos un convertidor DC-DC transfiera energía a una barra colectora DC común basándose en la energía total del sistema disponible de una o más secuencias de módulos PV. Debido a la conmutación coordinada de los convertidores DC-DC, cada uno de los convertidores DC-DC que transfieren energía a la barra colectora CC común continúa operando dentro del intervalo de eficiencia óptima así como optimizando el seguimiento del punto de máxima energía con el fin de aumentar el rendimiento energético de la planta de energía fotovoltaica.

El documento US 9.136.710 B1 expone un método para convertir la energía de un panel fotovoltaico que tiene unas subsecuencias de celdas PV. El método incluye convertir energía de una primera subsecuencia del panel PV para generar una primera salida DC que tiene una porción fija y una porción variable, convirtiendo la energía de una segunda subsecuencia del panel PV para generar una segunda salida DC que tiene una porción fija y una porción variable, y combinando las salidas primera y segunda DC para generar una salida combinada DC.

Compendio de la invención

Un objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema de planta de energía fotovoltaica para la que el coste total pueda ser reducido en comparación con la técnica anterior. Un objetivo particular es reducir la cantidad de cables. Otro objetivo particular es reducir las pérdidas del sistema total de la planta de energía fotovoltaica. Estos objetivos y otro se consiguen por el sistema definido en la reivindicación aneja y por las reivindicaciones de acuerdo con las reivindicaciones dependientes.

El objetivo está de acuerdo con un aspecto conseguido por un sistema de planta de energía fotovoltaica para la generación de energía. El sistema de planta de energía fotovoltaica comprende uno o más grupos fotovoltaicos y uno o más convertidores multinivel modulares (MMC). Cada uno de los uno o más grupos fotovoltaicos comprende un número de secuencias fotovoltaicas conectadas a uno o más convertidores (DC/DC) de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) en corriente continua / corriente continua a través de una caja combinadora. La caja combinadora combina eléctricamente la salida de las secuencias fotovoltaicas. Los uno o más convertidores MPPT DC/AC comprenden una o más entradas a un nivel de bajo voltaje conectadas a las secuencias fotovoltaicas por medio de la caja combinadora, y una salida conectada a una barra colectora común DC de bajo voltaje (LV). Cada uno de los uno o más grupos fotovoltaicos comprende un convertidor DC/DC que comprende una entrada conectada a la barra colectora LVDC, y una salida conectada a la cuadrícula de colección de voltaje medio DC (MVDC). Cada uno de los uno o más MMCs comprende una entrada conectada a los uno o más grupos fotovoltaicos por medio de la cuadrícula de colección MVDC y una salida conectada a una cuadrícula de transmisión.

El sistema de la planta de energía fotovoltaica proporciona un número de ventajas. Por ejemplo, desde el nivel de voltaje DC de bajo voltaje del cableado del panel PV el voltaje es elevado directamente al nivel MV usando una estación convertidora DC/AC (que comprende los convertidores de MPPT DC/DC y el convertidor DC/DC) que tiene múltiples entradas desde las cajas combinadoras. Cada convertidor DC/DC puede entonces ser conectado en paralelo con otros convertidores DC/DC usando la cuadrícula de colección MVDC en diferentes configuraciones posibles. El uso de convertidores DC/DC evita la necesidad de transformadores de distribución pequeños, reduciendo por tanto el coste y la huella. Además, no es en absoluto necesario un cableado AC primario en el sistema de la planta de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención, lo que permite un ahorro en el coste del despliegue y también en los costes de mantenimiento. El uso de un MMC proporciona la ventaja de ser totalmente controlable, y puede así ser usado para controlar el voltaje en la cuadrícula de colección MV. El MMC puede también ser usado para el manejo de fallos o de fallos que ocurren en los grupos fotovoltaicos. El MMC permite el uso de

desconectores más rentables en lugar de los interruptores DC que tienen que ser usados en sistemas de plantas de energía fotovoltaica conocidos.

5 En una realización los uno o más MMCs están conectados a la cuadrícula de transmisión por medio de uno o más transformadores conectados en paralelo para elevar el voltaje de la corriente alterna (AC) de salida a un nivel de la cuadrícula de transmisión.

10 En diversas realizaciones el convertidor DC/AC comprende un número de celdas del convertidor aisladas galvánicamente conectadas en paralelo en su entrada a la barra colectora LVDC común, y en serie en su salida para aumentar el voltaje de salida a un nivel MV. En algunas realizaciones las celdas convertidoras son unidireccionales, lo que permite que la energía fluya sólo en la dirección desde las secuencias PV a la cuadrícula de colección MVDC en una relación de voltaje fijada, usando un transformador de frecuencia media. Los transformadores de frecuencia media pueden ser usados para obtener un aislamiento galvánico de las celdas convertidoras DC/DC.

15 En diversas realizaciones la parte rectificadora de la celda convertidora DC/DC comprende un rectificador de diodo. El convertidor DC/DC usado en el sistema de planta de energía fotovoltaica es pasivo y el voltaje de la cuadrícula de colección MVDC está controlado totalmente por el convertidor multinivel modular. El voltaje DC es elevado por las celdas del convertidor DC/DC del convertidor DC/DC que están conectadas en serie. El transformador de frecuencia media puede por lo tanto tener una relación de voltaje de 1:1 que hace el diseño más eficaz.

En diversas realizaciones los uno o más convertidores DC/DC de la cuadrícula de colección MVDC están dispuestos en una configuración anillo – barra colectora.

20 En diversas realizaciones los uno o más convertidores DC/DC de la cuadrícula de colección MVCC están dispuestos en una configuración de barra colectora de anillo.

25 Los anteriores dos conjuntos de realizaciones proporcionan unas ventajas diferentes. La configuración anillo – barra colectora tiene una más alta fiabilidad en comparación con la configuración de barra colectora en cadena, pero la configuración de barra colectora en cadena tiene unos costes reducidos en comparación con la configuración anillo – barra colectora. En diversas realizaciones los uno o más MMCs están dispuestos en un lugar común. La colocación de los uno o más MMCs en un único lugar, en el punto de interconexión (POI) con la cuadrícula de transmisión, permite un cumplimiento más fácil de las exigencias del código de cuadrícula que para sistemas que tienen muchos inversores centrales dispersos. Además, el uso de MMC puede ser usado para proporcionar una energía reactiva a la cuadrícula, por lo tanto facilitando además el cumplimiento de las exigencias de código, por ejemplo en caso de fallos en la cuadrícula.

30 En diversas realizaciones los uno o más MMCs comprende celdas convertidoras de puente completo.

35 En diversas realizaciones los uno o más MMCs comprenden una mezcla de celdas convertidoras de puente completo y de celdas convertidoras de medio puente. Tales realizaciones reducen el coste del sistema de la planta fotovoltaica ya que las celdas convertidoras de medio puente cuestan menos que las de puente completo. Con el fin de ser capaz de tratar adecuadamente los fallos en la barra colectora CA y en la barra colectora CC, aproximadamente 1/4 de los puentes completos pueden ser reemplazados por medios puentes en cada uno de los brazos MMC.

40 La invención da unos costes reducidos para el sistema completo de planta de energía fotovoltaica. Por ejemplo, no se necesitan transformadores voluminosos de baja frecuencia, ya que son sustituidos por transformadores de frecuencia media mucho más pequeños en los convertidores DC/DC. Son necesarios menos cables en el nivel MV, y no es necesaria una compensación de energía reactiva ya que se usa una cuadrícula de colección DC. Además, la invención permite un potencial para mayores eficiencias debido a la cuadrícula de colección MVDC, que implica menos pérdidas. Esto da un diseño flexible y modular. Además, los cables AC tienen tres conductores, mientras que los cables DC tienen dos, y el uso de una cuadrícula de colección DC de este modo reduce también el coste del cableado en comparación con el uso de una cuadrícula de colección AC.

45 Cuando se usa la planta de energía PV de acuerdo con la invención, uno o sólo muy pocos convertidores son necesarios PDI para atender los requisitos del código de cuadrícula, en vez de decenas de inversores centrales como actualmente. La invención de este modo hace más sencillo cumplir los códigos de cuadrícula actuales y posteriores mientras que también se reducen los costes.

50 El uso de MVDC hace posible tener unos cables de larga distancia entre la cuadrícula de colección y el punto de conexión con la cuadrícula de transmisión sin la compensación de energía reactiva y con menores pérdidas.

Otras características y ventajas de las realizaciones de la presente invención serán evidentes tras la lectura de la siguiente descripción y de los dibujos anejos.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 ilustra una planta de energía PV conocida.

La Figura 2 ilustra un diseño general de la planta de energía PV de acuerdo con la invención.

La Figura 3 es un diagrama de una línea simplificado del diseño de una planta de energía PV de alto nivel.

La Figura 4 ilustra una realización de una estación convertidora para uso en la planta de energía PV de acuerdo con la invención.

5 Las Figuras 5a y 5b ilustran dos configuraciones ejemplares de una cuadrícula de colección MVCC.

La Figura 6 ilustra una realización de un MMC para uso en la planta de energía PV de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

10 En la siguiente descripción, con fines explicativos y no limitativos se exponen detalles específicos tales como arquitecturas particulares, interfases, técnicas, etc con el fin de proporcionar una completa comprensión. En otros casos, las descripciones detalladas de dispositivos bien conocidos, y métodos se omiten para no oscurecer la descripción con detalles innecesarios. Los mismos números de referencia se refieren a los mismos o similares elementos en toda la descripción.

La Figura 2 ilustra un diseño general de una planta de energía fotovoltaica (PV) de acuerdo con la invención, mostrando tres etapas principales 12a, 18a, 20 de agregación de energía en las mismas.

15 En una primera etapa 12a de agregación de energía, un número de módulos PV 27 están interconectados (en particular conectados en serie) con el fin de alcanzar un nivel de voltaje deseado, por ejemplo hasta aproximadamente 1,5 kV. Cada módulo PV 27 comprende un número de celdas solares (también llamadas celdas fotovoltaicas) conectadas en serie y/o paralelo para convertir energía de luz en electricidad. Los módulos PV 27 forman un número de secuencias PV 14 y los grupos de secuencias PV 14 están también interconectados a una respectiva caja combinadora 11. Varias de tales cajas combinadoras pueden ser provistas, cada una combinando eléctricamente la salida de las secuencias PV 14 de un grupo. En la figura las secuencias PV 14 se muestran para ser conectadas en paralelo. Desde las cajas combinadoras 11 la energía es alimentada a una estación convertidora (CS) 16a con un par de cables, en contraste con la solución de la técnica anterior ilustrada en la Figura 1, en la que la energía es alimentada a un inversor central.

20 Las secuencias PV 14 forman una matriz PV 15, las cajas combinadoras 11 y la estación convertidora 16a juntas forman un Bloque de Edificios (BB) 12a, es decir la primera etapa 12a de agregación de energía. La estación convertidora 16a puede comprender un número de convertidores DC/DC 17a de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) y un convertidor DC/DC 13a. La estación convertidora 16a tiene una o múltiples entradas (lado izquierdo en la Figura 2) en un nivel de voltaje bajo (LV) con el fin de conectar con las matrices PV 14 por medio de las cajas combinadoras 11, y una salida en el nivel MV (lado derecho en la Figura 2) con el fin de conectar con una cuadrícula de colección MVDC (como parte de una segunda etapa de agregación de energía descrita más adelante), que tiene un punto de colección 19a para grupos PV 18a, 18b, 18c, 18d. El convertidor DC/DC 13a de la estación convertidora 16a puede comprender un número de celdas convertidoras aisladas galvánicamente conectadas en paralelo en su entrada, es decir en la barra colectora LVDC común 24, y en serie en su salida con el fin de aumentar el voltaje hasta el nivel MV requerido. En el ejemplo específico ilustrado en la figura 2 estas celdas convertidoras son unidireccionales, permitiendo que la energía fluya sólo en la dirección desde las matrices PV 15 hasta la cuadrícula de colección en una relación de voltaje fijada.

25 El convertidor de MPPTDC/DC 17a puede comprender un convertidor grande o varios convertidores MPPT más pequeños. En caso de varios convertidores MPPT más pequeños, cada uno de ellos está conectado con una o más secuencias PV 14 por medio de las cajas combinadoras 11. El convertidor MPPT 17a puede ser un único convertidor de aumento de carga que controla la corriente de entrada DC desde la caja combinadora 11 para obtener la energía máxima desde los módulos PV. Su salida está conectada a una barra colectora común de voltaje LVDC que es variada de acuerdo con el voltaje MVDC con el fin de inyectar la generación de energía disponible que viene de las matrices PV 15. El voltaje de la barra colectora LVDC es un poco superior que el voltaje en las matrices PV 15.

30 En una segunda etapa 18a de agregación de energía, un número de PV BBs 12a, 12b, 12c, 12d están, como se ha indicado antes, conectados en serie y forman un grupo PV 18a. Cada grupo PV 18a, 18b, 18c, 18d es a continuación conectado a un inversor especializado DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d. El inversor DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d puede, por ejemplo, comprender un convertidor multinivel modular (MMC), descrito con más detalle más adelante, por ejemplo en relación con la figura 6). Típicamente, sería un inversor especializado DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d para cada grupo PV 18a, 18b, 18c, 18d, aunque un único MMC 22a, 22b, 22c, 22d puede ser usado en algunas realizaciones. El inversor especializado DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d, en el siguiente ejemplificado por el MMC 22; 22a, 22b, 22c, 22d, está situado en un punto de colección de planta (CPP) 21. La cuadrícula de colección MVDC puede estar configurada en diferentes formas, por ejemplo como una estrella (en cadena) o una configuración en anillo (para una disponibilidad aumentada), como está descrito con más detalle después con referencia a las Figuras 5a y 5b. Dependiendo entre otras cosas en la capacidad de potencia instalada el voltaje puede estar en el intervalo de $\pm 5kV$ a $\pm 30kV$.

5 En una etapa final de agregación de energía 20, los MMCs 22a, 22b, 22c, 22d están paralelizados en su salida, alcanzando la energía del sistema 10 de la planta de energía PV total. Los componentes principales del punto de colección de la planta (CPP) son los inversores DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d, preferiblemente (como mencionado) uno para cada grupo PV 18a, 18b, 18c, 18d. Sin embargo, en algunas realizaciones un único inversor DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d, puede cuidar de la energía generada por más de un grupo PV 18a, 18b, 18c, 18d.

La Figura 3 es un diagrama de una línea simplificado de un sistema 10 de planta de energía PV de alto nivel de acuerdo con la presenta invención.

10 La estación convertidora 16a es un componente clave del sistema 10 de planta de energía solar PV y comprende uno o más convertidores de MPPT DC/DC 17a, un número de entradas para las diversas secuencias PV 14, el convertidor DC/AC 13a que elevará el voltaje del nivel LV al MV. Además, también puede haber adicionalmente también dispositivos de protección, equipos de conmutación LV y MV y otros elementos auxiliares. En su salida (es decir, la salida desde el convertidor DC/DC 13a) la estación convertidora 16a tiene cuatro terminales, dos de potencial negativo (por ejemplo -10 kV) y dos de potencial positivo (por ejemplo +10 kV) para conectar con la barra colectora MVCC.

15 La Figura 4 ilustra una realización de una estación convertidora para uso en la planta PV de acuerdo con la invención. En la realización ilustrada de la estación 16a del convertidor, un bloque convertidor MPPT 25 comprende cuatro convertidores MPPT DC/DC 17a, 17b, 17c, 17d. El número de convertidores MPPT DC/DC 17a, 17b, 17c, 17d puede ser adaptado: más convertidores extraerán más energía desde las matrices PV pero también aumentarán el coste total. El voltaje de entrada puede, por ejemplo, ser inferior a 1,5 kV (de la matriz PV) y la barra colectora común LVDC 24 en la salida del bloque convertidor MVDC 25 puede ser al menos 1,5 kV. El convertidor DC/DC 13a puede comprender un número de celdas convertidoras DC/DC que están conectadas en su entrada en paralelo con la barra colectora LVDC 24 y en su salida en serie elevando el voltaje al nivel MV. La barra colectora MV en esta realización es ± 10 kV, aunque este valor puede variar dependiendo de la relación de transformación de un transformador de frecuencia media (MFT) en las celdas convertidoras DC/DC y en el número de tales celdas conectadas en serie.

La estación convertidora 16a puede también comprender interruptores LV en la entrada del bloque MPPT, así como un número de desconectores MV AC en la salida.

30 El bloque convertidor MPPT 25 es una parte de la estación convertidora 16a que comprende uno o más convertidores MPPT DC/DC 17a, 17b, 17c, 17d. El convertidor de MPPT DC/DC 17a, 17b, 17c, 17d puede ser un convertidor de aumento de carga, que regula la corriente en su entrada, es decir la salida de una o más secuencias PV, con el fin de extraer la energía máxima en cada intervalo de tiempo. En la energía ilustrada en la Figura 4 el voltaje de entrada puede, por ejemplo, estar entre 850-1.500 V y el voltaje máximo de salida puede ser al menos 1,5 kV. La potencia nominal del convertidor MPPT 17a, 17b, 17c, 17d puede variar desde algunas décimas de kW hasta la potencia máxima de toda la estación 16a del convertidor.

35 En caso de que se usen uno o más convertidores de MPPT 17a, 17b, 17c, 17d, la operación puede ser coordinada. Por ejemplo, podrían ser controlados de modo que se consiguiera una potencia máxima a partir de las secuencias 14. Sin embargo, la potencia máxima podría no siempre ser requerida, de modo que el flujo de energía (el voltaje) a través de cada convertidor de MPPT 17a, 17b, 17c, 17d puede ser controlada con el fin de obtener la salida de energía deseada.

40 El convertidor DC/AC 13a comprende un número de celdas convertidoras DC/AC conectadas en paralelo en su entrada y en serie en su salida con el fin de aumentar el voltaje DC al nivel MV. En la realización específica en la figura 4 comprende seis celdas convertidoras DC/DC que elevan el voltaje desde, por ejemplo, 1,5 kV a ± 10 kV. Cada celda convertidora comprende en general un inversor que transforma el LVDC en un voltaje AC de frecuencia media. A continuación un MFT aísla galvánicamente la entrada de la salida, con un voltaje fijo. En general la frecuencia puede variar en el intervalo de kHz. Finalmente, un rectificador transforma el voltaje de nuevo a DC con normalmente una magnitud mayor que la barra colectora LVDC, aunque la relación de voltaje se debería mantener relativamente baja. En la realización específica mostrada en la Figura 4 la celda convertidora comprende un módulo IGBT de puente completo, un MFT y un módulo de diodo. En el caso general puede añadirse redundantemente una celda convertidora extra y un interruptor de derivación en la salida de cada celda.

50 Las Figuras 5a y 5b ilustran dos configuraciones ejemplares de una cuadrícula de colección MVDC 29a, 29b. La cuadrícula de colección MVDC 29a, 29b puede ser configurada de muchas maneras diferentes a la vista del uno o más de: el coste, la flexibilidad de operación, la fiabilidad/disponibilidad.

55 En la Figura 5a se muestra una configuración radial de la cuadrícula de colección MVDC 29a. Los Bloques de Edificios 12a, 12b, 12c, 12d están conectados en una configuración en cadena con un par de cables, que son después conectados en paralelo con otros grupos de PVBBs (configuración de estrella) a una barra colectora MV común para el Grupo PV en la entrada del inversor DC/AC.

En la Figura 5b se muestra una configuración en anillo de la cuadrícula de colección MVCC 29b. La energía procedente de los PV BBs 12a, 12b, 12c, 12d está recogida en una barra colectora común de MVDC para cada

Grupo PV 18a que es después conectado al inversor DC/AC. Para la primera configuración los cables de MVDC deberían ser capaces de transportar la corriente desde los PV BBs conectados en cadena, aunque para reducir la sección transversal del cable existe también la posibilidad de usar cables diferentes en segmentos diferentes de la cadena. Para la configuración en anillo los cables MVDC se debería tratar la corriente del Grupo PV total. Los cables paralelos podrían ser necesarios para alcanzar este alto nivel de corriente.

La Figura 6 ilustra una realización de un MMC para uso como el inversor de interconexión DC/AC en el sistema 10 de planta de energía PV de acuerdo con la invención. Se ha observado que los valores específicos ilustrados (± 10 kV) son dados simplemente como un ejemplo.

Como se ha descrito anteriormente, en CPP 21 está situado un número de inversores DC/AC 22a, 22b, 22c, 22d, estando cada uno de ellos conectado en su entrada a uno o más grupos 18a, 18b, 18c, 18d por medio de la cuadrícula de colección MVDC 29a, 29b y en su salida a uno o más transformadores conectados en paralelo para elevar el voltaje AC al nivel de la (sub-) cuadrícula de transmisión 23 conectada por medio de un transformador 26. En realizaciones preferidas de acuerdo con la invención, este inversor es un MMC. En una realización, como está ilustrado en la Figura 6, el MMC 22a, 22b, 22c, 22d (sólo está mostrado un MMC en la Figura 6) está basado en celdas de puente completo y tiene un transformador especializado, que no es necesario en el caso general. Usando puentes completos, el MMC 22a, 22b, 22c, 22d puede controlar el voltaje en la cuadrícula de colección MVDC. En los MMC 22a, 22b, 22c, 22d un número de celdas están conectadas en serie en cada brazo 28, lo que puede incluir una o más celdas redundantes para una fiabilidad mejorada.

En este contexto se ha tenido en cuenta que es posible reducir el coste en el MMC introduciendo una mezcla de medios puentes y de puentes completos. Desde un punto de vista teórico, el voltaje DC y la corriente pueden ser controlados usando un 50% de medios puentes y otro 50% de puentes completos. No obstante, con el fin de ser capaz de tratar los fallos en la barra colectora AC y en la barra colectora DC, aproximadamente 1/4 de los puentes completos pueden ser sustituidos por medios puentes en cada uno de los brazos de MMC.

A continuación se da una breve descripción de métodos de control, operación y protección relacionados con el diseño del sistema de energía PV.

Con referencia de nuevo a la Figura 4, la matriz PV 15 está alimentando la energía a la estación convertidora 16a y los convertidores MPPT 17a, 17b, 17c, 17d regulan la corriente en su entrada con el fin de extraer la máxima energía de las una o más secuencias respectivas PV 14 conectadas a cada convertidor MPPT. Los convertidores MPPT 17a, 17b, 17c, 17d amplifica el voltaje impulsando la energía extraída hacia las celdas convertidoras DC/AC. Como las salidas de todos los convertidores MPPT 17a, 17b, 17c, 17d están conectadas a una barra colectora común LVCC, una operación coordinada puede ser necesaria (como se ha mencionado y ejemplificado anteriormente).

Las celdas convertidoras del convertidor DC/AC 13a están conectadas en paralelo en su entrada y en serie en su salida para aumentar el voltaje a un nivel MV. En la realización específica mostrada en la figura 4 estas celdas son unidireccionales y "pasivas", es decir no controlan el voltaje en su entrada o en su salida, pero son operadas en una frecuencia fija y ciclo de trabajo, transfiriendo así precisamente la energía que es impulsada a ellos desde los convertidores MPPT 17a, 17b, 17c, 17d hacia la cuadrícula de colección MVDC. En el caso general el convertidor DC/AC 13a podría también ser bidireccional, o tener algún control sobre la frecuencia de conmutación y/o el ciclo de trabajo, así como por ejemplo para fines de protección. El voltaje MVDC de la cuadrícula de colección DC es regulado por el MMC 22. En caso de uno o más grupos PV, cada grupo o conjunto de grupos podría tener su propio MMC, que entonces son puestos en paralelo a la barra colectora AC común. La conexión final a, por ejemplo una cuadrícula de transmisión HVAC 23, es dada por un transformador MV/HV.

Para la protección contra fallos en la matriz PV 15 y el MMC 22a, 22b, 22c, 22d y las partes del transformador, puede ser usada una protección conocida, por ejemplo desconectores (interruptores de carga). Sin embargo, una ventaja de la solución aquí presentada viene de las posibilidades sobre la estrategia de protección de la cuadrícula de colección MVDC. Con referencia una vez más a la figura 4, los dispositivos de protección en la barra colectora MVDC (mostrados en el lado derecho de la figura) pueden ser simples desconectores en lugar de interruptores de circuito DC, los cuales son convencionalmente usados. Esto es porque en caso de un fallo en la barra colectora MVDC, el MMC puede, cuando ejecutado como un convertidor de puente completo, bloquear la corriente de fallo que viene de la cuadrícula AC. En cuanto a cualesquiera corrientes de fallo procedentes de las matrices PV 15, además de la protección los interruptores LV, el bloque 25 del convertidor MPPT y las celdas convertidoras DC/AC pueden ser controlados de modo que simplemente paren de conmutar y abran el circuito para detener la alimentación de la cuadrícula de colección MVDC. También hay que tener en cuenta que los módulos PV no tienen una corriente alta de cortocircuito, al contrario que otros tipos de generación de energía, en donde se incluyen las masas rotatorias.

Como se ha descrito, la presente invención proporciona un sistema de planta de energía PV 10, que introduce el uso de una cuadrícula de colección CC en lugar de la cuadrícula de colección ACMV convencional. Las pérdidas en AC son mayores que en DC debido a la corriente reactiva. Además, en el caso de DC sólo son necesarios dos cables

conductores en vez de los tres para la cuadrícula de colección AC trifásica, lo cual reduce los costes. De acuerdo con la invención, el cableado AC no se usa en absoluto en el sistema de planta de energía PV 10.

Desde el nivel de bajo voltaje CC del cableado del panel PV el voltaje es elevado directamente al nivel MV usando una estación convertidora DC/AC.

- 5 En algunas realizaciones las estaciones convertidoras DC/AC comprenden múltiples entradas MPPT conectadas a una barra colectora LVDC común. Cada convertidor DC/AC puede entonces ser conectado en paralelo con otros convertidores DC/AC usando una cuadrícula de colección MV en las diferentes combinaciones posibles.

10 Para la conexión a la (sub-) cuadrícula de transmisión se usa un MMC. Este convertidor es totalmente controlable, y es usado para controlar el voltaje en la cuadrícula de colección MV, simplificando así el procedimiento de energización de la planta de energía PV y la estrategia de protección contra los fallos. Adicionalmente, el MMC ofrece un modo mejorado de cumplir las exigencias de códigos de la cuadrícula en un punto en el nivel de la planta de energía PV, que está en contraste con el estado de la técnica de uso del inversor central en el nivel de la unidad PV. En otras palabras, hay solamente un pequeño número de MMCs (por ejemplo sólo 2 para una planta de 100 MW PV con 50 MW MMCs, en contraste con los 50 inversores DC/AC convencionales con 2 MW cada uno) que necesitan ser controlados de acuerdo unos con otros y la cuadrícula, simplificando significativamente los temas de control.

Además, como los MMC(s) 22; 22a, 22b, 22c, 22d están situados en el POI y pueden proporcionar una energía reactiva, no son necesarios bancos de capacitores adicionales, lo que reduce la complejidad de una planta de energía PV convencional.

20 Una ventaja importante del sistema 10 de planta de energía fotovoltaica aquí descrito es que hay sólo un inversor DC/AC (o unos pocos en caso de más grupos PV) que se necesita para cumplir las exigencias de los códigos de interconexión de cuadrícula y está situado cerca del Punto De Interconexión (POI). Por el contrario, usando el estado de la técnica, una planta de energía PV de escala MW típica tiene decenas de inversores centrales que son necesarios para controlar el flujo de energía y el voltaje, etc con el fin de cumplir los requerimientos. Sin embargo, estos requerimientos necesitan estar garantizados en el POI, mientras que los inversores centrales pueden estar situados a cientos de metros conectados al POI a través de largos cables AC. De este modo, el manejo de la energía reactiva y las pérdidas así como la coordinación de tantos inversores es un gran desafío, el cual puede evitarse usando la cuadrícula de colección MVCC y el MMC.

30 En resumen, el sistema 10 de planta de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención comprende, en diversas realizaciones:

- Un convertidor DC/DC 13a flexible para elevar el voltaje de LVCC a MVCC, con uno o más convertidores MPPT 17a, lo que hace innecesarios los transformadores de distribución pequeños.
- Una cuadrícula de colección MVDC 29a, 29b que elimina la necesidad de interruptores DC (como desconectores pueden en cambio ser usados), y un voltaje controlable desde el inversor (MMC) DC/AC conectado a la cuadrícula.
- Una cuadrícula de distribución de planta de energía PV sin necesidad de compensación de energía reactiva (es usada como una cuadrícula de colección DC en lugar de las cuadrículas de colección AC convencionales).
- Una conexión de cuadrícula de transmisión que usa uno (o solamente pocos) inversores DC/AC (en particular MMCs) en un único lugar, por lo que los requerimientos del código de cuadrícula pueden ser cumplidos más fácilmente que como sería con muchos inversores centrales dispersos, y también permitiendo la provisión de potencia reactiva a la cuadrícula de transmisión.

El sistema 10 de planta de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención proporciona un diseño flexible y modular del sistema:

- El voltaje MVDC es optimizado de acuerdo con la planta PV (en términos de energía).
- 45 – El convertidor DC/DC es también óptimamente dimensionado en términos de energía.
- El sistema puede ser optimizado para costes más bajos o una fiabilidad más alta.
- La corriente DC y el control de voltaje DC de la cuadrícula de colección MVDC usando una celda de puente completo equipada con convertidores multinivel modulares.

50 La invención ha sido principalmente descrita aquí con referencia a unas pocas realizaciones. Sin embargo, como puede ser apreciado por una persona experta en la técnica, son igualmente posibles otras realizaciones distintas de las particulares aquí descritas dentro del alcance de la invención, como está definida en las reivindicaciones de la patente.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (10) de planta de energía fotovoltaica para la generación de energía, comprendiendo el sistema (10) de planta de energía fotovoltaica uno o más grupos fotovoltaicos (18a, 18b, 18c, 18d) y uno o más convertidores multinivel modulares (22a, 22b, 22c, 22d), en donde:
- 5 – cada uno de los uno o más grupos fotovoltaicos (18a, 18b, 18c, 18d) comprende un número de secuencias fotovoltaicas (14) conectadas a uno o más convertidores MPPT DC/DC (17a) por medio de una caja combinadora (11), la caja combinadora (11) combina eléctricamente las salidas desde las secuencias fotovoltaicas (14), en donde los uno o más convertidores MPPT DC/DC (17a) comprenden una o más entradas conectadas con las secuencia fotovoltaicas (14) por medio de la caja combinadora (11), y una salida conectada a una barra colectora común LVDC (24),
- 10 – cada uno de los uno o más grupos fotovoltaicos (18a, 18b, 18c, 18d) comprende uno o más convertidores DC/AC (13a) que comprende una entrada conectada a la barra colectora LVDC (24), y una salida conectada a una cuadrícula de colección MVDC (29a, 29b), en donde el convertidor DC/DC (13a) comprende un número de celdas convertidoras aisladas galvánicamente conectadas en paralelo en su entrada a la barra colectora común LVDC (24), y en serie en su salida para aumentar el voltaje de salida a un nivel MV, comprendiendo cada celda convertidora en su salida una celda convertidora extra y un interruptor de derivación para redundancia, y
- 15 – cada uno de los uno o más convertidores multinivel modulares (22) comprende una entrada conectada a los uno o más grupos fotovoltaicos (18a, 18b, 18c, 18d) por medio de la cuadrícula de colección MVDC (29a, 29b) y una salida conectada a una cuadrícula de transmisión (23).
- 20 2. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en la reivindicación 1, en donde los uno o más convertidores multinivel modulares (22a, 22b, 22c, 22d) están conectados a la cuadrícula de transmisión (23) por medio de uno o más transformadores conectados en paralelo para elevar el voltaje de salida AC a un nivel de la cuadrícula de transmisión (23).
- 25 3. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde una parte del rectificador del convertidor DC/AC (13a) comprende un rectificador de diodo.
4. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde los uno o más convertidores DC/DC (13a) de la cuadrícula de colección MVDC (29a, 29b) están dispuestos en una configuración anillo – barra colectora.
- 30 5. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en donde los uno o más convertidores DC/DC (13a) de la cuadrícula de colección MVDC (29a, 29b) están dispuestos en una configuración de barra colectora en cadena.
6. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde los uno o más convertidores multinivel modulares (22a, 22b, 22c, 22d) están dispuestos en un lugar común.
- 35 7. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde los uno o más convertidores multinivel modulares (22a, 22b, 22c, 22d) comprenden unas celdas convertidoras de puente completo.
8. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde los uno o más convertidores multinivel modulares (22a, 22b, 22c, 22d) comprenden una mezcla de celdas convertidoras de puente completo y de celdas convertidoras de medio puente.
- 40 9. El sistema (10) de planta de energía fotovoltaica reivindicado en cualquiera de las anteriores reivindicaciones, en donde la estación convertidora DC/DC que comprende el convertidor MPPT DC/DC (17a) y el convertidor DC/DC (13a) comprende unas entradas MPPT múltiples conectadas a la barra colectora LVDC (24).

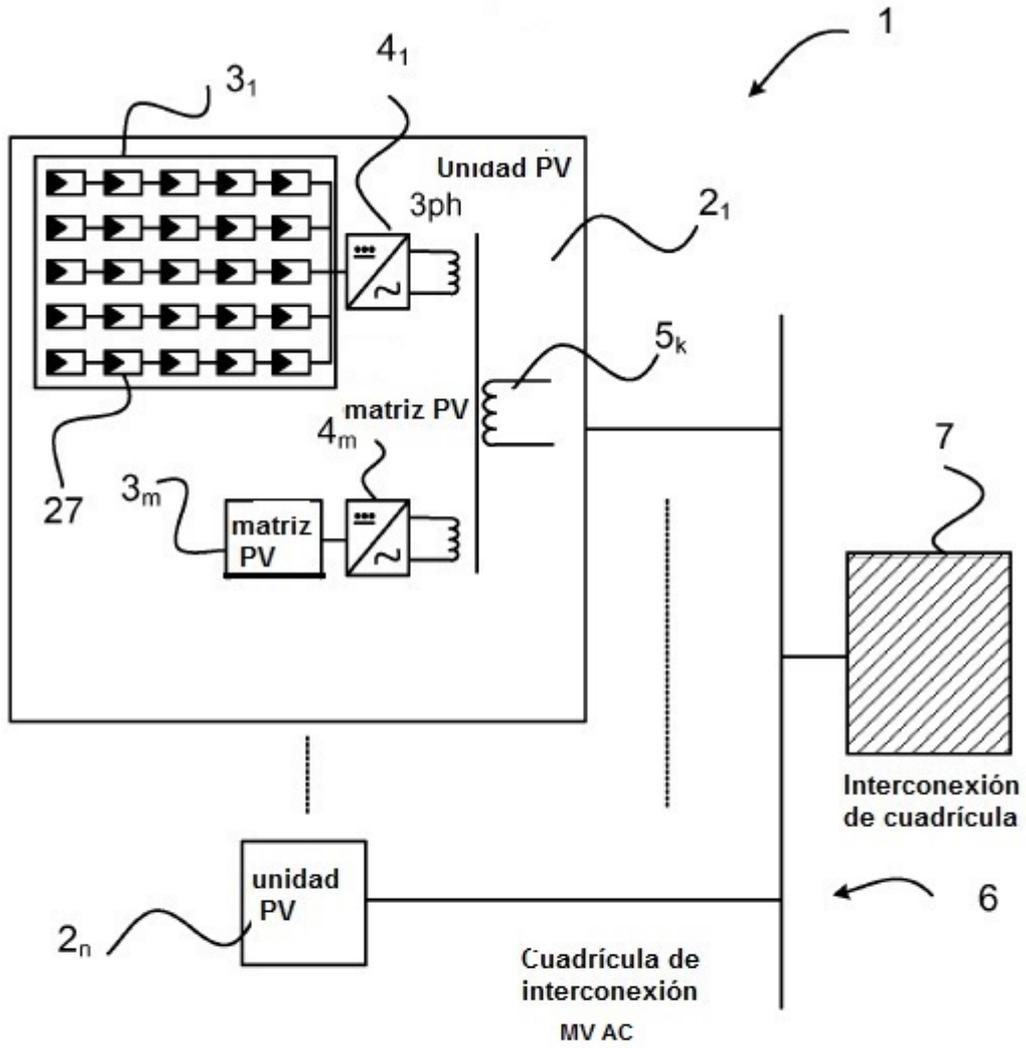


Fig. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

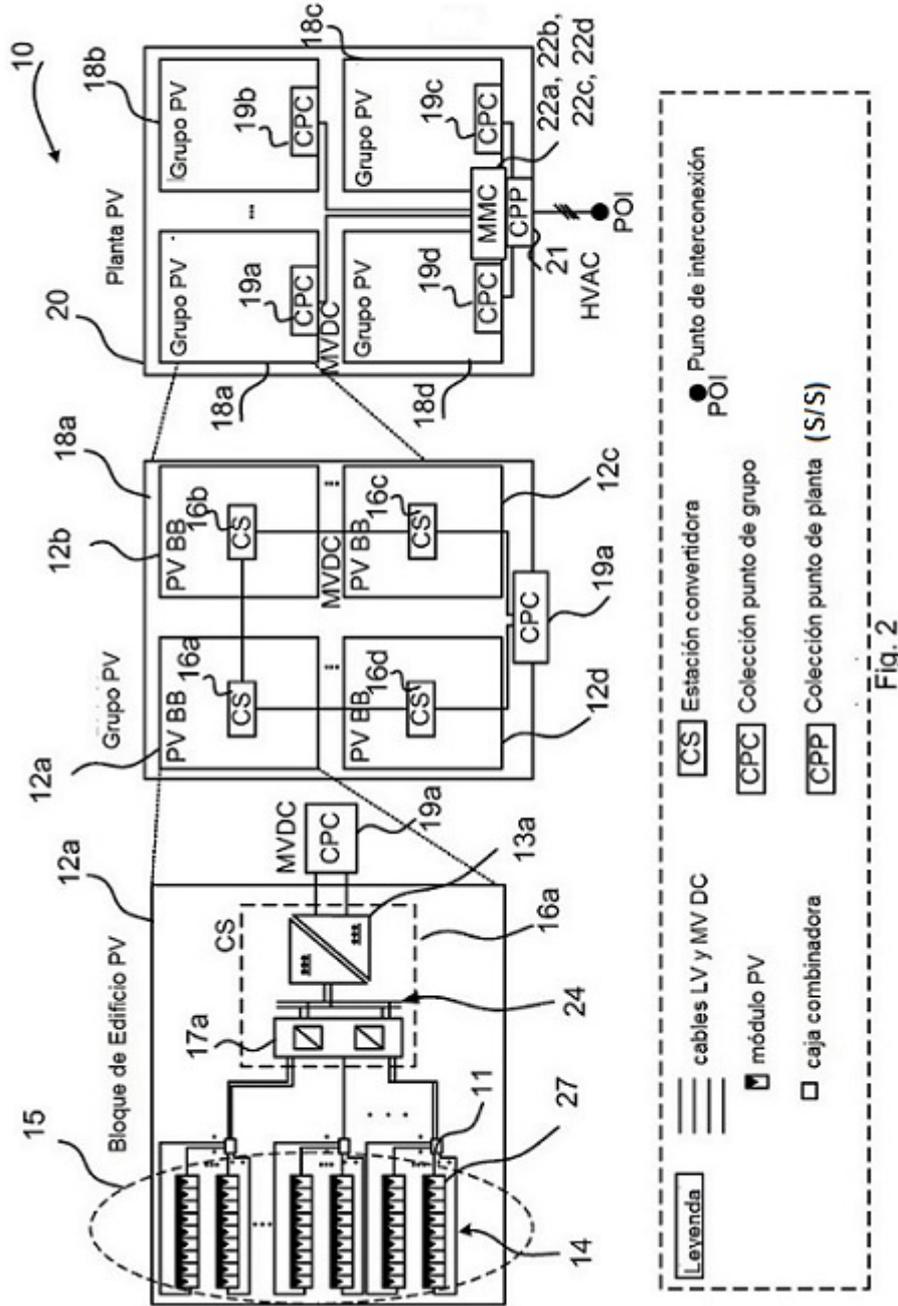


Fig. 2

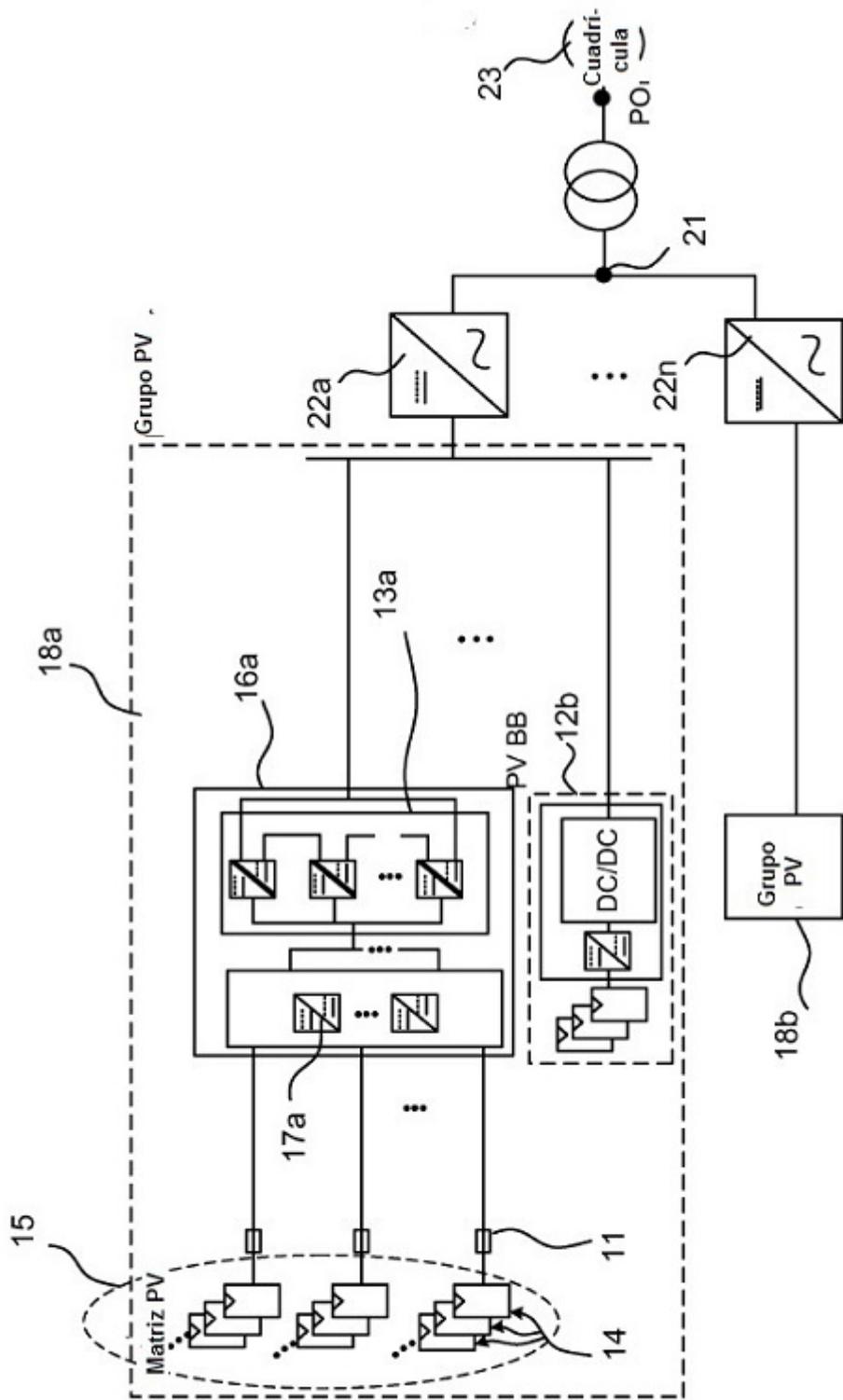


Fig. 3

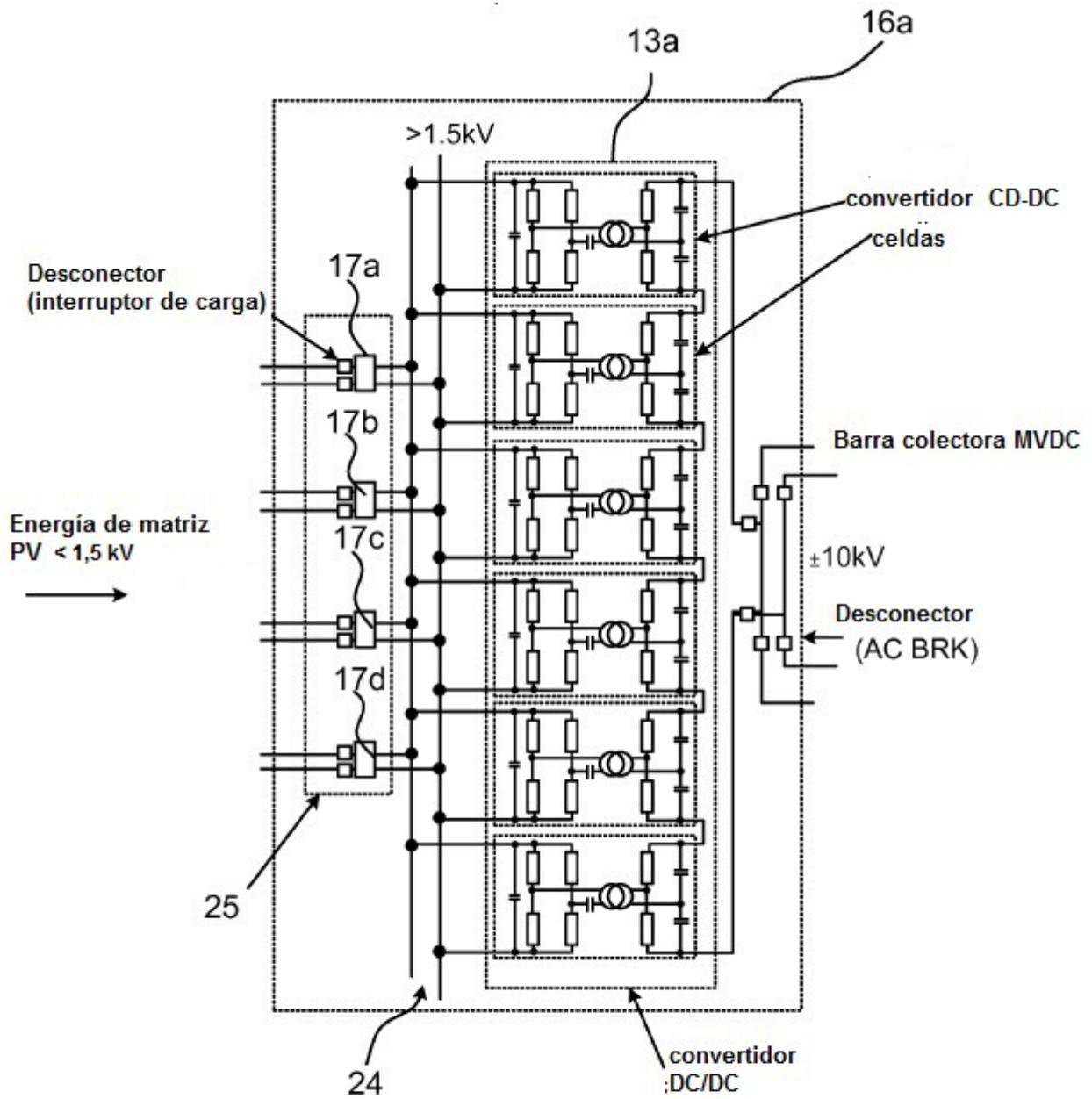


Fig. 4

Conexión en estrella
(cadena o radial)

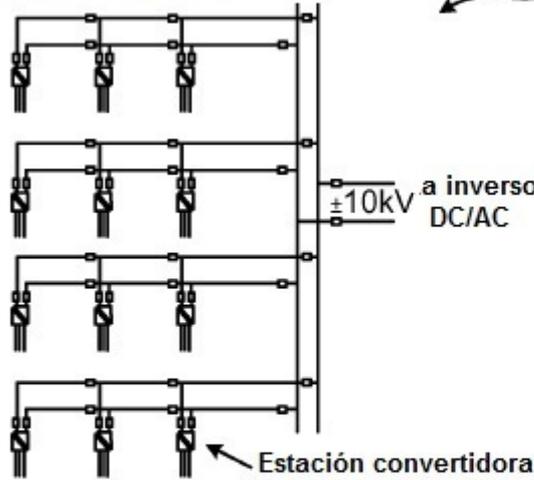


Fig. 5a

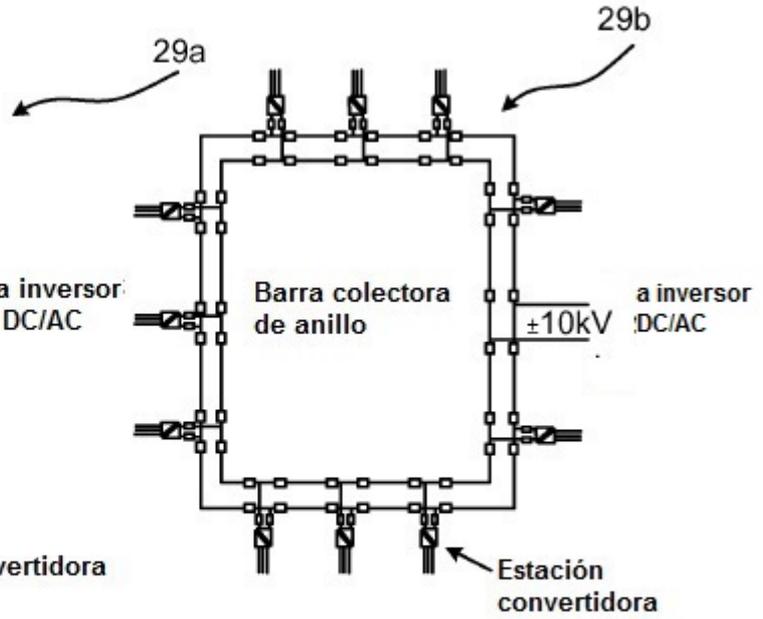


Fig. 5b

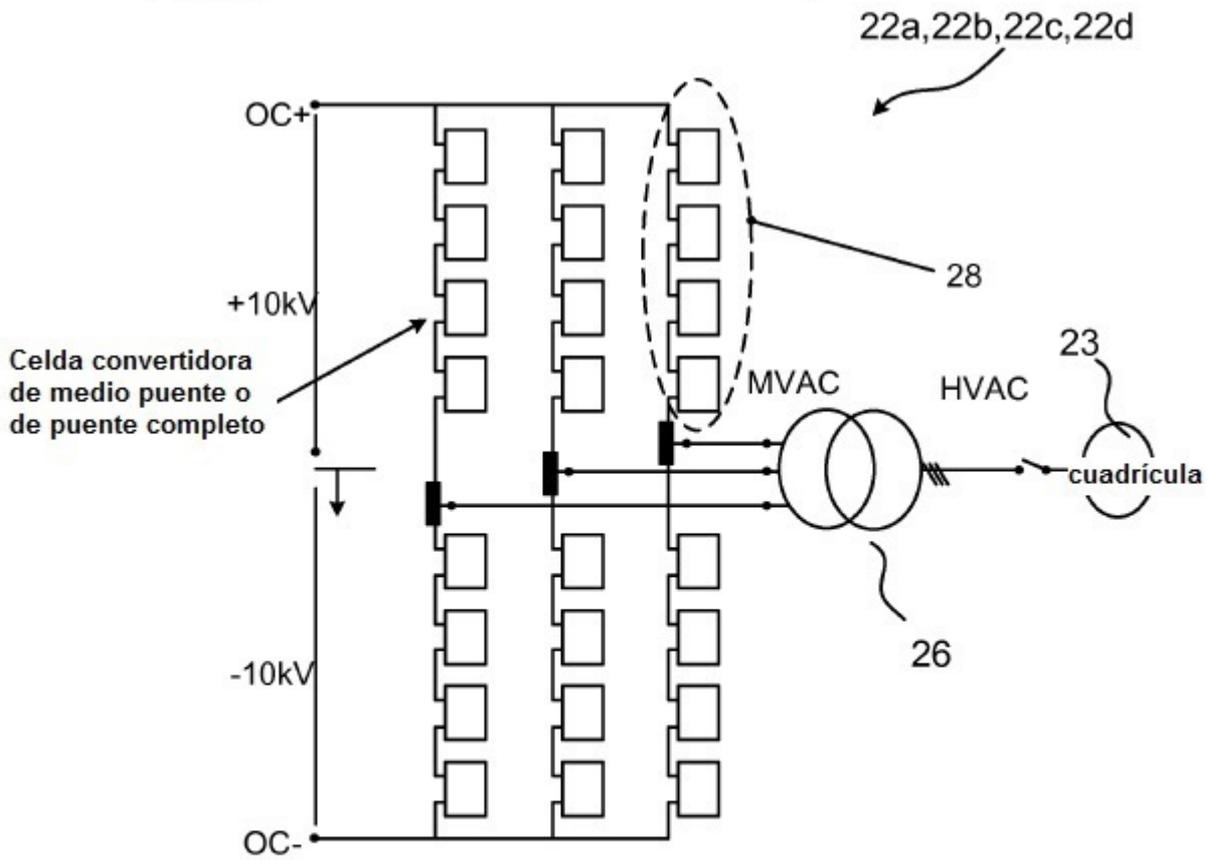


Fig. 6