

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 755 411**

51 Int. Cl.:

**G01D 21/00** (2006.01)

**G01D 4/00** (2006.01)

**H01L 31/02** (2006.01)

**H04W 84/18** (2009.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.12.2009 PCT/EP2009/009136**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.07.2010 WO10081524**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2009 E 09801409 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 2379989**

54 Título: **Instalación fotovoltaica con supervisión de módulos**

30 Prioridad:

**16.01.2009 DE 102009005327**  
**19.06.2009 DE 102009029934**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.04.2020**

73 Titular/es:

**PHOENIX CONTACT GMBH & CO. KG (100.0%)**  
**Flachmarktstrasse 8 - 28**  
**32825 Blomberg, DE**

72 Inventor/es:

**KALHOFF, JOHANNES;**  
**TEMME, THORSTEN y**  
**BENT, ROLAND**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

ES 2 755 411 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

Instalación fotovoltaica con supervisión de módulos

5

Campo de la invención

La invención se refiere a una instalación fotovoltaica con una supervisión de los módulos fotovoltaicos, en donde los módulos fotovoltaicos están conectados individualmente con una red de comunicación para supervisar los módulos fotovoltaicos de forma específica al módulo.

10

Antecedentes de la invención

En una instalación fotovoltaica típica (en adelante "fotovoltaico" se acorta con "FV" como es habitual en el mundo técnico), varios módulos FV se conectan en serie para formar una cadena fotovoltaica, a fin de conseguir así una tensión continua apropiada para la conversión CC-CA y la alimentación de red siguiente de algunos 100 a 1000 voltios, en el futuro eventualmente también hasta 1500 voltios. La cadena fotovoltaica se conecta directamente a un inversor fotovoltaico (inversor de cadena), o varias cadenas, que tienen a ser posible la misma estructura y están expuestas a las mismas condiciones de irradiación, se conectan en paralelo y se unen a un inversor central. Para reducir el coste de cableado se puede realizar la conexión en paralelo de varias cadenas a un subgenerador fotovoltaico (también llamado matriz fotovoltaica) en una caja de conexión del subgenerador fotovoltaico (también llamada caja de matriz fotovoltaica o combinador de cadenas fotovoltaicas). Estos, a su vez, se pueden agrupar en cajas de conexión del generador fotovoltaico, que en último término se conectan a un inversor central, de modo que se produce una estructura de árbol en el cableado de potencia.

15

20

25

La fig. 1 muestra una instalación fotovoltaica en forma de un sistema de suministro de corriente fotovoltaico simple según la norma DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712): 2006-06, imagen 712.1. En este caso se trata de una instalación fotovoltaica con solo un generador fotovoltaico. La figura 2 muestra una instalación fotovoltaica según la norma DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712): 2006-06, imagen 712.2 con varios subgeneradores fotovoltaicos. La estructura se explicará a continuación todavía con más detalle en la descripción detallada, en donde la estructura básica se conoce por el experto en la materia. La terminología utilizada en esta solicitud se corresponde con la norma DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712): 2006-06, que se conoce por el experto en la materia, pero que en aras de la completitud se hace objeto de la presente revelación con ello mediante referencia.

30

35

Con la creciente interconexión de la instalación fotovoltaica, se reducen las posibilidades de detectar y analizar de forma selectiva los datos de funcionamiento de las subáreas de la instalación fotovoltaica desde una parte aguas arriba en la estructura de árbol mencionada anteriormente y, si es necesario, tomar medidas para el mantenimiento u optimización.

40

45

Una posibilidad para la supervisión de la instalación es la integración de sensores en la caja de conexión del subgenerador fotovoltaico (también llamada caja de combinación de cadenas). En este caso se mide, por un lado, la tensión entre el mismo polo positivo y negativo para cada cadena y de forma selectiva se miden las corrientes de las cadenas individuales. Por consiguiente se pueden comparar las potencias de salida de las cadenas individuales, los valores medidos representan en este caso el valor promedio de la cadena de nivel superior o, en general, de la parte de la instalación de orden superior al punto de medición y permiten en cualquiera caso de forma limitada la comparación de los módulos individuales en la estructura de árbol. Las interrupciones de línea y las fallas totales de los módulos individuales todavía se pueden detectar en parte, pero si se producen caídas de potencia en varios módulos que se asocian a diferentes cadenas, por ejemplo, debido al sombreado parcial en varias cadenas o al envejecimiento prematuro de módulos individuales, entonces disminuye la posibilidad de detección de errores, ya que faltan los valores de comparación adecuados. Los ajustes de potencias de cadena a través de los puntos de referencia solo pueden proporcionar aquí soluciones limitadas, ya que no pueden estar expuestos a las mismas condiciones ambientales, por ejemplo, la temperatura o el viento.

50

55

Por el documento DE 40 32 569 C2 se conoce equipar cada módulo con un inversor integrado con seguimiento de MPP. Un seguidor de MPP generalmente regula la tensión a aquel valor en el que la instalación opera a la potencia máxima (Maximum Power Point MPP). Para ello el seguidor de MPP varía la corriente tomada en una pequeña cantidad, calcula la potencia y reajusta el valor de corriente en la dirección de mayor potencia. Por medio de una unidad de control, las señales se entregan a un bus de datos, que suministra estos datos a la parte de potencia y control para verificar la funcionalidad del módulo. La desventaja en esta instalación es el coste de la pluralidad de inversores con seguidores de MPP y la estructura rígida de la transmisión de datos.

60

Por el documento DE 102 22 621 A1 se conoce un generador solar con un by-pass de corriente variable, que se controla de manera que cada generador se hace funcionar continuamente en su respectivo MPP actual específico. Con ello no es posible una supervisión compleja de la instalación.

65

Por el documento DE 20 2007 011 806 U1 se conoce una instalación de elementos solares con chips de identificación, en el que está almacenado un código de identificación individual para cada elemento solar individual. Los chips de identificación de los elementos solares están conectados a través de un bus paralelo de dos hilos y un circuito de interfaz a un procesador central. El procesador central presenta una memoria de procesador en la que se almacenan todos los códigos de identificación de la instalación de elementos solares. Los datos se transmiten con número de identificación. La desventaja en este caso es nuevamente la estructura rígida de la transmisión de datos y la necesidad de individualización de los elementos solares.

Por el documento DE 20 2005 020 161 U1 se conoce un dispositivo para supervisar paneles fotovoltaicos, en el que se detecta una tensión residual en la oscuridad en la caja de conexión del generador y los valores medidos se le suministran a un comparador de ventanas. En el inversor está previsto un dispositivo de alarma central con decodificador, a fin de activar una alarma referida al panel cuando se queda por debajo de un cierto umbral de señal.

Además, por el documento DE 198 59 732 A1 se describe la transmisión de información desde el inversor a una central en el método de multiplexación por división de tiempo con la transmisión de energía a través de la línea de red. De forma desventajosa para ello es necesaria una separación de red si se deben transmitir los datos.

Del documento WO 2008/012041 se desprende la transmisión de información del módulo solar a un control central. Es desventajoso en el sistema que para el montaje de la instalación fotovoltaica se debe realizar una asignación manual del módulo solar al dispositivo emisor.

Del documento WO 2007/132473 A1 se desprende un sistema lector del contador de consumo automatizado que comprende una red mallada ad-hoc para intercambiar datos con una estación de control.

Del VENKATACHALAM L ET AL: "Wireless Sensor Networks to Characterize Photovoltaic Panels in Harsh Environmental Conditions", SIGNAL PROCESSING AND COMMUNICATIONS, 2007. ICSPC 2007. IEEE INTERNATIONAL CONFERENCE ON, IEEE, PISCATAWAY, NJ, USA, 24 de noviembre de 2007 (2007-11-24), páginas 788-791, XP031380641, ISBN: 978-1-4244-1235-8 se desprende el envío de datos de módulos fotovoltaicos a través de una red de radio.

En los sistemas mencionados es desventajosa respectivamente la estructura rígida de la transmisión de datos, la baja flexibilidad y eventualmente la propensión a perturbaciones, en particular en instalaciones fotovoltaicas muy grandes.

#### Descripción general de la invención

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar una instalación fotovoltaica que permita una supervisión flexible, libre de perturbaciones y versátil de cada módulo fotovoltaico individual, en donde los módulos fotovoltaicos individuales pueden ser indistinguibles del lado de fabricación.

Otro objeto de la invención es proporcionar una instalación fotovoltaica que sea fácil y sencillo de construir y conectar por un instalador, en donde el instalador puede instalar cada módulo fotovoltaico en cualquier posición del generador fotovoltaico sin tener que considerar una cierta estructura de red o identificación de los módulos fotovoltaicos.

Otro objeto de la invención es proporcionar una instalación fotovoltaica que detecte la fallas, pérdidas y/o el sombreado de los módulos fotovoltaicos individuales de forma precoz y que ponga a disposición datos referidos a la posición para ello.

El objetivo de la invención se consigue mediante el objeto de las reivindicaciones independientes. Las reivindicaciones dependientes se refieren a perfeccionamiento de la invención.

Según la invención se proporciona una instalación fotovoltaica, de forma abreviada, instalación FV con una pluralidad de módulos FV. Cada módulo fotovoltaico, a su vez, comprende una pluralidad de células solares conectadas entre dos conexiones externas, las llamadas cintas, que sobresalen del lado posterior del módulo fotovoltaico alejado del sol. Las conexiones externas de cada módulo fotovoltaico se contactan eléctricamente con cada vez una llamada caja de conexión y unión, que está fijada en el lado posterior del respectivo módulo fotovoltaico. Así, los módulos fotovoltaicos son las unidades manejables más pequeñas del generador fotovoltaico durante la construcción de instalación fotovoltaica *in situ*. Cada módulo fotovoltaico se pone en contacto eléctricamente con una llamada caja de conexión y unión para evacuar la corriente generada por el módulo fotovoltaico.

Los módulos fotovoltaicos están estructurados con una estructura de árbol con respecto a las líneas eléctricas, según se explicó anteriormente. Para ello, la instalación fotovoltaica comprende uno o varios generadores fotovoltaicos, en donde en este último caso también estos también se designan como subgeneradores fotovoltaicos. Cada generador fotovoltaico o subgenerador fotovoltaico comprende una pluralidad de cadenas fotovoltaicas conectadas en paralelo, que a su vez comprenden una pluralidad de módulos fotovoltaicos conectados en serie.

Los módulos fotovoltaicos están conectados en serie formando cadenas fotovoltaicas mediante líneas de conexión eléctrica fotovoltaica o líneas de cadenas fotovoltaicas, en donde la corriente eléctrica generada por los módulos fotovoltaicos o cadenas fotovoltaicas se conduce a través de las líneas de conexión eléctrica fotovoltaica o líneas de cadenas fotovoltaicas. Las cadenas fotovoltaicas a su vez están interconectadas en paralelo al generador fotovoltaico o subgenerador fotovoltaico.

La instalación fotovoltaica también comprende uno o varios inversores fotovoltaicos para convertir la corriente continua generada por los módulos fotovoltaico en una corriente alterna compatible con la red, para la alimentación eventualmente después de la transformación a la red eléctrica pública.

Además, cada módulo fotovoltaico presenta eventualmente un dispositivo de medición para detectar al menos un parámetro de potencia instantáneo, por ejemplo, estado, tensión, corriente, potencia del módulo fotovoltaico respectivo, de modo que el parámetro de potencia, preferentemente en el lado corriente continua, se pueda detectar individualmente para cada módulo fotovoltaico.

Por ejemplo, se pueden detectar daños en el cableado de potencia así como errores de instalación en el cableado de potencia de los módulos a partir de la suma de las potencias de módulo por cadena o en toda la instalación y una comparación con la potencia de CC aplicada en uno o varios inversores.

Además, cada módulo fotovoltaico presenta respectivamente una interfaz de comunicación propia para conectar los módulos fotovoltaico a nivel del módulo fotovoltaico a una red de comunicación. Los módulos fotovoltaicos de la instalación fotovoltaica están conectados entre sí en la red de comunicación. Por lo tanto, cada módulo fotovoltaico forma un nodo de red de la red de comunicación. Mensajes de comunicación con datos específicos al módulo, por ejemplo, a través de al menos un parámetro de potencia instantáneo del módulo fotovoltaico respectivo, se transmiten de cada módulo fotovoltaico a un dispositivo de control o dispositivo de evaluación a través de la red de comunicación. El dispositivo de control está conectado preferentemente a un coordinador de red. Mediante la detección de datos y transmisión de datos a nivel del módulo fotovoltaico, es decir, por separado de cada módulo fotovoltaico al dispositivo de control, este puede evaluar al menos un parámetro de potencia de cada módulo de módulo fotovoltaico individual de forma específica al módulo. También es posible determinar los datos de diagnóstico a partir de los valores medidos, de modo que se pueda verificar centralmente el funcionamiento de cada módulo fotovoltaico individual.

Dado que eventualmente la detección de los parámetros de potencia relevantes (por ejemplo, estado, potencia, tensión o corriente) se realiza en cada módulo fotovoltaico individual y los datos o los valores medidos se transmiten a través de la red de comunicación, se puede evaluar, por ejemplo, la entrega de potencia de cada módulo fotovoltaico individual. Además, los parámetros de potencia de los módulos fotovoltaicos individuales se pueden comparar entre sí. De este modo es posible reducir los costes de producción de energía de una planta de energía solar y aumentar la llamada "relación de rendimiento" de dichas plantas. Para esto, se determina y optimiza la relación de rendimiento  $PR = E_{AC} / E_{sol} \cdot \eta_{mod}$ , donde  $E_{AC}$  es la energía alimentada a la red (AC),  $E_{sol}$  la energía solar irradiada y  $\eta_{mod}$  la eficiencia del módulo fotovoltaico. Un análisis de la planta de energía solar a nivel del módulo fotovoltaico permite i) reconocer errores de forma temprana, ii) identificar errores con mayor precisión, iii) localizar errores con mayor precisión, iv) planificar el mantenimiento de forma temprana y por consiguiente v) reducir el tiempo de inactividad.

Ha resultado ser especialmente ventajoso configurar la red de comunicación como una red autoorganizada, sin asignaciones predeterminadas anteriormente de las rutas de comunicación, en la que los módulos fotovoltaicos se conectan así de forma autónoma con otros módulos fotovoltaicos, típicamente adyacentes. Por lo tanto, la coordinación de la comunicación se realiza en la red de forma autoorganizada. La red de comunicación autoorganizada no requiere ninguna asignación predeterminada anteriormente de las rutas de comunicación, por ejemplo, entre el coordinador de la red y un módulo fotovoltaico determinado. La red de comunicación autoorganizada se las apaña entonces sin una infraestructura de red fija. En particular, la coordinación del acceso al canal y la sincronización de los nodos de red entre sí se realiza de forma autoorganizada. Por ejemplo, por la red de comunicación se adjudica la dirección de red de los módulos fotovoltaico de forma autoorganizada. Por consiguiente, los módulos de comunicación no deben ser identificables como tales (del lado de fabricación), lo que es ventajoso eventualmente para la producción en masa de los módulos fotovoltaicos.

La red de comunicación autoorganizada también permanece completamente funcional incluso en caso de falla de uno o algunos nodos de red, ya que cada nodo de red, es decir, cada módulo fotovoltaico, se conecta de forma independiente con uno o más nodos de red de su vecindario. De manera ventajosa, la red de comunicación puede compensar de este modo automáticamente la falla de uno o algunos nodos de red. La red de comunicación luego se adapta entonces de forma autoorganizada a la falla de los nodos de red individuales o módulos fotovoltaico y reconduce automáticamente la comunicación a través de otros nodos de red.

En una red de comunicación autoorganizada de este tipo es especialmente ventajoso que, a pesar de la supervisión individual a nivel del módulo fotovoltaico, se puede mantener relativamente bajo el coste de la instalación de red. Por ejemplo, no es absolutamente obligatorio equipar cada módulo fotovoltaico con un inversor, aunque esto no está excluido. En cualquier caso, si se desea, se puede trabajar con uno o más inversores centrales. Además, la instalación es sencilla y eventualmente se puede evitar una inicialización complicada. Por ello, los costes de instalación de la red

de comunicación, a pesar de la gran cantidad (eventualmente > 100, > 1000 o incluso > 10,000) de módulos fotovoltaicos y, por lo tanto, nodos de red, se pueden mantener dentro de límites razonables. Otra ventaja de la instalación fotovoltaica con red de comunicación autoorganizada es su robustez frente a perturbaciones externas. Incluso puede hacer frente a la pérdida total de los nodos individuales o de algunos nodos de red, lo que puede ser ventajoso en particular en las grandes plantas de energía solar.

Según la invención, la red de comunicación es independiente de las líneas de conexión eléctrica fotovoltaica para la potencia generada fotovoltaicamente. De este modo la topología de la red de comunicación se puede diferenciar fundamentalmente de la topología de las líneas de conexión eléctrica fotovoltaica. Esta última típicamente está predeterminada de antemano por planificación debido a los requisitos de tensión pico y corriente pico de las cadenas fotovoltaico y los subgeneradores fotovoltaico. De este modo se permite una topología flexible de la red de comunicación. Esto puede ser ventajoso fundamentalmente tanto para redes de comunicación inalámbricas como también por cable. Debido a la organización de la red de comunicación no existe una estructura fija predefinida de la red de comunicación que el instalador tenga que observar al instalar los módulos fotovoltaicos. Así el instalador puede montar los módulos fotovoltaicos según el plano predeterminado del cableado de potencia (líneas de conexión eléctrica fotovoltaica y/o líneas de cadenas fotovoltaicas) y conectar el cableado de potencia entre los módulos fotovoltaicos, y a saber sin deber tener consideración con alguna estructura de la red de comunicación, es decir, de forma independiente de la red de comunicación. Si luego después del montaje y el ensamblaje del cableado de potencia se ha autoorganizado la red de comunicación, a través de la red de comunicación mediante comparación entre una potencia de consigna previamente calculada con la potencia real con las condiciones de irradiación solar conocidas se puede verificar incluso si el cableado de potencia se ha realizado de forma correcta por el instalador.

Los nodos de red activos y pasivos se pueden combinar.

Se prefiere especialmente configurar la red autoorganizada como red de radio. La red de radio está configurada en particular como una red mallada (red de malla). En la red mallada, la pluralidad de módulos fotovoltaicos está conectada entre sí en una estructura de malla. A este respecto, los datos se pasan del módulo fotovoltaico al módulo fotovoltaico hasta que han alcanzado el dispositivo de control. La red de comunicación mallada encuentra así su flujo de comunicación de forma automática y dinámica a través de toda la instalación fotovoltaica. A este respecto, las vías de comunicación no se predeterminan por una estructura / planificación fija en la red mallada, sino que encuentran por sí mismas y también pueden encontrar nuevas vías incluso en caso de una perturbación de las vías existentes. Por lo tanto, en una red de radio mallada, el fallo de las vías de comunicación individuales o los enlaces de radio se puede compensar reorganizando las rutas de comunicación entre los módulos fotovoltaicos individuales. Por lo tanto, la red de comunicación está configurada preferentemente como un sistema de radio dinámico, autoorganizado y controlado de forma descentralizada. Por ejemplo, para la instalación fotovoltaica según la invención son apropiados, por ejemplo, los sistemas de transmisión inalámbrica según IEEE 802.15.4, TSMP (Time Synchronized Meshed Protocol), ZigBee o Wireless Hart. Los sistemas GSM o GPRS del entorno de telecomunicaciones también se pueden utilizar aquí, de forma limitada, por ejemplo, a nodos de información descentralizados (por ejemplo, con una red de malla subyacente). Eventualmente, algunos de los nodos de red están equipados de modo que también pueden ser direccionados por un comando inalámbrico externo en el estado sin tensión, por ejemplo, están integrados en la caja de la matriz fotovoltaico. También pueden estar previstas varias redes de malla en un clúster y usarse cada red de malla en el clúster como parte de la red troncal.

Según una forma de realización preferida, la red de comunicación permite una ubicación automática de los respectivos módulos fotovoltaicos en la instalación fotovoltaica. Por ejemplo, la red de radio mallada presenta medios para medir la distancia entre los nodos de red o los módulos fotovoltaicos, de modo que se pueda medir respectivamente la distancia real entre los módulos fotovoltaicos y los datos de distancia medidos se le puedan transmitir al dispositivo de control a través de la red de radio. Si está presente un punto de referencia predeterminado fijo, preferiblemente se lleva a cabo adicionalmente una medición de distancia entre al menos uno de los nodos de red y el punto de referencia predeterminado fijo. El dispositivo de control elabora entonces por medio de los datos de distancia recibidos un mapa de posición real de los módulos fotovoltaicos reales en la red, en particular con las direcciones de los respectivos módulos fotovoltaicos adjudicadas de forma de autoorganización. Por lo tanto, por el dispositivo de control se puede asignar el al menos un parámetro de potencia detectado de cada módulo fotovoltaico a la posición real determinada del módulo fotovoltaico respectivo, de modo que se realiza una asignación local del al menos un parámetro de potencia para cada módulo fotovoltaico en el generador fotovoltaico. Así, la red de comunicación puede determinar en qué punto del generador fotovoltaico, por ejemplo, un módulo fotovoltaico se ha sombreado, caído o perdido, en particular sin que los módulos fotovoltaico tengan que ser identificables desde el principio.

Preferentemente, la instalación fotovoltaico o el dispositivo de control determina, en particular por medio de la medición de distancia, un mapa de posición real de las posiciones reales de los módulos fotovoltaico y ajusta el mapa de posición real con un layout modelo. Para ello, la instalación fotovoltaico o el dispositivo de control comprende una memoria con el layout modelo almacenado de las posiciones de consigna locales de todos los módulos fotovoltaico en el generador fotovoltaico. La instalación fotovoltaica o el dispositivo de control puede asignar el al menos un parámetro de potencia detectado respectivamente de los módulos fotovoltaicos reales luego respectivamente a una posición del módulo fotovoltaico en el layout modelo. Este ajuste de layout también se designa como "encaje" del mapa de posición real al layout modelo. De este modo se puede determinar todavía con mayor precisión qué módulo

fotovoltaico eventualmente está sombreado, caído, perdido o perturbado de alguna otra manera. Más preferentemente, para ello, se establece un módulo fotovoltaico de referencia, que sirve como punto de referencia durante el encaje del mapa de posición real en el layout modelo. Por lo tanto, un módulo fotovoltaico de referencia (virtual) se determina en el layout modelo (por ejemplo, en la esquina superior derecha del layout modelo) y el módulo fotovoltaico real correspondiente se identifica en la instalación fotovoltaica real (módulo fotovoltaico de referencia real en la esquina superior derecha del generador fotovoltaico). Luego, la asignación del módulo fotovoltaico de referencia real al módulo fotovoltaico de referencia virtual se utiliza como punto de referencia para el encaje del mapa de posición real en el layout modelo. La identificación del módulo fotovoltaico de referencia real asociado al módulo fotovoltaico de referencia virtual se puede determinar manualmente, por ejemplo, mediante traslado de un interruptor correspondiente en el módulo fotovoltaico, asignación a través de una unidad de mando o un componente de software al layout modelo o la inserción de un conector por parte de instalador. Pero el módulo fotovoltaico de referencia también puede estar equipado con un dispositivo para la determinación absoluta de la ubicación real, por ejemplo, un receptor de satélite (por ejemplo, GPS o Galileo). El módulo fotovoltaico de referencia luego envía una información de posición absoluta al dispositivo de control a través de la red de comunicación, de modo que la información de posición absoluta sirve como punto de referencia o "punto de anclaje" para determinar las posiciones absolutas de los otros módulos fotovoltaicos. En ambos casos, la instalación fotovoltaica o la red "conoce" la posición real absoluta del módulo fotovoltaico de referencia real. La posición absoluta de los otros módulos fotovoltaicos se determina entonces por medio de la posición absoluta del módulo fotovoltaico de referencia y los valores de distancia medidos entre los módulos fotovoltaicos en la red.

Es conveniente detectar como el al menos un parámetro de potencia de cada módulo fotovoltaico el estado actual, la potencia instantánea, la tensión instantánea y/o la corriente instantánea y transmitirlo a través de la red de comunicación al dispositivo de control y evaluarlo allí de forma centralizada.

Según una configuración general de la invención, la transmisión de datos también se puede realizar a través de una red de comunicación por cable autoorganizada. A este respecto, los datos incluso se pueden transmitir a través de las líneas eléctricas. En este caso, la red de comunicación imprime las señales en las líneas eléctricas de los módulos fotovoltaicos y las reenvía al dispositivo de control. Este procedimiento es ventajoso en particular cuando los mismos módulos fotovoltaicos están equipados con un inversor. En este caso, la información se puede transmitir a través de la red de suministro de corriente alterna de la instalación fotovoltaica. Se pueden usar sistemas de transmisión como digitalSTROM o PowerLine.

En una configuración más ventajosa de la invención, los módulos fotovoltaicos pueden comprender respectivamente un sensor para detectar al menos un parámetro ambiental, por ejemplo, temperatura del módulo, temperatura ambiente, radiación solar, dirección del viento y/o intensidad del viento, etc. y transmitir el al menos un parámetro ambiental adicionalmente al al menos un parámetro de potencia a través de la red de comunicación al dispositivo de control. Por consiguiente, en particular, en conexión con la información de ubicación del módulo fotovoltaico del que proceden los datos respectivos, se puede efectuar una supervisión y mantenimiento detallados, eventualmente incluso control de la instalación fotovoltaica.

También es más ventajoso transmitir datos específicos del fabricante a través de la red de comunicación y asignarlos al módulo fotovoltaico respectivo. Los datos específicos del fabricante son, por ejemplo, datos de potencia, tipo de módulo, eventualmente número de identificación, número de serie, número de versión, etc. Estos datos específicos del fabricante se asignan por el dispositivo de control, que típicamente se implementa a través de un ordenador central, a las posiciones de los módulos fotovoltaicos de consigna en el layout modelo.

Con la invención es posible de manera ventajosa una optimización del potencia hasta el nivel del módulo fotovoltaico. Además, se puede llevar a cabo una planificación precisa del mantenimiento y reparación, que incluso apoya a diferentes tipos de módulos.

Es conveniente integrar el dispositivo de medición con un sensor para detectar el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de comunicación directamente en la caja de conexión y unión para las conexiones exteriores, las llamadas cintas, en el lado posterior del módulo fotovoltaico respectivo, de modo que no se tengan que colocar componentes externos adicionales en los módulos fotovoltaicos. Preferiblemente, el coordinador de red y el dispositivo de control están integrados en la caja de conexión del generador fotovoltaico.

Según una forma de realización preferida de la invención, como el al menos un parámetro de potencia se detecta la tensión instantánea del módulo fotovoltaico sin tensión de referencia por medio de un efecto no lineal. Esto se puede realizar, por ejemplo, mediante un condensador, por ejemplo, igualmente en la caja de conexión y unión, con capacidad dependiente de la intensidad de campo, en el que la capacidad es una medida de la tensión instantánea. El condensador puede entonces formar parte de un circuito resonante y la frecuencia de resonancia del circuito resonante se determina como una medida de la tensión del módulo fotovoltaico de cada módulo fotovoltaico. El dispositivo de medición para detectar el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de red de los módulos fotovoltaicos se abastece de manera conveniente con energía directamente desde el módulo fotovoltaico respectivo (es decir, con la energía solar fotovoltaica generada por el módulo fotovoltaico respectivo). De este modo se puede prescindir de manera ventajosa de un suministro de energía adicional para el dispositivo de medición para detectar el

al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de red. Para seguir manteniendo la comunicación de datos a través de la red de comunicación todavía durante un cierto tiempo en el caso de falla del módulo fotovoltaico, los módulos fotovoltaicos presentan preferiblemente un acumulador de energía, por ejemplo, un búfer de batería recargable, que se carga por el módulo fotovoltaico respectivo, y que sirve al menos para el suministro de la interfaz de red, eventualmente todavía para el suministro del dispositivo de medición para detectar el al menos un parámetro de potencia en el módulo fotovoltaico respectivo. De este modo es posible una supervisión de los módulos fotovoltaicos en cualquier momento, incluso en ausencia de radiación solar, por ejemplo, de noche. En particular, los módulos fotovoltaicos pueden notificar para ello regularmente el parámetro de potencia, etc. a través de la red. Alternativamente, el suministro también se puede realizar a través de una retroalimentación desde el cableado de potencia.

A continuación, la invención se explicará en más detalle por medio de ejemplos de realización y en referencia a las figuras, en donde los elementos iguales y similares están provistos parcialmente con los mismos números de referencia y las características de los distintos ejemplos de realización se pueden combinar entre sí.

#### Breve descripción de las figuras

Muestran:

La Fig. 1 una instalación fotovoltaica convencional con un sistema de suministro eléctrico fotovoltaico simple según la norma DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712): 2006-06,

La Fig. 2 una instalación fotovoltaica convencional con varios subgeneradores fotovoltaicos según la norma DIN VDE 0100-712 (VDE 0100-712): 2006-06,

La Fig. 3 una arquitectura a modo de ejemplo de una instalación fotovoltaica con una potencia de 2,5 MW<sub>p</sub>,

La Fig. 4 una pluralidad de módulos fotovoltaicos que están conectados entre sí a través de una red mallada,

La Fig. 5 los módulos fotovoltaicos de la figura 4 con las posiciones del módulo fotovoltaico determinadas a partir de las señales de radio,

La Fig. 6 como en la figura 5 con asignación de los módulos fotovoltaicos después del ajuste con el layout modelo de la instalación fotovoltaica,

La Fig. 7 una representación esquemática de un telegrama de datos para transmitir el al menos un parámetro de potencia detectado al coordinador de red y

La Fig. 8 un dispositivo para medir la tensión de módulo fotovoltaico mediante un condensador dependiente de la intensidad de campo.

#### Descripción detallada de la invención

Haciendo referencia a la **Fig. 1**, la instalación fotovoltaica 1 comprende una pluralidad de módulos fotovoltaicos 12, de los que en primer lugar varios módulos fotovoltaicos 12 están conectados en serie formando las cadenas fotovoltaicas 22. Los módulos fotovoltaicos 12 comprenden respectivamente una caja de conexión y unión fijada en el lado posterior (no mostrada) con terminales de conexión para el cableado de corriente eléctrica y presentan opcionalmente respectivamente un diodo de by-pass 14, típicamente en la caja de conexión y unión. Las cadenas fotovoltaicas 22 están conectadas en paralelo a través de las líneas de cadenas fotovoltaicas 24 y presentan eventualmente dispositivos de protección contra sobrecorrientes 26 y diodos de bloqueo 28. Por lo tanto, los módulos fotovoltaicos 12 conectados en serie y en paralelo en este ejemplo forman un generador fotovoltaico 32. Los módulos fotovoltaicos interconectados 12 suministran su potencia eléctrica a través de una línea de corriente continua fotovoltaica y un dispositivo separador 36 a un inversor fotovoltaico 42, que convierte la tensión continua generada por los módulos fotovoltaicos en una tensión alterna compatible con la red. El inversor fotovoltaico 42 está instalado en una carcasa del denominado conjunto de apartamiento 48. Un transformador opcional 44 en el conjunto de apartamiento 48 transforma la tensión en función de la red eléctrica que se va a alimentar, de modo que la instalación fotovoltaica se puede acoplar a la red eléctrica pública. Con el dispositivo separador del lado de corriente continua 36 y un dispositivo separador del lado de corriente alterna 46, el inversor fotovoltaico 42 se puede separar, por ejemplo, para medidas de mantenimiento de partes vivas. Al generador fotovoltaico 32 está asociada una caja de conexión del generador fotovoltaico 38, en la que están dispuestos los diodos de bloqueo opcionales 28 y los puntos de conexión en paralelo 30 de las cadenas fotovoltaicas 22.

La **Fig. 2** muestra una instalación fotovoltaica 1', similar a en la **Fig. 1**, pero en donde están interconectados una pluralidad de subgeneradores fotovoltaicos 31 formando un generador fotovoltaico 32'. Aquí también están conectados en serie una pluralidad de módulos fotovoltaico 12 en cada subgenerador fotovoltaico 31 formando cadenas fotovoltaicas 22. A cada subgenerador fotovoltaico 31 se le asigna una caja de conexión del subgenerador fotovoltaico

37, en la que las cadenas fotovoltaico 22 están interconectadas en paralelo en los puntos de conexión en paralelo 30. Las cajas de conexión del subgenerador fotovoltaico 37 están conectadas a través de las líneas eléctricas del subgenerador fotovoltaico 52 a una caja de conexión del generador fotovoltaico 38', en la que a su vez los subgeneradores fotovoltaicos 31 están interconectados. La caja de conexión del generador fotovoltaico 38' está conectada al inversor fotovoltaico 42 en la carcasa del conjunto de apartamento a través de la línea principal de corriente continua fotovoltaica 34'. Por lo demás, la instalación fotovoltaica 1' está configurado de manera similar a la instalación fotovoltaica 1. La estructura básica de tales instalaciones fotovoltaicas 1, 1' se conoce por el experto en la materia y se basa en las instalaciones fotovoltaicas de la presente invención.

La **Fig. 3** muestra una arquitectura a modo de ejemplo de una instalación fotovoltaica 1' con varios subgeneradores fotovoltaicos según la **Fig. 2** con una potencia de  $2,88 \text{ MW}_p$ . En la figura 3, los módulos fotovoltaico 12, las cadenas fotovoltaicas 22, las cajas de conexión del subgenerador fotovoltaico 37 y las cajas de conexión del generador fotovoltaico 38' están representadas solo por secciones. Los módulos fotovoltaicos 12 representados aquí a modo de ejemplo deben presentar una potencia nominal de  $200 \text{ W}_p$ , una tensión de MPP (@STC) de 25 V y una corriente de MPP (@STC) de 8 A. En cada módulo fotovoltaico 12 está interconectado un número correspondiente de células solares fotovoltaicas para lograr los datos de potencia especificados.

La arquitectura de las instalaciones fotovoltaicas 1' en este ejemplo comprende 14.400 módulos fotovoltaicos 12, en donde están conectados en serie respectivamente 25 módulos fotovoltaicos por cadena fotovoltaica (el mismo número de módulos para cada cadena), de modo que cada cadena posee una tensión nominal de cadena CC de 625 V. Los módulos fotovoltaicos 12 son indistinguibles o no están individualizados o identificados. Además, 4 cadenas fotovoltaicas 22 por subgenerador fotovoltaico 31 están reunidas aquí en una caja de conexión del subgenerador 37, y a su vez 6 están conectadas e interconectadas en una caja de conexión del generador fotovoltaico 38'. Las 24 cajas de conexión del generador fotovoltaico 38' están unidas a través de un carril de CC común a uno o varios inversores centrales fotovoltaicos 42, por ejemplo alojados en un contenedor fotovoltaico 48. Por ejemplo, los inversores fotovoltaicos en un rango de potencia de hasta 1000 kVA pueden estar conectados en una configuración dinámica maestro-esclavo-esclavo-esclavo (MSSS). En el caso de grandes plantas de energía fotovoltaica, la tensión alterna fotovoltaica se transforma con el transformador 44 al nivel de 20kV de una red de media tensión.

Según la invención, los módulos fotovoltaicos de la instalación fotovoltaica 1, 1' ahora se conectan o conectan en red entre sí en una red 62. La red 62 puede ser inalámbrica o por cable y está configurada como una red autoorganizada en donde las fallas de los nodos de red individuales 64 se compensan automáticamente por la red autoorganizada 62. Haciendo referencia a la **Fig. 4**, a modo de ejemplo, 15 módulos fotovoltaicos 12 están conectados formando una red autoorganizada mallada 62. Es ventajoso en una red mallada 62 que el alcance de los enlaces radioeléctricos individuales puede ser relativamente corto, independientemente de cuán grande sea la instalación fotovoltaica 1, 1'. La red 62 comprende además un dispositivo de control 67 con un coordinador de red 66, que proporciona los datos transmitidos a través de la red de comunicación 62 para su posterior procesamiento y evaluación y una memoria de datos 69. Cada módulo fotovoltaico 12 comprende una interfaz de red 72 basada en radio en este ejemplo y un dispositivo de medición 74 para detectar los parámetros de potencia, como por ejemplo, estado, potencia, tensión, corriente. Los parámetros de potencia detectados con el dispositivo de medición 74 se le transmiten al coordinador de red 66 a través de la red de comunicación 62. Se puede ver que en la red de radio 62 representada aquí a modo de ejemplo, las conexiones de red 68 para transmitir los datos de comunicación son independientes de las líneas eléctricas fotovoltaicas 24, 34, 34', 52. Esto tiene la ventaja de que el cableado de potencia 24, 34, 34', 52 de la instalación fotovoltaica se puede construir e interconectar según una arquitectura optimizada para la facilitación de potencia fotovoltaica, sin tener que considerar la red de comunicación. Incluso con el uso de una red de comunicación por cable 62, las líneas de red se pueden tender independientemente del cableado de corriente, en donde en el caso de una red autoorganizada 62 no se debe satisfacer una estructura de interconexión predeterminada, no obstante, lo que tampoco está excluido en principio. De nuevo haciendo referencia a la **Fig. 4**, la red de comunicación 62 se organiza en primer lugar de manera autónoma con conexiones de comunicación 68 entre los módulos fotovoltaicos individuales y configurada así las conexiones de comunicación 68. Si, como en el ejemplo representado en la **Fig. 4**, falla un módulo fotovoltaico determinado 12a o su interfaz de red 72a, las conexiones de red 68a, 68b conectadas a ese módulo de red fallido 12a se compensan automáticamente por otras conexiones de red, en este ejemplo 68c.

Haciendo referencia a la **Fig. 5**, las flechas 69 representan la medición de distancia por medio de las conexiones de comunicación, de modo que en la **Fig. 5** los puntos 76 representan las posiciones medidas de los módulos fotovoltaicos 12. Haciendo referencia a la **Fig. 6**, las posiciones medidas 76 se asignan a las posiciones de consigna 77 en el layout modelo de la instalación fotovoltaica 1, 1' con el algoritmo de asignación mencionado, lo que está simbolizado por las flechas 78.

En esta forma de realización de la red, por lo tanto, las señales de los dispositivos de medición 74 se evalúan a través de las conexiones de radio 68, de tal manera que se lleva a cabo una determinación de distancia de los módulos fotovoltaicos 12 entre sí. En este caso, el coordinador de red 66 de la red está integrado preferiblemente en la caja de conexión del subgenerador fotovoltaico 37 (en una instalación fotovoltaica según la fig. 1 en la caja de conexión del generador fotovoltaico 38) y tiene un enlace radioeléctrico libre 68 a más de uno, al menos dos módulos fotovoltaicos 12. Los resultados de la medición se comparan luego con el layout modelo mecánico de la instalación fotovoltaica 1, 1' almacenado en la memoria 69 del dispositivo de control 67, de modo que las señales de medición y las posiciones

en cuestión se puedan ajustar y asignar de forma definida (denominado "encaje" de las posiciones medidas con las posiciones del modelo). Por lo tanto, en caso de imprecisiones de medición debido a perturbaciones u obstáculos en uno o algunos enlaces radioeléctricos 68 se permiten, sin embargo, asignaciones unívocas. Para ello se pueden aplicar, por ejemplo, algoritmos de minimización de cuadrados de error. Las posiciones 12a no "llenas" por retroalimentación en este modelo permiten inferior una falla total o pérdida del módulo fotovoltaico 12a que tiene allí su sitio. Por ello, según la invención se puede supervisar tanto el estado de funcionamiento como la presencia en cada caso de forma específica al módulo.

Ventajosamente, por medio de la red de comunicación 62 y el layout modelo o de consigna de la instalación fotovoltaica se puede determinar por consiguiente en qué punto se ha caído la instalación fotovoltaica que, como se muestra arriba, eventualmente puede contener decenas de miles de módulos fotovoltaico. Esto evidentemente facilita el mantenimiento de la instalación fotovoltaica.

En una red de comunicación por cable 62, es posible una ubicación de los módulos fotovoltaico 12, por ejemplo, dado que en el protocolo de comunicación está previsto un marcador de posición (contador), que se puede modificar por cada nodo de red 12 que atraviesa el paquete de mensajes sin modificar el mensaje real. Haciendo referencia a la **Fig. 7**, el mensaje se transmite, por ejemplo, en un telegrama 92 con una variable de posición PZ, un mensaje que contiene el valor medido del al menos un parámetro de potencia y eventualmente transmite un encabezado de mensaje. La variable de posición PZ es, por ejemplo, un contador, que se incrementa en un valor ( $PZ + 1$ ) con cada nodo de red 64 atravesado. Esto puede ocurrir, por ejemplo, en una red en la que un coordinador de red está integrado en el combinador de cadenas y así localiza el módulo fotovoltaico emisor 12 en forma del "enésimo módulo en la red" y lo compara con el cableado del generador solar sin que se requiera una inicialización controlada por el usuario. Eventualmente la ampliación de las señales disponibles, por ejemplo, GPS o emisores de radio implementados localmente, también es posible para la localización de los módulos fotovoltaicos.

En un caso simple, solo se realiza la detección de un valor simple, por ejemplo, "en orden" o "no en orden" o "módulo fotovoltaico disponible" o "módulo fotovoltaico no disponible". En una realización ampliada se puede realizar una medición de potencia y la transmisión de los datos de potencia de cada módulo fotovoltaico 12. En una instalación fotovoltaica 1, 1' con cadenas fotovoltaicas individuales 22, se mide la tensión en bornes aplicada entre las dos líneas de conexión que salen de cada módulo fotovoltaico 12.

Los valores medidos se le transmiten al dispositivo de control 67. En una realización preferida, esto está integrado en la caja de matriz fotovoltaica 37. La medición de la corriente instantánea del módulo fotovoltaico se puede realizar de forma centralizada en la caja de la matriz fotovoltaica 37 para todos los módulos fotovoltaicos 12 de las cadenas fotovoltaicas 22 asociadas. La potencia de los módulos fotovoltaicos individuales 12 se determina en la caja de la matriz fotovoltaica 37 por la unidad de control integrada 67 y opcionalmente sigue transmitiendo. Al comparar la tensión de cadenas fotovoltaicas y las tensiones individuales acumuladas de todos los módulos fotovoltaicos 12 de la respectiva cadena fotovoltaica 22, entonces se pueden detectar caídas de tensión adicionales en los conectores o líneas de conexión.

Haciendo referencia a la **Fig. 8** está representado un módulo fotovoltaico 12 que proporciona la tensión continua del módulo a las líneas de conexión del módulo externas 82, las denominadas "cintas". Ahora, por ejemplo, en cada módulo fotovoltaico 12 se conecta un dispositivo de medición 74 a un condensador 84 para detectar el parámetro de potencia en paralelo a las líneas de conexión del módulo. Preferentemente, el sistema de supervisión con el dispositivo de medición 74 o el condensador 84 y la interfaz de red 72 de cada módulo fotovoltaico 12 está integrado en la caja de conexión y unión correspondiente, fijada en el respectivo módulo fotovoltaico 12 (véase, por ejemplo, el documento DE 10 2007 037 130 y DE 10 2007 042 547 de la misma solicitante). Preferentemente, el dispositivo de medición para detectar el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de red se alimentan por la energía eléctrica generada fotovoltaicamente del módulo fotovoltaico asociado respectivamente. Para ello, el dispositivo de medición para detectar el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de red se pueden conectar al dispositivo de contacto para poner en contacto las cintas en la caja de conexión y unión (véase, por ejemplo, el documento DE 10 2007 037 130 y DE 10 2007 042 547 de la misma solicitante).

Con la forma de realización mostrada en la **Fig. 8**, la medición de la tensión se realiza sin tensión de referencia aprovechando los efectos no lineales en el campo eléctrico, que se genera por la tensión del módulo. Así, con un material cuya constante dieléctrica depende de la intensidad del campo eléctrico, se implementa una capacidad del condensador 84 dependiente de tensión del módulo. Esta capacidad o su modificación en función de la tensión del módulo se puede evaluar, por ejemplo, por la frecuencia de resonancia que se forma / desplaza en un circuito resonante implementado con esta capacidad o el tiempo de descarga a través de una resistencia. Esto se realiza, por ejemplo, mediante ajuste con una frecuencia conocida (por ejemplo, la frecuencia de radio en la red o un cuarzo integrado). A este respecto, el condensador 84 puede ser parte del circuito de CC, en el que se acopla por medio de transmisores de HF, como también estar separado galvánicamente, el dieléctrico se atraviesa solo por el respectivo campo eléctrico generado por el módulo.

El resultado de la medición se le transmite a un coordinador de red local a través de una red, esto ocurre cíclicamente como par de datos de dirección y valor de tensión o acíclicamente según lo solicite el coordinador de red.

- El suministro de energía de los dispositivos de medición 74 o sensores se puede realizar a través del módulo fotovoltaico 12. Respectivamente un acumulador de energía opcional 86 en los módulos fotovoltaicos 12, que se carga por el respectivo módulo fotovoltaico 12, también puede llevar a cabo mediciones durante un corto tiempo y enviar mensajes, por ejemplo, al coordinador de red 66 cuando la potencia del módulo fotovoltaico disminuye. El coordinador de la red evalúa la situación y eventualmente inicia medidas de acción (por ejemplo: un módulo notifica una disminución de potencia, todas las otras funciones son normales: se puede excluir el crepúsculo o cielo cubierto). En este caso, el coordinador de red 66 notifica una perturbación de este módulo fotovoltaico.
- 5
- 10 Alternativamente, el suministro energía se puede realizar a través de la señal de radio. Esto es suficiente para iniciar el sensor, realizar la medición y reenviar la medición al coordinador de red 66. A partir del estado de la técnica se conocen otras posibilidades de suministro de energía autárquico bajo el título "Energy Harvesting (recolección de energía)", que también se pueden utilizar en este caso, por ejemplo, aprovechando el efecto termoeléctrico.
- 15 Para el especialista es evidente que las formas de realización descritas anteriormente se deben entender a modo de ejemplo, y la invención no está limitada a éstas, sino que se puede variar de múltiples maneras sin abandonar la invención; el alcance de la invención está definido en las reivindicaciones.

**REIVINDICACIONES**

**1. Instalación fotovoltaica (FV) que comprende:**

5 una pluralidad de módulos fotovoltaicos (12),  
líneas de conexión eléctrica (24) mediante las que los módulos fotovoltaicos (12) están conectados en serie y/o  
en paralelo a un generador fotovoltaico (32, 32') y a través de los que se conduce la corriente eléctrica generada  
por los módulos fotovoltaicos (12),  
10 uno o varios inversores fotovoltaicos (42) para convertir la corriente continua generada por los módulos  
fotovoltaicos (12) en una corriente alterna compatible con la red,  
en donde los módulos fotovoltaicos (12) presentan respectivamente una interfaz de comunicación (72) y están  
conectados entre sí a una red de comunicación (62), de modo que los módulos fotovoltaicos individuales (12)  
15 forman los nodos de red de la red de comunicación (62),  
en donde los mensajes de comunicación con datos específicos al módulo se le transmiten a un dispositivo de  
control (67) por los módulos fotovoltaicos (12) a través de la red de comunicación (62), de modo que el dispositivo  
de control (67) puede asignar los datos específicos al módulo al módulo fotovoltaico respectivo,  
20 en donde la red de comunicación (62) está configurada como una red autoorganizada en la que los módulos  
fotovoltaicos (12) se conectan entre sí de forma autónoma,  
en donde la red de comunicación (62) es independiente de las líneas de conexión eléctrica (24) para la potencia  
generada fotovoltaicamente y la topología de la red de comunicación (62) se diferencia de la topología de las  
líneas de conexión eléctrica (24).

**2. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 1,**

30 en donde los módulos fotovoltaicos (12) presentan respectivamente un dispositivo de medición (74) para detectar al  
menos un parámetro de potencia, de modo que el parámetro de potencia se puede detectar individualmente por cada  
módulo fotovoltaico (12), y el al menos un parámetro de potencia detectado del respectivo módulo fotovoltaico (12) se  
le transmite al dispositivo de control (67) a través de la red de comunicación, de modo que el dispositivo de control  
35 (67) puede evaluar el al menos un parámetro de potencia de forma específica al módulo.

**3. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 1 o 2,**

40 en donde la red de comunicación (62) compensa automáticamente el fallo de un nodo de red.

**4. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 1, 2 o 3,**

45 en donde la dirección de red de los módulos fotovoltaicos (12) se adjudican de forma autoorganizada por la red de  
comunicación (62).

**5. Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la red autoorganizada (62)  
está configurada como una red mallada.**

**6. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 5,**

50 en donde la red autoorganizada (62) está configurada como una red de radio mallada.

**7. Instalación fotovoltaica según la reivindicación 6,**

55 en donde la red de radio mallada (62) presenta medios para medir la distancia entre los nodos de red o entre los nodos  
de red y entre al menos uno de los nodos de red y un punto de referencia fijo, de modo que se puede medir  
respectivamente la distancia real entre los nodos de red y los datos de distancia se le transmiten al dispositivo de  
control (67) a través de la red de radio (62).

**8. Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde por medio de los datos de  
distancia recibidos se crea un mapa de posición real (figura 5) de los módulos fotovoltaicos reales (12) en la red (62)  
con las direcciones adjudicadas de forma autoorganizada de los respectivos módulos fotovoltaicos (12) y se asignan  
los datos específicos al módulo, en particular el al menos un parámetro de potencia detectado del respectivo módulo  
fotovoltaico (12), a la posición real determinada (76) del respectivo módulo fotovoltaico (12), de modo que se posibilita  
65 una asignación local de los datos específicos al módulo, en particular el al menos un parámetro de potencia para cada  
módulo fotovoltaico (12), en el generador fotovoltaico (32, 32').**

- 5 **9.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde está comprendida una memoria (69) con un layout modelo almacenado de las posiciones de consigna locales de los módulos fotovoltaico (12) en el generador fotovoltaico (32, 32'), en donde se determina un mapa de posición real de las posiciones reales de los módulos fotovoltaicos (12) y el mapa de posición real se compara con el layout modelo y en donde los datos específicos al módulo, en particular el al menos un parámetro de potencia detectado respectivamente los módulos fotovoltaicos reales (12), se asignan respectivamente a una posición de módulo fotovoltaico en el layout modelo.
- 10 **10.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los módulos fotovoltaicos está configurado como módulo fotovoltaico de referencia, en donde la posición absoluta real del módulo fotovoltaico de referencia se puede llamar desde el dispositivo de control (67) , y se usa como punto de referencia para determinar la posición de los módulos fotovoltaicos restantes (12).
- 15 **11.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un parámetro de potencia es el estado instantáneo, la potencia instantánea, la tensión instantánea o la corriente instantánea del respectivo módulo fotovoltaico (12).
- 20 **12.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde está comprendido un dispositivo de reconocimiento de daños, que a partir de la suma de las potencias de módulo por cadena o en toda la instalación y una comparación con la potencia de CC aplicada en uno o varios inversores reconoce los daños en el cableado de potencia o errores en la instalación del cableado de potencia.
- 25 **13.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los módulos fotovoltaicos (12) comprenden respectivamente un sensor para detectar al menos un parámetro ambiental, en particular temperatura del módulo, temperatura ambiente, radiación solar, dirección del viento o fuerza del viento, y el al menos un parámetro ambiental se le transmite al dispositivo de control (67) adicionalmente al al menos un parámetro de potencia a través de la red de comunicación.
- 30 **14.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de medición (74) para el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de comunicación (72) están integrados en la caja de unión y conexión para las conexiones externas en el lado posterior del módulo fotovoltaico (12) asociado.
- 35 **15.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el coordinador de red (66) de la red de comunicación (62) está integrado en la caja de conexión del generador fotovoltaico (38, 38') o la caja de conexión del subgenerador fotovoltaico (37) del generador fotovoltaico (32, 32').
- 40 **16.** Instalación fotovoltaica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el al menos un parámetro de potencia es la tensión instantánea del módulo fotovoltaico (12) y la tensión instantánea se detecta sin tensión de referencia por medio de un efecto no lineal.
- 45 **17.** Instalación fotovoltaica según la reivindicación 16, en donde el dispositivo de detección (74) para detectar la tensión instantánea comprende un condensador (84) con una capacidad dependiente de la intensidad de campo, de modo la capacidad del condensador (84) es una medida de la tensión instantánea.
- 50 **18.** Instalación fotovoltaica según la reivindicación 17,  
en donde el condensador (84) es parte de un circuito resonante y se determina la frecuencia de resonancia del circuito resonante.
- 55 **19.** Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de medición (74) para detectar el al menos un parámetro de potencia y/o la interfaz de red (72) se abastece directamente desde el módulo fotovoltaico (12) asociado con la energía generada fotovoltaicamente por este módulo fotovoltaico (12).
- 20.** Instalación fotovoltaica según una de las reivindicaciones anteriores, en donde los módulos fotovoltaicos (12) presentan respectivamente un acumulador de energía (86), que en caso de fallo del módulo fotovoltaico (12) sigue posibilitando la comunicación de datos a través de la red de comunicación (62) todavía al menos durante un cierto tiempo.

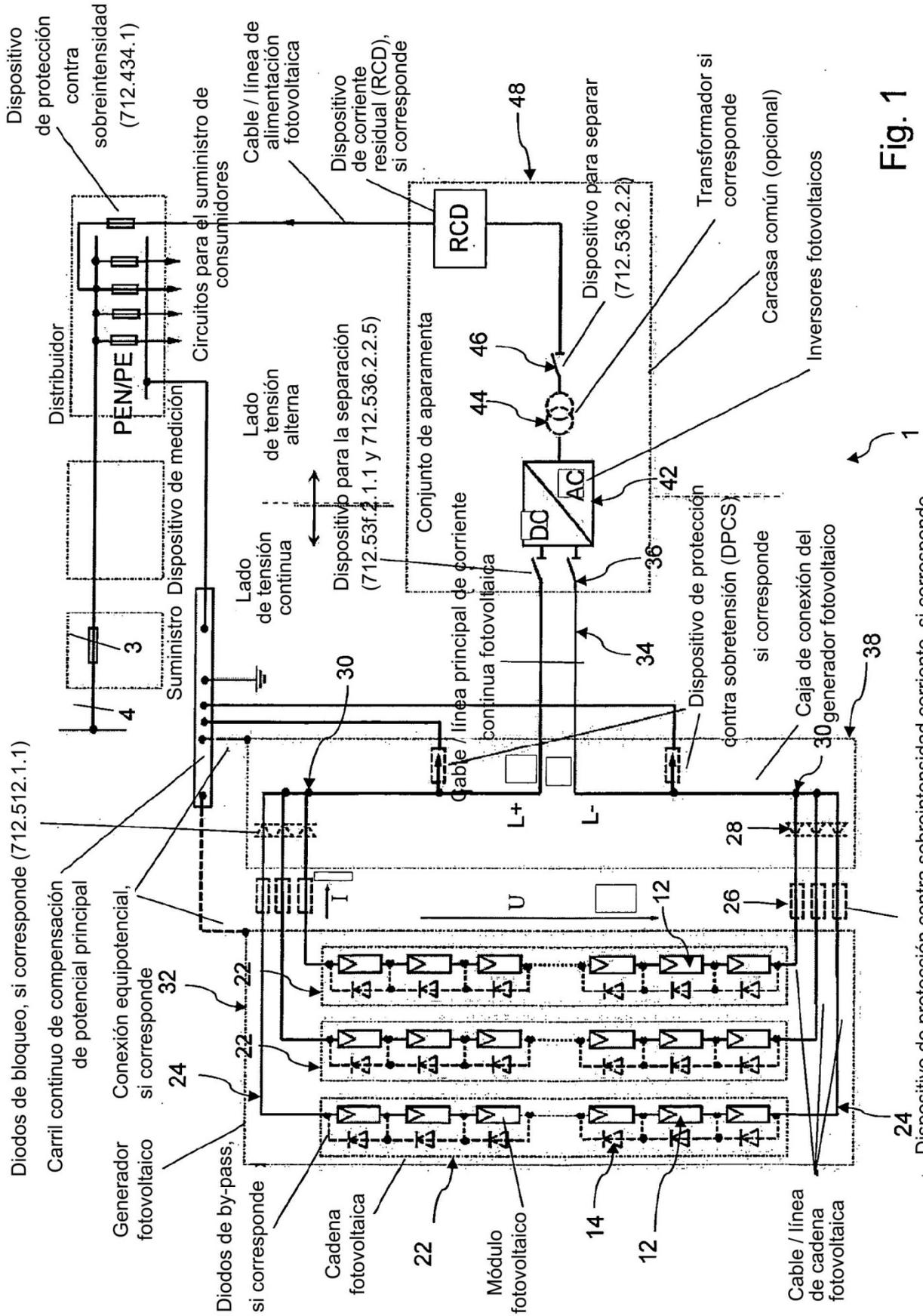


Fig. 1

Dispositivo de protección contra sobretensión corriente, si corresponde

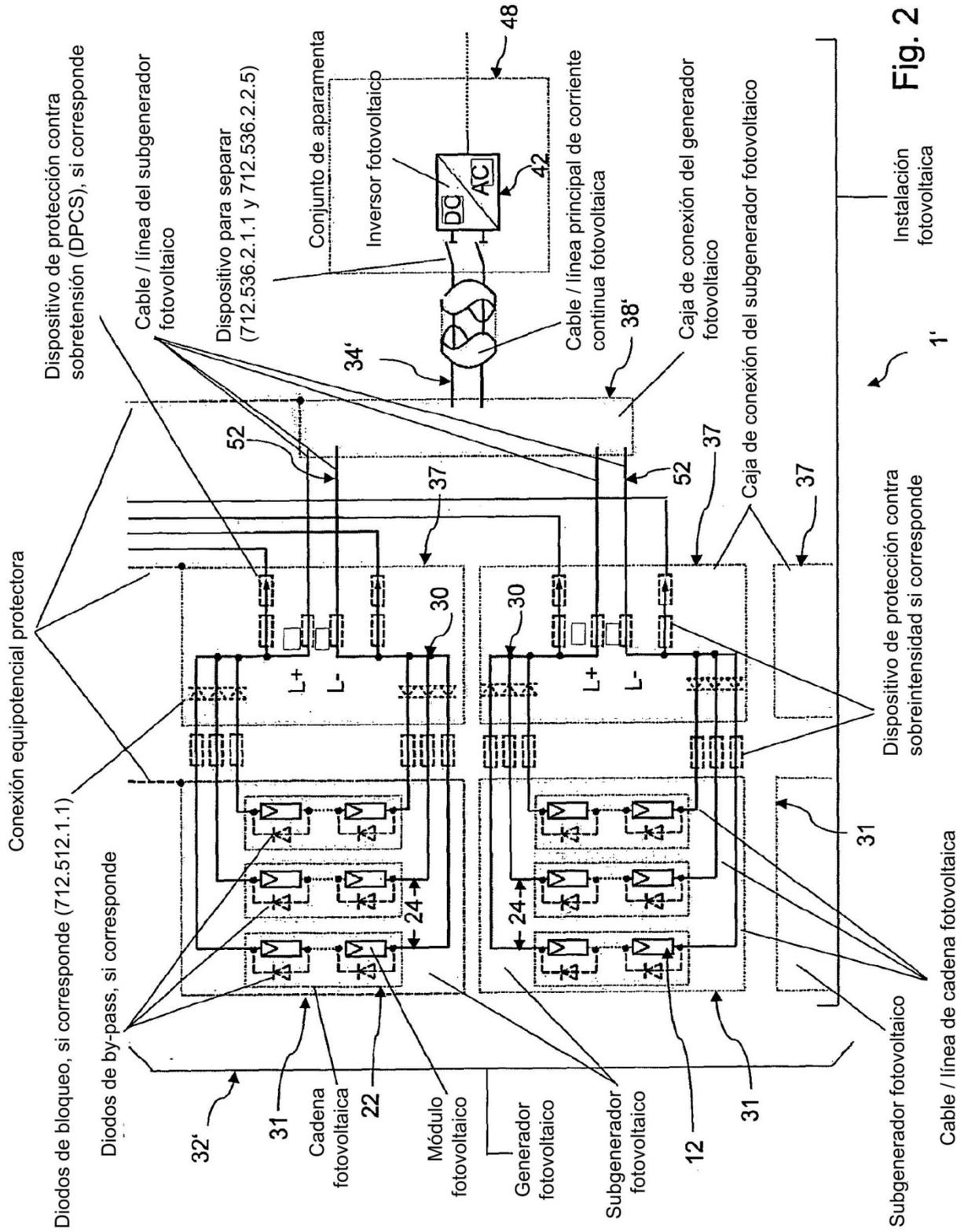


Fig. 2

Fig. 3

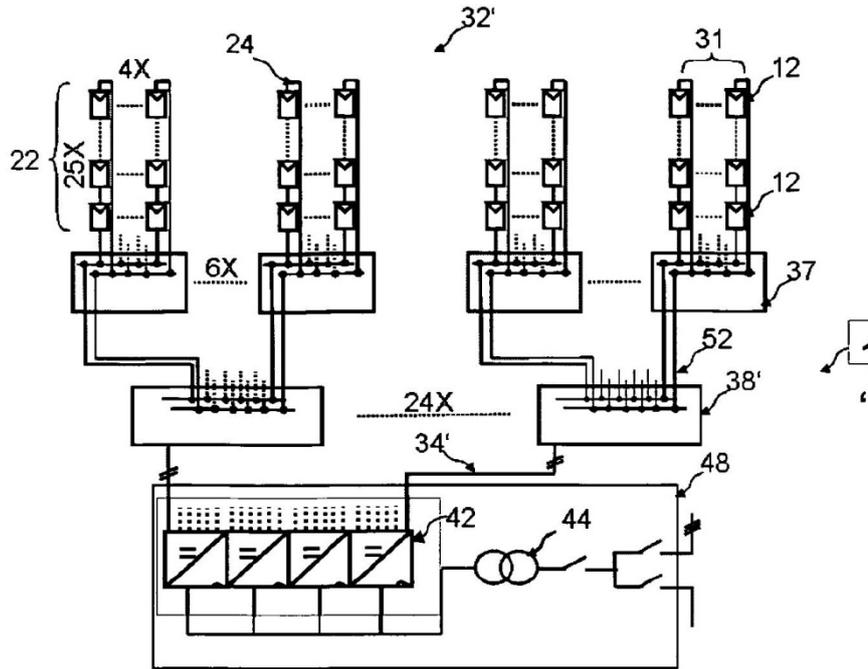


Fig. 4

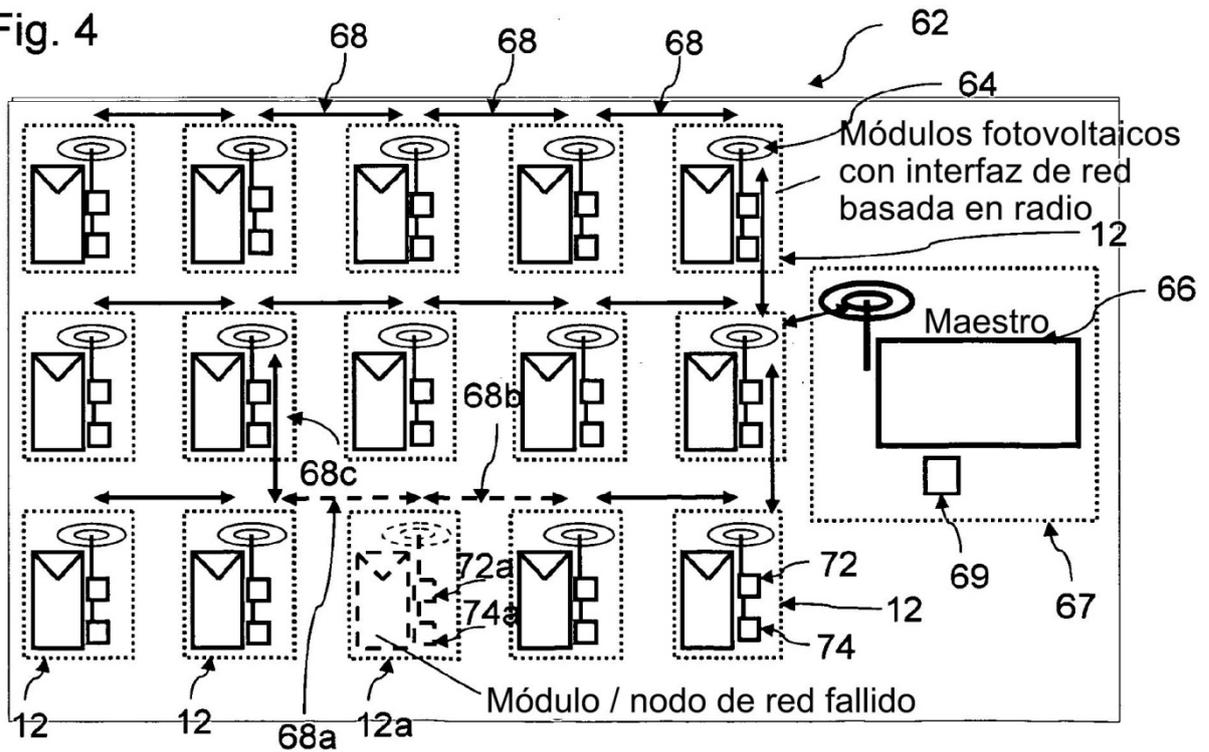


Fig. 5

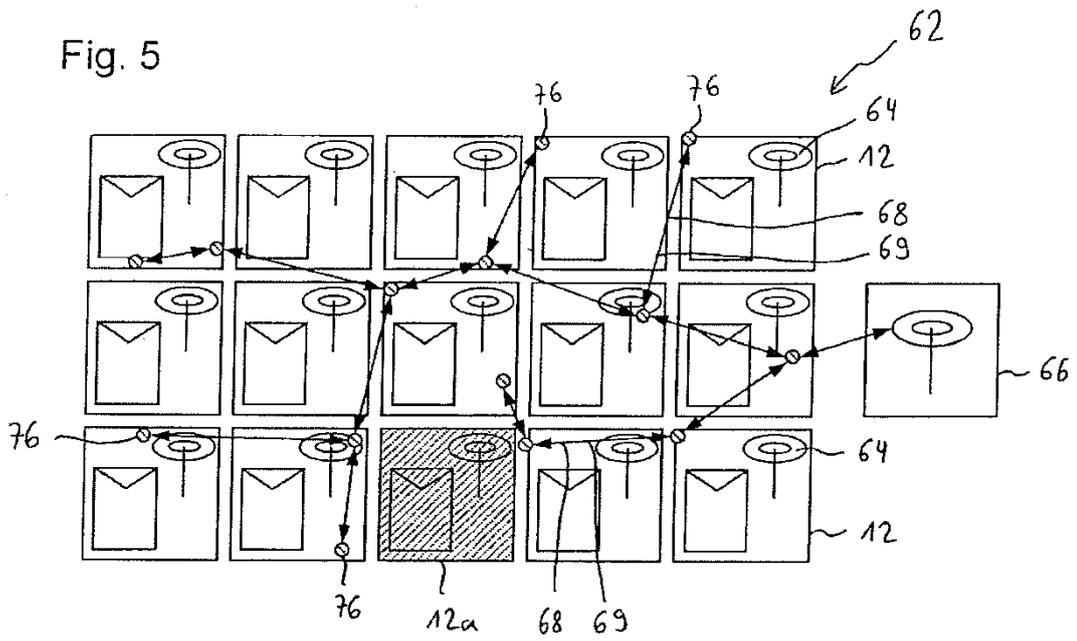


Fig. 6

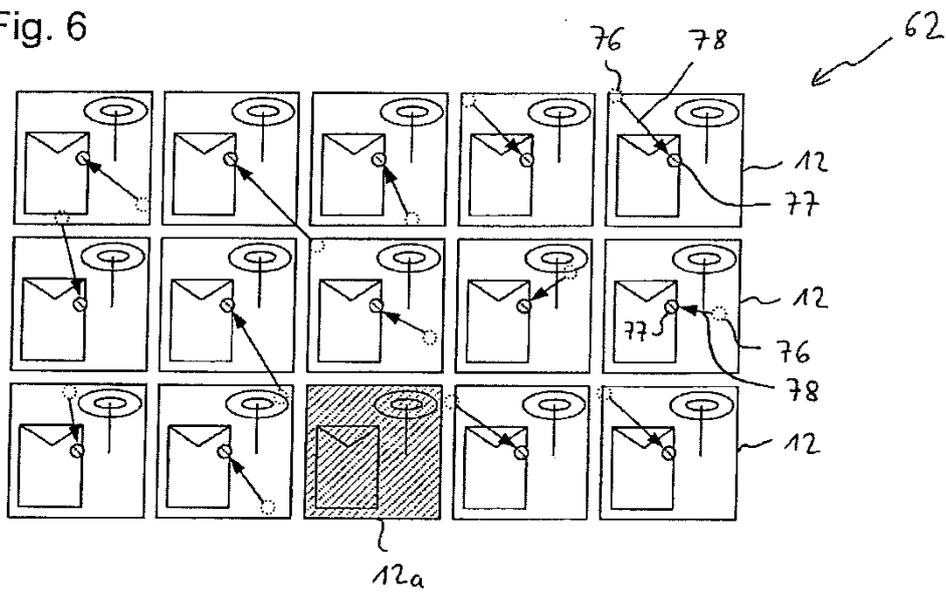


Fig. 7

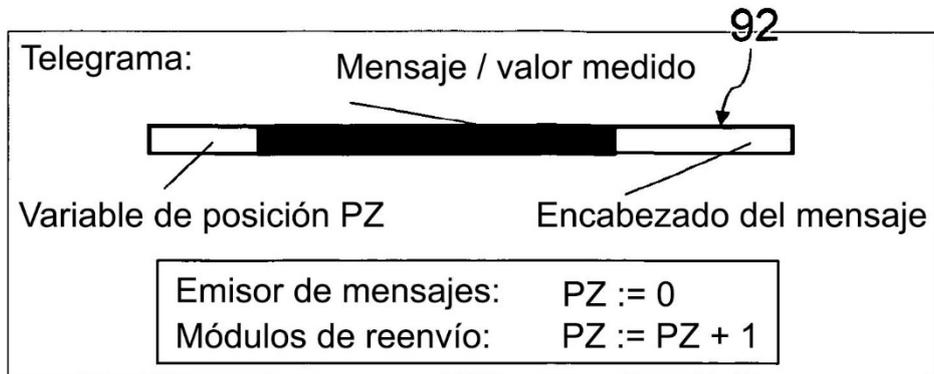


Fig. 8

