

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 748 298**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**H02J 7/00** (2006.01)

**H05B 37/00** (2006.01)

**H02J 3/32** (2006.01)

**H02J 7/35** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2017 E 17195436 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019 EP 3306772**

54 Título: **Un método y sistema para la distribución de manera óptima de potencia entre una batería y una red eléctrica**

30 Prioridad:

**10.10.2016 IN 201641034680**

**01.03.2017 EP 17158648**

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

**16.03.2020**

73 Titular/es:

**SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)**

**High Tech Campus 48**

**5656 AE Eindhoven, NL**

72 Inventor/es:

**MISHRA, PRIYA, RANJAN;**

**TUNGA, SRIKANTH y**

**MAJI, GOUTAM**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 748 298 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**

Un método y sistema para la distribución de manera óptima de potencia entre una batería y una red eléctrica

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere al campo de la distribución de potencia eléctrica, y más específicamente a los métodos de distribución de potencia eléctrica que incluyen una capacidad de alimentación a la red.

10 Antecedentes de la invención

15 La posibilidad de acceso a la electricidad es un factor fundamental tanto para el crecimiento económico general de un país como para la calidad de vida general de sus habitantes. En la mayor parte del mundo, las zonas sin electricidad están mucho menos desarrolladas que las zonas con electricidad. En las zonas con reservas limitadas de energía convencional, el aumento de la demanda de potencia, junto con la generación inadecuada de potencia, ha hecho que el suministro de potencia eléctrica fiable sin interrupciones frecuentes sea un reto importante.

20 Para abordar el problema de la provisión de potencia fiable y para hacer frente al desafío del cambio climático, hay un enfoque creciente en mejorar el uso de fuentes de energía renovables. Los altos niveles de insolación solar en algunos países en desarrollo, y la incapacidad de satisfacer la demanda de electricidad a través de fuentes de energía convencionales, han alentado a los gobiernos locales a promover planes como el alumbrado público solar y los sistemas fotovoltaicos (PV) en los tejados mediante incentivos y atractivas tarifas de alimentación a la red eléctrica.

25 Esto ha hecho que los sistemas PV sean cada vez más populares. Para hacer un uso eficaz de dichas iniciativas gubernamentales es importante buscar formas de utilizar eficientemente la potencia generada en los sistemas solares PV con capacidad de alimentación a la red, no sólo para reducir el coste de capital, garantizando una mayor accesibilidad a un rango más amplio de usuarios, sino también para mejorar la fiabilidad de la red en regiones con red débil.

30 El documento WO2015/169131 describe la distribución de la energía desde la matriz PV a la batería y a la red eléctrica al mismo tiempo. Sin embargo, una distribución simultánea como ésta requiere dos lazos de control para la batería y la red que deben integrarse para obtener un rendimiento satisfactorio del sistema. Este es un proceso muy complejo.

35 Una distribución de potencia dividida en el tiempo entre la batería y la red eléctrica sería más adecuada para un uso sencillo. Una distribución de potencia dividida en el tiempo significa que la potencia se envía a la batería o a la red en un momento determinado, en lugar de ser enviada a ambas.

40 Para proporcionar seguridad y comodidad a los usuarios de carreteras, los sistemas de alumbrado público basados en PV son cada vez más populares, debido a que son independientes de la red y por lo tanto iluminan las carreteras independientemente de las condiciones de la red eléctrica. Para los sistemas de alumbrado público basados en PV, se ha comprobado que se puede aprovechar mejor la energía generada si se opta por una arquitectura de distribución centralizada en lugar de sistemas descentralizados. Varias de estas arquitecturas de distribución centralizada fueron investigadas por su eficiencia y complejidad en las aplicaciones de alumbrado público y se encontró que una arquitectura de distribución centralizada de CC de bus estrecho ofrecía una eficiencia superior a otras arquitecturas de distribución. Las arquitecturas de distribución de CC permiten el uso de controladores LED lineales basados en CC, lo que resulta en un mayor ahorro de energía en comparación con las arquitecturas de distribución de CA.

50 La considerable caída de los precios de los sistemas PV en los últimos años y la concienciación sobre el impacto medioambiental negativo de las baterías han dado lugar a nuevas técnicas para el dimensionamiento óptimo de los sistemas PV para el alumbrado público. Estos diseños óptimos de sistemas PV tienen en cuenta los niveles de insolación en días con condiciones climáticas adversas, lo que da como resultado un sistema con una alta capacidad de generación de potencia PV y unos requisitos mínimos de carga de la batería.

55 Dicho sistema genera suficiente energía en días nublados, con mínima insolación, para satisfacer el requerimiento de energía de la carga conectada. En los días de cielo despejado, los sistemas dimensionados de forma óptima producen un excedente de energía que puede venderse a las empresas de servicios públicos para obtener un mejor retorno del coste de capital, así como para reducir la discrepancia entre la demanda y el suministro de potencia en las áreas de red débil.

60 La mayoría de los sistemas PV utilizados para el alumbrado público con capacidad de alimentación a la red utilizan controladores de carga sencillos de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) e inversores de alimentación de red. Suelen ser discretos y la estrategia de control empleada en estos sistemas permite que la energía se alimente a la red sólo después de que la batería esté completamente cargada. Para sistemas dimensionados de

forma óptima con gran capacidad de generación de potencia PV y bajos requisitos de carga de baterías, esta estrategia de control proporciona un rendimiento satisfactorio en días con baja insolación solar; sin embargo, en días con buena insolación solar, el sistema PV permanece en gran medida infrutilizado.

5 Esto se debe a que, con el aumento de la insolación solar, la potencia máxima disponible a la salida de la matriz PV aumenta. Sin embargo, la potencia necesaria para cargar la batería está limitada por la tensión de la batería y los requisitos de corriente de carga. Dicho de otro modo, la potencia está limitada por la potencia de entrada máxima de la batería. Durante los días de periodos de alta insolación solar, la potencia máxima disponible a la salida de la matriz PV es superior a la requerida por la batería. En esta situación, el controlador de carga de MPPT se ve obligado a hacer funcionar la matriz PV a un punto de potencia de funcionamiento inferior igual a la potencia de entrada máxima de la batería, lo que significa que el exceso de potencia, que la matriz PV podría generar, permanece inutilizado y se desperdicia.

15 El documento US20120235497A1 divulga un método para controlar una batería que almacena potencia eléctrica generada por un generador de potencia, en donde suministra a un sistema de transmisión de potencia eléctrica la potencia eléctrica correspondiente a un valor de salida objetivo de al menos uno de, el generador de potencia y la batería.

20 Resúmen de la invención

Es un objetivo de la invención reducir la potencia perdida por una fuente de alimentación variable, como un panel fotovoltaico, cuando la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación excede la potencia de entrada máxima de la batería. Otro objetivo más de la invención es distribuir la potencia de salida de la fuente de alimentación al dispositivo de almacenamiento de energía y a la red eléctrica de manera optimizada para beneficiar a todo el sistema. El sistema utiliza una distribución dividida en el tiempo para la potencia de salida en lugar de una distribución compartida en el tiempo (es decir, simultánea) para reducir la complejidad del sistema. La base de los modos de realización de la invención es que la distribución de manera óptima dividida en el tiempo se determina a través de una relación de carga de batería respecto a la alimentación de red basada en la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación y la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía. La invención está definida por las reivindicaciones.

De acuerdo con los ejemplos de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método para distribuir potencia desde una fuente de alimentación renovable que tiene una potencia de salida variable en el tiempo entre un dispositivo de almacenamiento de energía y una red eléctrica, en donde el método está adaptado para, para cada uno de una pluralidad de intervalos de tiempo:

- determinar una potencia de salida de la fuente de alimentación en el intervalo de tiempo correspondiente;
- comparar la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía;
- 40 determinar una relación para distribuir la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía o a la red eléctrica en el intervalo de tiempo respectivo basándose en la comparación; y
- distribuir la potencia de salida de la fuente de alimentación al dispositivo de almacenamiento de energía o a la red eléctrica en divisiones de tiempo en el intervalo de tiempo respectivo de acuerdo con la relación determinada, en donde el excedente de potencia de salida producido por la fuente de alimentación por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía, se descarta cuando la potencia de salida se distribuye al dispositivo de almacenamiento de energía.

Mediante la comparación de la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía en cada intervalo de tiempo, por ejemplo, a lo largo del día, la energía producida por la fuente de alimentación puede ser mejor utilizada tanto por el dispositivo de almacenamiento de energía como por la red eléctrica.

Preferentemente, en donde la distribución de la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía es prioritaria cuando la potencia de salida de la fuente de alimentación está por debajo de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; y el aumento de la relación para la red y la disminución de la relación para el dispositivo de almacenamiento de energía a medida que la potencia de salida de la fuente de alimentación aumenta por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía.

En la fase de baja potencia, la prioridad es el almacenamiento de energía, por lo que es más probable que el almacenamiento de energía se cargue suficientemente. Durante periodos de tiempo en los que la potencia de salida de la fuente de alimentación es superior a la potencia de entrada máxima de la batería, la potencia puede ser, al menos en parte, dirigida a la alimentación de la red eléctrica, reduciendo la posible pérdida de potencia. En este caso, se puede reducir la potencia sobrante descartada.

En un modo de realización, el método puede adaptarse para, al determinar la potencia de salida de la fuente de alimentación, determinar la potencia de salida de la fuente de alimentación mediante el seguimiento de la potencia máxima durante el intervalo de tiempo correspondiente.

5 En esta disposición, la potencia de salida máxima durante un intervalo de tiempo puede ser determinada por el seguimiento de la potencia máxima. Esta disposición puede explorar el límite superior de la generación potencial de potencia de la fuente de alimentación. Esta potencia de salida máxima se puede utilizar para determinar en qué punto de un intervalo de tiempo determinado la potencia debería alimentarse a la red eléctrica o utilizarse para cargar la batería.

10 La secuencia de carga de la batería y de alimentación a la red en cada intervalo de tiempo puede ser determinada por la tasa de variación de la potencia de salida de la fuente de alimentación. Por ejemplo, durante un intervalo de tiempo la potencia de salida puede aumentar constantemente, de modo que la potencia de salida máxima se produce al final del intervalo de tiempo. En este caso, si la potencia de salida es superior a la potencia de entrada máxima de la batería, sería preferible realizar la carga de la batería al principio del intervalo de tiempo, cuando sólo se puede perder una pequeña proporción de la potencia de salida, seguido por la alimentación de potencia a la red eléctrica. Por el contrario, si la potencia de salida disminuye constantemente en un intervalo de tiempo determinado, la alimentación a la red puede producirse al principio y luego producirse la carga de la batería. Al realizar esta función, la cantidad mínima de energía se pierde debido a las limitaciones de la batería.

20 En algunas disposiciones, el controlador puede adaptarse para, al determinar la relación de distribución de energía, establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y en cero para la red eléctrica, dando de este modo prioridad al dispositivo de almacenamiento de energía, si la potencia de salida determinada está por debajo de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía. En ocasiones, cuando la fuente de energía produce menos energía que la potencia de entrada máxima de la batería, toda la potencia de salida se puede usar para cargar la batería.

30 Cuando la potencia de salida de la fuente de alimentación es menor o igual que la potencia de entrada máxima de la batería para un intervalo de tiempo determinado, toda la potencia de salida puede ser utilizada por la batería, lo que no produce pérdida de potencia durante este intervalo de tiempo. En este diseño, es probable que la batería reciba una carga suficiente para garantizar que esté completamente cargada al final del día. Esto puede ser aún más relevante en los casos en los que la fuente de alimentación variable no está activa durante ciertas porciones del día, por ejemplo, los paneles solares durante la noche, ya que garantiza que la batería reciba suficiente energía durante los periodos activos, por ejemplo, el día, para permitirle suministrar potencia constante durante los periodos inactivos, por ejemplo, la noche.

40 La batería no puede utilizar potencia por encima de su entrada de potencia máxima. Sin embargo, la alimentación a la red no tiene un límite de potencia de entrada y por lo tanto puede utilizar completamente toda la potencia de salida de la fuente de alimentación. Para equilibrar tanto la carga del dispositivo de almacenamiento de energía como la alimentación a la red eléctrica, a medida que la potencia aumenta por encima de este umbral, la asignación de al menos una porción del tiempo para alimentar a la red eléctrica da como resultado una menor pérdida de potencia que de otro modo no sería utilizada por la batería.

45 En algunas disposiciones, el método puede adaptarse para, al determinar la relación de distribución de la potencia, establecer la relación en uno para la red eléctrica y en cero para el dispositivo de almacenamiento de energía, dando de este modo prioridad a la red eléctrica, ya que la potencia de salida de la fuente de alimentación alcanza la potencia de salida de pico de la fuente de alimentación.

50 Este modo de realización reduce/minimiza aún más la pérdida de potencia al definir con mayor precisión la relación de distribución de potencia.

55 En algunos diseños, el método puede adaptarse para, al determinar la relación de distribución de la potencia, establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y en cero para la red eléctrica, si la red eléctrica no está disponible.

60 En el caso de que la red no esté disponible, por ejemplo, si se corta una línea eléctrica, entonces cualquier potencia dirigida a alimentar la red se desperdiciaría. En este caso sería preferible que la batería recibiera la potencia generada, incluso si la potencia de salida está por encima de la entrada máxima de la batería, ya que mitiga la potencial pérdida de potencia. Las ventajas de esta característica se hacen más claras en lugares con redes eléctricas inestables, donde el acceso a la red puede ser intermitente. En algunos diseños, el método puede adaptarse para, al determinar la relación de distribución de energía, establecer la relación en cero para el dispositivo de almacenamiento de energía, y en uno para la red eléctrica, si el dispositivo de almacenamiento de energía está completamente cargado.

65 En este diseño, el método se optimiza aún más teniendo en cuenta el nivel de carga que posee la batería. Si se conoce el estado de carga de la batería, la distribución de potencia a la batería o a la red eléctrica puede realizarse

con mayor precisión. Como un ejemplo simple, si la batería está completamente cargada, todo el intervalo de tiempo puede dedicarse a la alimentación de la red. Es beneficioso desviar potencia a la red eléctrica en esta situación, ya que la potencia no se desperdiciará innecesariamente al intentar cargar la batería. Si la carga de la batería se encuentra por debajo del 10%, el intervalo de tiempo completo puede dedicarse a cargar la batería.

5 En un modo de realización, la fuente de alimentación comprende un panel fotovoltaico. El panel fotovoltaico es una fuente de alimentación normal con potencia de salida variable. La tecnología tradicional, como se expuso en los antecedentes, no puede utilizarla de una manera sencilla. El modo de realización puede utilizar el panel fotovoltaico mejor sin necesidad de utilizar lazos de control complejos.

10 En otro modo de realización, el método puede adaptarse para, al determinar la relación de distribución de potencia, determinar una insolación del panel fotovoltaico, y establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y la relación en cero para la red eléctrica, si la insolación del panel fotovoltaico es inferior a un valor mínimo predeterminado de insolación.

15 La baja insolación del panel fotovoltaico significa que hay menos incidencia de luz en el panel fotovoltaico, lo que significa que la potencia de salida del panel fotovoltaico es baja. Para satisfacer las necesidades de carga del dispositivo de almacenamiento de energía en estas condiciones, toda la potencia de salida se distribuye al dispositivo de almacenamiento de energía para su carga.

20 En algunos modos de realización, la batería recibe toda la potencia de salida de la fuente de alimentación para cargarla en modo de tensión constante cuando se cumple cualquiera de las dos condiciones siguientes: la potencia de salida de la fuente de alimentación es igual o menor que la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía o cuando se alcanza en un momento determinado del día.

25 En este diseño, la carga de tensión constante se emplea cuando la potencia de salida de la fuente de alimentación es baja. La potencia requerida para la carga de la batería se reduce continuamente cuando la carga de tensión constante está en uso y, por lo tanto, la batería puede hacer un uso eficiente de la potencia generada, incluso cuando los niveles de potencia generada son bajos. El cierto momento del día es una condición adicional para cargar la batería con toda la potencia de salida, a menos que la batería se haya cargado completamente. Esto cumple con los requisitos del dispositivo de almacenamiento de energía para evitar que se cargue de menos. Por ejemplo, cuando llega el momento a las 15:00, toda la potencia de salida se distribuye al dispositivo de almacenamiento de energía para cargarlo, a menos que se haya cargado completamente, a fin de garantizar que el dispositivo de almacenamiento de energía esté completamente cargado antes de la noche.

35 En un modo de realización, la batería se carga en modo de corriente constante hasta que el estado de carga de la batería alcanza el 85%, después de lo cual la batería se carga en modo de tensión constante hasta que el estado de carga de la batería alcanza el 100%. Esta disposición es una solución de carga bien optimizada para baterías más pequeñas.

40 En algunos diseños, los intervalos de tiempo comprenden intervalos regulares a lo largo de un período de radiación solar.

45 De acuerdo con los ejemplos de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema para distribuir la potencia de una fuente de alimentación que tiene una potencia de salida variable en el tiempo entre una batería y una red eléctrica, que comprende:

50 una fuente de alimentación;  
 una batería conectada a la fuente de alimentación;  
 una conexión entre la fuente de alimentación y la red eléctrica;  
 un controlador para controlar la distribución de la potencia de la fuente de alimentación entre la batería y la red eléctrica, en donde el controlador se adapta, en sucesivos intervalos de tiempo, a:

55 determinar una potencia de salida de la fuente de alimentación;  
 comparar la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima de la batería;  
 determinar una relación para distribuir la potencia a la batería o a la red eléctrica basada en la comparación; y  
 distribuir la potencia de la fuente de alimentación a la batería o a la red eléctrica en divisiones de tiempo de acuerdo con la relación determinada, en donde la potencia de salida excedente producida por la fuente de alimentación, por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía, se descarta cuando la potencia de salida se distribuye al dispositivo de almacenamiento de energía.

60 En algunos modos de realización, la fuente de alimentación puede comprender un sistema fotovoltaico, el sistema puede comprender además un sensor de luz.

65 En otros modos de realización, el controlador está adaptado para utilizar los niveles de insolación medidos por el sensor de luz para determinar la potencia de salida de la fuente de alimentación.

En este diseño, la fuente de alimentación del sistema es un sistema fotovoltaico, cuya potencia de salida puede determinarse midiendo los niveles de insolación con un detector de luz. A bajos niveles de insolación, la potencia de salida del sistema fotovoltaico será inferior a la potencia de entrada máxima de la batería, por lo que el controlador seleccionará la batería para recibir la potencia de carga. A altos niveles de insolación, la potencia de salida del sistema fotovoltaico será superior a la potencia de entrada máxima de la batería, lo que significa que el controlador dará preferencia a la alimentación de potencia a la red eléctrica.

Como la potencia de salida del sistema fotovoltaico depende de las condiciones meteorológicas, es posible que los niveles de potencia de salida cambien rápidamente. Por esta razón, es ventajoso que el sistema compruebe regularmente los niveles de insolación para determinar la potencia de salida del sistema fotovoltaico en un intervalo de tiempo determinado para optimizar el comportamiento de la distribución de potencia.

En algunas disposiciones, la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación es grande en comparación con la potencia de entrada máxima de la batería. Este es el diseño más efectivo que se puede utilizar junto con el sistema de control descrito anteriormente.

De acuerdo con los ejemplos de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un método para distribuir la potencia de una fuente de alimentación que tiene una potencia de salida variable en el tiempo entre un dispositivo de almacenamiento de energía y una red eléctrica, el método que comprende, para Cada uno de una pluralidad de intervalos de tiempo:

determinar una potencia de salida de la fuente de alimentación en el intervalo de tiempo correspondiente; comparar la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; determinar una relación para distribuir la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía o a la red eléctrica en el intervalo de tiempo respectivo basándose en la comparación; y distribuir la potencia de salida de la fuente de alimentación al cualquiera de, el dispositivo de almacenamiento de energía o a la red eléctrica en divisiones de tiempo en el intervalo de tiempo respectivo de acuerdo con la relación determinada, en donde la potencia de salida excedente producida por la fuente de alimentación, por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía, se descarta cuando la potencia de salida se distribuye al dispositivo de almacenamiento de energía.

La etapa de determinar una relación para la distribución de la potencia de salida puede comprender, además:

establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de alimentación y en cero para la red eléctrica, si la potencia de salida determinada está por debajo de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; aumentar la proporción de energía distribuida a la red y disminuir la proporción de energía distribuida al dispositivo de almacenamiento de energía a medida que la potencia de salida de la fuente de alimentación aumenta por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; y establecer la relación en uno para la red eléctrica y en cero para el dispositivo de almacenamiento de energía, ya que la potencia de salida de la fuente de alimentación alcanza la potencia de salida de pico de la fuente de alimentación.

En otro aspecto, los modos de realización de la invención proporcionan un medio legible por ordenador que almacena un programa informático, en donde dicho programa informático está adaptado para, cuándo es ejecutado en un ordenador, hacer que el ordenador lleve a cabo las etapas del método como se expuso anteriormente.

Estos y otros aspectos de la invención serán evidentes a partir de y se aclararán con referencia a lo(s) modo(s) de realización descrito(s) de aquí en adelante.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Los ejemplos de la invención se describirán ahora en detalle con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra un método para distribuir la potencia de una fuente de alimentación variable en el tiempo entre una batería y una red eléctrica implementada por un controlador de un sistema de control;

La figura 2 muestra un método para determinar la relación entre el tiempo dedicado a cargar la batería y el tiempo dedicado a alimentar la red eléctrica;

La figura 3 muestra un gráfico de la potencia de salida en función del tiempo con indicaciones de potencia que es enviada a la batería, a la red eléctrica o perdida;

La figura 4 muestra un sistema de control para implementar el método mostrado en la figura 1 en un sistema de alumbrado público con un generador de energía fotovoltaica integrado;

La figura 5 muestra un gráfico de la insolación en función del tiempo durante tres días separados con diferentes condiciones climáticas; y

Las figuras 6A a 6D muestran gráficos que ilustran la diferencia prevista en la distribución de potencia entre los sistemas de control conocidos y el sistema de control descrito en la figura 4, en base a los niveles de insolación mostrados en la figura 5.

5 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LOS MODOS DE REALIZACIÓN

La invención proporciona un controlador y un método para distribuir la potencia de una fuente de alimentación que tiene una potencia de salida variable en el tiempo entre una batería y una red eléctrica basada en la comparación de varios parámetros de la batería y la fuente de alimentación.

10 La figura 1 muestra un método 5 de la invención.

En la etapa 6, se determina la potencia de salida de la fuente de alimentación.

15 En la etapa 7, se compara la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima de la batería.

20 En la etapa 8, se determina una relación para la distribución de potencia a la batería o a la red eléctrica en base a la comparación realizada en la etapa 7.

En la etapa 9, se distribuye la potencia desde la fuente de alimentación a la batería o a la red eléctrica en divisiones de tiempo de acuerdo con la relación determinada en la etapa 8.

25 Cuando se está cargando una batería, ésta no puede aceptar más energía que su potencia de entrada máxima. La potencia de entrada máxima de una batería puede obtenerse mediante la siguiente fórmula:

$$P_{max\_bat} = \frac{V_{bat} \times I_{max\_bat}}{1000}$$

30 En donde  $P_{max\_bat}$  es la potencia de entrada máxima de la batería, medida en kW,  $V_{bat}$  es la tensión en el terminal de la batería, medida en V, e  $I_{max\_bat}$  es la corriente máxima de carga de la batería, medida en A.

35 Para un sistema con una fuente de alimentación variable en el tiempo, como un panel fotovoltaico, es posible que la potencia de salida de la fuente de alimentación sea mayor que la potencia de entrada máxima de la batería. En este caso, la potencia potencial que la fuente de alimentación es capaz de generar por encima de la potencia de entrada máxima de la batería no se utiliza cuando se carga la batería. Sin embargo, la red eléctrica no tiene dicha limitación y puede utilizar todo el rango completo de la fuente de alimentación. Además, es importante asegurarse de que la batería reciba suficiente carga. Por tanto, se debe encontrar un equilibrio que beneficie a todo el sistema, incluida la batería y la red eléctrica.

40 Comparando la potencia de entrada máxima de la batería con la potencia de salida de la fuente de alimentación, es posible determinar una relación para distribuir la potencia entre la carga de la batería y la alimentación de la red eléctrica de manera óptima, para reducir la pérdida de potencia, alimentar la red para obtener un retorno de interés razonable y cargar la batería tanto como sea posible. Por ejemplo, si la potencia de salida es menor o igual que la potencia de entrada máxima de la batería, la potencia puede ser utilizada completamente por la batería para el almacenamiento de energía. Además, si la potencia de salida es mayor que la potencia de entrada máxima de la batería, la potencia puede ser utilizada al menos parcialmente por la red eléctrica, lo que significa que un sistema óptimo cambiaría la relación de distribución de potencia a favor de la alimentación a la red eléctrica para reducir la pérdida de potencia.

50 Como la potencia de salida de la fuente de alimentación varía con el tiempo, es necesario repetir este método a intervalos regulares, por ejemplo, a lo largo de un período de radiación solar, para asegurarse de que la potencia se distribuye de manera óptima para las condiciones actuales. Para lograr esto, un período de radiación solar puede ser dividido en intervalos de tiempo discretos como se muestra en la siguiente ecuación:

$$t = t_1 + t_2 + \dots + t_k + \dots + t_{n-1} + t_n = \sum_{k=1}^n t_k$$

55 En donde  $t$  es el período de tiempo total, por ejemplo, el período de radiación solar,  $t_k$  es un intervalo de tiempo discreto, por ejemplo, diez minutos, y  $n$  es el número total de intervalos de tiempo discreto en el período de tiempo total, por ejemplo ciento cuarenta y cuatro en este caso. Cada uno de los intervalos de tiempo discreto puede

dividirse a su vez en divisiones de tiempo de acuerdo con la relación determinada en la etapa 8. Las divisiones se realizan de manera que cumplan la siguiente fórmula:

$$t_{rk} = t_k - t_{bk}$$

5 En donde  $t_{rk}$  es la división de tiempo del intervalo de tiempo discreto,  $t_k$ , para distribuir potencia a la red eléctrica y  $t_{bk}$  es la división de tiempo de  $t_k$  para distribuir potencia a la batería para cargarla.

10 La etapa de determinación de una potencia de salida de la fuente de alimentación, la etapa 6, puede comprender determinar la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación durante el intervalo de tiempo correspondiente. La potencia de salida máxima puede determinarse utilizando la siguiente ecuación:

$$P_{\max\_PV}^k = \frac{V_{MPP}^k \times I_{MPP}^k}{1000}$$

15 En donde  $P_{\max\_PV}^k$  es la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación durante el intervalo de tiempo  $k$ , medida en kW,  $V_{MPP}^k$  es la tensión de la fuente de alimentación en su punto de máxima potencia en el intervalo de tiempo  $k$ , medida en V, e  $I_{MPP}^k$  es la corriente de la fuente de alimentación en su punto de máxima potencia en el intervalo de tiempo  $k$ , medida en A. La  $P$  está en la unidad de kilovatios, por tanto, el producto de  $V$  e  $I$  se divide por mil. Hay que tener en cuenta que existen diversas tecnologías para el seguimiento de la potencia máxima que se utiliza normalmente en los sistemas fotovoltaicos.

20 Al determinar la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación para un intervalo de tiempo, la relación para la distribución de potencia a la batería o a la red eléctrica puede calcularse con mayor precisión. Por ejemplo, en un intervalo de tiempo donde la potencia de salida de la fuente de alimentación es inferior a la potencia de entrada máxima de la batería, la relación puede distribuir preferentemente la potencia a la batería. En el caso de que la potencia de salida máxima para el intervalo de tiempo se haya determinado a partir de la fuente de alimentación, por ejemplo, midiendo los niveles de luz para un panel solar, la relación puede haber tenido en cuenta el aumento de la potencia de salida por encima de la potencia de entrada máxima de la batería y haber mostrado una distribución preferente de la potencia a la red eléctrica en la última división del intervalo de tiempo. La potencia potencial perdida se puede calcular de la siguiente manera:

$$P_{\text{perdida}}^k = P_{\max\_PV}^k - P_{\text{bat}}^k$$

35 En donde  $P_{\text{perdida}}^k$  es la potencia perdida durante el intervalo de tiempo  $k$ ,  $P_{\max\_PV}^k$  es la potencia máxima producida por la fuente de alimentación durante el intervalo de tiempo  $k$  y  $P_{\text{bat}}^k$  es la potencia suministrada a la batería durante el intervalo de tiempo  $k$ , todas ellas medidas en kW. El valor de  $P_{\text{bat}}^k$  puede ser calculado usando la siguiente ecuación:

$$P_{\text{bat}}^k = \frac{V_{\text{bat}}^k \times I_{\text{bat}}^k}{1000}$$

40 En donde  $V_{\text{bat}}^k$  es la tensión en el terminal de la batería al comienzo del intervalo de tiempo  $k$ , medida en V, e  $I_{\text{bat}}^k$  es la corriente de carga de la batería al comienzo del intervalo de tiempo  $k$ , medida en A.

45 El método también puede incluir una etapa para determinar el estado de carga de la batería. Esta etapa podría optimizar aún más el sistema para minimizar la pérdida de potencia. Por ejemplo, si la batería está completamente cargada, cualquier potencia distribuida a la batería se desperdiciaría. Sin embargo, si se sabe que la batería está completamente cargada, la relación de distribución de potencia puede reflejar esto y distribuir preferentemente la potencia a la red eléctrica para ese intervalo de tiempo. El estado de carga de la batería puede utilizarse para calcular la energía necesaria para cargarla completamente en la siguiente ecuación:

$$E_{\text{bat\_deficit}} = \frac{(1 - SOC_{ini}) \times V_{\text{bat}} \times B_{\text{cap}}}{1000}$$

50



En donde  $E_{bat\_deficit}$  es la energía necesaria para cargar una batería desde su estado inicial de carga hasta su capacidad máxima, medida en kWh,  $SOC_{ini}$  es el estado inicial de carga de la batería,  $V_{bat}$  es la tensión en el terminal de la batería, medida en V, y  $B_{cap}$  es la capacidad total de la batería, medida en Ah.

5 La figura 2 muestra un método 10 de ejemplo para determinar la relación en la etapa 8.

En la etapa 12, comienza el método.

10 En la etapa 14 se determina el estado de carga de la batería. Si la batería está completamente cargada, el método pasa a la etapa 15, que omite la carga de la batería y distribuye toda la potencia de salida a la red de alimentación; de lo contrario, el método pasa a la etapa 16.

15 En la etapa 16, se determina la insolación del panel PV y se compara con el valor mínimo de insolación. Si la insolación del panel PV es inferior al valor mínimo de insolación, lo que significa que la radiación solar es baja, el método pasa a la etapa 17, que omite la alimentación a la red y distribuye toda la potencia de salida a la carga de la batería; de lo contrario, el método pasa a la etapa 18.

20 En la etapa 18, se determina la relación para la distribución de potencia a la batería o a la red eléctrica. La relación se calcula en forma de divisiones de tiempo dentro de un intervalo de tiempo determinado,  $t_k$ , ya sea para cargar la batería,  $t_{bk}$ , o para alimentar la red eléctrica,  $t_{rk}$ , de modo que  $t_k = t_{rk} + t_{bk}$ . El valor de  $t_{rk}$  puede aumentar y el valor de  $t_{bk}$  puede disminuir a medida que la potencia de salida de la fuente de alimentación aumenta por encima de la potencia de entrada máxima de la batería. Esta etapa puede ser realizada por la siguiente ecuación:

$$t_{bk} = \begin{cases} t_k & , P_{max\_PV}^k \leq P_{max\_bat} \\ t_k \cdot \left( 1 - \frac{P_{max\_PV}^k - P_{max\_bat}}{P_{pico\_PV} - P_{max\_bat}} \right) & , P_{max\_PV}^k > P_{max\_bat} \end{cases}$$

25 En donde  $P_{pico\_PV}$  es la potencia de pico nominal de la fuente de alimentación, medida en kW, y los demás símbolos conservan sus significados anteriores. Esto significa que, si la potencia de salida máxima del panel PV en ese intervalo de tiempo es inferior o igual a la potencia de entrada máxima de la batería, se utiliza todo el intervalo de tiempo para cargar la batería, es decir,  $t_{bk} = t_k$ . De lo contrario, si la potencia de salida máxima del panel PV en ese intervalo es superior a la potencia de entrada máxima de la batería, el tiempo de carga de la batería es sólo una parte del intervalo de tiempo. El tamaño de la parte está en relación inversa con la potencia de salida máxima del panel PV. Como se expresa en la fórmula anterior, cuando la potencia de salida máxima del panel PV se aproxima a la potencia de salida de pico del panel PV, en base a datos históricos, el tiempo de carga de la batería se aproxima a cero.

35 Después de determinar la relación, en la etapa 20, se prueba la red para determinar si está disponible para la alimentación de potencia. Si la red no está disponible, el método pasa a la etapa 17; sin embargo, si la red está disponible, el método pasa a la etapa 22.

40 De vuelta a la etapa 15, se ha detectado que la batería está completamente cargada, lo que significa que la relación para enviar potencia a la batería se establece en cero de modo que  $t_{bk} = 0$ , y la relación para enviar potencia a la red eléctrica se establece en uno de modo que  $t_{rk} = t_k$ . A continuación, el método pasa a la etapa 20.

45 En la etapa 17, se ha determinado bien que la potencia de salida de la fuente de alimentación es menor o igual que la potencia de entrada máxima de la batería o bien que la red eléctrica no está disponible para la alimentación de potencia. En esta etapa, la relación de distribución de potencia a la batería para la carga se establece en uno para que  $t_{bk} = t_k$ , y la relación de distribución de potencia a la red eléctrica se establece en cero para que  $t_{rk} = 0$ . El método pasa entonces a la etapa 22.

50 En la etapa 22, la batería se carga para una división del intervalo de tiempo. La duración de esta división de tiempo se determina por la relación determinada en la etapa 18 o por las relaciones predeterminadas en las etapas 15 o 17 si se cumplen las condiciones requeridas.

55 En la etapa 24, la potencia es alimentada a la red eléctrica para una división del intervalo de tiempo. La duración de esta división de tiempo se determina restando el tiempo de carga de la batería del tiempo total de ese intervalo de tiempo. Al final del intervalo de tiempo, el método vuelve a la etapa 12 inicial y comienza el proceso de nuevo, repitiendo el método para cada intervalo de tiempo.

Como se expuso en el resumen de la invención, el método puede intercambiar las etapas 22 y 24, de modo que la potencia es alimentada primero a la red y luego se utiliza para cargar la batería en la segunda división temporal. Esto puede ser una disposición ventajosa en situaciones donde la potencia de salida es superior a la potencia de entrada máxima de la batería al principio de un intervalo de tiempo, pero está disminuyendo. En este caso, la pérdida de potencia puede minimizarse desviando la potencia a la red en la primera división de tiempo, ya que puede ser totalmente utilizada a una alta potencia de salida. A medida que la potencia de salida disminuye en el intervalo de tiempo, cuando la potencia es desviada a la batería, se desperdiciará menos potencia en comparación a cargar la batería primero y alimentar a la red después. Si la potencia de salida de la fuente de alimentación está disminuyendo o aumentando puede determinarse por los datos de potencia de salida calculados en intervalos de tiempo anteriores.

Más preferentemente, un cierto momento en un día también puede ser utilizada como condición suficiente para distribuir toda la potencia de salida del panel PV para cargar la batería si no está completamente cargada. Por ejemplo, si la hora llega a las 15:00 y la batería no está completamente cargada, el controlador puede distribuir toda la potencia de salida para cargar la batería, independientemente de la pérdida de potencia, para evitar un estado de carga baja de la batería por la noche. La batería se puede cargar en modo de corriente constante hasta que el estado de carga de la batería alcance el 85%, momento en el que la batería se carga en modo de tensión constante hasta que el estado de carga de la batería alcance el 100%. Cuando se carga una batería en modo de tensión constante, la batería requiere una cantidad decreciente de potencia para cargarse a medida que se acerca a un estado de carga del 100%. Este método se hace efectivo una vez que la batería ha alcanzado un estado de carga del 85%, bajo el cual es más eficiente cargar la batería en modo de corriente constante. Como el modo de tensión constante requiere un menor requerimiento de potencia para cargar la batería, también se puede utilizar cuando la potencia de salida de la fuente de alimentación está por debajo de la potencia de entrada máxima de la batería.

La capacidad de la batería al final del período de radiación solar puede determinarse utilizando la siguiente fórmula:

$$B_{total} (Ah) = SOC_{ini} \times B_{cap} + \sum_{k=1}^n I_{bk} \cdot t_{bk}$$

En donde  $B_{total}$  es la capacidad de la batería al final del día, medida en Ah,  $SOC_{ini}$  es el estado inicial de carga de la batería, medido como un porcentaje,  $B_{cap}$  es la capacidad total de la batería, medida en Ah,  $I_{bk}$  es la corriente de carga de la batería a lo largo del intervalo de tiempo k, medida en A, y  $t_{bk}$  es la división de tiempo del intervalo de tiempo k para cargar la batería. La suma representa la carga total alimentada a la batería durante el período de tiempo total, t.

La figura 3 muestra el gráfico 30 de la potencia 32 de salida en función del tiempo 34. La forma del gráfico se basa en la potencia de salida de un panel solar en un período de radiación solar. Al principio del período de radiación solar, el panel solar recibe muy poca insolación, por lo que los niveles de potencia de salida son bajos. A medida que el sol se eleva, también lo hacen los niveles de potencia de salida, alcanzando su punto máximo al mediodía y luego disminuyendo junto con la puesta del sol. El eje temporal del gráfico se ha dividido en intervalos 36 de tiempo regulares, durante los cuales pueden darse los métodos que se muestran en las figuras 1 y 2. Los intervalos de tiempo pueden dividirse a su vez en divisiones de tiempo para la distribución de energía a la batería 37 o a la red eléctrica 38. La duración de estas divisiones de tiempo se rige por la relación determinada en la etapa 8 de la figura 1 y más detallada en la figura 2.

Cuando la potencia de salida, mostrada a lo largo del eje 32, es menor o igual que la potencia de entrada máxima de la batería 39, la potencia se distribuye a la batería para su carga. La energía suministrada a la batería se muestra en el área 40 sombreada mediante cuadrículas.

Cuando la potencia de salida se eleva por encima del nivel máximo de potencia de entrada de la batería, la fuente de alimentación se limita a producir potencia a este nivel durante todo el tiempo que la potencia es distribuida a la batería para su carga. La energía que no se utiliza y se pierde a través de esta limitación se muestra en el área 41 sombreada mediante líneas. Para minimizar esta pérdida de energía, la relación de distribución de potencia a la red se incrementa para los intervalos de tiempo donde el nivel de potencia de salida está por encima a la potencia de entrada máxima de la batería. La energía suministrada a la red se muestra en el área 42 sombreada por puntos. Se puede apreciar que cuanto mayor es la potencia de salida del panel PV, más se usa un intervalo de tiempo para alimentar a la red y menos se usa para cargar la batería. En el intervalo de tiempo intermedio, todo el intervalo de tiempo se utiliza para alimentar a la red.

La figura 4 muestra un sistema 50 de control para implementar los métodos mostrados en las figuras 1 y 2 para un sistema de alumbrado público que comprende una batería 52 y una matriz 54 solar fotovoltaica con capacidad de alimentación a la red 56. La matriz fotovoltaica produce energía de CC que debe ser alimentada a través de un inversor de alimentación de red 57 para transformarla en energía de CA, apta para ser utilizada por la red eléctrica. La potencia producida por la matriz fotovoltaica puede no ser exactamente la misma que la potencia óptima para

cargar la batería, por lo que se pasa por un controlador de carga 58 de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), que es un convertidor de CC a CC que puede optimizar la correspondencia entre la potencia de salida y los requisitos de carga de la batería.

5 El sistema 50 es controlado por un controlador 59 que hace funcionar un conmutador 60 que puede distribuir la potencia producida por la matriz 54 fotovoltaica a la batería 52 o a la red 56. El controlador utiliza información como los valores nominales de corriente 62 y tensión 64 de la batería, así como los niveles 66 de insolación actuales. A partir de los valores nominales de la batería, se puede determinar la potencia de entrada máxima de la batería y compararla con la potencia de salida de la matriz fotovoltaica, que se puede predecir utilizando los niveles de  
10 insolación medidos. La potencia de salida máxima de la matriz fotovoltaica en el intervalo de tiempo k puede determinarse mediante la siguiente ecuación:

$$P_{\max\_PV}^k = \frac{Ins^k \times PV_{cap}}{1000}$$

15 En donde  $Ins^k$  es el nivel de insolación medido en el intervalo de tiempo k, medido en W/m, y  $PV_{cap}$  es la potencia de salida máxima de la matriz fotovoltaica bajo insolación completa, medida en kWp. La potencia total generada por la matriz fotovoltaica en un período de radiación solar puede calcularse utilizando la siguiente ecuación:

$$PVE = \frac{Ins \times PV_{cap} \times t}{1000}$$

20 En donde  $PVE$  es la energía total generada por la matriz fotovoltaica en el período de tiempo total, t, medida en kWh,  $Ins$  es el nivel medio de insolación diaria, medido en W/m, y  $PV_{cap}$  es como se definió anteriormente.

Si el controlador 59 determina que la potencia de salida de la matriz 54 fotovoltaica es menor o igual que la potencia de entrada máxima de la batería 52, y es probable que permanezca por debajo de este nivel durante el intervalo de tiempo en base a los niveles 66 de insolación actuales, el controlador utilizará el conmutador 60 para distribuir la potencia a la batería para cargarla. Existe un nivel de insolación que inducirá una potencia de salida de la matriz fotovoltaica exactamente igual a la potencia de entrada máxima de la batería. Esto puede determinarse utilizando la  
25 siguiente fórmula:

$$Ins_{hi\_bat} = \frac{V_{bat} \times I_{\max\_bat}}{PV_{cap}}$$

30 En donde  $Ins_{hi\_bat}$  es el nivel de insolación al que la potencia de salida de la matriz fotovoltaica es igual a la potencia de entrada máxima de la batería, medida en W/m y los demás términos son como se definieron anteriormente.

35 Si el controlador 59 determina que la potencia de salida de la matriz 54 fotovoltaica es mayor que la potencia de entrada máxima de la batería 52, o que es probable que supere este nivel en base a los niveles 66 de insolación actuales, el controlador determinará una relación para dividir el tiempo de un intervalo de tiempo en un período para distribuir la potencia para cargar la batería y un período para distribuir la potencia a la red eléctrica.

40 La potencia de la batería 52 puede entonces pasar a través de un regulador 68 de bus de CC y utilizarse para alimentar los sistemas 70 de LED que componen el alumbrado público.

45 Este sistema es más eficiente cuando la potencia de salida máxima de la fuente de alimentación es grande en comparación con la potencia de entrada máxima de la batería.

La figura 5 muestra un gráfico de la insolación, medida en W/m<sup>2</sup>, en función del tiempo, medido en horas, durante tres días separados. La línea 80 muestra los niveles de insolación para un día de pleno sol, la línea 81 muestra los niveles de insolación para un día de sol parcial y la línea 82 muestra los niveles de insolación para un día completamente nublado.  
50

Las figuras 6A a 6D muestran gráficos de energía, medida en kWh, frente a tiempo, medido en horas, comparando la distribución de energía entre un método de control conocido y el método propuesto descrito en las figuras 1 y 2. El método de control se emplea para el sistema de muestreo descrito en la figura 4, basado en los niveles de insolación 80 y 81, como se muestra en la figura 5. La profundidad de descarga de la batería se mantiene en el 70%, lo que significa que la batería mantiene una carga mínima del 30%, y la corriente de carga de la batería se establece correspondiendo a una tasa C de 0,12C. Para el método de control propuesto, el modo de corriente constante de  
55

carga de la batería se emplea hasta que el estado de carga de la batería alcanza el 85%, seguido por el modo de tensión constante hasta que el SOC de la batería alcanza el 100%. El modo de tensión constante se utiliza sólo cuando la potencia de salida de la matriz fotovoltaica es igual o inferior a la potencia de entrada máxima de la batería, o después de las 15:00, lo que ocurra primero. Esto se hace para asegurarse de que la batería esté completamente cargada al final del día. Se supone que todas las partes del sistema, como el controlador de carga de MPPT y el inversor de alimentación a la red, funcionan al 100% de su eficiencia.

Se supone que la batería tiene un SOC del 30% al comienzo del día y la duración de cada período de tiempo,  $t_k$ , es de 10 minutos o 1/6 horas.

Las figuras 6A y 6B muestran una comparación entre un método de control conocido y el método de control propuesto en un día con altos niveles de insolación, es decir, un día soleado, como se muestra en la línea 80 de la figura 5. La estrategia de control conocida que se muestra en la figura 6A da como resultado un alto nivel de pérdida de energía, de alrededor del 23,5%. Empleando la estrategia de control propuesta, mostrada en la figura 6B, la pérdida de energía puede reducirse a cerca del 8%, reduciendo la pérdida en casi un 66%.

Las figuras 6C y 6D muestran la distribución de energía en un día parcialmente soleado, como se muestra por la línea 81 de la figura 5, utilizando los métodos de control conocido y propuesto, respectivamente. La pérdida de energía es de aproximadamente el 11,6% utilizando el método de control conocido y el 6,3% utilizando el método propuesto.

A partir de las figuras 6A a 6D, se puede apreciar que el método de control propuesto proporciona reducciones significativas en la cantidad de energía perdida en días con altos niveles de insolación.

Cabe señalar que las figuras 6A a 6D muestran las proporciones de las distribuciones de energía en un momento determinado, en lugar de las divisiones de tiempo explícitas para un intervalo de tiempo determinado, como se muestra en la figura 3.

El método puede comprender la división del período de radiación solar en 10-200 intervalos de tiempo,  $t_k$ . Las duraciones de los intervalos de tiempo sucesivos pueden no ser las mismas y pueden depender del momento del día. Por ejemplo, un intervalo de tiempo al mediodía puede ser más corto que un intervalo de tiempo a las 8 de la mañana, ya que un cambio en las condiciones meteorológicas, como el aumento de la nubosidad, tendrá un efecto mayor en los niveles de insolación al mediodía, lo que significa que el sistema tendrá que responder rápidamente para mantener la eficiencia. La capacidad de generación de potencia de pico de la fuente puede estar entre 0,5 y 5kWp y la batería puede estar clasificada de 12 a 72V. La batería es, por ejemplo, una batería de plomo-ácido.

Se puede realizar un cálculo de ejemplo sobre datos reales. La siguiente tabla muestra datos de insolación por horas para la ciudad de Bangalore en tres días diferentes no consecutivos.

Tabla 1

Hora (HH:MM)	Insolación Global Horizontal (GHI) (W/m2)		
	22/08/2005	05/08/2005	16/08/2005
6:00	33	32	32
7:00	234	150	135
8:00	470	398	279
9:00	585	368	369
10:00	835	571	364
11:00	959	510	416
12:00	989	736	326
13:00	941	704	310
14:00	703	480	314

Los experimentos utilizan los dos días 05/08/2005 (Día 1) y 22/08/2005 (Día 2) con buena insolación solar para probar el cálculo del rendimiento de la solución propuesta. La siguiente tabla muestra el rendimiento calculado.

Tabla 2

Parámetro	Configuración experimental usando el Método de Control Conocido		Método de Control Propuesto	
	Día 1	Día 2	Día 1	Día 2
Energía Acumulada disponible en salida PV (kWh)	8,81	9,12	8,81	9,12
Energía Utilizada para carga de la batería (kWh)	4,04	3,99	3,79	4
Energía alimentada a la red (kWh)	2,46	2,49	3,91	3,93
Energía no utilizada (%)	26,2	28,94	12,5	13,16
SOC de la batería al final del día (%)	100	100	95	100
Factor de utilización de capacidad de PV (%)	18	18	21,4	22

5 La tabla anterior muestra que la energía no utilizada en la solución propuesta se reduce en más de un 10% en comparación con un método de control conocido. La energía almacenada en la batería para la solución propuesta es casi la misma que la del método conocido, mientras que la energía para alimentar a la red se incrementa en más de un 50% en comparación con el método de control conocido.

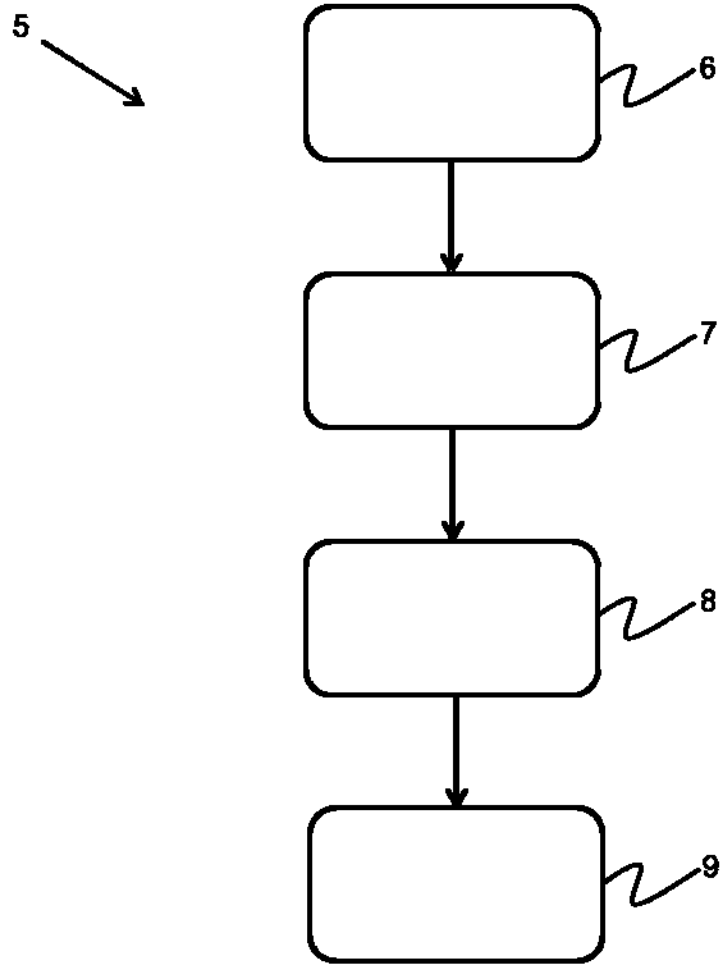
10 Los expertos en la técnica pueden comprender y realizar otras variaciones de los modos de realización divulgados al llevar a la práctica la invención reivindicada, a partir de un estudio de los dibujos, la divulgación y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la palabra "que comprende" no excluye otros elementos o etapas y el artículo indefinido "un/uno/una" no excluye una pluralidad. El solo hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes diferentes entre ellas no indica que no pueda aprovecharse una combinación de estas medidas. Cualquiera de los signos de referencia en las reivindicaciones no han de interpretarse como que limitan el ámbito de aplicación.

15

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para distribuir potencia desde una fuente (54) de alimentación renovable que tiene una potencia de salida variable a lo largo del tiempo entre un dispositivo (52) de almacenamiento de energía y una red (56) eléctrica, en donde el método está adaptado para, para cada uno de una pluralidad de intervalos de tiempo:
- (6) determinar una potencia de salida de la fuente de alimentación en el intervalo de tiempo respectivo;
- (7) comparar la potencia de salida de la fuente de alimentación con la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía;
- 10 (8) determinar una relación para distribuir la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía o la red eléctrica en el intervalo de tiempo respectivo en base a la comparación, en donde distribuir la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía como una prioridad cuando la potencia de salida de la fuente de alimentación está por debajo de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; y caracterizado porque
- 15 aumentar la relación para la red y disminuir la relación para el dispositivo de almacenamiento de energía a medida que la potencia de salida de la fuente de alimentación aumenta por encima de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; y
- (9) distribuir la potencia de salida desde la fuente de alimentación bien al dispositivo de almacenamiento de energía o bien a la red eléctrica en divisiones de tiempo en el intervalo de tiempo respectivo de acuerdo con la relación
- 20 determinada, en donde la potencia de salida excedente producida por la fuente de alimentación, sobre la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía se descarta cuando la potencia de salida es distribuida al dispositivo de almacenamiento de energía.
- 25 2. Un método según la reivindicación 1, en donde el método está adaptado para, al determinar la potencia de salida de la fuente de alimentación, determinar la potencia de salida de la fuente de alimentación mediante el seguimiento de la potencia máxima durante el intervalo de tiempo en curso.
3. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador está adaptado para, al
- 30 determinar la relación para distribuir potencia, (17) establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía, y en cero para la red eléctrica, dando de este modo la prioridad al dispositivo de almacenamiento de energía, si la potencia de salida determinada está por debajo de la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía.
- 35 4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método está adaptado para, al determinar la relación para distribuir potencia, establecer la relación en uno para la red eléctrica y en cero para el dispositivo de almacenamiento de energía, dando de este modo la prioridad a la red eléctrica cuando la potencia de salida de la fuente de energía alcanza la potencia de salida de pico de la fuente de alimentación.
- 40 5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método está adaptado para, al determinar la relación para distribuir potencia, (20) establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y en cero para la red eléctrica, si la red eléctrica no está disponible.
- 45 6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método está adaptado para, al determinar la relación para distribuir potencia, (15) establecer la relación en cero para el dispositivo de almacenamiento de energía y en uno para la red eléctrica, si el dispositivo de almacenamiento de energía está completamente cargado.
- 50 7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la fuente de energía comprende un panel fotovoltaico, y el método está adaptado para, al determinar la relación para distribuir potencia:
- (16) determinar una insolación del panel fotovoltaico; y
- (17) establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y en cero para la red eléctrica, si la insolación del panel fotovoltaico es menor que un valor mínimo predeterminado de insolación.
- 55 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método está adaptado para, al determinar la relación para distribuir potencia, establecer la relación en uno para el dispositivo de almacenamiento de energía y en cero para la red eléctrica cuando se cumple cualquiera de las siguientes condiciones:
- 60 la potencia de salida de la fuente de alimentación es igual o menor que la potencia de entrada máxima del dispositivo de almacenamiento de energía; y se alcanza un cierto momento del día, en donde el método está adaptado para, al distribuir la energía, cargar el dispositivo de almacenamiento de energía en modo de tensión constante.

9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de almacenamiento de energía comprende al menos una batería, y el método está adaptado para, al distribuir la potencia de salida al dispositivo de almacenamiento de energía:  
5 cargar la batería en modo de corriente constante hasta que el estado de carga de la batería alcance el 85%, después de lo cual cargar la batería en modo de tensión constante hasta que el estado de carga de la batería alcance el 100%.
10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los intervalos (36) de tiempo comprenden intervalos regulares a lo largo de un período de radiación solar.
11. Un sistema (50) para distribuir potencia desde una fuente de alimentación que tiene una potencia de salida variable a lo largo del tiempo entre una batería y una red eléctrica, que comprende:  
15 una fuente (54) de alimentación;  
una batería (52) conectada a la fuente de alimentación;  
una conexión (56) entre la fuente de alimentación y la red eléctrica;  
un controlador (59) para controlar la distribución de la potencia de salida desde la fuente de alimentación entre la batería y la red eléctrica, en donde dicho controlador (59) está adaptado para ejecutar el método como se reivindica en cualquier reivindicación anterior.
- 20 12. Un sistema según la reivindicación 12, en donde la fuente de alimentación comprende un sistema fotovoltaico.
13. Un medio legible por ordenador que almacena un programa informático, en donde dicho programa informático está adaptado para, cuando es ejecutado en un ordenador, hacer que el ordenador lleve a cabo las etapas del  
25 método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12.



**FIG. 1**



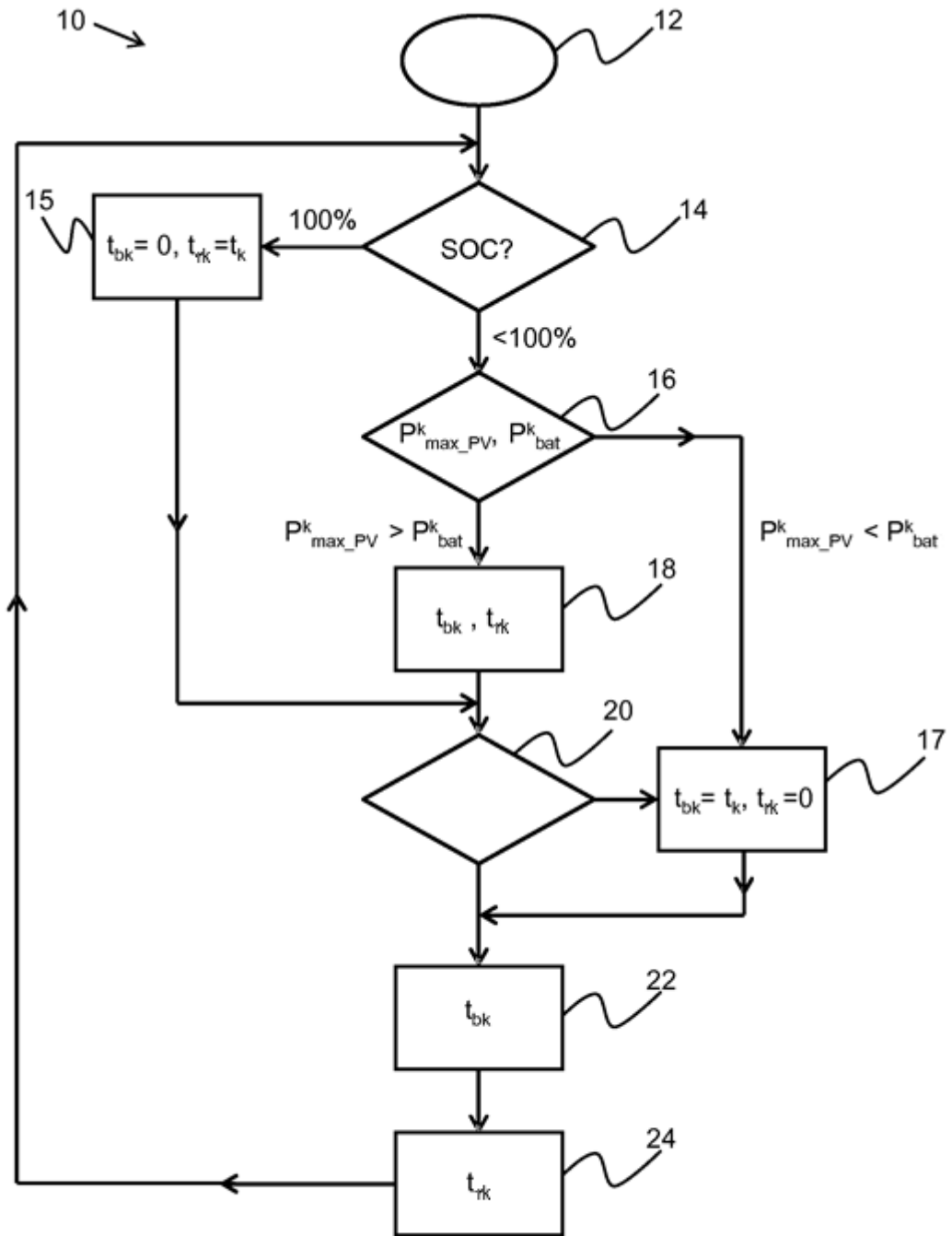
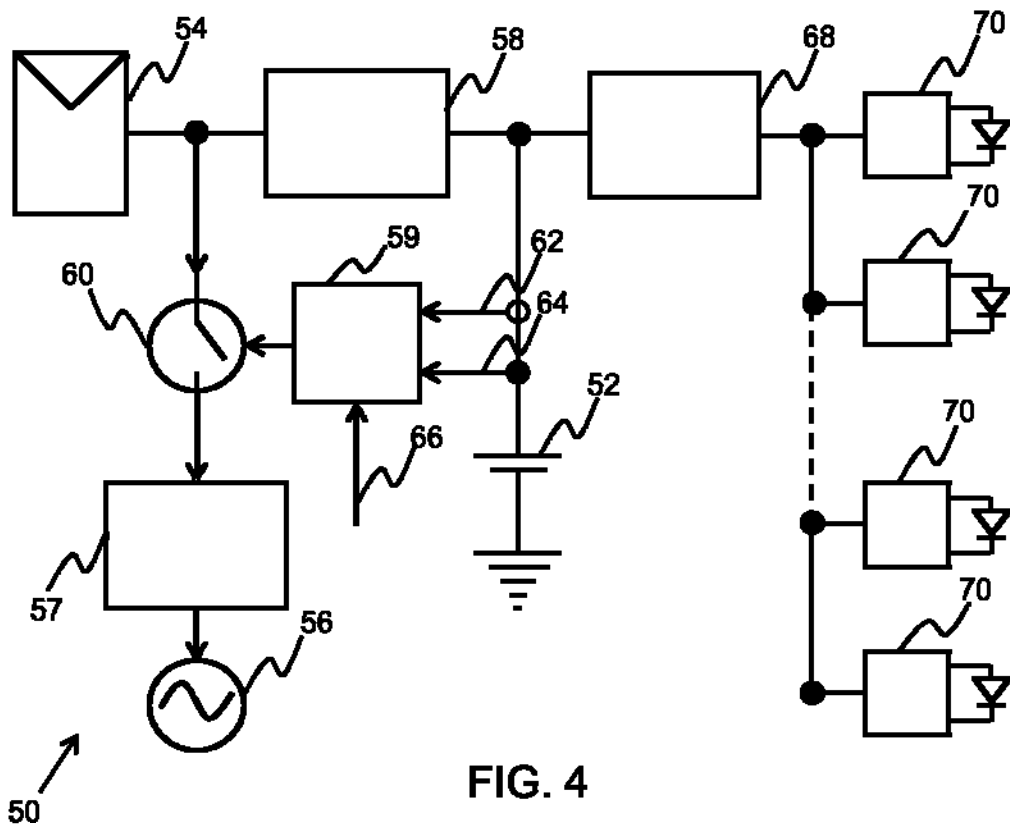
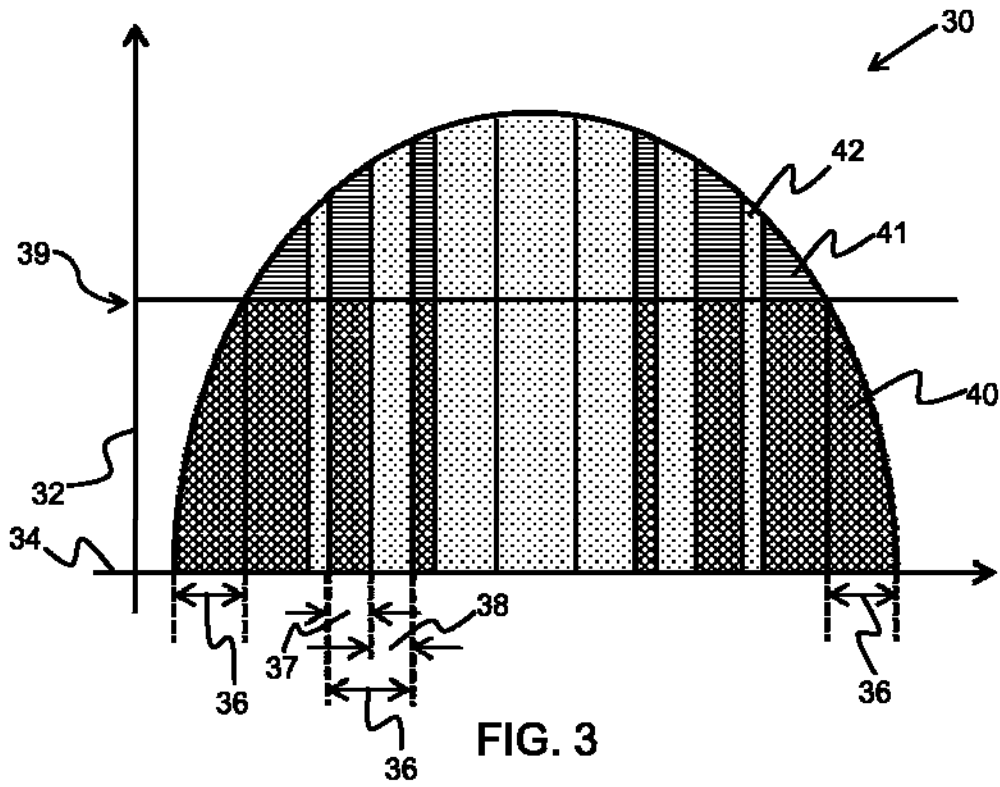


FIG. 2



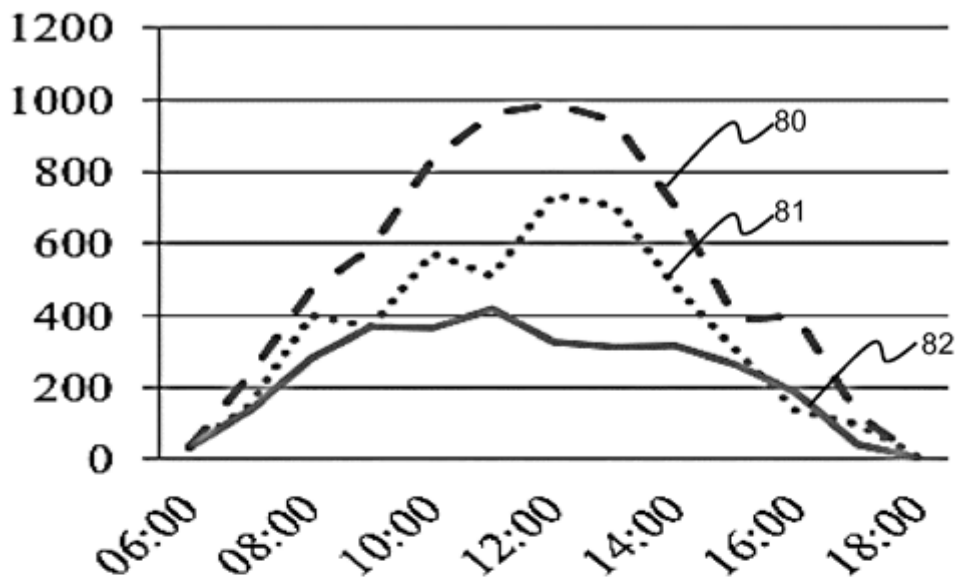


FIG. 5

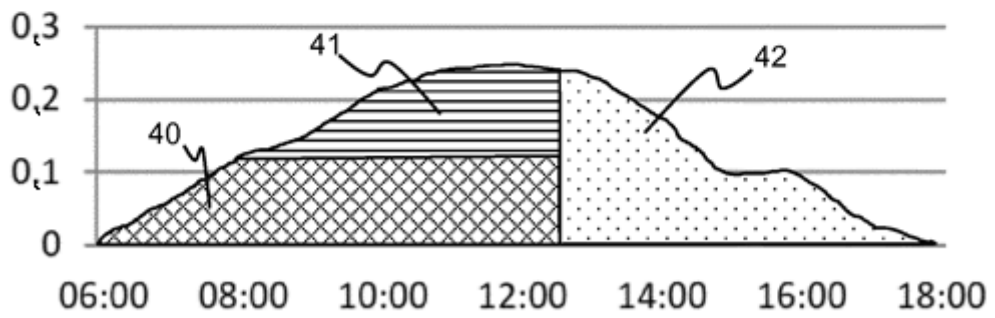


FIG. 6A

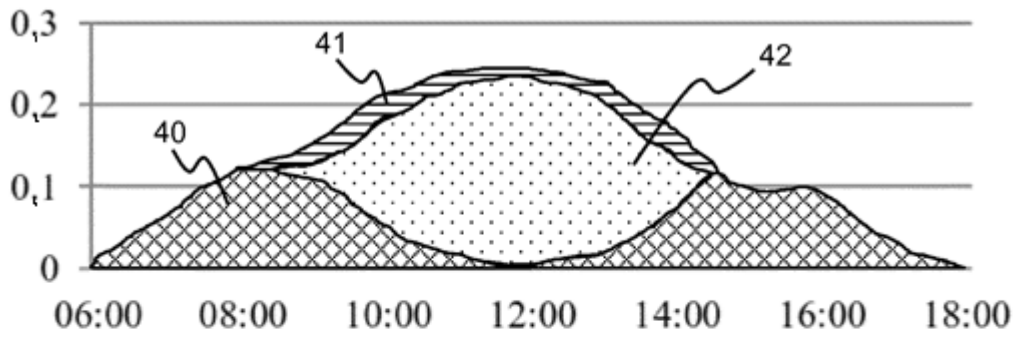


FIG. 6B

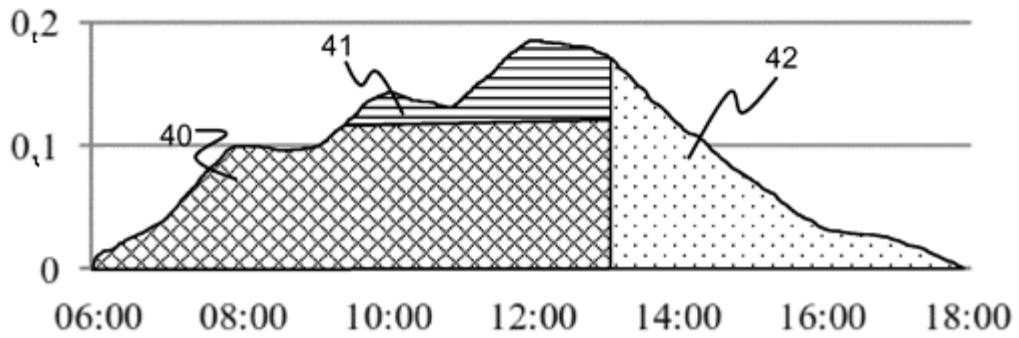


FIG. 6C

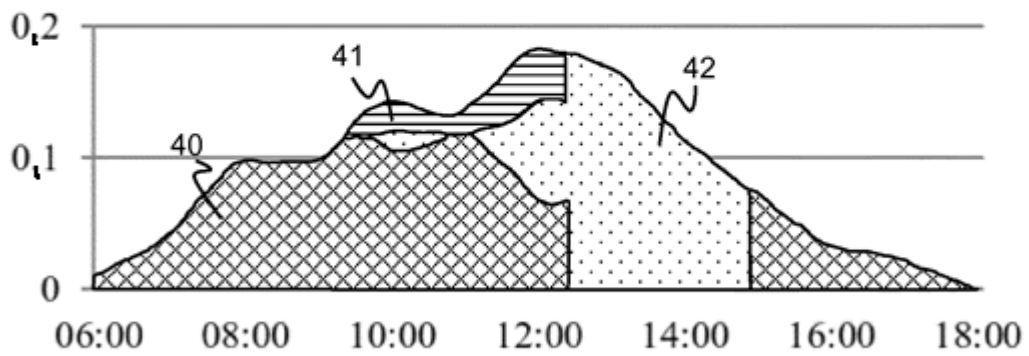


FIG. 6D