

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 795 413**

51 Int. Cl.:

H02M 7/537 (2006.01)

H02J 1/14 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02M 7/797 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.05.2012 E 12166719 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 2523339**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para la generación de energía mediante una instalación fotovoltaica con compensación de energía entre las ramas de los generadores de tensión continua**

30 Prioridad:
11.05.2011 DE 102011075658

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.11.2020

73 Titular/es:
**ASIA PACIFIC (CHINA) INVESTMENT
MANAGEMENT CO. LTD., (100.0%)
Room 138, no. 19 Xinya Road, Wujin National
High- Tech Industrial Development Zone
Wuxi, CN**

72 Inventor/es:
**HAUSER, THOMAS;
DOBRENKO, ALEXEY;
SCHILLI, MARCO y
LARIONOV, PAVEL**

74 Agente/Representante:
GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 795 413 T3

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

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para la generación de energía mediante una instalación fotovoltaica con compensación de energía entre las ramas de los generadores de tensión continua

5

Campo de la invención

La invención se refiere a un procedimiento para la generación de energía por medio de una instalación fotovoltaica, en particular la invención se refiere a un procedimiento para la compensación de energía entre generadores de tensión continua y un inversor. Además, la invención se refiere a una instalación fotovoltaica.

10

Antecedentes de la invención

Es de conocimiento general que las células solares producen energía eléctrica a partir de la energía solar. Las células solares pueden combinarse para formar módulos de células solares o las denominadas cadenas de células solares. Toda la instalación que genera energía eléctrica a partir de la energía solar y que la alimenta a una red de suministro público suele denominarse instalación fotovoltaica.

15

La producción eléctrica que se puede alcanzar en una instalación fotovoltaica depende del número de células solares usadas y del rendimiento, es decir, de la relación entre la potencia suministrada a la red de suministro y la potencia generada.

20

En los sistemas fotovoltaicos, normalmente se conectan hasta tres cadenas de células solares a un inversor sin transformador por medio de un potencial de referencia común. Aquí, en cada caso, una primera cadena de células solares genera un potencial positivo con respecto a este potencial de referencia y, en cada caso, una segunda cadena de células solares genera un potencial negativo con respecto a este potencial de referencia. Estos potenciales se transmiten al inversor, el cual, a partir de estos potenciales genera la tensión alterna alimentada a la red de suministro. Este circuito se puede usar tanto para inversores monofásicos como trifásicos. Este circuito es particularmente ventajoso para los inversores trifásicos, ya que los inversores trifásicos necesitan dos circuitos intermedios.

25

30

Con el mismo dimensionamiento de las cadenas de células solares y, por lo demás, en las mismas condiciones, las cantidades de energía generadas en las ramas positiva y negativa deberían ser las mismas. Sin embargo, es problemático que se pueda producir un desequilibrio en la corriente alterna generada si, por ejemplo, una cadena de células solares está al menos parcialmente en sombra o las cadenas de células solares en las dos ramas tienen salidas nominales diferentes debido a sus tolerancias. En tal caso, el inversor no sólo genera una corriente alterna, sino también, de manera no deseable, una corriente continua. Este es un efecto no deseado que puede dañar a los consumidores eléctricos de CA conectados a una red de suministro. Además, las normas y los estándares especifican un valor límite para la alimentación de una corriente continua en las redes de suministro público que no debe ser superado.

35

40

Para evitar el problema mencionado, la potencia de la célula solar que en ese momento suministra más energía eléctrica se puede ajustar a un valor de potencia que se corresponde con la potencia de la célula solar que suministra menos energía eléctrica. Sin embargo, a través de este proceso se pierde la energía eléctrica generada por el Sol, lo que reduce el rendimiento y que en última instancia debería evitarse.

45

Otra forma de evitar que una corriente continua se introduzca en una red de suministro público es usar los llamados circuitos de cadenas múltiples, en los que cada una de las cadenas de células solares tiene un controlador de CC dedicado que hace funcionar la cadena de células solares en un punto de funcionamiento lo más óptimo posible. En este caso, sin embargo, las pérdidas no deseadas son generadas por los controladores de CC o por los convertidores de tensión, incluso si ambas células solares o cadenas de células solares generan la misma potencia eléctrica. Dado que los convertidores CC deben estar configurados para la potencia nominal de las células solares o de las cadenas de células solares, esto requiere de manera correspondiente unos componentes grandes y costosos.

50

La publicación de la patente US 2010/0308660 A1 describe un circuito para maximizar la potencia de varias fuentes de energía conectadas en serie y que suministran diferentes corrientes continuas. La corriente diferencial de las corrientes desiguales se deriva de las fuentes de corriente y su energía se almacena primero en una memoria de campo magnético inductivo y luego se añade a la corriente total de las fuentes de corriente conectadas en serie. Para ello, los interruptores se alternan con un ciclo de funcionamiento ajustable.

55

El documento "A novel high performance utility interactive photovoltaic inverter system" Industry Applications Conference 2000, Conference Record of the 2000 IEEE 8-12 octubre 2000, Piscataway, NJ, EE.UU., IEEE, Vol. 4, 8 de octubre de 2000, páginas 2255-2260, describe un sistema inversor fotovoltaico que puede controlar la potencia generada por cada módulo fotovoltaico conectado en serie.

60

65

Resumen de la invención

En este contexto, uno de los objetivos de la presente invención es aumentar el rendimiento de una instalación fotovoltaica.

5 Según la invención, este objetivo se consigue mediante un proceso con las características de la reivindicación 1 y una instalación fotovoltaica con las características de la reivindicación 6. Las formas de realización ventajosas se definen en las reivindicaciones dependientes.

10 El hecho constatable en el que se basa la presente invención es que las ramas de tensión continua, a través de las cuales se transmite la energía eléctrica desde al menos un generador de tensión continua al inversor, deben transmitir la misma energía eléctrica para permitir una alimentación eficiente y, en la medida de lo posible libre de porción continua de la corriente eléctrica, a una red de suministro público. Si solo se proporciona un generador de tensión continua, o si los generadores de tensión continua asignados a las diferentes ramas de tensión continua producen una cantidad diferente de energía eléctrica, no se dispone de la misma energía eléctrica en las diferentes ramas de tensión continua. Mediante el procedimiento según la invención y un circuito según la invención, ahora es posible establecer un equilibrio de la energía entre las ramas individuales de tensión continua.

20 La idea de la presente invención consiste en el hecho de que la energía eléctrica de la rama de tensión continua que tiene la mayor potencia eléctrica se almacena en elementos de almacenamiento inductivo de energía y se transfiere por medio de un control adecuado de un dispositivo de conmutación a la rama de tensión continua que tiene la menor potencia eléctrica. Allí la energía eléctrica se almacena primero en elementos de almacenamiento capacitivo de energía hasta que se transfiere al inversor, o la energía se transfiere directamente al inversor.

25 La presente invención hace uso de las propiedades de los elementos de almacenamiento inductivo de energía para contrarrestar un cambio del flujo de la corriente mediante una contratensión inducida con estos elementos. Dado que la magnitud de esta contratensión depende de la velocidad de cambio del flujo de corriente, esta magnitud puede asumir valores altos cuando se produce una interrupción abrupta de la corriente que fluye a través del elemento de almacenamiento inductivo de energía. Estas tensiones pueden ser lo suficientemente grandes como para hacer que la energía se transfiera a la rama de tensión continua que tiene la menor potencia eléctrica. De este modo, la energía magnética almacenada en el campo magnético del elemento de almacenamiento inductivo de energía se convierte en energía eléctrica y se transfiere a la rama de tensión continua que tiene la potencia eléctrica más baja. Si se prevé un elemento común de almacenamiento inductivo de energía y sólo un interruptor para cada una de las ramas de tensión continua para la compensación de la energía eléctrica entre las ramas de tensión continua, es posible entonces un uso rentable del procedimiento y una construcción sencilla y económica de la instalación fotovoltaica.

35 Si los generadores de tensión continua están configurados para una tensión de, por ejemplo, hasta 1000 voltios, entonces se pueden usar interruptores individuales para cada una de las ramas de tensión continua.

40 Con el fin de reducir el alto tensión de conmutación, en una realización alternativa la presente invención proporciona dos interruptores dispuestos en serie para cada rama de tensión continua, estando cada uno de ellos asignado a un bobinado de un elemento de almacenamiento inductivo de energía. Como resultado, tanto a los interruptores como a los bobinados del elemento de almacenamiento inductivo de energía solo se les aplica a medias la tensión eléctrica generada por los generadores de tensión continua. De este modo es posible transferir la energía entre las ramas de tensión continua, cada una de las cuales puede tener tensiones elevadas de hasta 1000 voltios, por ejemplo.

50 Si la presente invención funciona en una instalación solar con exactamente un generador de tensión continua, el dispositivo de conmutación transfiere el 50 % de la energía generada por el generador de tensión continua en una rama de tensión continua a la otra rama de tensión continua correspondiente.

A partir de las subreivindicaciones y de la descripción, haciendo referencia a las figuras de los dibujos, se derivan formas de realización y perfeccionamientos ventajosos.

55 En una forma de realización, el dispositivo de conmutación tiene un primer interruptor y un segundo interruptor, cuyas trayectorias de carga están dispuestas en serie una con respecto a la otra y entre la primera rama de tensión continua y la segunda rama de tensión continua, estando el elemento común de almacenamiento inductivo de energía conectado a un punto de conexión entre el primer y el segundo interruptor. En el paso de la compensación de la energía, aquí solo se conmuta uno de los dos interruptores. Mediante el uso de un único interruptor para cada una de las ramas de tensión continua, que usan un elemento común de almacenamiento inductivo de energía para llevar a cabo la compensación de la energía entre las ramas de tensión continua, es posible realizar una construcción muy simple y robusta del dispositivo de conmutación en términos de tecnología de circuitos. Además, esta construcción permite un control muy sencillo del dispositivo de conmutación, ya que en cada caso solo hay que conmutar un único interruptor a la vez para transferir la energía eléctrica de una rama de tensión continua a otra rama de tensión continua. Mediante el uso de un único elemento de almacenamiento inductivo de energía se consigue una construcción rentable del dispositivo de conmutación debido a la eliminación de un elemento de almacenamiento inductivo de energía.

5 En otra forma de realización, el paso de compensación de la energía del dispositivo de conmutación consiste en que antes de que tenga lugar la transferencia de energía entre las ramas de tensión continua, se conmutan los interruptores de la rama de tensión continua que tiene la mayor potencia eléctrica de tal manera que los dos elementos de almacenamiento capacitivo de energía conectados en serie de la rama de tensión continua que tiene la mayor potencia eléctrica antes de que tenga lugar la transferencia de energía, tienen la misma tensión eléctrica. Incluso si los dos elementos de almacenamiento capacitivo de energía conectados en serie se conectan en paralelo con los respectivos generadores de tensión continua de las ramas individuales de tensión continua, es posible que éstos tengan una tensión diferente. Si los dos bobinados del elemento de almacenamiento inductivo de energía están conectados a un total de cuatro bobinados de una rama de tensión continua, cuando los elementos de almacenamiento capacitivo de energía tienen tensiones diferentes se forma un transformador y tiene lugar una compensación de la tensión, la cual ocasiona un flujo de corriente. Por medio de este flujo de corriente se cargan tanto los elementos de almacenamiento inductivo de energía como los interruptores. Si se compensan las tensiones de los elementos de almacenamiento capacitivo de energía conmutando un único interruptor de la correspondiente rama de tensión continua antes de que tenga lugar una transmisión de energía, esta carga puede reducirse o incluso eliminarse. Con ello se aumenta la vida útil de los distintos componentes.

20 En otra forma de realización, la primera rama de tensión continua tiene un potencial eléctrico positivo con respecto a un potencial de referencia y/o la segunda rama de tensión continua tiene un potencial eléctrico negativo con respecto al potencial de referencia. Una forma de realización de este tipo de la instalación fotovoltaica permite un cambio efectivo de dirección de la corriente continua generada por los generadores de tensión continua. Además, una forma de realización de este tipo permite el acoplamiento del inversor a los generadores de tensión continua a través de un potencial de referencia común. Esto evita las corrientes de fuga parásitas y capacitivas de los generadores de tensión continua contra el potencial de tierra.

25 En otra forma de realización, al compensar la energía, el dispositivo de conmutación se controla de tal manera que después de la compensación de energía, la primera y la segunda rama de tensión continua tienen la misma cantidad de energía eléctrica. De esta manera, se puede generar una corriente alterna de salida simétrica por medio del inversor, que está en gran medida libre de componentes de corriente continua.

30 En una forma de realización, la conmutación del dispositivo de conmutación tiene lugar por medio de una señal de control modulada por anchura de pulso, una señal de control modulada por frecuencia de pulso y/o una señal de control modulada por fase de pulso. En la actualidad existe un gran número de procedimientos y de componentes eléctricos estándar que pueden generar al menos uno de los tipos de señal mencionados. El uso de esos tipos de señal permite usar componentes estándar baratos y fácilmente disponibles y proporcionar un dispositivo de control sencillo, robusto y económico. En otra forma de realización, un dispositivo de control calcula una señal de control modulada por anchura de pulso, una señal de control modulada por frecuencia de pulso y/o una señal de control modulada por fase de pulso de acuerdo con un algoritmo predeterminado.

40 En una forma de realización, los interruptores están configurados como IGBT y/o transistores bipolares y/o FET de potencia. Los citados interruptores de semiconductores tienen tiempos de conmutación cortos y baja disipación de energía y son adecuados para la conmutación de alta potencia. El uso de los mencionados interruptores semiconductores permite un funcionamiento eficiente de la instalación fotovoltaica y, por lo tanto, un mayor rendimiento energético. En otras formas de realización se pueden usar también otros elementos de conmutación eléctrica que cumplen los requisitos respectivos.

50 En una forma de realización, los generadores de tensión continua están configurados como cadenas de células solares y/o como módulos de células solares. Una cadena de células solares suele estar compuesta por una pluralidad de células solares conectadas en serie. Un módulo de células solares, por su parte, consiste en una pluralidad de células solares individuales o de cadenas de células solares conectadas en paralelo y/o en serie.

55 En una forma de realización adicional, el dispositivo de control está configurado como un dispositivo controlado por programa, como un microcontrolador, como un microprocesador, como un circuito integrado específico para cada aplicación, como un dispositivo lógico programable, como una FPGA, como un CPLD o como un producto de programa informático que puede ser integrado en un dispositivo controlado por programa.

En otra forma de realización, también se puede prever un único dispositivo de control que controle tanto el dispositivo de conmutación como el inversor.

60 Las formas de realización y los perfeccionamiento que se han mencionado pueden combinarse entre sí de cualquier manera que tenga sentido. Las posibles formas de realización, los perfeccionamientos y las implementaciones adicionales de la invención también incluyen combinaciones de características de la invención descritas anteriormente o que se describirán más adelante con respecto a los ejemplos de realización que no se mencionan explícitamente. En particular, el experto también añadirá aspectos individuales en forma de mejoras o de adiciones a la respectiva forma básica de la presente invención.

Contenido de los dibujos

5 La presente invención se explica más detalladamente a continuación sobre la base de los ejemplos de formas de realización dados en las figuras esquemáticas de los dibujos. Se muestra:

Fig. 1 un diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica según la invención;

10 Fig. 2 otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica según la invención;

Fig. 2a otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica según la invención;

Fig. 3 otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica según la invención;

15 Fig. 4 un diagrama de flujo de la forma de realización de un procedimiento según la invención;

En todas las figuras, los elementos y los dispositivos idénticos o de función idéntica han sido provistos de los mismos signos de referencia, a menos que se especifique lo contrario.

20 Descripción de ejemplos de realización

25 La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica 1 con dos módulos de células solares 2, 3 conectados en serie, que están acoplados a un inversor 4 a través de dos ramas de tensión continua 5, 6. Además, la instalación fotovoltaica de la Fig. 1 tiene un dispositivo de conmutación 7, que está acoplado a un punto de conexión entre los dos módulos de células solares 2, 3. Además, el dispositivo de conmutación 7 está conectado a las dos ramas de tensión continua 5, 6 y a un dispositivo de control 8. El dispositivo de control 8 también tiene conexiones a las dos ramas de tensión continua 5, 6.

30 En la forma de realización mostrada en la Fig. 1, cada uno de los módulos de células solares 2, 3 tiene una tensión nominal de 600 voltios. En otras formas de realización, los módulos de células solares 2, 3 pueden tener tensiones nominales de entre 12 y 1500 voltios y más, especialmente de entre 200 y 1000 voltios, especialmente también de entre 300 y 700 voltios. En una forma de realización adicional, en lugar de los módulos de células solares 2, 3, se pueden prever células solares individuales 2, 3 o cadenas de células solares 2, 3.

35 El dispositivo de control 8 que se muestra en la Fig. 1 está configurado para controlar el dispositivo de conmutación 7 de tal manera que la energía eléctrica se transfiera desde una primera rama de tensión continua 5 a una segunda rama de tensión continua 6, o viceversa. Para ello, el dispositivo de control 8 identifica la rama de tensión continua 5, 6 que presenta la menor potencia eléctrica.

40 La potencia eléctrica que tienen cada una de las ramas de tensión continua se mide por procedimientos conocidos. En una forma de realización, la medición de la potencia se puede llevar a cabo usando una combinación de medición de tensión y de corriente. La medición de la tensión puede realizarse mediante un convertidor analógico/digital (A/D), que convierte una tensión analógica en un valor digital, el cual puede ser procesado, por ejemplo, por la unidad de control 8. La medición de la corriente puede llevarse a cabo mediante una medición de la tensión en una resistencia en derivación o mediante dispositivos de medición sin contacto, como por ejemplo las pinzas medidoras de corriente.

45 Para transmitir la energía eléctrica, en el dispositivo de conmutación 7 se aprovecha la autoinducción del elemento de almacenamiento inductivo de energía L1 o de las cuatro bobinas del elemento de almacenamiento inductivo de energía, con un total de cuatro bobinas L2 - L5. Para ello, la energía eléctrica se almacena en el campo magnético de las bobinas L1 - L5 en forma de energía magnética. Si se abren los interruptores asignados al respectivo bobinado L1 - L5, la corriente que fluye a través de los respectivos bobinados L1 - L5 se interrumpe abruptamente y se crea una tensión autoinducida en el respectivo bobinado L1 - L5. Esta tensión se usa en el dispositivo de conmutación para transferir energía eléctrica de una rama de tensión continua a otra rama de tensión continua.

50 El dispositivo de conmutación 7 mostrado en la Fig. 1 y el dispositivo de control 8 están configurados como dispositivos previstos entre los módulos de células solares 2, 3 y el inversor 4. En otra forma de realización, el dispositivo de conmutación 7 y el dispositivo de control 8 están previstos como un solo módulo. En otra forma de realización, el dispositivo de conmutación 7 y el dispositivo de control 8 están configurados como componentes de la electrónica de control de los módulos de células solares 2, 3 o del inversor 4.

55 En el ejemplo de realización mostrado en la Fig. 1, la unidad de control 8 está realizada como una unidad de control basada en un microcontrolador 8. Durante el funcionamiento de la instalación fotovoltaica 1, un microcontrolador registra la potencia eléctrica presente en las ramas de tensión continua 5, 6 y controla el dispositivo de conmutación 7 en función de la potencia registrada. En otras formas de realización, el dispositivo de control 8 puede estar configurado como ASIC, FPGA o similar.

En todavía otras formas más de realización, la unidad de control 8 está configurada como un producto de programa informático, que es ejecutado en un procesador del inversor 4 o, por ejemplo, en un dispositivo de visualización y de manejo de la instalación fotovoltaica 1.

5 La figura 2 muestra otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica 1 según la invención.

10 A diferencia de la Fig. 1, el dispositivo de conmutación 7 de la Fig. 2 tiene dos condensadores C1, C2, que en paralelo a los módulos de células solares 2, 3 están conectados entre sí en serie a las ramas de tensión continua 5, 6. Un punto de conexión 11 entre los condensadores C1, C2 está conectado a un punto de conexión 12 entre los módulos de células solares. Además, están previstos dos interruptores S1, S2 realizados en serie, en paralelo a los condensadores C1, C2, que también están conectados a las ramas de tensión continua 5, 6. El interruptor S1 tiene un diodo D1 dispuesto en paralelo a él, que está dispuesto desde un punto de conexión 13 entre los interruptores S1, S2 hasta la rama de tensión continua 5 en la dirección de paso. El interruptor S2 tiene un diodo D2 conectado en paralelo a él, que está dispuesto entre la rama de tensión continua 6 y el punto de conexión 13 en la dirección de paso. Además, una bobina L1 está conectada al punto de conexión 11 y al punto de conexión 13. Finalmente, el punto de conexión 11 está conectado al potencial de referencia común M, al inversor 4 y a un consumidor eléctrico 14.

20 A continuación se describe a modo de ejemplo una transferencia de energía de la rama de tensión continua 6 a la rama de tensión continua 5.

25 Si, en la disposición representada en la Fig. 2, la energía eléctrica debe ser transferida de la rama 6 de tensión continua a la rama 5 de tensión continua, el interruptor S2 se cierra, con lo cual se permite que la corriente fluya a través de la bobina L1. En la bobina L1, debido al flujo de corriente, se crea un campo magnético. Si se abre ahora el interruptor S2, la bobina L1 genera una tensión autoinducida debido a su inductancia, que es positiva con respecto al potencial eléctrico de la rama de tensión continua 5 y de mayor magnitud que el potencial eléctrico de la rama de tensión continua 5. Si esta tensión autoinducida supera el potencial eléctrico de la rama de tensión continua 5 por el valor de la tensión umbral del diodo D1, el diodo D1 se vuelve conductivo y una corriente fluye desde la bobina L1 hacia la rama de tensión continua 5. Si la tensión autoinducida desciende por debajo del potencial eléctrico de la rama de tensión continua 5, el interruptor S2 se cierra para crear de nuevo el campo magnético de la bobina L1.

35 En una forma de realización, la bobina L1 tiene una inductancia de entre 100 μ H y 1000 μ H y está diseñada para una tensión de 1000 voltios. Los condensadores C1 y C2 tienen una inductancia de aproximadamente 100 μ F así como una tensión nominal de 600 voltios. En otros ejemplos de realización, la inductancia de la bobina L1 puede ascender a más de 2 mH y la capacitancia de los condensadores C1, C2 valores a más de 10 mF. Además, son posibles tensiones nominales de los componentes de más de 1000 voltios.

40 La figura 2a muestra otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica 1 según la invención.

45 A diferencia de la Fig. 2, la instalación fotovoltaica 1 de la Fig. 2a tiene un solo elemento de almacenamiento inductivo de energía en lugar de la bobina L1 con dos bobinas L1a, L1b, de las cuales cada una de las bobinas L1a, L1b está conectada en serie a uno de los interruptores S1 y S2.

La transferencia de energía se lleva a cabo aquí también cerrando y abriendo uno de los interruptores S1 o S2.

50 La Fig. 3 muestra otro diagrama de bloques de una forma de realización de una instalación fotovoltaica según la invención. La instalación fotovoltaica 1 que se muestra en la Fig. 3 se diferencia de la instalación fotovoltaica 1 que se muestra en la Fig. 2 en que se proporcionan cuatro condensadores C3, C4, C5, C6, que están conectados en serie a las ramas de tensión continua 5, 6, en paralelo a los módulos de células solares 2, 3.

55 Un punto de conexión 11, que está dispuesto entre los dos condensadores C3, C4, que están asignados a la rama de tensión continua 5, y los dos condensadores C5, C6, que están asignados a la rama de tensión continua 6, está conectado eléctricamente a un punto de conexión 12 entre los dos módulos de células solares 2, 3 y a un potencial de referencia común M. Además, el inversor 4, el consumidor eléctrico 14 y un punto de conexión 13, que se encuentra entre las dos bobinas L2, L3, que están asignadas a la rama de tensión continua 5, y las dos bobinas L4, L5, que están asignadas a la rama de tensión continua 6, están conectados eléctricamente al potencial de referencia M.

60 Las cuatro bobinas L2, L3, L4, L5 están montadas en paralelo con los cuatro condensadores C3, C4, C5, C6, estando cada una de las bobinas L2, L3, L4, L5 conectada previamente en serie por un interruptor S3, S4, S5, S6, en donde cada uno de los conmutadores tiene dispuesto en paralelo a él un diodo D3, D4, D5, D6 desde la rama de tensión continua 6 a la rama de tensión continua 5 en la dirección de avance.

65 Finalmente, la forma de realización de la Fig. 3 tiene dos bobinas L6, L7. La bobina L6 se encuentra entre un punto de conexión 15, que se encuentra entre los dos condensadores C3 y C4, y un punto de conexión 17, que se encuentra

entre las dos bobinas L2 y L3. La bobina L7 se encuentra entre un punto de conexión 16, que se encuentra entre los dos condensadores C5 y C6, y un punto de conexión 18, que se encuentra entre las dos bobinas L4 y L5. Las bobinas L3 y L4 están acopladas magnéticamente en direcciones opuestas a las bobinas L5 y L6. Esto se deja claro por medio de un punto en la parte superior de las bobinas L3 y L4 y un punto en la parte inferior de las bobinas L5 y L6.

5 En la actualidad, hay disponibles interruptores de semiconductores por lo general para tensiones de hasta 1200 voltios. Sin embargo, los módulos de células solares 2, 3 modernos pueden generar juntos tensiones de más de 1200 voltios.

10 En la forma de realización mostrada en la Fig. 3, la tensión eléctrica generada por los distintos módulos de células solares 2, 3 se distribuye a cada uno de los componentes dispuestos en serie, como por ejemplo los condensadores C3, C4, C5, C6, los interruptores S3, S4, S5, S6 y las bobinas L2, L3, L4, L5. Por lo tanto, la forma de realización que se muestra en la Fig. 3 permite el uso de componentes semiconductores comunes, especialmente para los interruptores S3, S4, S5, S6, incluso si los módulos de células solares generan juntos tensiones que se sitúan por encima de los 1200 voltios.

15 Si hay que transferir la energía eléctrica desde una rama de tensión continua 5, 6 a la otra rama de tensión continua 6, 5 por medio de la disposición de circuitos mostrada en la Fig. 3, primero se cargan los condensadores C3, C4 al potencial del módulo de células solares 2 y los condensadores C5, C6 al potencial del módulo de células solares 3.

20 Debido, por ejemplo, a las tolerancias de los componentes, puede suceder que después de este proceso de carga los condensadores C3 y C4 tengan diferentes tensiones y/o los condensadores C5 y C6 tengan diferentes tensiones. Si se conmutara ahora el dispositivo de conmutación 7 para transferir energía de una de las ramas de tensión continua 5, 6 a la otra rama de tensión continua 6, 5, se producirían corrientes de compensación muy altas entre las bobinas L2 y L3 o las bobinas L4 y L5 debido a esta diferencia de potencial. Estas corrientes de compensación cargarían los componentes individuales. Por consiguiente, cualquier diferencia de potencial que pudiera existir debe ser compensada antes de una transferencia de energía.

25 Para compensar esta diferencia de potencial, se determina cuál de los condensadores C3, C4 o C5, C6 tiene la tensión más alta y el interruptor S3, S4 o S5, S6 asignado a este condensador C3, C4 o C5, C6 se enciende o se apaga de manera cronometrada.

30 Este proceso se ilustra a continuación con la ayuda de un ejemplo en el que el condensador C6 tiene un potencial más alto que el condensador C5. Primero se cierra el interruptor S6. A continuación se crea un flujo de corriente desde el condensador C6 a través de la bobina L7 hasta la rama de tensión continua 6. Esto conduce a que la bobina L7 genere un campo magnético en el que se almacena energía en forma de energía magnética. Si se abre de nuevo el interruptor S6, esto da lugar a una interrupción abrupta del flujo de corriente a través de la bobina L7. Debido a su inductancia, la bobina L7 genera una tensión inducida, que crea en el punto de conexión 18 un potencial positivo con respecto a los puntos de conexión 11, 12 y 13. Con ello, el diodo D5 se encuentra en la dirección de paso y una corriente fluye desde la bobina L7 hacia el condensador C5, con lo cual aumenta el potencial aplicado a este último. Este proceso de compensación se repite hasta que en el condensador C5 hay aproximadamente el mismo potencial que en el condensador C6.

35 Una compensación de potencial de este tipo también se puede llevar a cabo para los condensadores de la segunda rama de tensión continua 5. En particular, tal compensación de energía se lleva a cabo para los condensadores de la rama de tensión continua 5, 6 desde la cual se debe transmitir la energía eléctrica.

40 Después de que se haya producido una compensación de potencial entre los condensadores C3, C4 o C5, C6, puede tener lugar una transferencia de energía entre las ramas de tensión continua 5, 6. Para ello, los interruptores S3, S4 o S5, S6, asignados a la rama de tensión continua 5, 6, desde la cual se debe transferir energía eléctrica a la otra rama de tensión continua 6, 5, se conectan o se desconectan de manera conjunta.

45 Si, por ejemplo, la energía eléctrica debe ser transferida de la rama de tensión continua 5 a la rama de tensión continua 6, está previsto el procedimiento que se describe a continuación.

50 Primero se cierran los interruptores S3 y S4. Con ello fluye una corriente a través de las bobinas L2 y L3. Esto hace que se forme un campo magnético en las bobinas L2 y L3, que almacenan energía magnética. Si se abren ahora de nuevo los interruptores S3 y S4, las bobinas L2 y L3 transfieren la energía almacenada en el campo magnético a las bobinas L4 y L5, lo que hace que fluya una corriente en ellas. Este flujo de corriente conduce a su vez a un aumento de potencial en los condensadores C5 y C6. La transferencia de energía entre cada uno de los L2, L3 y L4, L5 corresponde a la transferencia de energía entre las bobinas de un convertidor flyback y se repite hasta que la cantidad de energía eléctrica en la rama de tensión continua 5 se corresponda con la cantidad de energía eléctrica en la rama de tensión continua 6.

55 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de una forma de realización de un procedimiento según la invención, que se lleva a cabo en particular con una instalación fotovoltaica 1 según una de las figuras 1, 2 y 3.

En un primer paso V1 se proporciona un dispositivo de conmutación 7 según una de las figuras 1, 2 o 3.

En un segundo paso V2, se identifica la rama de tensión continua que tiene la menor potencia eléctrica.

5 En un último paso V3, la energía del dispositivo de conmutación 7 se compensa de tal manera que la energía eléctrica se transfiere a la rama de tensión continua 5, 6 identificada con la potencia eléctrica más baja. La compensación V3 de la energía se lleva a cabo siempre y cuando las ramas de tensión continua 5, 6 tengan diferentes potencias eléctricas.

10 Aunque la presente invención ha sido descrita anteriormente con la ayuda de ejemplos de realización preferidos, no se limita a ellos sino que se la puede modificar de múltiples maneras. En particular, la invención puede cambiarse o modificarse de diversas maneras sin desviarse del núcleo de la invención.

15 **0066]** En particular, la invención también se puede usar en dispositivos que reciben un tensión continua desde dos o más baterías conectadas en serie y la convierten en una tensión alterna por medio de un inversor. Este puede ser el caso, por ejemplo, en los llamados sistemas autónomos en los que la energía eléctrica generada por las células solares se almacena en baterías hasta que se convierte en una tensión alterna cuando se necesita.

20 **Lista de signos de referencia**

- 1 Instalación fotovoltaica
- 2 Generador de tensión continua
- 3 Generador de tensión continua
- 25 4 Inversor
- 5 Rama de tensión continua
- 6 Rama de tensión continua
- 7 Dispositivo de conmutación
- 8 Unidad de control
- 30 11–13 Puntos de conexión
- 14 Consumidor y/o red de suministro
- 15–18 Puntos de conexión
- C1-C6 Elemento de almacenamiento capacitivo de energía
- D1-D6 Diodos
- 35 L1 Elemento de almacenamiento inductivo de energía
- L1a-L1b Bobinados de un elemento de almacenamiento de energía
- L2-L5 Bobinados de un elemento de almacenamiento de energía
- L6, L7 Elementos de almacenamiento inductivo de energía
- S1-S6 Conmutador
- 40 M Potencial de referencia
- V1-V3 Paso del procedimiento

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la generación de energía por medio de una instalación fotovoltaica (1), que comprende los pasos de:
- 5 puesta a disposición (V1) de un dispositivo de conmutación (7) que está dispuesto entre al menos un generador de tensión continua (2, 3) y un inversor (4) y que está configurado para transferir energía eléctrica de una primera rama de tensión continua (5) a una segunda rama de tensión continua (6) o viceversa, presentando el dispositivo de conmutación (7) para cada una de las dos ramas de tensión continua (5, 6) dos bobinas de un elemento de almacenamiento inductivo de energía cada una de ellas con un total de cuatro bobinas (L2, L3, L4, L5) y dos elementos de almacenamiento capacitivo de energía (C3, C4, C5, C6) conectados en serie cada uno de ellos, estando asignado un interruptor (S3, S4, S5, S6) a cada bobina del elemento de almacenamiento inductivo de energía (L2, L3, L4, L5);
- 10 identificación (V2) de la rama de tensión continua (5, 6) que tiene la menor potencia eléctrica;
- 15 compensación (V3) de la energía del dispositivo de conmutación (7) de tal manera que la energía eléctrica se transfiera a la rama de tensión continua (5, 6) identificada con la potencia eléctrica más baja.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque, al compensar la energía del dispositivo de conmutación (7), los interruptores (S3, S4, S5, S6) de la rama de tensión continua (5, 6) que tiene la mayor potencia eléctrica antes de que se produzca la transferencia de energía, se conmutan de tal manera que los dos elementos de almacenamiento capacitivo de energía (C3, C4, C5, C6), conectados en serie, de la rama de tensión continua (5, 6) que tiene la mayor potencia eléctrica antes de que se produzca una transferencia de energía, tienen la misma tensión eléctrica.
- 20 3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la primera rama de tensión continua (5) tiene un potencial eléctrico positivo con respecto a un potencial de referencia (M) y/o la segunda rama de tensión continua (6) tiene un potencial eléctrico negativo con respecto al potencial de referencia (M).
- 25 4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque cuando la energía está compensada, el dispositivo de conmutación (7) es controlado de tal manera que, después de que la energía se ha compensado, la primera y la segunda rama de tensión continua (5, 6) tienen la misma cantidad de energía eléctrica.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la conmutación del dispositivo de conmutación (7) tiene lugar por medio de una señal de control modulada por anchura de pulso y/o una señal de control modulada por frecuencia de pulso y/o una señal de control modulada por fase de pulso y/o una señal de control modulada por una unidad de control.
- 35 6. Instalación fotovoltaica (1), con al menos un generador de tensión continua (2, 3); con un inversor (4) para convertir la tensión continua generada por los generadores de tensión continua (2, 3) en una tensión alterna, que está conectada a los generadores de tensión continua (2, 3) a través de dos ramas de tensión continua (5, 6); con un dispositivo de conmutación (7), que está dispuesto entre el al menos un generador de tensión continua (2, 3) y el inversor (4) y que está configurado para compensar la energía eléctrica entre las dos ramas de tensión continua (5, 6); con un dispositivo de control (8) que está configurado para identificar la rama de tensión continua (5, 6) que tiene la menor potencia eléctrica y para accionar el dispositivo de conmutación (7) de tal manera que la energía eléctrica se transfiera a la rama de tensión continua identificada (5, 6) con la menor potencia eléctrica, en donde el dispositivo de conmutación (7) comprende en cada caso dos bobinas de un elemento de almacenamiento inductivo de energía con cuatro bobinas (L2, L3, L4, L5) y en cada caso dos elementos de almacenamiento capacitivo de energía (C3, C4, C5, C6) conectados en serie para las ramas de tensión continua (5, 6), y porque cada bobina del elemento de almacenamiento inductivo de energía (L2, L3, L4, L5) tiene asignado un interruptor (S3, S4, S5, S6), estando el dispositivo de control (8) configurado para conmutar sólo dos interruptores (S3, S4, S5, S6) que están asignados a la misma rama de tensión continua (5, 6), dependiendo de la rama de tensión continua identificada (5, 6).
- 40 7. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 6, caracterizado porque el dispositivo de conmutación (7) tiene otro elemento de almacenamiento inductivo de energía (L6, L7) adicional para cada rama de tensión continua (5, 6) y porque el dispositivo de control (8) está configurado para conmutar al menos dos de los interruptores (S3, S4, S5, S6) del dispositivo de conmutación (7) de tal manera que los elementos de almacenamiento de energía capacitivos (C3, C4, C5, C6) de la rama de tensión continua (5, 6) que tiene la mayor potencia eléctrica tienen la misma tensión eléctrica.
- 45 8. Instalación fotovoltaica según las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado porque los conmutadores (S1, S2, S3, S4, S5, S6) están configurados como un IGBT y/o un FET de potencia y/o como transistores bipolares y/o como elementos de conmutación de potencia con diodo integrado o externo.
- 50 9. Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones 6 a 8, caracterizado porque los generadores de tensión continua (2, 3) están configurados como células solares y/o como cadenas de células solares y/o como módulos de células solares y/o como baterías.
- 55 60 65

- 5 **10.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, caracterizado porque el dispositivo de control (8) está configurado como un dispositivo controlado por programa, tal como un microcontrolador, como un microprocesador, como un circuito integrado específico para una aplicación, como un componente lógico programable, como una FPGA, como un CPLD o como un producto de programa informático que está almacenado en un medio que puede ser usado por un ordenador y que contiene medios de programa legibles por ordenador.

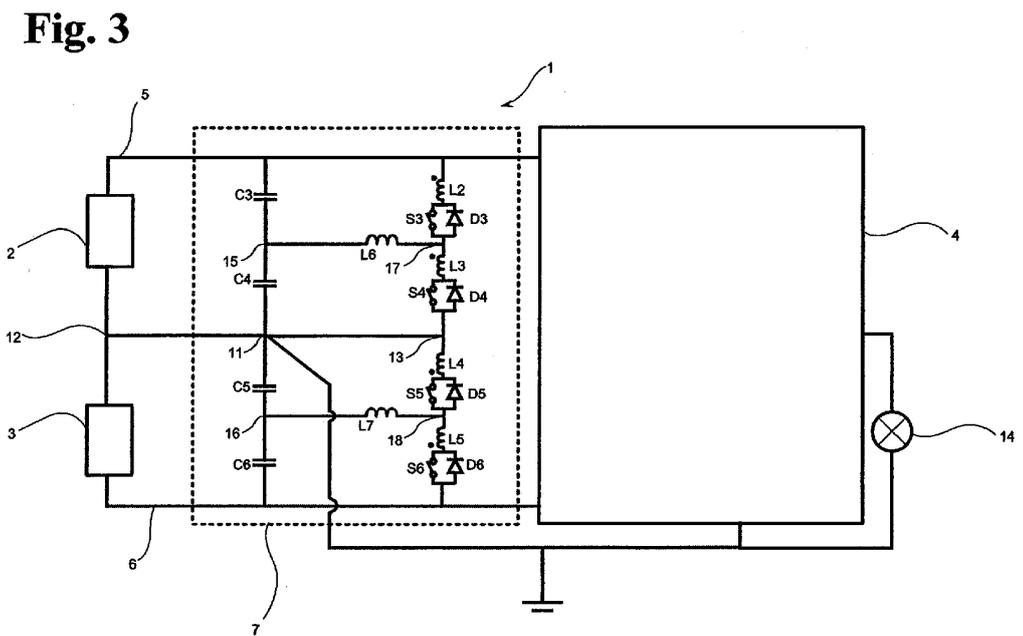
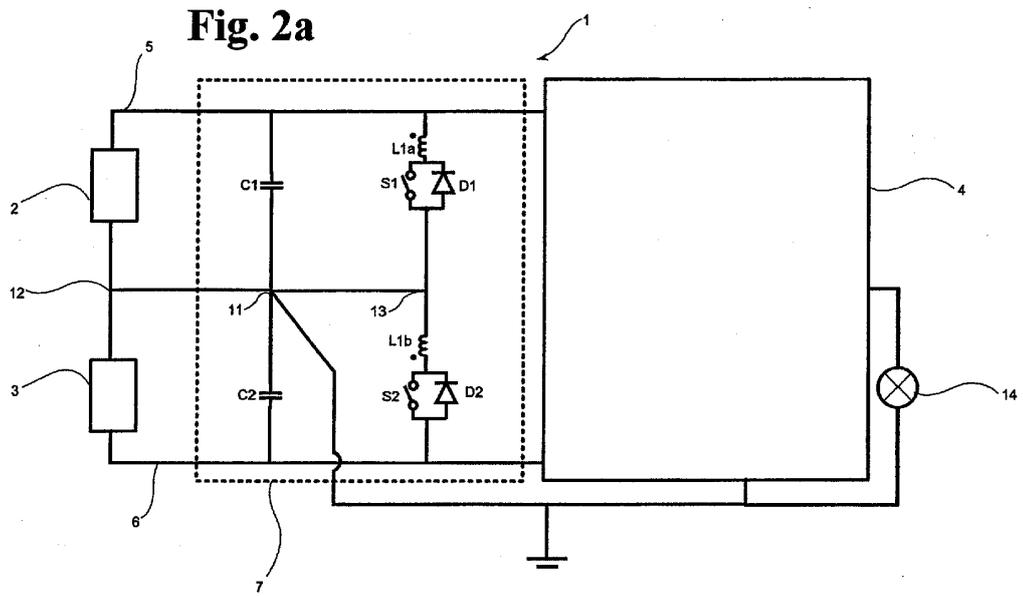


Fig. 4

