

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 435**

51 Int. Cl.:

G05F 1/67 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.01.2013 PCT/IB2013/050529**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.08.2013 WO13111044**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.01.2013 E 13710024 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.08.2016 EP 2807528**

54 Título: **Procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos**

30 Prioridad:

27.01.2012 IT MO20120018

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

30.12.2016

73 Titular/es:

**BTICINO S.P.A. (100.0%)
Viale Borri, 231
21100 Varese, IT**

72 Inventor/es:

**BUONOCUNTO, NICOLA;
PAPAGNO, ALESSANDRO;
REVELANT, ALESSANDRO y
STOCCO, PIERO**

74 Agente/Representante:

LÓPEZ CAMBA, María Emilia

ES 2 595 435 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 la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos.

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos.

10 Antecedentes de la técnica

Se conoce el uso de los llamados inversores fotovoltaicos diseñados para convertir la electricidad producida por un generador fotovoltaico, en la forma de corriente continua, en corriente alterna que suministrar a través de la red eléctrica convencional.

15 En particular, por generador fotovoltaico generalmente se quiere decir un sistema compuesto por una pluralidad de paneles fotovoltaicos, éstos también compuestos a su vez por diversas células fotovoltaicas conectadas de manera adecuada las unas a las otras.

20 Los inversores fotovoltaicos de tipo conocido tienen sistemas de control de software y hardware específicos capaces de investigar la potencia máxima que puede ser suministrada por los generadores fotovoltaicos.

Los generadores fotovoltaicos, de hecho, tienen tal característica de tensión-corriente que existe un punto de trabajo óptimo, llamado Punto de Máxima Potencia, en correspondencia con el cual se puede extraer la potencia máxima disponible.

25 También se conoce que tal Punto de Máxima Potencia varía continuamente durante el transcurso de un solo día y durante el transcurso del año, de acuerdo con el nivel de radiación solar que incide en cada uno de los paneles de los generadores fotovoltaicos, con la temperatura de las células, con las condiciones de envejecimiento de las células individuales y también debido a una insolación no uniforme debida, por ejemplo, a la presencia de sombras parciales en los paneles durante determinadas horas del día.

30 Como consecuencia, los sistemas de control de software y hardware en los inversores fotovoltaicos generalmente proyectan el uso de una función de MPPT (Seguimiento del Punto de Máxima Potencia), implementable por medio de diferentes algoritmos y procedimientos dependiendo de los parámetros de exactitud y el tiempo de estabilización que se tiene que conseguir.

35 En particular, un algoritmo MPPT normal puede permanecer "atrapado" en correspondencia con una potencia máxima relativa, es decir, correspondiente a un valor de potencia que sólo sea máximo con relación a una sección específica de la característica de corriente-tensión, pero que no sea sin embargo un valor de potencia máxima absoluta.

40 En tal caso, por lo tanto, el inversor derrocha bastante energía disponible que no se introduce por tanto en la red eléctrica.

45 Para superar tal inconveniente, se conoce el uso de un llamado procedimiento de "barrido", que contempla escanear toda la característica de corriente-tensión de los generadores fotovoltaicos, con el fin de identificar el punto de potencia máxima absoluta.

50 Por medio de tal procedimiento, el punto de potencia máxima absoluta de un generador fotovoltaico se puede detectar por tanto con la mayor exactitud, en un instante de tiempo determinado, excluyendo todos los puntos máximos relativos que pudieran estar presentes en correspondencia con un número de secciones de la característica de corriente-tensión.

55 Tal procedimiento conocido no está exento sin embargo de sus inconvenientes.

De hecho, el escaneo se debe realizar necesariamente a lo largo de toda la curva de la característica de corriente-tensión y por tanto requiere un tiempo considerablemente largo para completarse.

60 Esto supone un derroche inevitable de energía durante la investigación de potencia máxima absoluta, ya que durante el escaneo de la característica de corriente-tensión del panel fotovoltaico, el inversor no suministra la potencia máxima disponible.

65 Asimismo, el escaneo de la característica puede causar fluctuaciones en la potencia suministrada por el inversor y esto debido a los llamados fenómenos de "parpadeo", es decir, variaciones no deseadas en la tensión y perturbaciones en la red eléctrica.

5 El documento US-5-869-956-A da a conocer un procedimiento para la investigación del punto de máxima potencia (MPPT) en un generador fotovoltaico en presencia de sombreado parcial. Este procedimiento barre periódicamente la curva I-V del generador para encontrar la presencia de un máximo global diferente del máximo local actual. El documento EP-0-628-901-A2 da a conocer un procedimiento de MPPT, en el que el máximo global se obtiene interpolando los datos de un conjunto de mediciones consecutivas.

10 El documento EP-2-395-550-A1 da a conocer un procedimiento para evaluar la presencia de sombreado en un generador fotovoltaico. Reúne datos estadísticos concernientes a la tensión, corriente y potencia producida en el generador durante un periodo de tiempo y crea un modelo usando estos datos. Después este modelo se usa para establecer es el generador está bajo condiciones de sombreado.

15 El documento XP011184738 da a conocer un procedimiento para obtener el MPP usando un control de lógica difusa, redes neuronales o datos estadísticos obtenidos durante mucho tiempo (un año).

Descripción de la invención

20 El objeto principal de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, capaz de identificar dinámicamente la potencia máxima absoluta del mejor modo y con breves tiempos de solución.

25 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la investigación de la potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, capaz de identificar dinámicamente la potencia máxima absoluta mientras que, al mismo tiempo, se evitan los llamados fenómenos de "parpadeo", es decir, variaciones de tensión no deseadas y perturbaciones en la red eléctrica.

30 Otro objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos que permite superar los inconvenientes mencionados del estado de la técnica en el ámbito de una solución simple, racional, fácil y efectiva de usar así como de bajo coste.

Los objetos anteriores se consiguen mediante el presente procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, caracterizado porque comprende:

35 - una etapa de separar los posibles valores de tensión de salida totales de al menos un generador fotovoltaico en un número predeterminado de rangos de tensión;
- una etapa de asignar a cada uno de dichos rangos de tensión un valor de prioridad respectivo;
- una etapa de seleccionar un posible punto de potencia máxima absoluta de dicho generador fotovoltaico;
y porque comprende repitiéndose cíclicamente:

40 - una etapa de seleccionar al menos uno de dichos rangos de tensión de acuerdo con dichos valores de prioridad;
- una etapa de seleccionar al menos un punto de comparación dentro de dicho rango de tensión seleccionado;
- una etapa de comparar el valor de potencia leído en correspondencia con dicho punto de comparación con el valor de potencia leído en correspondencia con dicho posible punto de potencia máxima absoluta;
45 - si dicho valor de potencia en el punto de comparación es mayor que dicho valor de potencia en el posible punto de potencia máxima absoluta, una etapa de establecer dicho punto de comparación como nuevo posible punto de potencia máxima absoluta, una etapa de aumentar el valor de prioridad de dicho rango de tensión seleccionado y/o una etapa de disminuir el valor de prioridad de al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados.

Breve descripción de los dibujos

55 Otras características y ventajas de la presente invención pasarán a ser más evidentes por la descripción de una forma de realización preferida, pero no única, de un procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, ilustrada puramente como un ejemplo pero no limitada a los dibujos anexos en los que:

60 La figura 1 es un diagrama de bloques que muestra el procedimiento de acuerdo con la invención;
La figura 2 es una gráfica que muestra un ejemplo de característica de corriente-tensión de un generador fotovoltaico, separada en un número predeterminado de rangos de tensión;
La figura 3 es una gráfica que muestra un ejemplo de una posible función creciente utilizable en el procedimiento de acuerdo con la invención;
La figura 4 es una gráfica que muestra un ejemplo de una posible función decreciente utilizable en el procedimiento de acuerdo con la invención;
65 La figura 5 es una gráfica que muestra, a modo de ejemplo, una posible potencia de salida total y las posibles potencias y tensiones de trabajo de un generador fotovoltaico en caso de que no se use el procedimiento de

acuerdo con la invención;

La figura 6 es una gráfica que muestra, a modo de ejemplo, una posible potencia de salida total y las posibles potencias y tensiones de trabajo de un generador fotovoltaico en caso de que se use el procedimiento de acuerdo con la invención.

5

Formas de realización de la invención

Con particular referencia a la figura 1, a nivel mundial se ha indicado mediante M un procedimiento para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, implementable en particular por medio de los sistemas de control de software o hardware de inversores fotovoltaicos diseñados para convertir la electricidad producida por uno o más generadores fotovoltaicos, en la forma de corriente continua, en corriente alterna que suministrar en la red eléctrica convencional.

10

En particular, con la expresión "generador fotovoltaico" se quiere decir un sistema compuesto por una pluralidad de paneles fotovoltaicos, éstos también a su vez compuestos por varias células fotovoltaicas conectadas de forma adecuada las unas a las otras.

15

De manera útil, el procedimiento M es utilizable para identificar, de modo dinámico, la potencia máxima disponible suministrable por uno o más generadores fotovoltaicos, mientras que al mismo tiempo se minimiza la energía derrochada, el tiempo tomado y la generación de perturbaciones en la red eléctrica durante tal procedimiento de identificación.

20

El procedimiento M en primer lugar comprende separar la totalidad de los valores de la tensión de salida V de un generador fotovoltaico en un número predeterminado N de rangos de tensión (etapa 1).

25

La figura 2 muestra un ejemplo de la característica de corriente-tensión, indicada mediante las letras I-V, y de la característica de potencia-tensión indicada mediante las letras P-V, de un generador fotovoltaico detectadas en un instante determinado.

30

Como se conoce, tal característica de corriente-tensión (y por tanto también el punto de potencia máxima absoluta) varía continuamente durante el transcurso de un solo día y durante el transcurso del año, de acuerdo con el nivel de radiación solar que incide en cada uno de los paneles de los generadores fotovoltaicos y debido a cualquier insolación no uniforme causada, por ejemplo, por la presencia de sombras parciales en los paneles durante determinadas horas del día.

35

Como se puede observar en la figura 2, la totalidad de los valores de la tensión de salida V se han separado en N rangos de tensión predefinidos, que van desde el intervalo V_0-V_1 hasta el intervalo $V_{N-1}-V_N$.

40

Puramente a modo de ejemplo, en el caso de una cadena de paneles fotovoltaicos con MPP 800V, una posibilidad es separar la totalidad de los valores de tensión del panel V en ocho niveles de tensión de 360V a 780V, con el fin de obtener rangos de tensión con una amplitud igual a aproximadamente 60V cada uno.

45

No se puede sin embargo descartar una separación diferente de los valores de la tensión de salida V, o, más en general, una separación dinámica de todo el rango de tensión de salida del panel fotovoltaico.

50

Posteriormente, el procedimiento M proyecta la atribución de un valor de prioridad x_i , con i de 1 a N, para cada uno de los rangos de tensión definidos de V_0-V_1 a $V_{N-1}-V_N$, (etapa 2).

55

De manera útil, el procedimiento M comprende la selección de un posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} suministrable desde el generador fotovoltaico (etapa 3). Preferentemente, la selección de tal posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} se realiza por medio de un algoritmo MPPT de tipo convencional.

60

De este modo, el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} , si realmente no corresponde al punto de potencia máxima absoluta de toda la característica de corriente-tensión del generador fotovoltaico, al menos corresponde a un punto de potencia máxima relativa, es decir, a un punto en el que la potencia sólo es máxima con relación a una sección específica de la característica de corriente-tensión.

65

La implementación de la etapa 3, y por tanto la selección del posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} por medio de diferentes procedimientos no se puede sin embargo descartar.

60

El procedimiento M por tanto contempla la selección de uno de los rangos de tensión definidos de acuerdo con los valores de prioridad respectivos x_i (etapa 4).

65

En particular, se señala que por la expresión "valor de prioridad" se quiere decir la probabilidad de que cada rango de tensión se seleccione durante la etapa 4.

En una forma de realización preferida del procedimiento M, todos los valores de prioridad x_i se ponen inicialmente en un valor predefinido por defecto, de modo que se tenga una distribución uniforme de probabilidad para todos los rangos de tensión definidos de V_0-V_1 a $V_{N-1}-V_N$. El primer rango de tensión se selecciona por medio de una serie de extracciones obtenidas de una secuencia pseudoaleatoria.

5 En la etapa 5, el procedimiento M comprende la selección de un punto de comparación V_C (tensión de salida V perteneciente al rango seleccionado en la etapa 4), diferente del posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} seleccionado.

10 Preferentemente, el punto de comparación V_C elegido dentro del rango de tensión seleccionado corresponde al punto medio del propio rango.

De este modo, el tiempo requerido para la investigación de máximo absoluto se puede reducir al máximo (algo que no se podría perseguir introduciendo un escaneo en todo el rango de tensión seleccionado).

15 De forma ventajosa, el procedimiento M comprende la comparación entre el valor de potencia leído en correspondencia con el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} seleccionado con el valor de potencia leído en correspondencia con el punto de comparación V_C (etapa 6).

20 En particular, el procedimiento M comprueba si $P(V_C) > P(V_{MPP})$ donde:

- $P(V_C)$ es la potencia activa en Vatios calculada en el punto de comparación V_C perteneciente al rango x_m ;
- $P(V_{MPP})$ es la potencia activa en Vatios calculada en el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} .

25 En caso de que el valor de potencia en el punto de comparación V_C seleccionado sea mayor que el valor de potencia en el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} , entonces:

- el punto de comparación V_C se establece como posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} (etapa 7);
- el valor de prioridad x_m del rango de tensión m -ésimo seleccionado se aumenta (etapa 8);

30 - el valor de prioridad x_j , con $j=1, \dots, N$ y $j \neq m$, de al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados, se disminuye (etapa 9).

Preferentemente, en este caso el procedimiento M comprende tanto el aumento del valor de prioridad x_m del rango de tensión seleccionado como, al mismo tiempo, la disminución de los valores de prioridad x_j de cada uno de los

35 rangos de tensión no seleccionados.

En particular, el aumento del valor de prioridad x_m del rango de tensión seleccionado (etapa 8) comprende:

- el cálculo de un valor creciente;

40 - la adición del valor creciente calculado de ese modo al valor de prioridad previo x'_m del rango de tensión seleccionado.

De manera útil, el aumento del valor de prioridad x_m se realiza de acuerdo con el valor de prioridad previo x'_m del

45 rango de tensión seleccionado.

En particular, el aumento del valor de prioridad x_m se realiza por medio de la fórmula $x_m = x'_m + \text{finc}(x'_m)$, donde:

- m es la posición del rango de tensión seleccionado;
- x_m es el nuevo valor de prioridad del rango de tensión seleccionado;
- x'_m es el valor de prioridad previo del rango de tensión seleccionado;
- $\text{finc}(x'_m)$ es una función arbitraria que determina el valor creciente de acuerdo con el valor de prioridad x'_m del rango de tensión seleccionado; esta función debe ser tal que haga que el procedimiento para la investigación de máximo absoluto converja.

55 En una forma de realización preferida mostrada en la figura 3, la función creciente $\text{finc}(x'_m)$ es una función lineal del valor de prioridad previo x'_m .

En particular, en la forma de realización mostrada en la figura 3, el parámetro k es igual a 15 y cada uno de los

60 valores de prioridad x_i , con i de 1 a N , varía entre un valor mínimo de 15 hasta un valor máximo de 240.

La etapa 9 de disminuir el valor de prioridad x_j , con $j=1, \dots, N$ y $j \neq m$, de cada uno de los rangos de tensión no

seleccionados comprende las siguientes etapas:

- calcular un valor decreciente;

65 - restar el valor decreciente al valor de prioridad previo x'_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados.

De manera útil, la disminución de los valores de prioridad x_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados se realiza de acuerdo con el valor de prioridad previo x'_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados.

En particular, la disminución de los valores de prioridad x_j se realiza por medio de la siguiente fórmula:

$$x_j = x'_j - fdec(x'_j), \text{ para cada } j \text{ entre } 1 \text{ y } N \text{ y diferente de } m, \text{ donde:}$$

para cada j entre 1 y N y diferente de m , donde:

- 10 - j indica cada una de las posiciones de los rangos de tensión no seleccionados (por tanto no incluyendo la posición m);
- x_j indica el nuevo valor de prioridad de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados;
- x'_j indica el valor de prioridad previo de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados;
- 15 - $fdec(x'_j)$ es una función arbitraria que determina el valor decreciente de acuerdo con el valor de prioridad x'_j para cada uno de los rangos de tensión no seleccionados; esta función debe ser tal que haga que el procedimiento para la investigación de máximo absoluto converja.

En una forma de realización preferida mostrada en la figura 4, la función decreciente $fdec(x'_j)$ es una función lineal del valor de prioridad previo x'_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados.

En particular, en la forma de realización mostrada en la figura 4, el parámetro k es igual a 15 y cada uno de los valores de prioridad x_i , con i de 1 a N , varía entre un valor mínimo de 15 hasta un valor máximo de 240.

La función creciente $finc(x'_m)$ y la función decreciente $fdec(x'_j)$ se optimizan de hecho de forma arbitraria y tienen en cuenta el compromiso entre, por un lado, la necesidad de una convergencia eficiente hacia un valor máximo absoluto y, por otro, la necesidad de investigar e identificar nuevos máximos absolutos.

En caso, en cambio, de que el valor de potencia en el punto de comparación V_C seleccionado sea inferior al valor de potencia en el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} , entonces preferentemente el procedimiento M no proyecta cambios al valor de prioridad x_m del rango de tensión m -ésimo seleccionado o la disminución de los valores de prioridad x_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados.

De este modo se mantiene la capacidad de aprendizaje de la configuración específica de valores de potencia máxima absoluta, cuya presencia se puede restringir a algunas horas de operación durante el transcurso de todo el día de irradiación. Sin embargo, generalmente hablando no se descarta la posibilidad de cambiar el valor de prioridad x_m del rango de tensión m -ésimo seleccionado en el que no se ha encontrado el máximo absoluto, siempre y cuando la ley por la que se asignan los pesos garantice la convergencia del procedimiento con respecto a los máximos absolutos de la cadena y el auto-aprendizaje del procedimiento en caso de nuevos máximos absolutos que surjan en tensiones diferentes a las ya adquiridas. De forma ventajosa, en caso de que el procedimiento M para la investigación de potencia máxima no sea interrumpido por un operario del inversor (etapa 10) o por otros motivos, entonces el procedimiento M comprende la repetición cíclica y secuencial de las siguientes etapas:

- etapa 3 para la selección del posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} ;
- etapa 4 para la selección de uno de los rangos de tensión de la posición 1 a la posición N de acuerdo con los valores de prioridad relativos x_i ;
- etapa 5 para la selección de un punto de comparación V_C en el interior del rango de tensión m -ésimo seleccionado;
- etapa 6 de comparación entre el valor de potencia leído en correspondencia con el punto de comparación V_C con el valor de potencia leído en correspondencia con el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} seleccionado y, si es necesario;
- 50 - la etapa 7 para establecer el punto de comparación V_C como posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} y las etapas 8 y 9 para el aumento del valor de prioridad x_m del rango de tensión seleccionado y la disminución del valor de prioridad x_j de cada uno de los rangos de tensión no seleccionados, respectivamente.

En particular, se señala que en la etapa 3, la intervención de un algoritmo MPPT de tipo convencional permite mover el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} como se establece en la etapa previa 7 hacia un posible punto máximo actual dentro del rango de tensión m -ésimo seleccionado (o si es necesario dentro de uno de los rangos de tensión adyacentes).

También se debe señalar que, la intervención de un algoritmo MPPT en la etapa 3 también permite modificar el posible punto de potencia máxima absoluta V_{MPP} como se establece en la etapa previa 7 de acuerdo con cambios en las condiciones de insolación de los paneles debido, por ejemplo, a la presencia de sombras parciales durante determinadas horas del día.

La selección del rango de tensión posterior realizada en la etapa 4 se implementa por medio de un algoritmo de software adecuado.

Preferentemente, tal algoritmo de software realiza una serie de L extracciones de una secuencia de números pseudoaleatorios de 1 a N y multiplica el valor de prioridad x_i de cada rango por el número de veces que se ha extraído tal rango.

5 El rango elegido es el que tiene la mayor acumulación.

10 A modo de ejemplo, las figuras 5 y 6 muestran las gráficas que ilustran una posible potencia de salida total y las posibles potencias y tensiones de trabajo de los generadores fotovoltaicos individuales, en caso de que no se use el procedimiento M de acuerdo con la invención y en caso en cambio de que se use el procedimiento M de acuerdo con la invención, respectivamente.

15 En particular, las gráficas de las figuras 5 y 6 se han obtenido usando dos de las tres entradas disponibles de un inversor fotovoltaico, a las que se conectan dos generadores fotovoltaicos respectivamente, cada uno hecho de acuerdo con la siguiente configuración:

- 22 paneles conectados en serie para cada cadena;
- 3 cadenas conectadas entre sí en paralelo;
- una tensión nominal de circuito abierto V_{oc} de la cadena de 972V;
- 20 - una tensión nominal de Punto de Máxima Potencia V_{mpp} de la cadena de 770V;
- una potencia nominal de la cadena bajo condiciones CEM (Condiciones Estándar de Medida: temperatura de funcionamiento 25°C, irradiación solar incidente 1000W/m², distribución espectral 1,5) de 11.550W.

25 Asimismo, los paneles usados tienen las siguientes características:

- una tensión nominal V_{oc} de 44.2V;
- una tensión nominal V_{mpp} de 35V;
- una potencia nominal CEM de 175W.

30 En particular, las figuras 5 y 6 muestran:

- la potencia total del inversor, indicada mediante la referencia A;
- las potencias de entrada de los generadores individuales, indicadas mediante las referencias B y C;
- las tensiones de trabajo de los generadores individuales, indicadas mediante las referencias D y E
- 35 respectivamente, por medio de las cuales, se pueden observar las variaciones del punto de trabajo;
- la energía producida por la planta durante un día, indicada mediante la referencia F;
- la energía diaria media esperada en base a las características de la planta, indicada mediante la referencia G.

40 De manera más precisa, en las figuras 5 y 6 se trazan los patrones de tiempo de las cantidades ilustradas registradas en el mismo periodo del año, durante el transcurso de dos días con similar irradiación, antes (figura 5) y después (figura 6) de la activación del procedimiento M de acuerdo con la invención.

45 Por las gráficas, se puede observar el patrón típico de potencia A producido por una planta fotovoltaica durante un día claro, en las que sin embargo se puede observar un patrón asimétrico en la primera hora de la mañana en comparación con la tarde, un fenómeno causado precisamente por una irradiación no uniforme en las cadenas de los generadores.

50 Observando la potencia A introducida en la red en la franja horaria entre las 7:30 y las 8:30 aproximadamente se observará que ésta aumenta considerablemente cuando el procedimiento M está activo en comparación con la operación sólo con el algoritmo MPPT de tipo convencional (área indicada mediante la referencia H en la figura 6), puesto que éste último se bloquea en un máximo local a potencia inferior con una tensión cercana a la tensión nominal V_{MPP} .

55 En particular, se puede observar cómo el procedimiento M de acuerdo con la invención, en las primeras partes del día, identifica, para la tensión D del primer generador, un nuevo punto de trabajo con tensión inferior a la tensión nominal V_{MPP} de la cadena, permitiéndose de ese modo que el generador fotovoltaico suministre una mayor potencia A.

60 En particular, se subraya el hecho de que con referencia al análisis realizado e ilustrado en las figuras 5 y 6, ha sido posible registrar un aumento medio de la energía producida por el inversor del 55% con picos de incluso el 70%. Se ha averiguado de hecho cómo la invención descrita consigue los objetos propuestos.

65 En particular, se subraya el hecho de que el procedimiento de acuerdo con la invención permite identificar dinámicamente la potencia máxima absoluta de un modo óptimo y con bajos tiempos de estabilización.

También se señala que todos los resultados son aún más importantes cuando las sombras parciales permanecen en

las cadenas durante las horas del día y cubren uno o más paneles fotovoltaicos, una condición común por ejemplo durante los meses de invierno, debido a las sombras muy extendidas de objetos cercanos a los paneles.

- 5 Asimismo, el procedimiento de acuerdo con la invención permite identificar dinámicamente la potencia máxima absoluta mientras que al mismo tiempo se evitan los llamados fenómenos de "parpadeo", es decir, variaciones no deseadas en la tensión y perturbaciones no deseadas en la red.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento (M) para la investigación de potencia máxima disponible en generadores fotovoltaicos, **caracterizado porque** comprende:
- 5 - una etapa (1) de separar los posibles valores de tensión de salida totales (V) de al menos un generador fotovoltaico en un número predeterminado (N) de rangos de tensión ($V_0-V_1, \dots, V_{N-1}-V_N$);
 - una etapa (2) de asignar a cada uno de dichos rangos de tensión ($V_0-V_1, \dots, V_{N-1}-V_N$) valores de prioridad respectivos (x_i);
 - 10 - una etapa (3) de seleccionar un posible punto de potencia máxima absoluta (V_{MPP}) de dicho generador fotovoltaico;
- y **porque** comprende repitiéndose cíclicamente:
- una etapa (4) de seleccionar al menos uno de dichos rangos de tensión ($V_0-V_1, \dots, V_{N-1}-V_N$) de acuerdo con dichos valores de prioridad (x_i);
 - 15 - una etapa (5) de seleccionar al menos un punto de comparación (V_C) dentro de dicho rango de tensión seleccionado;
 - una etapa (6) de comparar el valor de potencia generado por dicho generador fotovoltaico en dicho punto de comparación (V_C) con el valor de potencia generado por dicho generador fotovoltaico en dicho posible punto de potencia máxima absoluta (V_{MPP});
 - 20 - si dicho valor de potencia en el punto de comparación (V_C) es mayor que dicho valor de potencia en el posible punto de potencia máxima absoluta (V_{MPP}), una etapa (7) de establecer dicho punto de comparación (V_C) como nuevo posible punto de potencia máxima absoluta (V_{MPP}), una etapa (8) de aumentar el valor de prioridad (x_m) de dicho rango de tensión seleccionado y/o una etapa (9) de disminuir el valor de prioridad (x_i) de al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados.
- 25 2. Procedimiento (M) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** dicha etapa (3) de seleccionar un posible punto de potencia máxima absoluta (V_{MPP}) de dicho generador fotovoltaico se repite cíclicamente antes de dicha etapa (6) de comparar.
3. Procedimiento (M) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicha etapa (8) de aumentar el valor de prioridad (x_m) del rango de tensión seleccionado comprende las siguientes etapas:
- 30 - calcular al menos un valor creciente;
 - añadir dicho valor creciente al valor de prioridad previo (x'_m) del rango de tensión seleccionado.
- 35 4. Procedimiento (M) de acuerdo con la reivindicación 3, **caracterizado porque** dicha etapa de calcular el valor creciente se realiza de acuerdo con el valor de prioridad previo (x'_m) de dicho rango de tensión seleccionado.
5. Procedimiento (M) de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizado porque** dicha etapa (8) de aumentar el valor de prioridad (x'_m) del rango de tensión seleccionado se realiza usando la siguiente fórmula:
- 40
- $$x_m = x'_m + f_{inc}(x'_m)$$
- donde
- 45 - m es la posición del rango de tensión seleccionado;
 - x_m es el nuevo valor de prioridad de dicho rango de tensión seleccionado;
 - x'_m es el valor de prioridad previo de dicho rango de tensión seleccionado;
 - $f_{inc}(x'_m)$ es una función arbitraria que determina dicho valor creciente de acuerdo con dicho valor de prioridad (x'_m) del rango de tensión seleccionado y tal que haga que el procedimiento para la investigación de máximo absoluto converja.
- 50
6. Procedimiento (M) de acuerdo con una o más de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** dicha etapa (9) de disminuir el valor de prioridad (x_i) de al menos uno de dichos rangos de tensión no seleccionados comprende las siguientes etapas:
- 55 - calcular al menos un valor decreciente;
 - restar dicho valor decreciente al valor de prioridad previo (x'_i) de al menos uno de dichos rangos de tensión no seleccionados.
7. Procedimiento (M) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** dicha etapa de calcular el valor decreciente se realiza de acuerdo con el valor de prioridad previo (x'_i) de dicho al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados.
- 60
8. Procedimiento (M) de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizado porque** dicha etapa (9) de disminuir el valor de prioridad (x_i) por al menos uno de dichos rangos de tensión no seleccionados se realiza usando la siguiente fórmula:

$$x_j = x'_j - f_{dec}(x'_j)$$

donde

- j es la posición de dicho al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados;
- x_j es el nuevo valor de prioridad de dicho al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados;
- 5 - x'_j es el valor de prioridad previo de al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados;
- $f_{dec}(x'_j)$ es una función arbitraria que determina dicho valor decreciente de acuerdo con dicho valor de prioridad (x'_j) de dicho al menos uno de los rangos de tensión no seleccionados y tal que haga que el procedimiento para la investigación de máximo absoluto converja.



Fig. 1

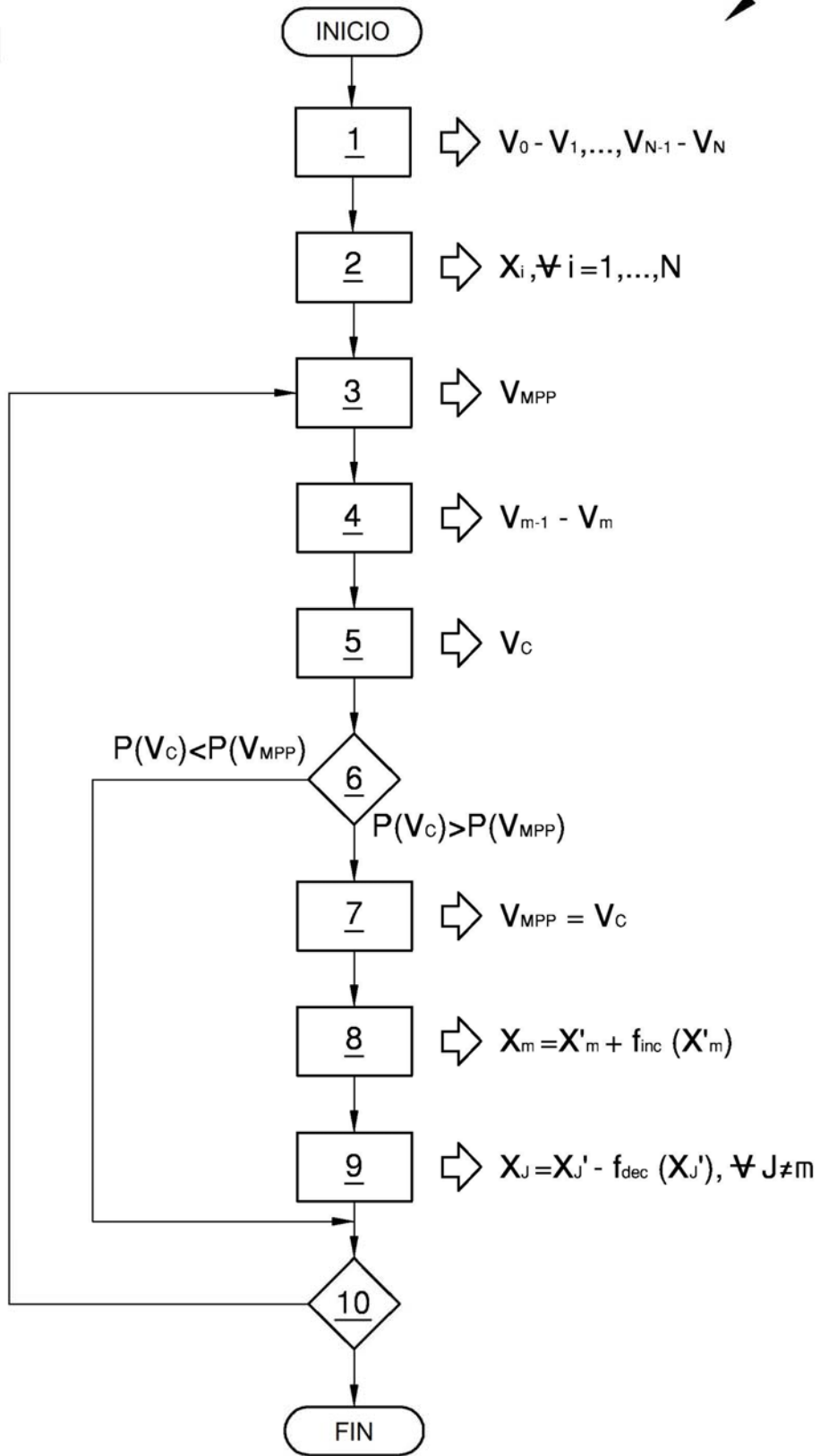


Fig. 2

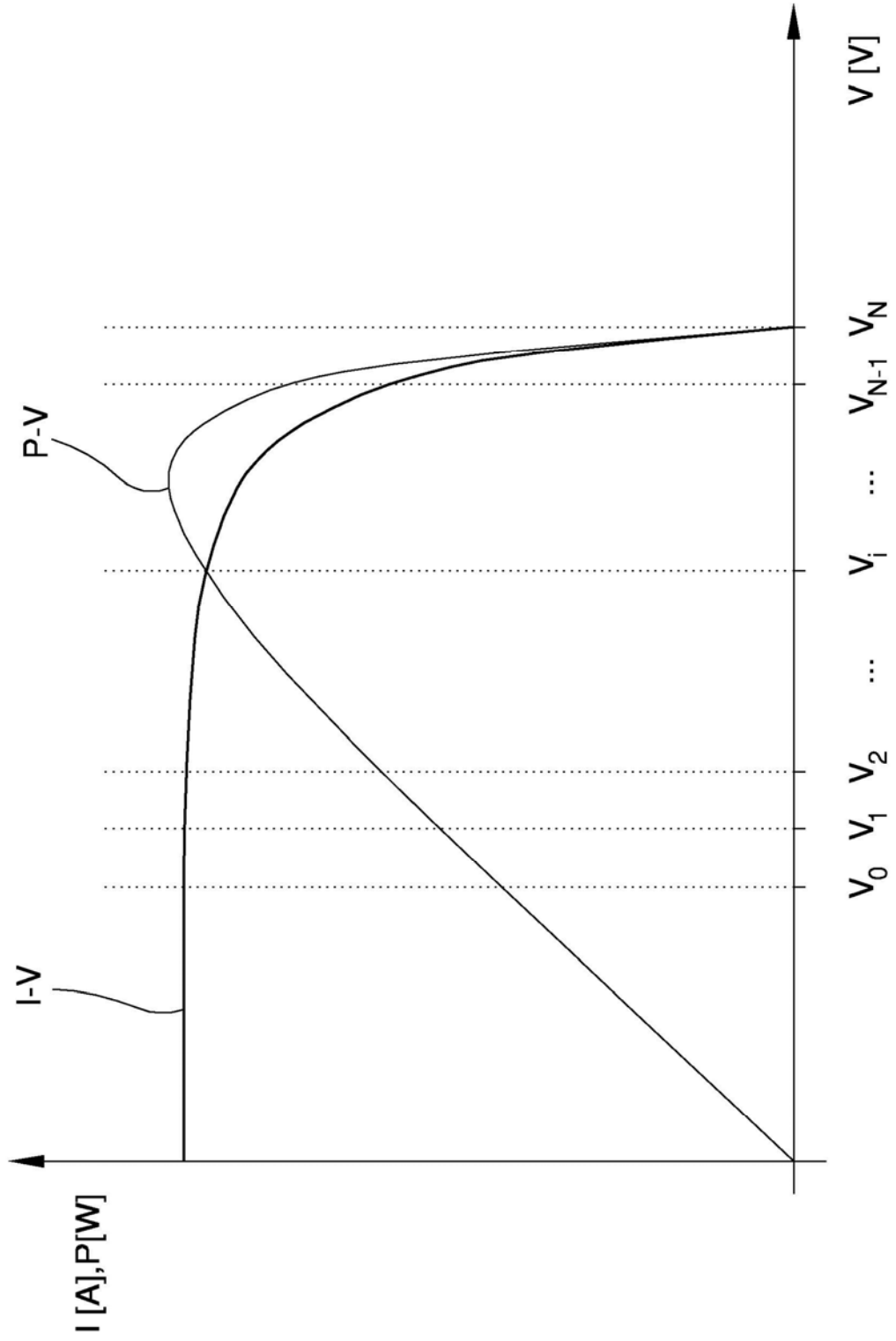


Fig. 3

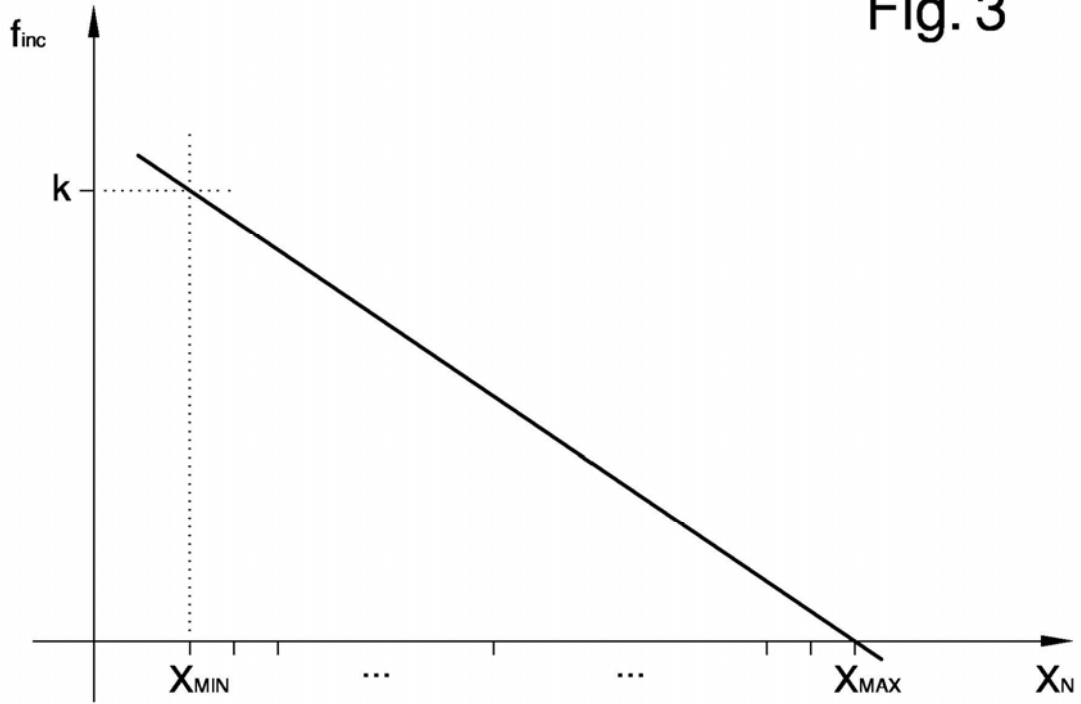
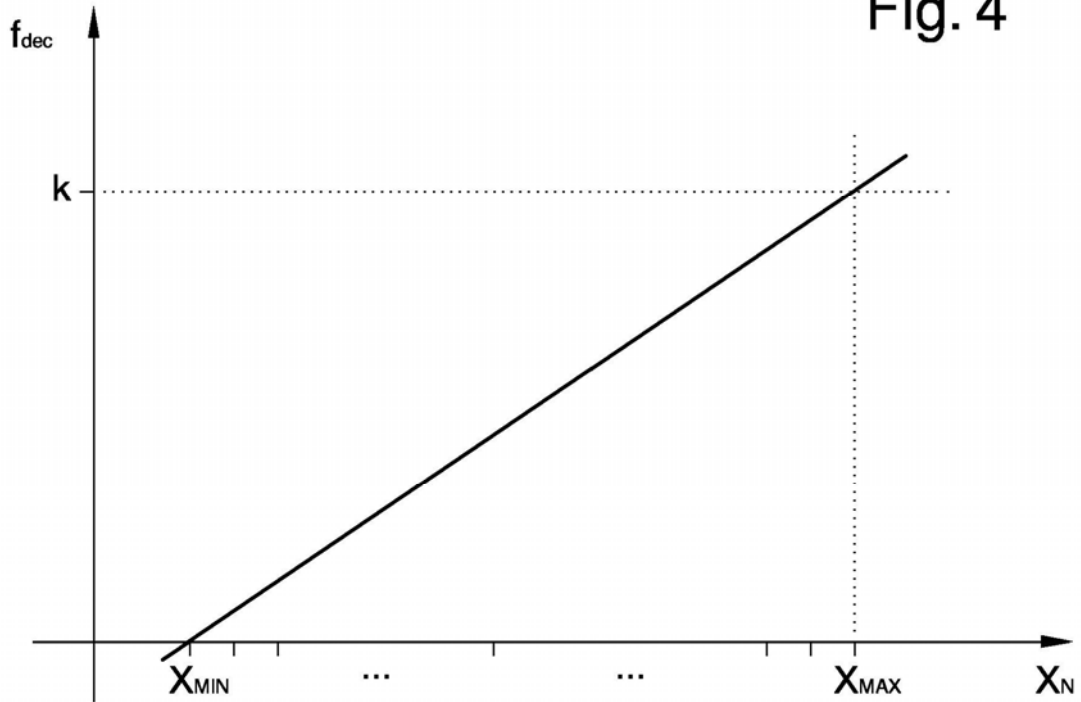


Fig. 4



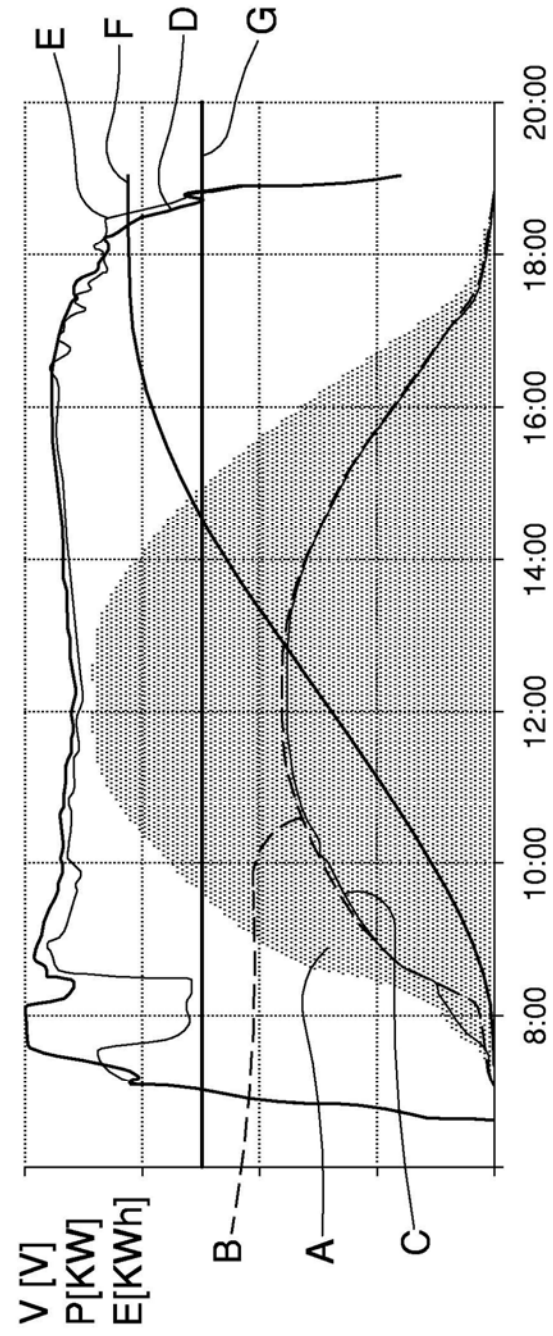


Fig. 5

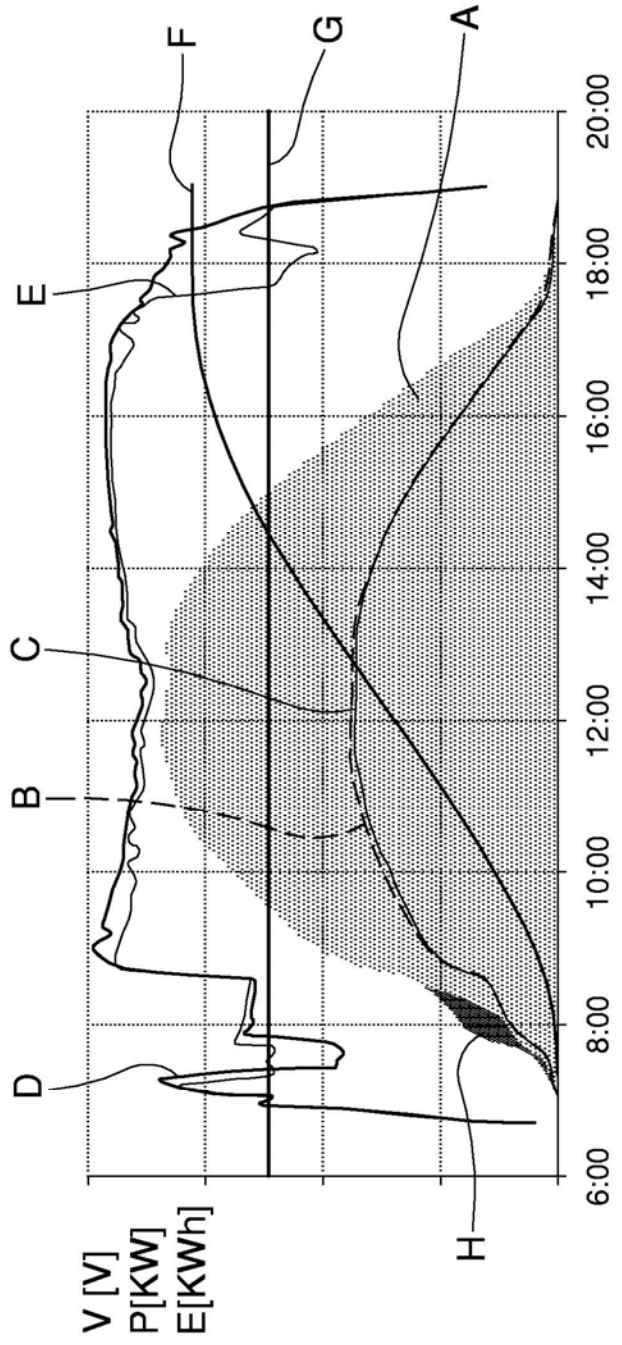


Fig. 6