

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 720 432**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H01L 31/042 (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.11.2011 PCT/EP2011/069453**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.05.2012 WO12062662**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.11.2011 E 11793347 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.01.2019 EP 2638613**

54 Título: **Método de funcionamiento de una instalación fotovoltaica para la alimentación de energía eléctrica a una red de suministro de energía de media tensión**

30 Prioridad:

08.11.2010 DE 102010060398

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

22.07.2019

73 Titular/es:

**SMA SOLAR TECHNOLOGY AG (50.0%)
Sonnentallee 1
34266 Niestetal , DE y
ADENSIS GMBH (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FALK, ANDREAS;
GERDEMANN, AARON PHILIPP;
NIEBLING, FRANK y
BECK, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 720 432 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

Método de funcionamiento de una instalación fotovoltaica para la alimentación de energía eléctrica a una red de suministro de energía de media tensión

5 La invención se refiere a un método para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica que tiene múltiples módulos fotovoltaicos, al menos un inversor y al menos un transformador de media tensión para la alimentación de energía eléctrica a una red de suministro de energía de media tensión. La invención también se refiere a una instalación fotovoltaica que se diseña para llevar a cabo el método.

10 En el caso de instalaciones fotovoltaicas relativamente grandes, en particular las plantas de campo abierto, también llamadas parques solares, la energía eléctrica producida se alimenta generalmente directamente a una red de suministro de energía de media tensión, por ejemplo, una red de suministro de energía de 20 kilovoltios (kV). Dichas plantas de campo abierto suelen tener múltiples módulos fotovoltaicos, varios de los cuales se conectan en serie para formar las llamadas cadenas. Varias de las cadenas se conectan frecuentemente juntas para suministrar la energía producida por ellas en forma de corriente continua a uno de los posibles varios inversores que se proporcionan. En el lado de salida, los inversores se conectan a un devanado primario de un transformador de media tensión. En este caso, se puede proporcionar un transformador de media tensión para cada inversor, o bien se pueden conectar varios inversores a un transformador de media tensión, posiblemente con devanados primarios diferentes. La energía producida se alimenta, posiblemente mediante un contactor de acoplamiento, a la red de suministro de energía de media tensión mediante la salida o salidas en el lado secundario del transformador.

20 Una instalación fotovoltaica de este tipo, en la que los inversores se conectan directamente a los transformadores de media tensión, se conoce por el artículo "Enel's 3-MW Power Station Preliminary Design", C. Corvi et al., 10ª Conferencia Europea de Energía Solar Fotovoltaica, 1991. En este caso, se utilizan inversores que tienen puentes inversores equipados con tiristores. Los inversores se conmutan mediante la red de suministro de energía, es decir, obtienen la tensión de conmutación, así como la tensión de conmutación de los tiristores, a partir de la red de suministro de energía.

25 Debido a su eficiencia relativamente baja, los inversores modernos con puentes inversores montados con tiristores todavía se utilizan en raras ocasiones. Es más común utilizar transistores en conmutación en los puentes inversores, para permitir que el inversor funcione por modulación de anchura de impulsos. En este caso, los transistores utilizados son generalmente IGBT (transistores bipolares de puerta aislada) o MOSFET (transistores de efecto de campo metal-óxido-semiconductor). Para la protección contra altas tensiones en la dirección de polarización inversa, estos transistores normalmente se protegen mediante un diodo que se conecta en sentido antiparalelo y que se polariza directamente cuando el transistor está inversamente polarizado, y que frecuentemente ya está integrado en el transistor. Estos diodos, también denominados diodos volante, forman un rectificador de onda completa desde la conexión a la red de suministro de energía hasta el circuito intermedio de tensión de corriente continua (corriente continua) del inversor. Cuando en el lado de la red de suministro de energía del inversor hay una tensión alterna (corriente alterna), pero los módulos fotovoltaicos no producen una tensión adecuada, se produce un flujo de corriente inversa por los diodos volante a través de los módulos fotovoltaicos, con la energía que es consumida de la red de suministro de energía de tensión de corriente alterna.

40 Para evitar un flujo de corriente inversa de este tipo, se sabe que cada uno de los inversores se conecta a los transformadores de media tensión mediante un contactor de baja tensión de corriente alterna. Los contactores de baja tensión de corriente alterna se utilizan para desconectar el inversor de la red de suministro de energía cuando no hay radiación solar incidente, o cuando ésta es insuficiente, evitando de este modo un flujo de corriente inversa a través de los módulos fotovoltaicos, consumiendo la energía de la red de suministro de energía.

45 Además, los contactores de baja tensión de corriente alterna se pueden utilizar para desacoplar selectivamente el inversor respectivo del transformador de media tensión en caso de sobrecorriente o cortocircuito, en caso de que se infrinjan los parámetros de la red de suministro de energía (tensión, frecuencia, alimentación de potencia reactiva, etc.) o en caso de fallo del inversor. No obstante, la instalación en cada inversor de un contactor de baja tensión de corriente alterna asociado y de un dispositivo de control para el cumplimiento de los parámetros de alimentación de la red de suministro de energía es compleja y costosa.

50 Además, se sabe que se utiliza un contactor de corriente alterna situado entre un transformador de media tensión y la red de suministro de energía para la protección contra fallos, según se describe, por ejemplo, en el artículo "Electrical fault protection for a large photovoltaic power plant inverter", de Collier and Key, Photovoltaic Specialists Conference Record, IEEE, 1988. De acuerdo con este documento, el contactor de corriente alterna funciona en caso de fallo después de que los conectores de corriente continua hayan desacoplado los módulos fotovoltaicos del inversor.

55 En el documento US 2010/0001587 A1 se describe una instalación fotovoltaica en donde los módulos fotovoltaicos o las cadenas de un generador fotovoltaico se acoplan a un inversor por medio de convertidores de CC/CC. De acuerdo con este documento, los convertidores CC/CC se pueden utilizar para desacoplar de forma selectiva

cadenas o módulos de baja potencia del inversor, con el fin de evitar la degradación de todo el generador fotovoltaico.

5 La presente invención se dirige a un método para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica del tipo mencionado inicialmente para alimentar energía eléctrica a una red de suministro de energía de media tensión y a una instalación fotovoltaica correspondiente, en la cual los módulos fotovoltaicos se desconectan de la red de suministro de energía y la protección de corriente inversa se proporciona de una manera menos compleja.

Este objetivo se consigue mediante un método y una instalación fotovoltaica que tiene las características respectivas de las reivindicaciones independientes. Otras mejoras y desarrollos ventajosos del método y de la instalación fotovoltaica se especifican en las respectivas reivindicaciones dependientes.

10 En el método de funcionamiento de una instalación fotovoltaica para la alimentación de energía eléctrica de una red de suministro de energía de media tensión, la instalación fotovoltaica dispone de múltiples módulos fotovoltaicos, al menos un inversor y al menos un transformador de media tensión. En este caso, el lado primario del transformador de media tensión se conecta directamente a una salida de baja tensión de corriente alterna del inversor, y al menos un elemento de conmutación de corriente continua se dispone entre los módulos fotovoltaicos y una entrada de corriente continua del inversor. El método se distingue por que, cuando la energía eléctrica producida por los
15 módulos fotovoltaicos en la instalación fotovoltaica no es suficiente para alimentar de energía eléctrica la red de suministro de energía, los módulos fotovoltaicos se desconectan de un inversor en el lado de tensión de corriente continua mientras que, por el contrario, el inversor permanece conectado a la red de suministro de energía de media tensión en el lado de tensión de corriente alterna por medio del transformador de media tensión.

20 La conexión directa del transformador de media tensión al inversor evita la necesidad del costoso contactor de baja tensión de corriente alterna en el lado primario entre el inversor y el transformador de media tensión. Si los módulos fotovoltaicos no pueden producir suficiente energía eléctrica para introducir, el elemento de conmutación de corriente continua se utiliza para evitar un flujo de corriente inversa a través de los módulos fotovoltaicos.

25 En una variante del método, la instalación fotovoltaica se desconecta de la red de suministro de energía de media tensión en el lado secundario del transformador de media tensión, con la ayuda de un contactor de acoplamiento que se dispone entre el transformador de media tensión y la red de suministro de energía de media tensión, cuando no se cumplen los parámetros de alimentación predeterminados de la red de suministro de energía.

30 Las tareas del contactor de baja tensión de corriente alterna en el lado primario son en esta mejora realizadas conjuntamente por el elemento de conmutación de corriente continua y el contactor de acoplamiento de media tensión: el elemento de conmutación de corriente continua se utiliza para evitar un flujo de corriente inversa a través de los módulos fotovoltaicos y el contactor de acoplamiento se utiliza para la desconexión de la red de suministro de energía de media tensión cuando no se cumplen los parámetros de la red de suministro de energía. En particular en el caso de instalaciones relativamente grandes que tienen varios inversores, esto resulta en una ventaja ya que, en comparación con las instalaciones de acuerdo con la técnica anterior, es posible ahorrar un contactor de baja
35 tensión de corriente alterna en cada inversor y, en su lugar, sólo se necesita un contactor de acoplamiento común para todos los inversores.

La invención se explicará con más detalle en el siguiente texto utilizando una forma de realización de ejemplo y con la ayuda de tres figuras, en las cuales:

40 La Figura 1 muestra una instalación fotovoltaica para la conexión a una red de suministro de energía de media tensión;

La Figura 2 muestra un diagrama de flujo de una forma de realización de ejemplo de un método para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica, y

La Figura 3 muestra un diagrama de flujo de una forma de realización de ejemplo adicional de un método para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica.

45 La instalación fotovoltaica ilustrada en la Figura 1 se subdivide esquemáticamente en cuatro secciones: un generador fotovoltaico 10, una disposición inversora 20, componentes de media tensión 30 y una sección 40 para la conexión a una red de suministro de energía.

50 La sección 40 para la conexión a la red de suministro de energía se incluye una vez en la instalación fotovoltaica. Las otras secciones 10, 20, 30 tienen cada una varios ramales independientes, tres en el ejemplo de la Figura 1, cada una de las cuales tiene idéntico diseño. En la Figura 1, los componentes de los ramales individuales a, b, c se distinguen entre sí por medio de un sufijo a, b, c unido al símbolo de referencia respectivo de los componentes. Cuando se utiliza un símbolo de referencia sin un sufijo tal como éste en el texto siguiente, se refiere o bien a todos los componentes correspondientes conjuntamente o bien a un componente que no se especifica con más detalle, en cuyo caso la asociación con una de los ramales es irrelevante. El número de tres ramales en la instalación

fotovoltaica es en este caso puramente de ejemplo, y no es restrictivo. La invención se puede utilizar para instalaciones fotovoltaicas que tengan cualquier número deseado de ramales.

El generador fotovoltaico 10 tiene múltiples módulos fotovoltaicos 11, varios los cuales en cada caso se pueden conectar entre sí para formar un generador parcial. Para este fin, varios módulos fotovoltaicos 11 pueden, por ejemplo, conectarse en serie para formar cadenas, y varias cadenas conectadas en paralelo forman el generador parcial. En la Figura sólo se muestra simbólicamente un módulo fotovoltaico 11 por cada generador parcial. Un elemento de conmutación de corriente continua 12, por ejemplo, un contactor, se asocia a cada generador parcial. Para simplificar, el elemento de conmutación de corriente continua 12 se denomina a modo de ejemplo en el siguiente texto como contactor de corriente continua (CC) 12.

Todos los generadores parciales de un ramal a, b o c se pueden conectar juntos mediante los contactores de corriente continua 12 en paralelo a una salida 13a, b, c del ramal. A modo de ejemplo, la Figura 1 muestra tres generadores parciales para cada rama. Este número tampoco es restrictivo. Según lo indican los puntos de la figura, normalmente se proporciona un número mucho mayor de generadores parciales en cada rama. Dicha interconexión de los módulos fotovoltaicos individuales 11 para formar cadenas y su interconexión en paralelo para formar generadores parciales son también solamente de ejemplo. Otras combinaciones de circuitos en serie y/o paralelo de los módulos fotovoltaicos 11, por medio de las cuales la energía producida por los módulos fotovoltaicos 11 se combine en cada caso en una salida 13 por cada ramal, son igualmente factibles. Como alternativa para equipar cada generador parcial con un contactor de corriente continua 12, según se muestra, también es posible asociar un contactor de corriente continua 12 con un grupo de generadores parciales interconectados. Para que el funcionamiento de los contactores de corriente continua sea relevante para la solicitud, sería suficiente con que hubiera un contactor de corriente continua 12 para cada grupo a, b, c utilizado para conmutar la salida 13 correspondiente. Lo importante es que exista la posibilidad de desconectar todos los módulos fotovoltaicos 11 en el lado de corriente continua del generador fotovoltaico de la disposición inversora 20.

Dentro de la disposición inversora 20, cada ramal a, b, c tiene un inversor 21 con una entrada de corriente continua 22, que se conecta a la salida 13a, b, c respectiva del generador fotovoltaico 10. El circuito de entrada de un inversor también se denomina circuito intermedio de tensión de corriente continua. La tensión que se aplica a la entrada de corriente continua 22 se denomina también de forma correspondiente tensión del circuito intermedio U_z . La tensión del circuito intermedio U_z se encuentra normalmente en el punto de funcionamiento óptimo, en el que la parte respectiva del generador fotovoltaico 10 emite la máxima potencia eléctrica en condiciones de funcionamiento instantáneo (real), a unos 500-1000 V. El circuito intermedio de tensión de corriente continua se carga con impulsos mediante el inversor 21. Un condensador del circuito intermedio 23, que proporciona una capacitancia del circuito intermedio, se proporciona para suavizar el voltaje del circuito intermedio U_z y mantener el punto de funcionamiento óptimo. El condensador del circuito intermedio 23 se ilustra por separado en la Figura 1, pero frecuentemente se integra en el inversor.

Además, en cada uno de los ramales de la disposición inversora 20 se proporcionan también un transformador auxiliar 25, componentes auxiliares 26, una batería tampón 27 y un dispositivo de precarga 28. El transformador auxiliar 25 se utiliza para alimentar los componentes auxiliares 26. Los componentes auxiliares se alimentan normalmente con corriente continua. Por razones de simplicidad, la figura no muestra un rectificador y un circuito de control correspondientes. A modo de ejemplo, en la figura se muestra un ventilador como un componente auxiliar 26. Otros componentes auxiliares son los dispositivos de supervisión y los dispositivos para el control del inversor 21 respectivo, así como para la adquisición de datos y la transmisión remota de datos. Además, la tensión que ha sido transformada por el transformador auxiliar 25 se utiliza para cargar o mantener la carga en la batería tampón 27. Esta función de la batería tampón 27 y del dispositivo de precarga 28 se explicará con más detalle adicionalmente más adelante.

Cada uno de los inversores 21 tiene una salida de corriente alterna 24, que se conecta, con normalmente tres fases, directamente a un emplazamiento primario de un transformador de media tensión 31 para alimentar una red 41 de suministro de energía de media tensión. En este caso, directo significa, en particular, que entre el inversor 21 y el transformador de media tensión 31 no se proporciona ningún elemento de conmutación que se pueda operar o cerrar automáticamente. Por el contrario, para los fines de la solicitud, el término pretende abarcar directamente una conexión con la interposición de un fusible, un seccionador o algún otro número de protecciones, que pueda proporcionar desconexión automática, pero no reconexión. En el caso de una instalación fotovoltaica de acuerdo con la solicitud, por lo tanto, en el lado primario (es decir, en el lado de baja tensión) entre el inversor y el transformador de media tensión no hay ningún elemento de conmutación que sea adecuado para la desconexión regular y no manual del transformador de media tensión del inversor y para volver a conectar el transformador de media tensión al inversor. Por el contrario, se puede proporcionar una desconexión, protección o elemento fusible que se abra en función de una avería o se pueda abrir manualmente, por ejemplo, para fines de mantenimiento, y se pueda cerrar otra vez manualmente.

Se supone que los inversores 21 tienen puentes inversores con transistores, por ejemplo, con IGBT o MOSFET, que se protegen contra tensiones inversas excesivamente altas introduciendo diodos volante conectados en paralelo uno detrás del otro. Estos diodos volante forman un rectificador de onda completa para la tensión alterna que se produce

en las salidas de corriente alterna 24. Además, los inversores 21 son autoconmutables. Se conmutan mediante la activación y corte de los transistores, que se utilizan como interruptores.

5 En el ejemplo ilustrado, se proporciona uno y solo un transformador de media tensión 31a, b, c para cada inversor 21a, b, c. Sin embargo, también es posible que dos o más inversores conduzcan a un transformador de media tensión, que se puede equipar con varios devanados primarios.

10 La potencia nominal del transformador de media tensión 31 se encuentra preferiblemente en el rango de 1 a 1,5 megavoltioamperios (MVA). Esto corresponde a corrientes en el circuito intermedio que aún se pueden transmitir con la tensión del circuito intermedio de 500-1000 V, según se mencionó anteriormente, con secciones transversales de línea razonables y sin pérdidas resistivas excesivas. Al mismo tiempo, dicho rango de potencia permite diseñar una instalación a campo abierto sin que el número de ramales paralelos cada uno con su propio inversor 21 y transformador de media tensión 31 sea demasiado grande y, por lo tanto, el diseño no sea económico.

Un elemento de protección 32 y un interruptor-seccionador 33 se asocian con cada transformador de media tensión 31, y se conectan en serie con el respectivo devanado secundario de los transformadores de media tensión 31.

15 A modo de ejemplo, se puede utilizar un enlace fusible inerte como elemento de protección 32, que se funda tanto en caso de sobrecorriente como en caso de cortocircuito. Si a cada transformador de media tensión se asocia uno y solo un inversor, como en el ejemplo ilustrado, el elemento de protección 32 protege tanto al transformador de media tensión como al inversor contra sobreintensidades.

20 Como interruptor-seccionador 23 se utiliza preferentemente un seccionador con acumulador de energía de resorte con armado manual y disparo electromagnético. En este caso, el mecanismo de disparo se conecta a un dispositivo de supervisión de fallos para el inversor 21 respectivo, tal que el interruptor-seccionador 33 desconecte automáticamente de forma selectiva el ramal apropiado de la red de suministro de energía de media tensión 41 en caso de producirse un fallo. La desconexión manual también se puede utilizar, por supuesto, si es necesario, por ejemplo, para trabajos de mantenimiento. Un seccionador con acumulador de energía de resorte con armado manual es suficiente en este caso, y se prefiere con respecto al armado motorizado por razones de coste, en particular puesto que el interruptor-seccionador 33 no funciona durante el funcionamiento normal de la instalación fotovoltaica, según se describirá con más detalle más adelante.

30 Para alimentar la energía eléctrica producida en la red de suministro de energía de media tensión 41, los circuitos secundarios, protegidos individualmente por los elementos de protección 32 y el interruptor-seccionador 33, se conectan conjuntamente mediante un contactor de acoplamiento 42 a la red de suministro de energía de media tensión 41. El contactor de acoplamiento 42 se opera mediante un dispositivo de supervisión 43, que comprueba si se cumplen los límites de tolerancia especificados para la red de suministro de energía de media tensión 41 para parámetros tales como la amplitud de la tensión, el ángulo de fase, la potencia reactiva, la frecuencia, etc. Si uno de estos parámetros se aparta del rango de tolerancia especificado, el contactor de acoplamiento 42 desconecta la instalación fotovoltaica de la red de suministro de energía de media tensión 41.

35 Los métodos para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica se describirán en el siguiente texto, con referencia a los diagramas de flujo de las Figuras 2 y 3. Los métodos se pueden llevar a cabo, por ejemplo, junto con la variante de una instalación fotovoltaica ilustrada en la Figura 1. Los símbolos de referencia utilizados se refieren a la Figura 1.

40 En primer lugar, la instalación fotovoltaica funciona en modo normal en una etapa S1 (Figura 2). En este caso, los módulos fotovoltaicos 11 en el área del generador fotovoltaico 10 producen suficiente energía eléctrica para alimentar la red de suministro de energía de media tensión 41, ya que la radiación solar incidente es adecuada.

45 En el modo normal, los contactores de corriente continua 12 se cierran y los inversores 21 se sincronizan, para convertir la energía eléctrica de corriente continua en corriente alterna. El circuito intermedio funciona con una tensión óptima en el punto de trabajo. Los medios para ajustar y seguir el punto de funcionamiento óptimo se encuentran normalmente en el inversor 21 respectivo (seguimiento MPP-seguimiento del punto de potencia máxima). El condensador del circuito intermedio 23 se carga en correspondencia con la tensión U_z en el circuito intermedio. Además, tanto los interruptores-seccionadores 33 de los ramales a, b, c individuales de la instalación fotovoltaica como el contactor de acoplamiento 42 común se cierran, como resultado todos los inversores 21 alimentan la red de suministro de energía de media tensión 41 a través de los correspondientes transformadores de media tensión 31.

El transformador auxiliar 25 obtiene la energía de la salida de corriente alterna 24 de cada inversor 21 y la utiliza para alimentar los componentes auxiliares 26. La tensión producida por el transformador auxiliar 25 también se utiliza para cargar o mantener la carga en la batería tampón 27. El dispositivo de precarga 28 no está activo en el modo normal.

55 Cuando la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos 11 ya no es suficiente para alimentar la red de suministro de energía de media tensión 41, por ejemplo, por la noche o cuando están completamente en sombra

(etapa S2), los contactores de corriente continua 12a, b, c se abren en una etapa posterior S3 por medio de un dispositivo de control, que no se muestra en la figura, para evitar un flujo de corriente inversa a través de los módulos fotovoltaicos 11. En este caso, los contactores de corriente continua 12 para cada una de los ramales a, b, c se pueden conmutar de forma selectiva, ya que las condiciones de radiación incidentes pueden no ser las mismas para todos los módulos fotovoltaicos 11, en los distintos ramales a, b, c. La posibilidad de conmutación selectiva también permite desconectar los ramales defectuosos a, b, c.

Los interruptores-seccionadores 33 y el contactor de acoplamiento 42 permanecen cerrados, como resultado de lo cual todos los inversores 21, incluidos aquellos cuyos contactores de corriente continua 12a, b, c asociados estén abiertos, se acoplan indirectamente por su respectiva salida de corriente alterna 24 a través de los transformadores de media tensión 31 a la red de suministro de energía de media tensión 41. En este caso, los inversores 21 no se sincronizan.

En ese caso, los componentes auxiliares 26 se alimentan con energía de la red de suministro de energía de media tensión 41 a través del transformador auxiliar 25. Debido a la capacitancia del circuito intermedio del condensador del circuito intermedio 23, inicialmente se mantiene la tensión del circuito intermedio U_z . Dado que la tensión de funcionamiento en el circuito intermedio es normalmente mayor que la tensión de pico de la tensión alterna que se produce en la salida de corriente alterna 24 del inversor 21, la tensión del circuito intermedio U_z cae hasta este valor de pico de la tensión alterna, con una constante de tiempo del orden de minutos.

Cuando los módulos fotovoltaicos 11 vuelven a producir energía después de que la radiación incidente se haya iniciado de nuevo (etapa S4), los inversores 21 comienzan a sincronizarse en una etapa S5, y producen un valor nominal de tensión de corriente continua deseado en los respectivos circuitos intermedios de tensión de corriente continua. A continuación, los contactores de corriente continua 12 se conectan en la etapa S6 y la instalación fotovoltaica vuelve de nuevo a estar en modo normal.

La Figura 3 ilustra el desarrollo del método para el funcionamiento de una instalación fotovoltaica. Durante el modo normal, el dispositivo de supervisión 43 supervisa, en una etapa S11, si los parámetros relevantes de la red de suministro de energía en el punto en el que se produce la electricidad que alimenta a la red de suministro de energía de media tensión 41 cumplen con los requisitos de los operadores de la red de suministro de energía, por ejemplo, con respecto a la tensión, la frecuencia o la potencia reactiva introducida.

Si uno o varios de estos parámetros se apartan del rango de tolerancia especificado en una etapa S12, el dispositivo de supervisión 43 abre el contactor de acoplamiento 42 en una etapa S13. Los contactores de corriente continua 12 se abren al mismo tiempo, ya que sólo se puede ajustar un punto de funcionamiento cuando se consume corriente. Si se abriera el contactor de acoplamiento 42, la tensión del circuito intermedio aumentaría por lo tanto en la dirección de la tensión de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos 11, lo que no sería deseable, ya que el inversor no está diseñado normalmente para que se le aplique una tensión a largo plazo tan alta como la tensión de circuito abierto de los módulos fotovoltaicos 11.

Si el dispositivo de supervisión detecta que los parámetros de alimentación de la red de suministro eléctrico se encuentran de nuevo en el rango de tolerancia (etapa S14), se lleva a cabo en primer lugar una comprobación en una etapa S15 para determinar si las tensiones del circuito intermedio U_z están por encima de un voltaje mínimo predeterminado U_{min} . A modo de ejemplo, la tensión mínima U_{min} puede ser del orden del 30% y el 70% de la tensión del circuito intermedio durante el funcionamiento. Si el tiempo de interrupción en el que estuvo abierto el contactor de acoplamiento 42 fue corto, por ejemplo, inferior a un minuto, la capacitancia de los condensadores del circuito intermedio 23 daría como resultado que las tensiones del circuito intermedio no hubiesen caído todavía por debajo de la tensión mínima U_{min} .

Si en la etapa S15 fue comprobado que la tensión del circuito intermedio U_z respectiva estuvo por encima de la tensión mínima U_{min} y que, por consiguiente, el tiempo de interrupción no fue demasiado largo, el contactor de acoplamiento 42 se volvió a conectar en la etapa S16, sin ningún riesgo de flujo de corriente inversa elevada provocado por los transformadores de media tensión 31 y los inversores 21 en los condensadores del circuito intermedio 23. Después de volver a conectar el contactor de acoplamiento 42, los inversores 21 se sincronizan de nuevo en una etapa S17 posterior, para cambiar la tensión del circuito intermedio al valor nominal deseado. A continuación, los contactores de corriente continua 12 se vuelven a conectar en una etapa S18.

Sin embargo, si el tiempo de apertura del contactor de acoplamiento 42 ha durado demasiado y la tensión U_z en los circuitos intermedios de tensión de corriente continua ha caído por debajo de la tensión mínima U_{min} , no sería posible impedir que se produzcan sobrecorrientes si el contactor de acoplamiento 42 debe volver a conectarse inmediatamente. En este caso, los condensadores del circuito intermedio 23 se precargan en primer lugar, en una etapa S19, mediante los dispositivos de precarga 28 correspondientes de la batería también 27 respectiva a un valor nominal predeterminado, que es mayor o igual de la tensión mínima U_{min} . Sólo después de esto el método continúa con las etapas S16 a S18 en las que, como ya se ha descrito, el contactor de acoplamiento 42 se cierra, los inversores 21 se sincronizan y los contactores de corriente continua 12 se cierran. El dispositivo de precarga puede tener, por ejemplo, la forma de un controlador de elevación. Además, se puede prever una separación galvánica entre el circuito intermedio de tensión de corriente continua y la batería también 27 del dispositivo de precarga.

5 Como alternativa al diseño mostrado en la Figura 1, los circuitos intermedios también se pueden precargar desde una batería tampón central. En este caso, los componentes auxiliares 26 también se alimentan de forma correspondiente desde la batería tampón central. Para minimizar las pérdidas resistivas en la distribución de corriente cuando se utiliza una batería tampón central como ésta, esta batería tampón central puede tener una

10 Para los trabajos de mantenimiento o cuando sea necesario sustituir uno de los inversores 21 o uno de los transformadores de media tensión 31, se desacopla el ramal apropiado de la instalación fotovoltaica mediante el interruptor-seccionador 33 asociado. Según se ha descrito anteriormente, en el caso de un interruptor-seccionador de disparo electromagnético 33, este desacoplamiento también se puede llevar a cabo por medio de un dispositivo de supervisión de fallos para el inversor 21 respectivo. Puesto que los eventos que conducen al funcionamiento del interruptor-seccionador 33 deberían ocurrir raramente, debido a su naturaleza, se puede utilizar un seccionador con acumulador de energía de resorte con armado manual como el interruptor-seccionador 33.

15 Un ramal de la instalación fotovoltaica que se haya desacoplado mediante el interruptor-seccionador 33 de esta forma se reinicia de forma análoga a la reconexión de la instalación fotovoltaica a través del contactor de acoplamiento 42, según se describió anteriormente. Por lo tanto, el condensador del circuito intermedio 23 se carga correspondientemente a través del dispositivo de precarga 28 antes de volver a conectar un interruptor-seccionador 33 desconectado.

20 En consecuencia, los elementos de conmutación de corriente continua 12 se conmutan regularmente durante el funcionamiento de la instalación fotovoltaica según los métodos descritos anteriormente. En correspondencia con la frecuencia de los eventos en los que se basan los procesos de conmutación (cambio entre el día y la noche, sombreado completo), se diseñan por lo tanto preferiblemente para ciclos de conmutación frecuentes. Se diseñan preferiblemente para más de 20.000 ciclos de conmutación. Este número de ciclos de conmutación es el resultado

25 de una vida útil prevista de 20 años para una instalación fotovoltaica y de una hipótesis de unos tres ciclos de conmutación diarios para los eventos en los que se basan los procesos de conmutación.

Además del fin descrito, los elementos de conmutación de corriente continua 12 también se pueden utilizar para otros propósitos dentro del alcance de los métodos de acuerdo con la invención, por ejemplo, para la desconexión de pantallas defectuosas individuales o como seccionadores de protección contra incendios. Para estos fines, se

30 sabe de hecho que las instalaciones fotovoltaicas se dotan con elementos de conmutación entre los módulos fotovoltaicos y un inversor. Los elementos de conmutación de corriente continua 12 utilizados para los fines de la presente solicitud difieren de éstos no sólo por su finalidad, sino también por su capacidad de ser conmutados regularmente.

Una situación similar se aplica también al contactor de acoplamiento 42, ya que la aparición de parámetros de

35 alimentación de la red de suministro de energía no permitidos no es un caso raro. Por lo tanto, el contactor de acoplamiento 42 también se diseña preferiblemente para llevar a cabo un gran número de ciclos de conmutación, y particularmente se diseña preferiblemente para llevar a cabo el gran número de ciclos de conmutación, en particular más de 20.000 ciclos de conmutación, sin que se produzcan fallos. Por supuesto, el contactor de acoplamiento 42 también se puede utilizar para fines distintos de los descritos anteriormente, por ejemplo, para la desconexión

40 completa de la instalación fotovoltaica de la red de suministro de energía, con fines de mantenimiento. Una vez más, el contactor de acoplamiento 42 de acuerdo con la solicitud difiere de los seccionadores de instalación conocidos, aparte de por su fin en el curso de los métodos de acuerdo con la invención, por su capacidad de ser conmutado regularmente.

Lista de símbolos de referencia

| | | |
|----|----|---|
| 45 | 10 | Generador fotovoltaico |
| | 11 | Módulo fotovoltaico |
| | 12 | Elemento de conmutación de corriente continua (contactor de corriente continua) |
| | 20 | Disposición inversora |
| | 21 | Inversor |
| 50 | 22 | Entrada de corriente continua (CC) |
| | 23 | Condensador del circuito intermedio |
| | 24 | Salida de corriente alterna (CA) |
| | 25 | Transformador auxiliar |

ES 2 720 432 T3

| | | |
|----|----|---|
| | 26 | Componentes auxiliares |
| | 27 | Batería tampón |
| | 28 | Dispositivo de precarga |
| | 30 | Componentes de media tensión |
| 5 | 31 | Transformador de media tensión |
| | 32 | Elemento de protección |
| | 33 | Interruptor-seccionador |
| | 40 | Componentes de conexión a la red de suministro de energía |
| | 41 | Red de suministro de energía de media tensión |
| 10 | 42 | Contactador de acoplamiento |
| | 43 | Dispositivo de supervisión |

REIVINDICACIONES

1. Método de funcionamiento para una instalación fotovoltaica para la alimentación de energía eléctrica a una red de suministro de energía de media tensión (41), con la instalación fotovoltaica que tiene múltiples módulos fotovoltaicos (11), al menos un inversor (21) y al menos un transformador de media tensión (31), y con
- 5 - el lado primario del transformador de media tensión (31) que se conecta directamente a una salida de baja tensión de corriente alterna (24) del inversor (21), y
- al menos un elemento de conmutación de corriente continua (12) que se dispone entre los módulos fotovoltaicos (11) y una entrada de corriente continua (22) del inversor (21),
- caracterizado por que
- 10 cuando la energía eléctrica producida por los módulos fotovoltaicos (11) en la instalación fotovoltaica no es suficiente para alimentar de energía eléctrica la red de suministro (41), los módulos fotovoltaicos (11) se desconectan de un inversor (21) en el lado de tensión de corriente continua, mientras que el inversor (21) permanece conectado a la red de suministro de energía de media tensión (41) en el lado de tensión de corriente alterna a través del transformador de media tensión (31).
- 15 2. Método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la instalación fotovoltaica se desconecta de la red de suministro de energía de media tensión (41) en el lado secundario del transformador de media tensión (31), con la ayuda de un contactor de acoplamiento (42) que se dispone entre el transformador de media tensión (31) y la red de suministro de energía de media tensión (41), cuando no se cumplen los requisitos predeterminados de los parámetros de alimentación de la red de suministro de energía.
- 20 3. Método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que los parámetros de alimentación de la red de suministro de energía se refieren a una amplitud de la tensión y/o una frecuencia de la red de suministro de energía de media tensión (41) y/o a la potencia reactiva alimentada.
4. Instalación fotovoltaica que tiene múltiples módulos fotovoltaicos (11), al menos un inversor (21) y al menos un transformador de media tensión (31), con
- 25 - el lado primario del transformador de media tensión (31) que se conecta directamente a una salida de baja tensión de corriente alterna (24) del inversor (21), y
- al menos un elemento de conmutación de corriente continua (12) que se dispone entre los módulos fotovoltaicos (11) y una entrada de corriente continua (22) del inversor (21),
- caracterizado por que
- 30 la instalación fotovoltaica se diseña para llevar a cabo un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, con la desconexión de los módulos fotovoltaicos (11) del inversor (21) en el lado de tensión continua llevada a cabo por el elemento de conmutación de corriente continua (12).
- 35 5. Instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 4, en la que no se proporciona ningún elemento de conmutación, en particular ningún elemento de conmutación que se pueda accionar o cerrar automáticamente, en la conexión entre el transformador de media tensión (31) y la salida de baja tensión de corriente alterna (24) del inversor (21).
6. Instalación fotovoltaica de acuerdo con las reivindicaciones 4 o 5, en la que los puentes inversores (21) tienen transistores de conmutación, en particular IGBT o MOSFET.
- 40 7. Instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que los puentes inversores (21) tienen diodos volante, que se disponen en paralelo uno detrás del otro con los transistores de conmutación de los puentes inversores.
8. Instalación fotovoltaica de acuerdo con las reivindicaciones 4 a 7, en la que se dispone un contactor de acoplamiento (42) en la conexión entre el transformador de media tensión (31) y la red de suministro de energía de media tensión (41).
- 45 9. Instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 8, en la que se suministran al menos dos transformadores de media tensión (31) y se conectan entre sí en el lado secundario, aguas arriba del contactor de acoplamiento (42) en la dirección del flujo de potencia durante la alimentación, tal que el contactor de acoplamiento (42) desconecte conjuntamente al menos dos transformadores de media tensión (31) de la red de alimentación de energía de media tensión (41), o los conecte a la misma, durante un proceso de conmutación.

10. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 9, en la que un dispositivo de supervisión (43) se proporciona para comprobar los parámetros de alimentación de la red de suministro de energía de la corriente producida por la instalación fotovoltaica, se conecta al contactor de acoplamiento (42) e interactúa con él.
- 5 11. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 10, en la que se proporciona un elemento de protección (32) en el lado secundario para cada transformador de media tensión (31).
12. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 11, en la que se proporciona un interruptor-seccionador (33) en el lado secundario para cada transformador de media tensión (31).
13. Instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 12, en la que el interruptor-seccionador (33) es un seccionador con acumulador de energía de resorte, preferiblemente con armado manual.
- 10 14. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 13, en la que el elemento de conmutación de corriente continua (12) y/o el contactor de acoplamiento (42) se diseña/n para un gran número de procesos de conmutación, preferiblemente más de 20.000 procesos de conmutación.
15. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 14, en la que al menos un inversor (21) se diseña para potencias superiores a 100 kW, y preferiblemente para más de 300 kW.
- 15 16. Instalación fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 4 a 15, en la que se proporciona un dispositivo de precarga (28) para aplicar una tensión predeterminada a un circuito intermedio de tensión de corriente continua en una entrada de corriente continua (22) del inversor (31).
17. Instalación fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 16, en la que se proporciona una batería tampón (27) para alimentar el dispositivo de precarga (28) mientras la instalación fotovoltaica está desconectada de la red de suministro de energía de media tensión (41).
- 20

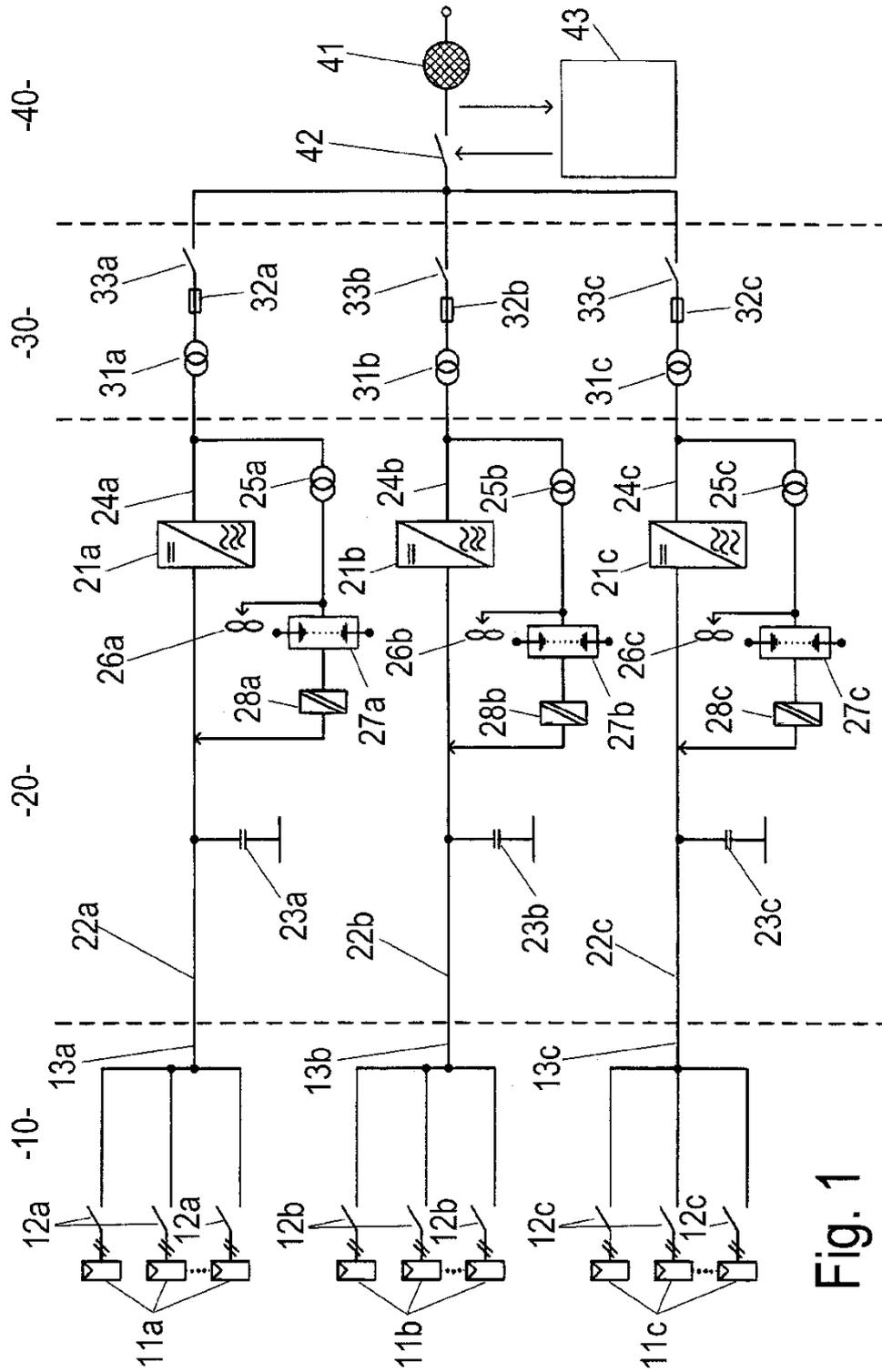


Fig. 1

Fig. 2

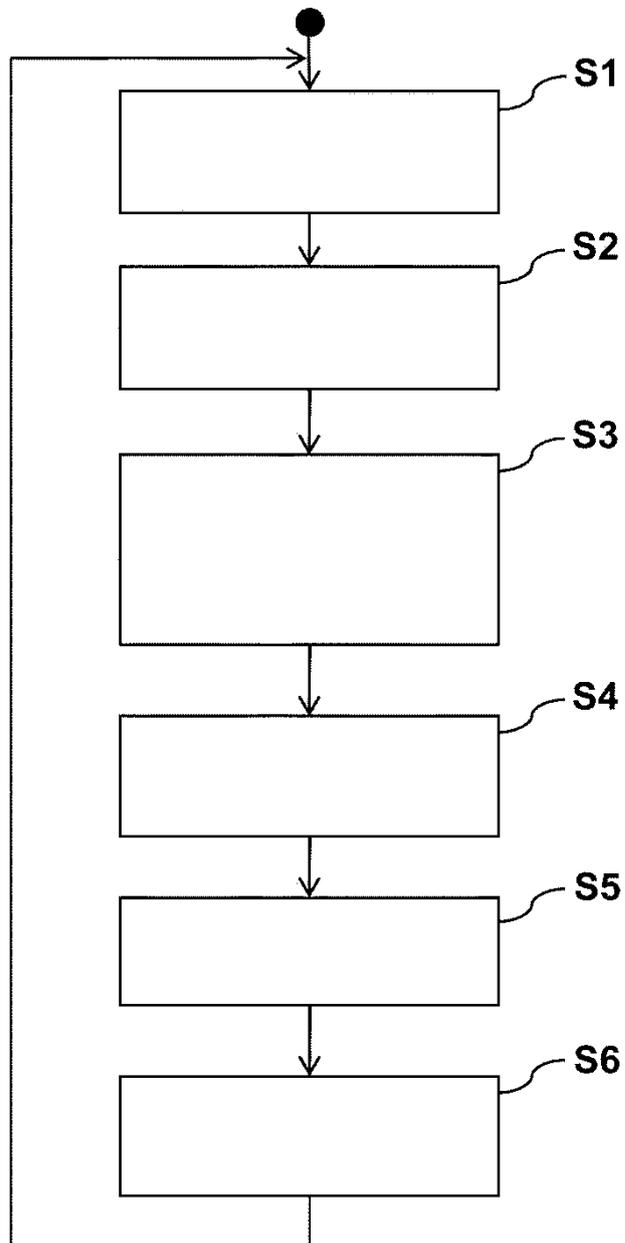


Fig. 3

