

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 675**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**G01R 31/40** (2014.01)

**H02M 3/04** (2006.01)

**H02M 7/44** (2006.01)

**H02S 50/10** (2014.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **28.04.2016 PCT/EP2016/059516**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.11.2016 WO16174150**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2016 E 16722566 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 3289657**

54 Título: **Procedimiento para controlar las cadenas de los módulos solares en una instalación fotovoltaica y un inversor fotovoltaico para implementar el procedimiento**

30 Prioridad:

**30.04.2015 EP 15165968**

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

**14.05.2019**

73 Titular/es:

**FRONIUS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)  
Froniusstraße 1  
4643 Pettenbach, AT**

72 Inventor/es:

**RINGER, THOMAS;  
SCHWARZKOGLER, HANNES;  
SCHUBERT, JOHANNES y  
SIEBERER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 712 675 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento para controlar las cadenas de los módulos solares en una instalación fotovoltaica y un inversor fotovoltaico para implementar el procedimiento

5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar las cadenas de una instalación fotovoltaica, que genera una tensión de corriente continua, con al menos un inversor fotovoltaico para convertir la tensión de corriente continua de las cadenas en una tensión de corriente alterna para alimentar una red de suministro y/o de un consumidor, cada una con dos líneas de conexión por cadena con un dispositivo de control, un inversor de DC/DC, un circuito intermedio, un inversor de DC/AC y un rastreador de MPP, en el que cada cadena se enciende de forma individual mediante contactos de conmutación de relés integrados en cada línea de conexión a través del dispositivo de control, para determinar al menos los valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena mediante una línea de conexión dispuesta para cada cadena y un dispositivo de medición de corriente integrado en el inversor fotovoltaico y por un dispositivo de medición de tensión, en el que cada cadena tiene una resistencia de aislamiento.

10 Además, la invención se refiere a un inversor fotovoltaico para convertir la tensión de corriente continua de las cadenas en una tensión de corriente alterna para alimentar una red de suministro y/o de un consumidor, cada uno con dos líneas de conexión de un dispositivo de control, un inversor de DC/DC, un circuito intermedio, un inversor de DC/AC, y con un rastreador MPP, en el que en cada línea de conexión para cada cadena está dispuesto un contacto de conmutación de un relé integrado y, en cada caso, una línea de conexión para cada cadena dispone de un dispositivo de medición de corriente, y además se proporciona un dispositivo de medición de tensión para medir la tensión de cada cadena, en el que cada cadena tiene una resistencia de aislamiento.

15 Los sistemas fotovoltaicos consisten en un número correspondiente de módulos solares que generalmente se interconectan en serie a las denominadas cadenas o cadenas y se conectan a la entrada de DC de al menos un inversor. El inversor fotovoltaico convierte la tensión de corriente continua generada por los módulos solares en una tensión de corriente alterna y lo pone a disposición para alimentar una red de suministro o para abastecer a los consumidores. Para optimizar el uso de la energía solar, la carga de un módulo solar en el rendimiento energético máximo se optimiza con la ayuda de un rastreador de MPP (punto de máxima potencia) mediante la determinación de al menos puntos individuales de la curva característica U/I del módulo solar o la conexión en serie de varios módulos solares y regulando el inversor de manera tal que el módulo solar opere en el llamado MPP (punto de máxima potencia), en el que la potencia suministrada tiene un máximo.

20 Además de las mediciones mencionadas anteriormente en las cadenas de los módulos solares durante la operación de la instalación fotovoltaica, se necesitan o requieren procedimientos adicionales para probar las cadenas en los módulos solares de una instalación fotovoltaica antes de la primera puesta en servicio o después de los cambios en la instalación fotovoltaica. Normalmente, tales pruebas obligatorias de puesta en servicio se realizan con dispositivos de medición externos y con una intervención manual en la instalación fotovoltaica. Esto se asocia con un gasto en tiempo y en personal correspondientemente elevado.

25 Por ejemplo, el documento DE 10 2012 214 177 A1 describe un procedimiento para puesta en servicio de un inversor de una instalación fotovoltaica, que se puede llevar a cabo de una manera particularmente simple, económica y rápida, y también sin apagar la instalación fotovoltaica. Esencialmente, sin embargo, implica el suministro de datos e información sobre una tarjeta de memoria necesaria para la operación y el ajuste del inversor. No se realizan mediciones para probar el estado de las cadenas en los módulos solares o las pruebas de puesta en servicio.

30 Otros procedimientos para probar las cadenas en los módulos solares de una instalación fotovoltaica se conocen de JP 2013065797 A, JP H10 63358 A, DE 10 2012 104560 A1, DE 10 2005 030907 A1 y EP 1 170 596 A2. No es posible extraer conclusiones a partir de los resultados de las mediciones para verificar las propiedades garantizadas por el fabricante de los módulos solares.

35 El objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento de prueba de acuerdo con la reivindicación 1 y un inversor de acuerdo con la reivindicación 6, mediante el cual se puede realizar la prueba de las cadenas en los módulos solares lo más rápido y eficazmente posible. Las desventajas de los procedimientos de prueba e inversores conocidos podrían evitarse o al menos reducirse.

40 El objetivo de la invención se logra mediante un procedimiento de prueba mencionado anteriormente, en el que se determinan la polaridad de cada cadena en los módulos solares y la resistencia de aislamiento de cada cadena y se almacenan en una memoria conectada al dispositivo de control, luego se inicia la operación de alimentación de la instalación fotovoltaica y se determinan y se almacenan al menos los valores individuales de la curva característica de U/I de cada cadena de módulos solares automáticamente y bajo comando, a intervalos de tiempo predeterminados o dependiendo de ciertos eventos operativos o parámetros operativos, y además se miden los parámetros ambientales en el área de las cadenas y se envían al dispositivo de control, cuyos valores se almacenan en la memoria para crear un informe de prueba y los valores determinados se convierten, si corresponde, a condiciones de prueba estándar en condiciones ambientales definidas y se comparan con los valores almacenados en la memoria, y en el caso de desviaciones inadmisibles de los valores determinados y, si corresponde, de los

valores convertidos a condiciones de prueba estándar con respecto a los valores almacenador en la memoria, se emite una advertencia.

El procedimiento de prueba representado se caracteriza por el hecho de que las mediciones en todas las cadenas en los módulos solares se pueden realizar desde el exterior sin dispositivos de medición externos y sin intervención en la instalación fotovoltaica. A través de los contactos de conmutación en cada línea de conexión (tanto la línea positiva como la negativa de las cadenas en los módulos solares), todas las cadenas en los módulos solares se pueden conectar o apagar una detrás de la otra y, por lo tanto, pueden medirse individualmente. Los contactos de conmutación de los relés se encuentran generalmente en el inversor, es decir, en las líneas de unión de las líneas de conexión para las cadenas con la parte de inversor DC/DC del inversor. Estas uniones de conexión se pueden ver como una extensión de las líneas de conexión. Las líneas de conexión generalmente están conectadas a una entrada de un bloque de conexión, que generalmente tiene el denominado aislador de DC y que se conecta en la salida a los componentes correspondientes del inversor. Esta conexión se realiza, preferentemente, directamente a través de una vía de circuito en la cual los contactos de conmutación están igualmente dispuestos. Después de los contactos de conmutación, las líneas de conexión de la misma polaridad se juntan y se conectan al inversor de DC/DC con el siguiente enlace de DC. Para realizar la medición respectiva en cada cadena en los módulos solares, se utilizan los correspondientes dispositivos de medición de corriente integrados en el inversor fotovoltaico y al menos un dispositivo de medición de tensión, que suministran sus valores medidos al dispositivo de control para su posterior procesamiento. Los valores medidos y los valores derivados de ellos se almacenan en una memoria conectada al dispositivo de control. A partir de ahí, los valores para crear un informe de prueba se pueden leer por pedido o automáticamente, o se pueden reenviar a las ubicaciones deseadas. El procedimiento de prueba se puede utilizar tanto para la prueba de puesta en servicio como para el monitoreo continuo del estado de cada cadena en los módulos solares. Además de la toma de al menos valores individuales de las curvas características U/I de las cadenas en los módulos solares, también se pueden realizar las mediciones de polaridad y las mediciones de la resistencia de aislamiento de una manera particularmente simple y rápida. La duración de la medición por cada cadena en los módulos solares está en el rango de unos pocos segundos, en particular incluso menos de 1 segundo, mientras que las pruebas de puesta en servicio convencionales que utilizan dispositivos de medición externos y la influencia manual en la instalación fotovoltaica han tomado mucho tiempo. El dispositivo de medición externo debería conectarse a cada cadena manualmente. En contraste con los procedimientos convencionales, el presente procedimiento de prueba debido a la simplicidad y la rápida viabilidad es aplicable a intervalos regulares o irregulares en el funcionamiento de la instalación fotovoltaica y del informe de prueba se puede derivar un importante conocimiento sobre el estado de las cadenas en los módulos solares y su función. Mediante la medición adicional de los parámetros ambientales en el área de la cadena del módulo solar y el suministro de valores medidos al dispositivo de control, se puede incluir información adicional importante en el informe de prueba o se puede tener en cuenta en el procesamiento de los valores medidos. Para una comparación de los resultados de las mediciones con la información del fabricante o con los resultados de mediciones realizadas posteriormente, es importante que las mediciones hayan tenido lugar en condiciones ambientales comparables a las del área de los módulos solares.

Por el hecho de que los valores determinados se convierten, si corresponde, a condiciones de prueba estándar en condiciones ambientales definidas y se comparan con los valores almacenados en la memoria, el operador de la instalación fotovoltaica puede recibir información sobre el funcionamiento incorrecto o las alteraciones relacionadas con el envejecimiento y provocar una rectificación de fallos o el reemplazo de módulos solares defectuosos. Para tales comparaciones, se puede distinguir una conversión de los valores a las llamadas "condiciones de prueba estándar". Las condiciones de prueba estándar son las condiciones definidas de temperatura y de irradiación especificadas por el fabricante, bajo las cuales, por ejemplo, los valores se dan en las hojas de datos. Dado que estas condiciones de temperatura e irradiación rara vez se cumplen, el fabricante suele especificar las fórmulas de conversión para convertir los valores a diferentes temperaturas o irradiaciones. Por lo tanto, los valores convertidos pueden utilizarse para comparaciones con mayor importancia.

Los al menos valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena se determinarán y almacenarán automáticamente y por pedido, en intervalos de tiempo predeterminados o en respuesta a ciertos eventos operativos o parámetros operativos. El procedimiento de prueba en cada cadena se puede realizar mucho más a menudo debido a su implementación particularmente simple y rápida que en el caso de los procedimientos convencionales, que generalmente se realizan solo cuando el sistema se pone en servicio o después de los cambios en el sistema. Por ejemplo, el procedimiento de prueba se puede realizar bajo comando o solicitud, solicitud que se puede enviar en el sitio o desde una ubicación remota al sistema fotovoltaico. Además, una prueba también se puede llevar a cabo en intervalos de tiempo predeterminados, por ejemplo, una vez al trimestre o una vez al mes. Finalmente, ciertos eventos operativos o parámetros operativos pueden activar una prueba, como ciertas influencias ambientales que se miden con los sensores apropiados.

Además, la polaridad de cada cadena se determina y almacena en la memoria. Al medir la polaridad de cada cadena, se puede determinar la inversión de polaridad antes de la puesta en servicio de la instalación fotovoltaica o después del trabajo de mantenimiento en los módulos solares y se puede evitar el daño al sistema fotovoltaico o los inversores o las pérdidas de rendimiento. El resultado de la medición de polaridad se puede integrar en el informe de prueba.

La resistencia de aislamiento de cada cadena también se determina y almacena en la memoria, ya que este parámetro también proporciona una declaración importante sobre el estado de los módulos solares. Para la medición confiable de la resistencia de aislamiento de cada filamento, es absolutamente necesario proporcionar un contacto de conmutación de un relé en cada línea de conexión de la cadena para que ninguna falla de aislamiento de otras cadenas influya en el resultado de la medición. Las resistencias de aislamiento medidas de cada cadena también pueden incluirse en el informe de prueba.

En el caso de desviaciones inadmisibles de los valores determinados y de los valores convertidos a condiciones de prueba estándar con respecto a los valores almacenados en la memoria, se emite una advertencia que informa al operador de la instalación fotovoltaica a tiempo sobre fallos o alteraciones relacionadas con el envejecimiento y rápidamente pueden corregirse los fallos o cambiarse los módulos solares defectuosos.

Ventajosamente, se determina la curva característica U/I completa, que incluye la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de cada línea, y se almacena en la memoria. A partir de la curva característica U/I completa de cada cadena en los módulos solares, se puede derivar información importante sobre el estado de los módulos solares y, por ejemplo, se puede comprobar si los módulos solares tienen las propiedades garantizadas por el fabricante.

Como un parámetro ambiental en el área de la cadena, la temperatura se puede medir con al menos un sensor de temperatura y alimentar al dispositivo de control. Además, la radiación de luz en el área de la cadena puede medirse con un sensor de irradiación y suministrarse al dispositivo de control para poder incluir las condiciones climáticas y las condiciones de irradiación solar en la medición. La radiación luminosa se mide con los sensores correspondientes en los módulos solares. La cantidad de lluvia en el área de la cadena también puede medirse con un sensor de lluvia y suministrarse al dispositivo de control para tener en cuenta los parámetros que influyen, en particular para las mediciones de la resistencia de aislamiento de una cadena. La experiencia ha demostrado que la resistencia de aislamiento se reduce en la lluvia. Por lo tanto, para una evaluación de errores es importante conocer la humedad o la lluvia durante la medición.

Los valores almacenados en la memoria pueden transmitirse a una interfaz de datos, en particular una interfaz de red, en particular una interfaz para Internet. A través de dicha interfaz de datos o interfaz de red, los valores determinados durante el procedimiento de prueba y posiblemente derivados de ellos pueden enviarse a las ubicaciones correspondientes para fines de documentación o para procesamiento estadístico. En dichos sitios externos, los informes de prueba recopilados se pueden procesar y poner a disposición de las partes interesadas.

Según una característica adicional de la invención, los valores también pueden transmitirse automáticamente a una dirección predeterminada en la red, en particular en la Internet. Por ejemplo, si ocurren ciertos eventos operativos o parámetros operativos, los procedimientos de prueba pueden realizarse automáticamente y transmitirse a receptores predeterminados donde los valores pueden procesarse adicionalmente y se pueden iniciar las acciones posibles. Por ejemplo, los informes de prueba también pueden enviarse automáticamente por correo electrónico o SMS al operador de la instalación fotovoltaica.

El objetivo de la invención también se logra mediante un inversor fotovoltaico objetivo, en el que cada relé, cada dispositivo de medición de corriente y el dispositivo de medición de tensión están conectados al dispositivo de control y en el que el dispositivo de control está adaptado para controlar cada relé, cada dispositivo de medición de corriente y el dispositivo de medición de tensión de tal manera que se pueden determinar la polaridad de cada cadena así como la resistencia de aislamiento de cada cadena, y después del comienzo de la alimentación, para detectar y almacenar al menos los valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena de forma automática y por pedido a intervalos de tiempo predeterminados o según ciertos eventos operativos o parámetros operativos y en el que el dispositivo de control está conectado a al menos una interfaz para la conexión a sensores para medir parámetros ambientales en el área de la cadena, y se proporciona una memoria conectada a un dispositivo de control para almacenar los valores determinados para generar un informe de prueba, y el dispositivo de control se configura además para convertir, si es necesario, los valores determinados a condiciones de prueba estándar en condiciones ambientales definidas y para compararlos con los valores almacenados en la memoria, y para emitir una advertencia en el caso de desviaciones inadmisibles de los valores determinados y, si corresponde, de los valores convertidos a condiciones de prueba estándar con respecto a los valores almacenados en la memoria. El inversor fotovoltaico en cuestión se ejecuta automáticamente mediante el relé integrado, el dispositivo de medición de corriente y al menos un dispositivo de medición de tensión sin la ayuda de dispositivos de medición externos en las pruebas de puesta en servicio y las pruebas del estado de cada cadena en los módulos solares. Los componentes de hardware necesarios son relativamente fáciles y económicos de integrar en el inversor fotovoltaico. El control correspondiente del procedimiento de prueba puede implementarse mediante un software en el dispositivo de control. Para sistemas fotovoltaicos más grandes con varios inversores fotovoltaicos con instalaciones adecuadas para realizar procedimientos de prueba, todas las cadenas pueden medirse automáticamente de manera rápida y, por lo tanto, bajo las mismas condiciones ambientales, lo que anteriormente no era posible debido a los largos tiempos de medición y/o los tiempos de rearmado. En particular, en grandes sistemas fotovoltaicos, se suministran informes de prueba de cada cadena en condiciones comparables, con respecto a la temperatura y la irradiación o en todo caso a la lluvia. Para obtener más ventajas del inversor fotovoltaico, véase la descripción anterior del procedimiento de prueba. El dispositivo de control está conectado a al menos una interfaz para la conexión a

sensores para medir parámetros ambientales en el área de la cadena, de modo que los parámetros ambientales en el área de los módulos solares se pueden incluir en la prueba. Al registrar adicionalmente las condiciones ambientales, las mediciones también se pueden realizar en condiciones estándar (STC) en las que generalmente se especifican los datos de los módulos solares especificados por el fabricante. Con la ayuda del informe de prueba se pueden identificar las desviaciones de las propiedades garantizadas de los módulos solares y transmitir las al fabricante del módulo.

Dichas mediciones y controles, especialmente en momentos regulares durante el funcionamiento de la instalación fotovoltaica, no han sido posibles o solo lo han sido con un esfuerzo enorme.

El dispositivo de control está diseñado para controlar cada relé, cada dispositivo de medición de corriente y el dispositivo de medición de tensión de manera que se pueda determinar la polaridad de cada cadena. De esta manera, se puede detectar a tiempo una inversión de polaridad de los módulos solares.

Además, el dispositivo de control está diseñado para controlar cada relé, cada dispositivo de medición de corriente y el dispositivo de medición de tensión de manera que se pueda determinar la resistencia de aislamiento de cada cadena en los módulos solares. La resistencia de aislamiento es un parámetro importante para el estado del módulo solar.

Preferentemente, el dispositivo de control está diseñado para controlar cada relé, cada dispositivo de medición de la corriente y el dispositivo de medición de la tensión para determinar la curva característica U/I completa, que incluye la tensión de circuito abierto y la corriente de cortocircuito de cada cadena y almacenarla en la memoria.

El dispositivo de control se puede conectar a al menos una interfaz para la conexión a un sensor de temperatura, de modo que la temperatura en el área de los módulos solares se pueda incluir en la prueba.

Además, el dispositivo de control se puede conectar a una interfaz para la conexión a un sensor de irradiación. El sensor de irradiación está dispuesto en al menos un módulo solar y mide la radiación de luz emitida por el sol. La medición de la temperatura y la irradiación permite que los valores actuales se conviertan en valores bajo las condiciones de prueba estándar STC especificadas por el fabricante, lo que puede permitir una comparación de los valores medidos adquiridos en diferentes condiciones ambientales.

Finalmente, es ventajoso si el dispositivo de control está conectado a al menos una interfaz para la conexión a un sensor de lluvia. Como ya se mencionó anteriormente, es importante la detección adicional de la lluvia o la humedad para la medición de la resistencia de aislamiento de las cadenas.

El dispositivo de control también se puede conectar a una interfaz de datos, en particular a una interfaz de red que se puede conectar a una red, en particular a Internet. A través de esta interfaz de datos o interfaz de red, el informe de prueba y posiblemente los resultados de mediciones adicionales se pueden transmitir a varios dispositivos conectados por cable o de forma inalámbrica.

El dispositivo de medición de tensión puede estar formado por el dispositivo de medición de tensión del seguidor MPP. Como resultado, la complejidad del hardware disminuye debido a que para la implementación del procedimiento de prueba y el equipo del inversor fotovoltaico solo se requiere el relé y los contactos del interruptor correspondientes para conectar y desconectar cada cadena y por línea de conexión se requiere un dispositivo de medición de corriente.

La invención se explicará con más detalle con referencia a los dibujos adjuntos. En ellos se muestran

- Fig. 1 un diagrama de bloques de una instalación fotovoltaica;
- Fig. 2 una curva característica U/I de una cadena en los módulos solares;
- Fig. 3 un diagrama de flujo para la ilustración del procedimiento para controlar las cadenas en los módulos solares de una instalación fotovoltaica; y
- Fig. 4 una curva característica U/I de una cadena en los módulos solares y bajo diferentes condiciones

La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques de una instalación fotovoltaica, en el que al menos un inversor fotovoltaico 1 convierte la tensión de corriente continua  $U_{DC}$  de al menos un módulo solar 2 en una tensión de corriente alterna  $U_{AC}$ . Por lo general, varios módulos solares 2 están conectados en serie a las llamadas cadenas 3 o cadenas y se conectan a la entrada de corriente continua del inversor fotovoltaico 1. Como regla general, una pluralidad de cadenas 3 paralelas está conectada a un inversor fotovoltaico 1. En sistemas fotovoltaicos más grandes, muchos inversores fotovoltaicos 1 están dispuestos en paralelo según el rendimiento del sistema. La tensión de corriente alterna  $U_{AC}$  generada por el inversor fotovoltaico 1 se conecta a través de la salida de AC 4 del inversor fotovoltaico 1 a una red de suministro 5 y/o de consumidor 6. Las cadenas 3 de los módulos solares 2 están conectadas a través de dos líneas de conexión 11, 12 a la entrada de corriente continua del inversor fotovoltaico 1. El inversor fotovoltaico 1 incluye como componentes al menos un dispositivo de control 7, un inversor DC/DC 28, un circuito intermedio 8, un inversor DC/AC 9 y el denominado seguidor 26 de MPP (punto de máxima potencia), a través del cual pueden determinarse el máximo de potencia de los módulos solares 2 de modo que el inversor fotovoltaico 1 siempre pueda funcionar en el llamado MPP (punto de máxima potencia), es decir, el rendimiento

máximo de los módulos solares 2. En consecuencia, los componentes también se pueden reducir. Por ejemplo, el rastreador MPP 26 también podría realizar la función del inversor DC/DC 28. Según la invención, en cada línea de conexión 11, 12 de cada cadena 3 en los módulos solares 2 está dispuesto un contacto de conmutación 13 de un relé 14, de modo que para llevar a cabo el procedimiento de prueba, una cadena 3 en los módulos solares 2 puede conmutarse después de la otra y, por lo tanto, el estado de cada cadena 3 en los módulos solares 2 se puede medir individualmente e independientemente de las otras cadenas 3 en los módulos solares 2. Por lo tanto, el procedimiento de prueba se lleva a cabo paso a paso. Por lo general, los contactos de conmutación 13 en la línea de conexión positiva 11 y en la línea de conexión negativa 12 pertenecen a un relé común 14. Cada relé 14 está conectado al dispositivo de control 7, de modo que el control correspondiente de los contactos de conmutación 13 y, por lo tanto, la alimentación y la desconexión correspondientes de las cadenas 3 en los módulos solares 2 se puede realizar durante el procedimiento de prueba. Además, en cada caso, en las respectivas líneas de conexión 11 o 12 de cada cadena 3 en los módulos solares 2, está dispuesto un dispositivo de medición de corriente 15, a través del cual se puede determinar la corriente proporcionada por todos los módulos solares 2 de una cadena 3 conectados en serie. Un dispositivo de medición de tensión 16 determina la tensión disponible de todos los módulos solares 2 de cada cadena 3. El dispositivo de medición de corriente 15 y el dispositivo de medición de tensión 16 también están conectados al dispositivo de control 7. Por medio del dispositivo de medición de corriente 15 y el dispositivo de medición de tensión 16 integrado en el inversor fotovoltaico 1, el procedimiento de prueba de las cadenas 3 en los módulos solares 2 se puede realizar de manera automática y rápida sin la ayuda de dispositivos de medición externos y una influencia manual de la instalación fotovoltaica. El dispositivo de medición de tensión 16 también puede estar formado por el dispositivo de medición de tensión generalmente integrado en el seguidor MPP 26 (no mostrado). Los valores determinados se almacenan en una memoria 10 donde permanecen almacenados para crear un informe de prueba. Mediante el control de potencia adecuado, se pueden determinar no solo los puntos individuales de la curva característica U/I de las cadenas 3 de los módulos solares 2, sino la curva característica U/I completa de cada cadena 3 de los módulos solares 2, que incluye la tensión de circuito abierto  $U_{LL}$  y la corriente de cortocircuito  $I_{KS}$  y almacenarlos en la memoria 10.

El inversor fotovoltaico ilustrado 1 permite la prueba rápida de cada cadena 3 en los módulos solares 2 en un segundo o menos, lo que puede realizarse para la prueba de puesta en servicio necesaria (es decir, antes de la primera alimentación) por una parte, pero también para el examen del sistema durante las operaciones en curso. El procedimiento de prueba puede activarse manualmente en un dispositivo de entrada/salida (no mostrado) de la instalación fotovoltaica o por comando desde el exterior, o puede realizarse a intervalos predeterminados  $\Delta t$ , o puede realizarse en respuesta a ciertos eventos operativos o parámetros operativos. Por ejemplo, se puede proporcionar automáticamente que después de una parada de la instalación fotovoltaica o bajo ciertas condiciones ambientales, como ciertas temperaturas, radiación o situaciones de lluvia, se active una medición. Para determinar los parámetros ambientales, se pueden conectar sensores de temperatura 18, sensores de irradiación 20 o sensores de lluvia 22 al inversor fotovoltaico 1 o su dispositivo de control 7 a través de las interfaces correspondientes 17, 19 o 21. Según los parámetros ambientales, se puede realizar una conversión a condiciones de prueba estándar (STC) y, si es necesario, se puede guardar. Por lo tanto, es posible, regularmente - y no necesariamente con los parámetros ambientales de STC - comprobar las propiedades garantizadas del fabricante de los módulos solares 2. Del mismo modo, es posible extraer conclusiones sobre la potencia máxima posible de los módulos solares 2, lo que significa que las pérdidas de rendimiento de la instalación fotovoltaica se pueden reconocer a tiempo.

Para poder proporcionar los datos almacenados en la memoria 10 también para ubicaciones remotas, la memoria 10 o el dispositivo de control 7 está conectado preferentemente a una interfaz de datos 23, en particular una interfaz de red 24, a través de la cual se puede conectar el inversor fotovoltaico 1 con una red, en particular Internet 25. Por lo tanto, los valores almacenados en la memoria 10 pueden estar disponibles para cualquier punto, en particular, para cada computadora 27 seleccionada en la red, en particular Internet 25, para la preparación del informe de prueba, y luego procesarse allí.

En particular, la medición de la polaridad de cada cadena 3 en los módulos solares 2 y la medición de la resistencia de aislamiento RI de cada cadena 3 en el módulo solar 2 también forman parte de la realización del procedimiento de prueba.

La Fig. 2 muestra una curva característica U/I convencional de un módulo solar y la curva de potencia asociada. La curva característica U/I comienza en una corriente de cortocircuito específica  $I_{KS}$  y se hunde a una tensión de circuito abierto  $U_{LL}$ . En un cierto punto de la curva característica U/I, el módulo solar o la conexión en serie de varios módulos solares entrega la potencia máxima. Este punto de funcionamiento deseado se llama MPP (punto de máxima potencia). Con la ayuda de los llamados rastreadores MPP que generalmente se integran en el inversor fotovoltaico, se determina la curva característica del módulo solar o la conexión en serie de varios módulos solares al menos parcialmente y se establece una regulación para que el módulo solar funcione en el MPP.

Con la ayuda del presente procedimiento de prueba y los inversores fotovoltaicos equipados de forma correspondiente, es posible detectar al menos parte de la curva característica U/I, preferentemente toda la curva característica U/I, que incluye la corriente de cortocircuito  $I_{KS}$  y la tensión de circuito abierto  $U_{LL}$  antes de la puesta en servicio de la instalación fotovoltaica, pero también durante el funcionamiento y así crear un protocolo de prueba obligatorio o detectar cambios en los módulos solares, por ejemplo, debido a la contaminación, el clima o el envejecimiento. La potencia producida se puede alimentar a la red de suministro en consecuencia.

La Fig.3 muestra un diagrama de flujo del procedimiento según la invención para probar las cadenas en los módulos solares de una instalación fotovoltaica. Después del inicio del procedimiento (bloque 100), se verifica la polaridad de cada cadena en los módulos solares (bloque 101). Luego se mide la resistencia de aislamiento RI de cada cadena en los módulos solares (bloque 102). Posteriormente, se inicia la operación de alimentación de la instalación fotovoltaica y se determina la curva característica U/I de cada cadena en los módulos solares al menos parcialmente, preferentemente completamente (que incluye la corriente de cortocircuito  $I_{KS}$  y la tensión de circuito abierto  $U_{LL}$ ) (bloque 103). Después de la medición de polaridad (bloque 101), generalmente se realiza una consulta (bloque 104) para determinar si la polaridad es correcta y la medición continúa solo en el caso de una polaridad correcta de las cadenas en los módulos solares. Si se detecta una polaridad inversa, se emite una advertencia correspondiente (bloque 105) y el sistema vuelve al comienzo de la medición o se interrumpe la medición hasta que se establece la polaridad correcta. Después de adquirir la curva característica U/I de todas las cadenas en los módulos solares, los valores correspondientes se guardan en la memoria (bloque 106) y se proporcionan para generar un informe de prueba. Opcionalmente, los valores almacenados en la memoria se pueden comparar con valores límite o valores previos (consulta 107) y, en el caso de desviaciones inadmisibles, se puede emitir una advertencia (bloque 108). Según la consulta 109, la medición o el procedimiento de prueba se reinician bajo ciertas condiciones, como después de la ocurrencia de ciertos eventos operativos o después de la expiración de los períodos de tiempo  $\Delta t$  predefinidos. De acuerdo con el paso 110, el proceso de medición se termina.

Finalmente, la Fig. 4 muestra una curva característica U/I de un módulo solar en diversas condiciones. La curva característica A es característica para un módulo solar nuevo, mientras que la curva B muestra las propiedades de un módulo solar envejecido. Con la medición y revisión repetidas de todas las cadenas de módulos solares, se puede determinar de manera eficaz el envejecimiento del módulo solar y se puede iniciar el reemplazo oportuno del módulo solar cuando caen por debajo de ciertos umbrales, de modo que se pueda obtener nuevamente el rendimiento óptimo de la energía solar. Especialmente en tales mediciones y comparaciones, la medición o la conversión a las condiciones de prueba estándar a una temperatura y radiación definidas son de particular importancia.

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para probar las cadenas (3) de una instalación fotovoltaica, que generan una tensión de corriente continua ( $U_{DC}$ ), con al menos un inversor fotovoltaico (1) para convertir la tensión de corriente continua ( $U_{DC}$ ) de las cadenas (3) en una tensión de corriente alterna ( $U_{AC}$ ) para la alimentación en una red de suministro (5) y/o un consumidor (6), cada una con dos líneas de conexión (11,12) por cadena (3), que comprende un dispositivo de control (7), un inversor de DC/DC (28), un circuito intermedio (8), un inversor de DC/AC (9) y un rastreador MPP (26), en donde cada cadena (3) se conecta individualmente por medio del dispositivo de control (7) con ayuda de contactos de conmutación (13) del relé integrado (14) en cada línea de conexión (11, 12) a fin de determinar al menos valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena (3) mediante dispositivos de medición de corriente (15) dispuestos en cada línea de conexión (11) para cada cadena (3) e integrados en el inversor fotovoltaico (1) y mediante un dispositivo de medición de tensión (16), en donde cada cadena (3) presenta una resistencia de aislamiento ( $R_i$ ), **caracterizado porque** la polaridad de cada cadena (3) en los módulos solares (2) y la resistencia de aislamiento ( $R_i$ ) de cada cadena (3) se determinan y se almacenan en una memoria (10) conectada al dispositivo de control (7), después se inicia la operación de alimentación de la instalación fotovoltaica y al menos los valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena (3) de los módulos solares (2) se determinan automáticamente y bajo comando, a intervalos de tiempo predeterminados ( $\Delta t$ ) o dependiendo de ciertos eventos operativos o parámetros operativos **y porque** además en la región de la cadena (3) se miden y se suministran al dispositivo de control (7) parámetros ambientales, cuyos valores se almacenan en la memoria (10) a fin de generar un informe de prueba y los valores determinados se convierten, si es necesario, a las condiciones de prueba estándar (STC) bajo condiciones ambientales definidas y se comparan con los valores almacenados en la memoria (10) y, en el caso de desviaciones inadmisibles de los valores determinados y de los valores convertidos, dado el caso, a las condiciones de prueba estándar (STC), con respecto a los valores almacenados en la memoria (10), se emite una advertencia
2. Procedimiento de prueba de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** la curva característica U/I completa, incluidas la tensión de circuito abierto ( $U_{LL}$ ) y la corriente de cortocircuito ( $I_{KS}$ ) de cada cadena (3), se determina y almacena en la memoria (10).
3. Procedimiento de prueba de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, **caracterizado porque** como parámetros ambientales se miden la temperatura, la radiación de luz y/o la cantidad de lluvia en el área de la cadena (3), por medio de al menos un sensor de temperatura (18), un sensor de irradiación (20) y/o un sensor de lluvia (22).
4. Procedimiento de prueba de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** los valores almacenados en la memoria (10) se transmiten a una interfaz de datos (23), en particular a la interfaz de red (24), en particular a una interfaz para Internet (25).
5. Procedimiento de prueba de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** los valores se transmiten automáticamente a una dirección predeterminada en la red, en particular en Internet (25).
6. Inversor fotovoltaico (1) para convertir la tensión de corriente continua ( $U_{DC}$ ) de las cadenas (3) en una tensión de corriente alterna ( $U_{AC}$ ) para alimentar una red de suministro (5) y/o un consumidor (6), con dos líneas de conexión (11, 12) en cada caso, un dispositivo de control (7), un inversor DC/DC (28), un circuito intermedio (8), un inversor DC/AC (9) y un rastreador MPP (26), en donde en cada línea de conexión (11,12) para cada cadena (3) está dispuesto un contacto de conmutación (13) de un relé integrado (14) y en cada caso en una línea de conexión (11) para cada cadena (3) está dispuesto un dispositivo de medición de corriente (15) y además hay previsto un dispositivo de medición de tensión (16) para medir la tensión (U) de cada cadena (3), presentando cada cadena (3) una resistencia de aislamiento ( $R_i$ ), **caracterizado porque** cada relé (14), cada dispositivo de medición de corriente (15) y el dispositivo de medición de tensión (16) está conectado al dispositivo de control (7), y el dispositivo de control (7) está configurado para controlar cada relé (14), cada dispositivo de medición de corriente (15) y el dispositivo de medición de tensión (16) de modo tal que se puedan determinar la polaridad de cada cadena (3) así como la resistencia de aislamiento ( $R_i$ ) de cada cadena (3) y después del comienzo de la alimentación, detectar y almacenar al menos los valores individuales de la curva característica U/I de cada cadena (3) de forma automática y bajo comando a intervalos de tiempo predeterminados ( $\Delta t$ ) o dependiendo de ciertos eventos operativos o parámetros operativos, **y porque** el dispositivo de control (7) está conectado a al menos una interfaz (17) para la conexión a sensores para medir los parámetros ambientales en la región de la cadena (3), **y porque** se proporciona una memoria (10) conectada al dispositivo de control (7) para almacenar los valores detectados a fin de generar un informe de prueba, **y porque** el dispositivo de control (7) está adicionalmente configurado para convertir, dado el caso, los valores determinados a condiciones de prueba estándar (STC) bajo condiciones ambientales definidas y compararlos con los valores almacenados en la memoria (10) y emitir una advertencia en el caso de desviaciones inadmisibles de los valores detectados y los valores dado el caso convertidos a condiciones de prueba estándar (STC), con respecto a los valores almacenados en la memoria (10).



7. Inversor fotovoltaico (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dispositivo de control (7) está configurado para controlar cada relé (14), cada dispositivo de medición de corriente (15) y el dispositivo de medición de tensión (16) de tal modo que se determine la curva completa U/I característica, que incluye la tensión de circuito abierto ( $U_{LL}$ ) y la corriente de cortocircuito ( $I_{KS}$ ) de cada cadena (3), y se almacene en la memoria (10).
- 5    8. Inversor fotovoltaico (1) de acuerdo con las reivindicaciones 6 o 7, **caracterizado porque** el dispositivo de control (7) está conectado a al menos una interfaz (17) para la conexión a un sensor de temperatura (18), a una interfaz (19) para la conexión a un sensor de irradiación (20) y/o al menos a una interfaz (21) para la conexión a un sensor de lluvia (22).
- 10    9. Inversor fotovoltaico (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, **caracterizado porque** el dispositivo de control (7) está conectado a una interfaz de datos (23), en particular a una interfaz de red (24), que puede conectarse a una red, en particular a Internet (25).



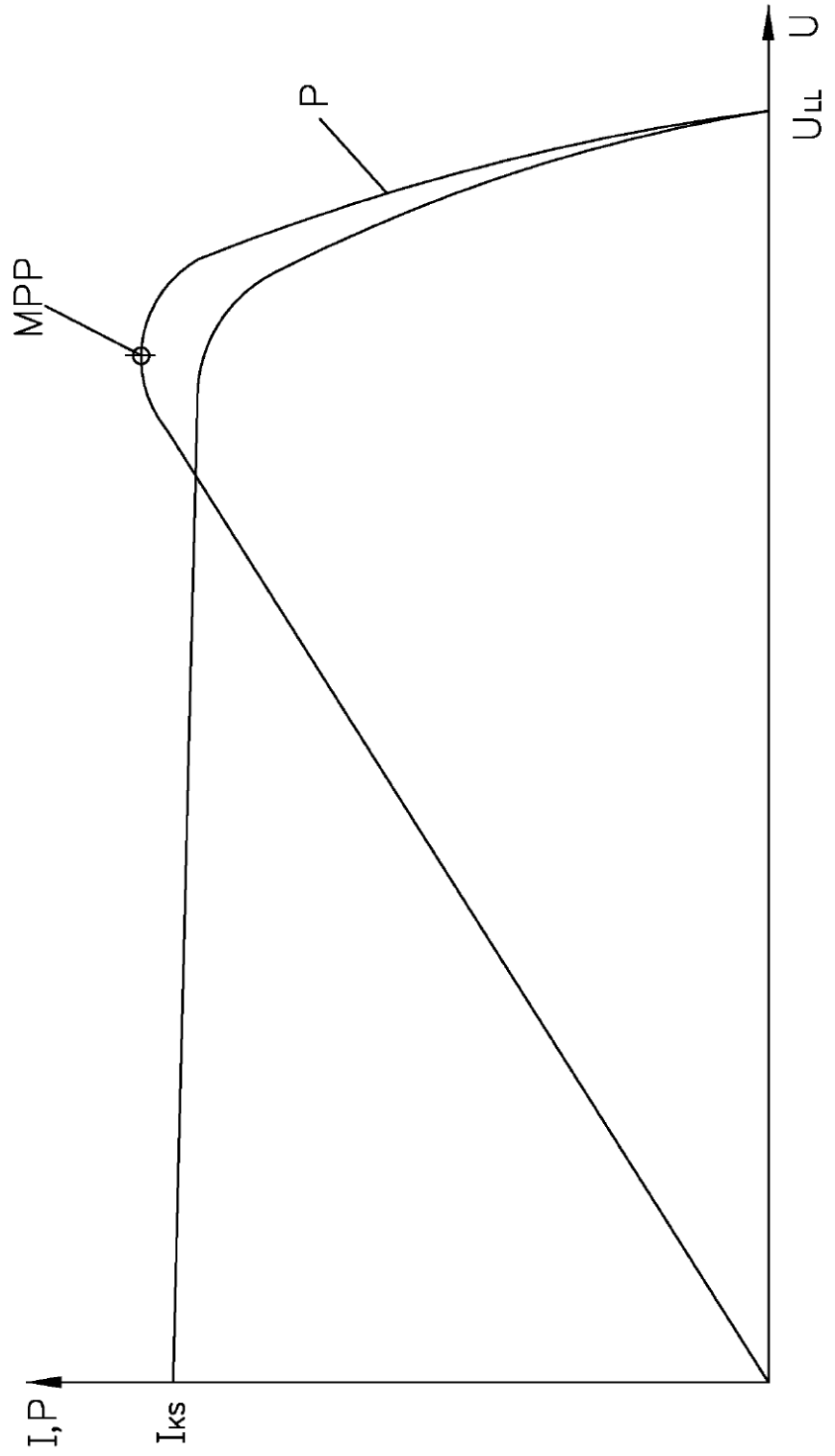
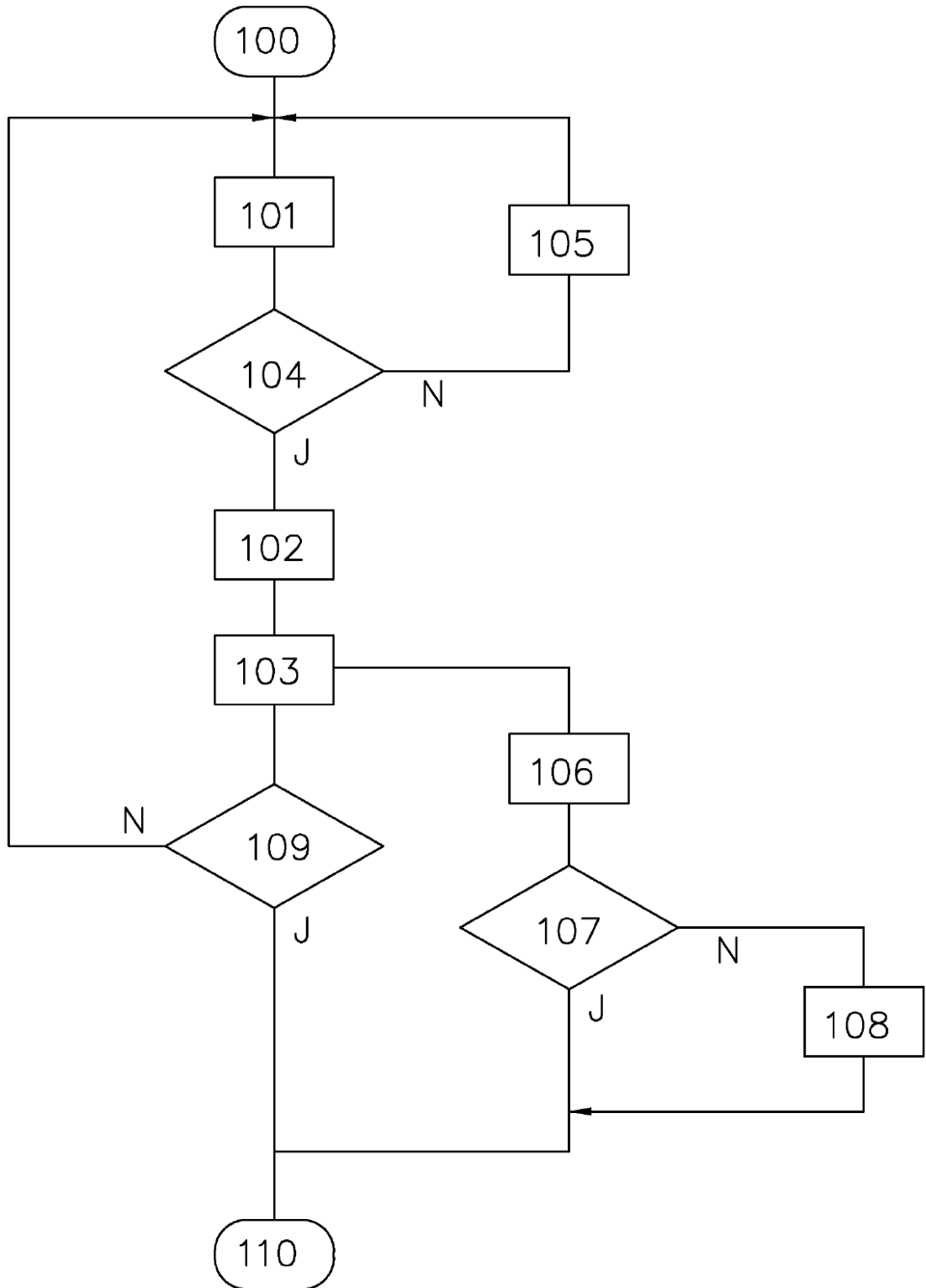


Fig.2

Fig.3



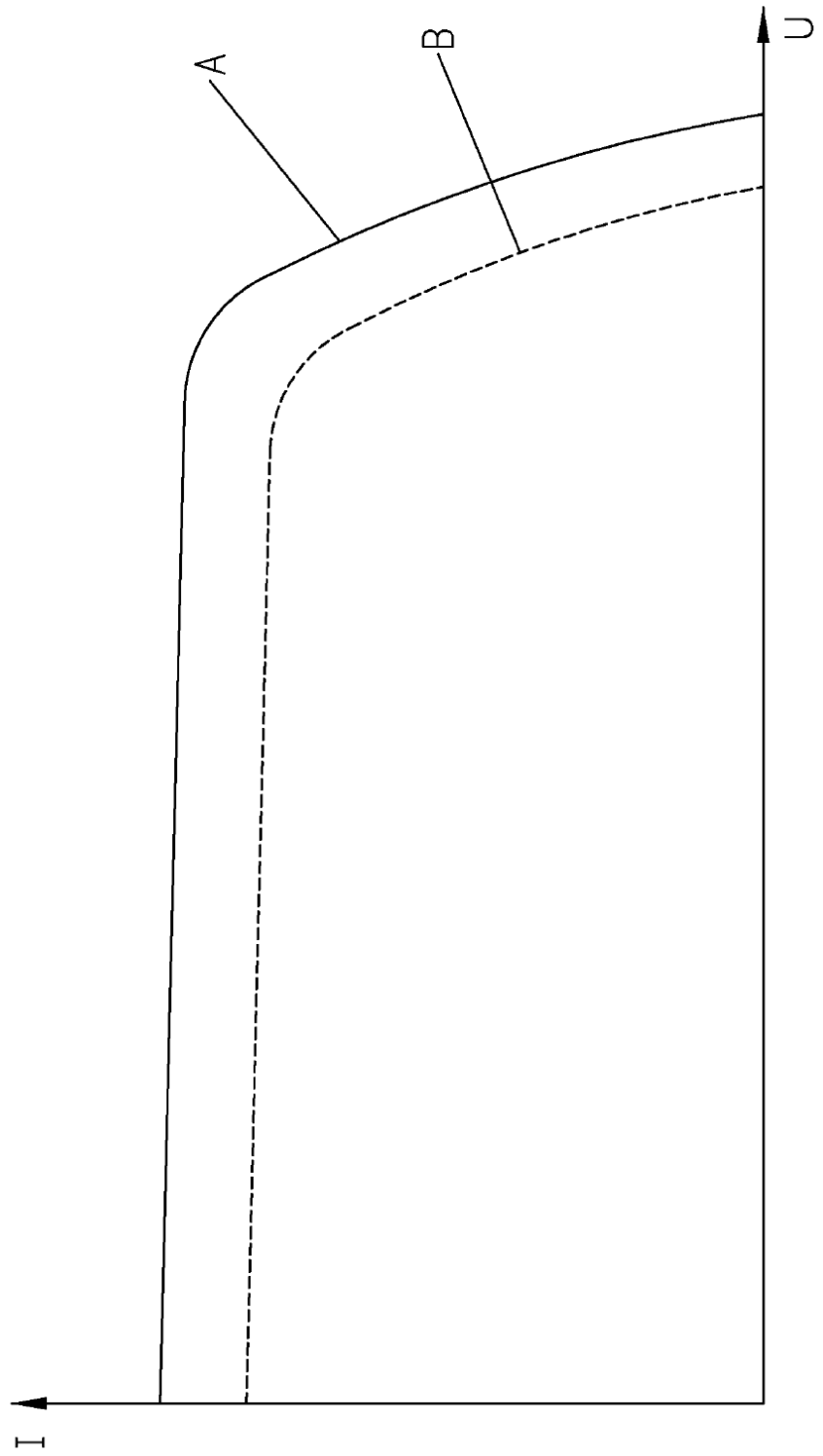


Fig.4