

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 534 534**

(51) Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)
H02J 3/24 (2006.01)
F03D 9/00 (2006.01)
H01L 31/042 (2014.01)
H02M 7/00 (2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.08.2012 E 12179571 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.01.2015 EP 2696464**

(54) Título: **Central de energía fotovoltaica**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.04.2015

(73) Titular/es:

AEG POWER SOLUTIONS GMBH (100.0%)
Emil-Siepmann-Strasse 32
59581 Warstein-Belecke, DE

(72) Inventor/es:

**BLACHA, NORBERT y
KEMPEN, STEFAN**

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 534 534 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

Central de energía fotovoltaica

La presente invención se refiere a una central de energía fotovoltaica

- con módulos fotovoltaicos para la generación de corriente, que están interconectados en varias secciones, de manera que las secciones están conectadas paralelas,
- con un transformador central, a saber, un inversor central, o transformadores descentralizados, para la conversión de energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos en energía eléctrica con una tensión, que tiene una forma de la tensión, que corresponde a una forma de la tensión de una tensión en una red de alimentación, y
- con una salida para la alimentación de la corriente convertida a la red de alimentación.

Las centrales de energía fotovoltaica son habituales actualmente en amplias partes del mundo. Además de las centrales de energía fotovoltaica en el modo de isla, que tienen, en general, sólo prestaciones reducidas, adquieren cada vez mayor importancia las centrales de energía fotovoltaica en el modo acoplado en red. A diferencia de las centrales de energía fotovoltaica en el modo de isla, las instalaciones acopladas en red no almacenan la energía eléctrica obtenida, en general, sino que la alimentan a una red de alimentación. En la red, a la que se alimenta, se puede tratar de una red de media tensión o una red de alta tensión, realizándose en Alemania la alimentación actualmente, en general, en el plano de la red de baja tensión o de media tensión, es decir, en la red de bata tensión o en la red de media tensión.

Una central de energía fotovoltaica de este tipo se describe en el documento DE 20 2010 016 873 U1.

DE 103 05 128 describe un procedimiento para la regulación de un motor térmico, que está incorporado en un accionamiento híbrido y es accionado con calor. Como otro accionamiento está previsto un motor eléctrico, que es accionado por células solares y su par motor es alimentado sobre el árbol del generador de un generador síncrono.

La idea de emplear un inversor mecánico, que está constituido por un motor de corriente continua con un generador síncrono, para una instalación de energía fotovoltaica, se conoce a partir del documento DE 10 2010 047 652. Aquí se describe un procedimiento para la regulación de la potencia ciega sobre el factor activo cos Phi.

La idea de la conexión de un motor asíncrono con un generador síncrono se publica en el documento DE 1 149 100 y en el documento US 6.239.513, pero no en conexión con una central de energía fotovoltaica.

Los proveedores principales de energía eléctrica son, en la mayoría de los casos los países industrializados de la tierra, centrales de vapor y centrales hidráulicas. Las centrales de vapor convierten energía química en carbón, gas o petróleo o energía nuclear en energía eléctrica. Las centrales hidráulicas generan energía eléctrica a partir de la energía cinética del agua. A través del vapor o el agua son accionados, en general, generadores síncronos, que proporcionan en las salidas de la central eléctrica una tensión sinusoidal y la imprimen a la red de suministro. La tensión generada por los generadores síncronos está casi libre de armónicos superiores y de armónicos inferiores.

Esto no se puede conseguir en centrales de energía fotovoltaica, como se publican en el documento DE 20 2010 016 873 U1, sin gasto especial, puesto que los módulos fotovoltaicos de una central de energía fotovoltaica suministran en primer lugar una tensión continua, que es convertida a través de inversores, ya sean inversores de sección o inversores centrales, en tensión alterna. La conversión se realiza a través de componentes electrónicos de potencia, que están disponibles actualmente en gran número y a precio aceptable. Sin embargo, la tensión proporcionada por el inversor no está libre, en principio, de armónicos superiores o armónicos inferiores. Por lo tanto, se genera actualmente un gasto considerable para eliminar por filtración los armónicos superiores y los armónicos inferiores antes de la alimentación de la energía eléctrica generada a la red de alimentación. Precisamente para centrales de energía fotovoltaica el gasto es muy considerable.

Antes de que una central de energía fotovoltaica pueda ser conectada a una red de suministro, debe verificar el operador de la red de suministro que se cumplen los requerimientos planteados por el operador de la red de suministro a la alimentación de energía eléctrica. En principio, se aplica el principio de que el gasto para la verificación es tanto mayor cuanto mayor es la potencia de la central eléctrica.

El objetivo de la invención es reducir este gasto.

La invención tiene el cometido de desarrollar adicionalmente una central de energía fotovoltaica para que sea posible una alimentación de energía eléctrica, generada por centrales de energía fotovoltaica, a ser posible libre de armónicos superiores y de armónicos inferiores.

Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención a través de una central de energía fotovoltaica con las

características de la reivindicación 1, que ha sido delimitada frente al documento DE 20 2010 016 873 U1. De acuerdo con ello, una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención presenta una transformación de energía de dos fases. En primer lugar, se transforma la corriente continua suministrada por los módulos fotovoltaicos con un inversor central (segundo transformador central) y con transformadores descentralizados (por ejemplo, inversores de sección) en una corriente, que no debe cumplir los requerimientos del operador de la red para la alimentación. En una segunda etapa, se transforma la corriente alterna, que no cumple los requerimientos de un operador de la red, con el primer transformador central en corriente alterna, que está lo más libre posible de armónicos superiores y de armónicos inferiores. El primer transformador central de la central de energía fotovoltaica presenta al menos un motor eléctrico y un generador síncrono, cuyas ondas están acopladas entre sí.

- 5 10 El desarrollo histórico de centrales de energía fotovoltaica comienza en pioneros de energía fotovoltaica, que han conectado en los años ochenta y noventa del siglo pasado primeras centrales de energía fotovoltaica pequeñas con potencia reducida en la red de suministro, para alimentar energía a la red de corriente. Las centrales de energía fotovoltaica construidas, en parte, por estos pioneros de energía fotovoltaica poseían inversores, que encuentran aplicación en su forma básica también todavía actualmente. Los componentes de semiconductores de potencia utilizados y los inversores constituidos a partir de ellos han sido mejorados técnicamente continuamente desde este tiempo. La potencia de los módulos y de los inversores se ha incrementado. Ambas cosas han hecho posible centrales de energía fotovoltaica cada vez mayores, de manera que actualmente son posibles centrales de energía fotovoltaica con prestaciones de varios megavatios.
- 15 20 En principio, en el pasado se ha modificado poco la topología de las centrales de energía fotovoltaica. Antes de la alimentación estaba y está siempre la conversión de la corriente continua en una corriente alterna a través de un inversor con semiconductores de potencia. No se conoce que hayan seguido otros desarrollos.

En este caso, la conversión de acuerdo con la invención de la corriente continua en corriente alterna con la ayuda de un motor eléctrico y de un generador síncrono, que se conoce como tal desde hace mucho tiempo, tiene una serie de ventajas.

- 25 30 En primer lugar, por una parte, es posible una conexión de la central de energía fotovoltaica en una red de suministro, sin que exista el peligro de que se transmitan desde la central de energía fotovoltaica armónicos superiores o armónicos inferiores a la red de suministro.

Además, la conversión de la energía eléctrica y la preparación de una tensión conforme a la Ley de suministro ofrecen otras ventajas:

- 35 40 30 Tanto el motor eléctrico como también el generador síncrono tienen una masa giratoria en virtud del rotor. Esta masa giratoria almacena energía cinética, que puede aliviar las oscilaciones de la potencia de los módulos fotovoltaicos en virtud de radiación solar variable de corta duración, por ejemplo debido a una nube, porque en el caso de una reducción repentina de la potencia, la energía cinética de los rotores y árboles se convierte en energía eléctrica.

Los generadores síncronos se emplean desde hace decenios para generar energía eléctrica conforme a la red. Los operadores de la red conocen la tecnología y posibles repercusiones de un generador síncrono sobre una red de suministro. La autorización de la conexión a la red de una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención apenas choca, por lo tanto, con objeciones de un operador de la red de suministro. Se espera que los operadores de la red de suministro conecten centrales de energía fotovoltaica incluso con preferencia a una red, puesto que no será necesaria una compensación del lado de la red de interferencias y, en cambio, se mejora la calidad de la electricidad disponible.

En oposición a los inversores convencionales, es posible almacenar o bien controlar potencia ciega en generadores síncronos a través de la regulación de la excitación.

En principio, los generadores síncronos son robustos, en comparación con inversores con componentes de semiconductores de potencia, frente a cortocircuitos y sobretensiones.

- 45 50 45 Estas ventajas grandes no han sido reconocidas hasta ahora por los planificadores y desarrolladores de centrales de energía fotovoltaica grandes. La visión estaba limitada en el pasado en el pasado y está limitada en la actualidad a la conexión de centrales de energía fotovoltaica a través de inversores con componentes de semiconductores de potencia.

En una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención, al menos uno de los árboles puede estar conectado con una masa centrífuga o una masa centrífuga puede ser accionada por uno de los árboles. La masa centrífuga posibilita otro almacenamiento de energía cinética, lo que hace que a central de energía fotovoltaica sea independiente de oscilaciones de corta duración de la radiación solar.

La masa centrífuga se puede conectar en una forma de realización especial de la invención a través de un acoplamiento con uno de los árboles. De acuerdo con el estado del acoplamiento, se puede transmitir energía desde

un árbol sobre la masa centrífuga o energía desde la masa centrífuga sobre el árbol o la energía permanece almacenada en la masa centrífuga. Si el acoplamiento está acoplado, se transmite energía. Si el acoplamiento está desacoplado, no tiene lugar ningún transporte de energía. De esta manera, la energía cinética se puede almacenar en caso necesario o se puede convertir en energía eléctrica.

- 5 La central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención puede presentar, además del primer transformador central, un segundo transformador central, a saber, un inversor central, para la conversión de la corriente continua que puede ser generada por los módulos fotovoltaicos en una corriente alterna. Esta corriente alterna puede contener armónicos superiores y armónicos inferiores. El motor eléctrico del primer convertidor central es entonces de manera ventajosa un motor asíncrono, que es alimentado por el inversor central con energía eléctrica. El inversor central proporciona una corriente, que no tiene que cumplir en la invención los requerimientos de un operador de la red para la alimentación. Pero esto no es perjudicial, puesto que no existe ningún acoplamiento eléctrico entre el inversor central y la red de alimentación. El motor asíncrono está diseñado de tal forma que se puede accionar sin perjuicio de armónicos superiores y de armónicos inferiores en la salida del inversor central. No son necesarios a tal fin filtros especiales en la salida del inversor central.
- 10
- 15 La central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención puede presentar, además del primer transformador central, transformadores descentralizados, en particular convertidores de sección, uno de los cuales está conectado en una sección para convertir la corriente continua generable por los módulos fotovoltaicos de una sección en una corriente alterna. También en tal central de energía fotovoltaica, al menos un motor eléctrico del primer convertidor central puede ser un motor asíncrono. También los inversores de la sección proporcionan una corriente, que no tiene que cumplir en la invención los requerimientos de un operador de la red para la alimentación. Por lo tanto, no son necesarios filtros especiales en la salida de la central de energía fotovoltaica, para obtener una tensión conforme con la red.
- 20
- 25
- 30

Incluso es posible que el primer convertidor central presente varios motores asíncronos, cuyos árboles están conectados entre sí. A cada motor asíncrono están asociadas una o varias secciones de la central de energía fotovoltaica y los motores asíncronos se pueden alimentar a través de estas secciones con energía eléctrica. Los árboles de los motores asíncronos pueden estar conectados rígidamente entre sí. También es posible que los árboles estén conectados entre sí a través de acoplamientos y/o engranajes, también engranajes de conmutación.

El o los motores asíncronos utilizados pueden ser motores asíncronos de fases múltiples, en particular motores asíncronos trifásicos. El número de las fases puede corresponder al número de las secciones de la central de energía fotovoltaica o puede ser una fracción entera del número de las secciones.

Un estator del motor asíncrono o los estatores de los motores síncronos pueden presentar más que una pareja de polos. El número de las parejas de polos puede corresponder al número de las secciones de la central de energía fotovoltaica o a una fracción entera del número de las secciones.

Entre el primer convertidor central y la salida de la central de energía puede estar conectado un transformador, para elevar la tensión que puede ser suministrada por el primer transformador sobre la tensión en la red de alimentación. Tales transformadores, que no influyen esencialmente sobre la forma de la tensión, se conocen, por ejemplo, de centrales de vapor o centrales de energía nuclear.

Una ventaja especial de una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención es que las secciones de la central de energía fotovoltaica pueden estar dispuestas distribuidas geográficamente. Los módulos fotovoltaicos que pertenecen a las secciones pueden estar instalados distanciados varios kilómetros unos de los otros y a través de líneas se puede conducir la corriente generada por los módulos, dado el caso, intercalando un inversor hacia el primer convertidor central, para convertirla en corriente conforme con la red. La distribución geográfica de los módulos tiene la ventaja de que la central de energía fotovoltaica es independiente de las condiciones locales, en particular de las condiciones atmosféricas en un lugar. De esta manera, la potencia de la central de energía fotovoltaica es más uniforme que en una central de energía fotovoltaica, que está expuesta a las condiciones de un solo lugar. Se pueden evitar cambios fuertes de potencia, lo que facilita al operador de la red de suministro la incorporación de la central de energía fotovoltaica en la red de suministro.

De manera ventajosa, una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención tiene una potencia de más de 100 kW, en particular de más de 1 MW. Entones se pueden aprovechar especialmente bien las ventajas de una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención.

Un ejemplo de realización para una central de energía fotovoltaica de acuerdo con la invención se describe en detalle con la ayuda del dibujo. En este caso:

La figura 1 es un diagrama esquemático de la central de energía fotovoltaica.

La central eléctrica fotovoltaica de acuerdo con la invención presenta una pluralidad de módulos fotovoltaicos 1, que están conectados en serie en varias secciones 2. Las secciones 2 están conectadas a inversores de sección 3. En

las salidas de los inversores de sección 3 se proporciona una tensión de 10 kW. Las salidas de los inversores de sección 3 están conectadas a través de una línea de tensión media 4 con un primer inversor central 5 de la central eléctrica fotovoltaica. La línea de tensión media 4 puede comprender varios conductores exteriores.

- 5 El primer inversor central 5 presenta una máquina asíncrona 51, en la que se puede tratar de un motor asíncrono de varias fases con varias parejas de polos. El número de las fases corresponde en este caso con preferencia al número de los conductores exteriores de la línea de tensión media 4. El número de las parejas polares de la máquina asíncrona multiplicado por el número de las fases puede corresponder, por lo demás, al número de las secciones 2 de la central de energía fotovoltaica.
- 10 Un árbol del motor asíncrono de 51 está conectado fijamente con un árbol de un generador síncrono 52. El generador síncrono 52 es de la misma manera parte del primer inversor central 5. El motor asíncrono 51 acciona, por lo tanto, el generador síncrono 52 y genera corriente.
- A continuación del generador síncrono 52 está conectado un transformador 6, que transforma de manera ascendente la tensión que se aplica en la salida del generador síncrono 52 a la tensión de una red de suministro, en el presente caso de una red de transmisión. La tensión en la red de transmisión es por ejemplo 110 kV.
- 15 Este lado secundario del transformador 6 está conectado a través de una línea de alta tensión 7 con la tensión 110 kV con la red de transmisión 8. El extremo de la línea de alta tensión 7 marca la salida de la central de energía fotovoltaica.
- 20 La central de energía fotovoltaica presenta un control o un puesto de control 10, desde el que se pueden controlar los inversores 3, el motor asíncrono 51 y el generador síncrono 52. El puesto de control 10 está conectado con un puesto de control 9 de un operador de la red de transmisión 8. El puesto de control 10 pone a la disposición del puesto de control 9 del operador de la red de suministro el estado y la disponibilidad, es decir, también las reservas de potencia de la central de energía fotovoltaica. A la inversa, el puesto de control 9 del operador de la red de transmisión comunica al puesto de control 10 del operador de la central la potencia ciega Q a preparar y el factor de potencia ciega $\cos \varphi$ a ajustar.
- 25 De acuerdo con las previsiones del operador de la red de transmisión, el operador de la central controla y regula desde el puesto de mando 10 la central de energía fotovoltaica. En particular, se controla o bien se regula el resbalamiento del motor asíncrono y el ángulo de la rueda polar δ y la corriente de excitación I_E . También la potencia del inversor 3 se puede regular a través del puesto de control.
- 30 La red dentro de la central de energía fotovoltaica está totalmente desacoplada galvánica y electromagnéticamente de la red de transmisión 8. La conexión única entre las dos redes está constituida de árboles acoplados mecánicamente entre sí de la máquina asíncrona 51 y del generador síncrono 52. A través de este desacoplamiento electromagnético se excluye, en principio, una actuación de interferencias, que aparecen o pueden aparecer dentro de la red de la central de energía fotovoltaica sobre la red de transmisión 8. Los armónicos superiores y los armónicos inferiores, que aparecen en la red de la central de energía fotovoltaica, no son transmitidos a través del convertidor giratorio 5. Además, la central tiene a través del transformador 5 la ventaja de que las oscilaciones de potencia de la central de energía fotovoltaica y la inercia de las partes giratorias del transformador 5 solamente repercuten de manera debilitada sobre la red de transmisión 8. A través de la posibilidad de una distribución geográfica de las diferentes secciones 2 de la central de energía fotovoltaica es posible, además, otra homogeneización de la potencia de la central de energía fotovoltaica, puesto que un sombreado local de los módulos fotovoltaicos 1 de una sección 2 sólo reduce parcialmente la potencia de la central de energía fotovoltaica, mientras que en otras centrales de energía fotovoltaica conocidas un sombreado local puede conducir a una modificación repentina de la potencia de toda la central.
- 35
- 40

REIVINDICACIONES

1.- Central de energía fotovoltaica

- con módulos fotovoltaicos (1) para la generación de corriente, que están interconectados en varias secciones (2),

- 5 - con un primer transformador central (5) para la conversión de energía eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos en energía eléctrica con una tensión, que tiene una forma de la tensión, que corresponde a una forma de la tensión de una tensión en una red de alimentación, y
- con una salida para la alimentación de la energía convertida a la red de alimentación,

caracterizada por que

- 10 - el primer transformador central (5) presenta al menos un motor asincrónico (51) y un generador síncrono (52), cuyos árboles están acoplados entre sí,
- la central de energía eólica presenta

- 15 - o bien un segundo transformador central, a saber, un inversor central, para la conversión de la corriente continua generable por los módulos fotovoltaicos (1) en una corriente alterna, con la que se puede alimentar el motor asincrónico del primer transformador central,
- o transformadores descentralizados (3), uno de los cuales está conectado en una de las secciones para convertir la corriente continua generable por los módulos fotovoltaicos (1) de una sección (2) en una corriente alterna, con la que se puede alimentar el motor asincrónico del primer transformador central.

- 20 2.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada por que al menos uno de los árboles está conectado con una masa centrífuga o una masa centrifuga puede ser accionada por uno de los árboles.

3.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizada por que la masa centrífuga se puede conectar a través de un acoplamiento con uno de los árboles y según el estado del acoplamiento se puede transmitir energía desde el árbol sobre la masa centrífuga o energía desde la masa centrífuga sobre el árbol.

- 25 4.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que en el caso de que la central de energía fotovoltaica presente transformadores descentralizados (3), el primer transformador central (5) presenta varios motores asincrónicos (51), cuyos árboles están conectados entre sí.

- 30 5.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada por que a cada motor asincrónico (51) está asociada una sección de la central de energía fotovoltaica (2) o están asociadas varias secciones (2) de la central de energía fotovoltaica y los motores asincrónicos (51) pueden ser alimentados a través de estas secciones (2) con energía eléctrica.

6.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el motor asincrónico (51) es un motor asincrónico de fases múltiples, en particular un motor asincrónico trifásico.

7.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizada por que el número de las fases corresponde al número de las secciones (2) de la central de energía fotovoltaica.

- 35 8.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que un estator del motor asincrónico (51) presenta más que una pareja de polos.

9.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada por que el número de las parejas de polos corresponde al número de las secciones (2) de la central de energía fotovoltaica.

- 40 10.- Central de energía fotovoltaica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que entre el primer transformador central (5) y la salida de la central de energía fotovoltaica está conectado un transformador (6), para elevar la tensión que puede ser suministrada por el primer transformador (5) sobre la tensión en la red de alimentación.

