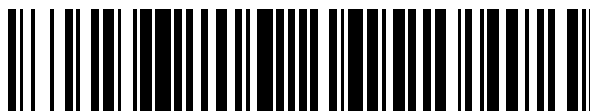


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 891 310**

51 Int. Cl.:

H02J 1/00	(2006.01)
G05F 1/67	(2006.01)
H02J 7/35	(2006.01)
H02J 3/38	(2006.01)
H02M 7/17	(2006.01)
H02M 1/00	(2006.01)
H02J 1/10	(2006.01)
H02M 3/158	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.05.2018 PCT/EP2018/061070**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **08.11.2018 WO18202641**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.05.2018 E 18719587 (0)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.07.2021 EP 3619783**

54 Título: **Sistema y método de conversión de potencia**

30 Prioridad:

05.05.2017 IN 201741015917
01.09.2017 EP 17188962

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.01.2022

73 Titular/es:

SIGNIFY HOLDING B.V. (100.0%)
High Tech Campus 48
5656 AE Eindhoven, NL

72 Inventor/es:

MAJI, GOUTAM y
MISHRA, PRIYA, RANJAN

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 891 310 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

Sistema y método de conversión de potencia

5 CAMPO DE LA INVENCION

Esta invención se refiere a sistemas y métodos de conversión de potencia y, en particular, a sistemas para convertir potencia a partir de una fuente de potencia variable.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Los sistemas de conversión de potencia se utilizan para recolectar energía de una fuente de potencia y suministrar la energía a una carga o sistema de almacenamiento de energía. Por ejemplo, se utilizan ampliamente para recolectar energía de fuentes de energía renovables.

15 Por ejemplo, la generación de energía solar que utiliza las áreas de las azoteas de los edificios se está volviendo cada vez más popular en todo el mundo. Para utilizar el área de la azotea para la generación de energía solar en edificios de gran altura, se necesita una gran distancia de cableado para llegar a la base del edificio. A fin de reducir la inversión de capital, los propietarios de plantas de energía solar ahora están cada vez más interesados en instalar la planta solar fotovoltaica (PV) en terrenos de bajo coste y usar cables de larga distancia para la distribución de potencia a la carga. La carga puede ser la red de distribución de energía eléctrica o pueden ser puntos de batería.

20 A medida que cambian los requisitos de carga, el sistema debe ampliarse, agregando más celdas PV solares y sus sistemas de conversión de potencia asociados, como el sistema de seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT), los controladores de carga y las baterías. Esto generalmente requiere un recableado del sistema.

25 El coste de recableado, en particular la necesidad de colocar nuevo cableado en un edificio de gran altura o en largas distancias hasta una granja PV solar, implica un gran gasto de material y de servicio. Por ejemplo, las personas pueden conectar nuevas celdas PV y un nuevo sistema de conversión, pero esta conexión tiene que volver a recorrer largas distancias. Cada vez que se amplía el sistema, se necesita una conexión nueva y prolongada. Incluso en el caso de una pequeña mejora de energía solar, como un sistema autónomo de alumbrado público solar que se va a actualizar con una mayor potencia luminosa o con más horas de luz, es necesario sustituir o añadir un panel solar, un regulador de carga MPPT diferente, posiblemente otra batería con mayor capacidad y un nuevo cableado.

30 Por lo tanto, se necesita una solución para reducir este coste de recableado al aumentar un sistema. Este aumento es necesario cuando hay requisitos de carga más altos.

40 El documento US20130088081A1 divulga un sistema de potencia de múltiples fuentes en donde cada fuente de potencia está conectada a un convertidor respectivo, y los convertidores están conectados en serie para facilitar la referencia a tierra.

SUMARIO DE LA INVENCION

45 La invención se define mediante las reivindicaciones.

50 Un concepto de la invención es simplificar las modernizaciones del sistema para los sistemas de conversión de potencia, por ejemplo, cuando cambia una potencia o un requisito de energía. Puede usarse un sistema modular que usa múltiples unidades de conversión, en donde las múltiples unidades de conversión están conectadas en serie y comparten el voltaje de entrada proporcionado al sistema, de manera tal que se pueden agregar unidades adicionales para responder a un voltaje de entrada aumentado. En una conexión en serie, la nueva unidad de conversión se agrega en el sitio del convertidor mediante un cableado corto a las unidades de conversión existentes, y el cableado largo existente entre el sitio de la celda solar y el sitio del convertidor no necesita ser modificado, lo que ahorra mucho de coste. El concepto de la invención también propone una solución para controlar las unidades de conversión conectadas en serie para alcanzar el punto de potencia máxima de forma sincronizada, de modo que las unidades de conversión conectadas en serie equilibren la salida de una fuente de energía, por ejemplo matriz de célula solar.

55 Según ejemplos de acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona un sistema de conversión de potencia para ser utilizado con una fuente de energía, que comprende:

60 una pluralidad de unidades de conversión, cada una de las cuales comprende un par de terminales de entrada y un par de terminales de salida, en donde los terminales de entrada están conectados en serie con la fuente de energía, en donde el terminal de entrada positivo de un primer convertidor y el terminal de entrada negativo de un último convertidor de la serie son para la conexión a una salida de la fuente de energía, y por cada dos convertidores

vecinos en esta serie una clavija del terminal de entrada negativo de un convertidor ascendente está conectada a un terminal de entrada positivo de un convertidor descendente cuyos ambos terminales de entrada están desacoplados de la fuente de energía, excepto por el terminal de entrada positivo del primer convertidor y el terminal de entrada negativo del último convertidor;

5 una unidad de monitoreo principal adaptada para monitorear la potencia de salida de la fuente de energía; y un controlador adaptado para controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiente de la potencia de salida monitoreada.

10 Este sistema proporciona múltiples unidades de conversión en serie a través de la entrada. Esto significa que comparten el voltaje de entrada, es decir, el voltaje de salida de la fuente de energía, pero la corriente de la fuente de energía que se entrega pasa a cada unidad de conversión. Las unidades de conversión se controlan para cambiar su relación de conversión de forma sincronizada, según una variación de la potencia de salida. Cada unidad de conversión, por ejemplo, funciona como un sistema de seguimiento del punto de máxima potencia, pero cada una solo recibe una fracción del voltaje de entrada. Por lo tanto, se controlan como un conjunto de unidades de conversión para que en combinación establezcan el voltaje de funcionamiento deseado para que la fuente de energía logre una transferencia de potencia máxima o casi máxima. Una ventaja particular de esta configuración es que se puede aumentar fácilmente, agregando unidades de conversión adicionales. Pueden agregarse, por ejemplo, junto con un cambio en la configuración de la fuente de energía. Por lo tanto, el sistema de conversión se puede aumentar fácilmente cuando se aumenta la fuente de energía.

20 Los terminales de salida se conectan preferiblemente en paralelo.

De esta forma, cada unidad de conversión tiene el mismo voltaje de salida. La relación de conversión de cada unidad de conversión establece así el voltaje de entrada, y estos voltajes de entrada en combinación establecen el voltaje de funcionamiento de la fuente de energía.

25 Además, dicho controlador está adaptado para: detectar un voltaje de salida total de la fuente de energía; y establecer un voltaje de referencia (V_r) para cada unidad de conversión (10); y cada unidad de conversión (10) está asociada con un circuito de accionamiento para generar y proporcionar a la unidad de conversión una salida basada en la diferencia entre el voltaje de referencia (V_r) establecido por el controlador (32) y una retroalimentación del voltaje diferencial individual de cada unidad de conversión.

30 Esto proporciona un bucle de control simple en donde solo se detecta un voltaje para controlar las múltiples unidades de conversión.

35 El controlador está adaptado, por ejemplo, a:

40 cambiar simultáneamente el voltaje de entrada de cada unidad de conversión en una primera dirección a partir de un valor de referencia; verificar si la potencia de salida aumenta o disminuye; y continuar con el cambio simultáneo del voltaje de entrada en la primera dirección si la potencia de salida está aumentando; de lo contrario, cambiar simultáneamente el voltaje de entrada en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

45 Eso proporciona un enfoque de seguimiento del punto de máxima potencia de perturbación y observación para hallar el punto de funcionamiento óptimo para la fuente de energía. Por supuesto, se pueden usar otros enfoques de seguimiento del punto de máxima potencia conocidos.

50 La pluralidad de unidades de conversión puede tener la misma potencia nominal, y el controlador está adaptado para establecer el mismo voltaje de entrada y el mismo paso de un cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión; o la pluralidad de unidades de conversión puede tener diferente potencia nominal, y el controlador está adaptado para establecer un voltaje de entrada y el paso de un cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión dependiendo de su potencia nominal diferente.

55 Si las unidades de conversión tienen la misma potencia nominal, pueden usarse para dividir el voltaje de la fuente de energía por igual (con cierta tolerancia) y, por lo tanto, pueden controlarse para que tengan el mismo voltaje de entrada, aunque localmente el voltaje de entrada puede adaptarse para tener en cuenta las diferencias locales, por ejemplo, diferentes impedancias de entrada. Esto proporciona un esquema de control simple.

60 En cambio, las unidades de conversión pueden tener una potencia nominal diferente. Esto significa que la tasa de transferencia de energía desde la fuente de energía puede ser ajustable. Por ejemplo, diferentes unidades de conversión tendrán diferentes tasas de transferencia de energía. El voltaje de funcionamiento general mantenido en la fuente de energía puede ser constante (en el punto de funcionamiento MPPT requerido), pero puede dividirse entre las diferentes unidades de conversión en diferentes proporciones, cambiando así la tasa de transferencia de potencia general, pero manteniendo el mismo punto de funcionamiento de la fuente de energía.

65

- 5 Por ejemplo, una fuente de energía instalada (por ejemplo, una matriz de celdas PV solares) puede tener una potencia de 1000 W, para ser procesada por cuatro unidades de conversión de 200 W y dos unidades de conversión de 100 W en serie. Las unidades de 200 W deben tener un voltaje compartido más alto que las unidades de 100 W. Se necesita un ajuste de potencia nominal para evitar que cualquiera de las unidades de 100 W falle al transferir el exceso de potencia y, por lo tanto, funcione a niveles sobredimensionados. Con un voltaje compartido adecuado, el sistema general puede funcionar a un punto de máxima potencia de pico deseado.
- 10 Esto es interesante para los sistemas heredados donde ya existen diferentes unidades de conversión de potencia en vatios y se debe agregar una nueva unidad de conversión con una clasificación de potencia nominal diferente. Para instalaciones nuevas, normalmente se preferirá tener las mismas unidades de conversión de potencia en serie para un control fácil.
- 15 Cuando la pluralidad de unidades de conversión tienen la potencia nominal diferente, el controlador se adapta, por ejemplo, para establecer un voltaje de entrada y el paso de cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión proporcional a su potencia nominal diferente. La ventaja de este enfoque es la facilidad de control, ya que la división de voltaje es una división lineal/proporcional.
- 20 Cada unidad de conversión puede comprender una fuente de potencia de modo conmutado con un conmutador de potencia principal, en donde un ciclo de trabajo de un voltaje de control aplicado al conmutador de potencia principal determina el voltaje de entrada, en donde el controlador está adaptado para controlar el ciclo de trabajo.
- 25 Esto proporciona una forma sencilla de controlar las unidades de conversión. Las unidades de conversión pueden luego funcionar simplemente como convertidores de CC-CC controlables con control de PWM (modulación de ancho de pulso). El valor e PWM controla la relación de conversión del convertidor de CC-CC.
- 30 Los terminales de salida de las unidades de conversión son, por ejemplo, para la conexión a un paquete de baterías. El sistema es entonces para el almacenamiento de energía derivada de la energía solar.
- 35 El sistema preferiblemente puede aumentarse añadiendo una unidad de conversión adicional conectando los terminales de entrada de la unidad de conversión adicional dentro de la conexión en serie de los terminales de entrada de la pluralidad de unidades de conversión.
- 40 El aumento es simple y de bajo coste. Cada unidad de conversión puede realizar una función de seguimiento del punto de máxima potencia, pero las unidades de conversión pueden implementarse como simples convertidores de CC-CC ya que parte de la funcionalidad de MPPT la implementa el controlador maestro, que se comparte entre todas las unidades de conversión.
- 45 La invención también proporciona un sistema de generación de energía solar que comprende:
un conjunto de paneles solares; y
un sistema de conversión de potencia como se define arriba, con los terminales de entrada del extremo conectados al conjunto de paneles solares.
- 50 Preferiblemente, los terminales de salida de los paneles solares también están conectados en serie. Eso proporciona una mayor facilidad para aumentar los paneles solares, en especial si los paneles solares tienen un voltaje de salida diferente. Si se va a agregar un nuevo panel solar, se puede agregar en serie con los paneles solares existentes mediante un cableado corto, y el cableado largo existente entre el sitio de la celda solar y el sitio del convertidor no necesita ser modificado, lo que significa un gran ahorro de costes.
- 55 Además, el terminal de salida positivo de un primer panel solar y el terminal de salida negativo de un último panel solar de la serie son para la conexión respectiva al terminal de entrada positivo del primer convertidor y al terminal de entrada negativo del último convertidor, y por cada dos paneles solares vecinos en esta serie una clavija del terminal de salida negativo de un panel solar está conectada a un terminal de salida positivo de un panel solar descendente cuyos ambos terminales de salida están desacoplados de los convertidores, excepto por el terminal de salida positivo del primer panel solar y el terminal de salida negativo del último panel solar. Esto proporciona una forma más sencilla de agregar paneles solares al sistema sin volver a cablear nuevos paneles solares a las unidades de conversión.
- 60 El sistema puede comprender además una disposición de batería conectada a los terminales de salida.
- 65 Los ejemplos según otro aspecto de la invención proporcionan un método de conversión de potencia, que comprende:
recibir energía desde una fuente de energía;

5 proporcionar una pluralidad de unidades de conversión, cada una de las cuales comprende un par de terminales de entrada y un par de terminales de salida, en donde los terminales de entrada están conectados en serie con la fuente de energía y el terminal de entrada positivo de un primer convertidor y el terminal de entrada negativo de un último convertidor de la serie están conectados a la fuente de energía, en donde por cada dos convertidores vecinos en esta serie una clavija del terminal de entrada negativo de un convertidor ascendente está conectada a un terminal de entrada positivo de un convertidor descendente cuyos ambos terminales de entrada están desacoplados de la fuente de energía, excepto por el terminal de entrada positivo del primer convertidor y el terminal de entrada negativo del último convertidor;

10 monitorear la potencia de salida de la fuente de energía; y
controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiente de la potencia de salida monitoreada.

15 Este método permite compartir la salida de voltaje de la fuente de energía entre múltiples unidades de conversión. El sistema general puede realizar un seguimiento del punto de máxima potencia.

El método puede comprender:

20 cambiar simultáneamente el voltaje de entrada de cada unidad de conversión en una primera dirección a partir de un valor de referencia;
verificar si la potencia de salida desde aumenta o disminuye; y
continuar con el cambio simultáneo del voltaje de entrada en la primera dirección si la potencia de salida está aumentando; de lo contrario, cambiar simultáneamente el voltaje de entrada en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

25 Si la pluralidad de unidades de conversión tiene la misma potencia nominal, el método puede comprender establecer el mismo voltaje de entrada y el mismo paso de cambio del voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión.

30 Si la pluralidad de unidades de conversión tiene diferente potencia nominal, el método puede comprender establecer un voltaje de entrada y el paso de cambio del voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión dependiendo de su potencia nominal diferente.

35 Cada unidad de conversión puede comprender una fuente de potencia de modo conmutado con un conmutador de potencia principal, y el método comprende establecer un voltaje de entrada controlando un ciclo de trabajo de un voltaje de control aplicado al conmutador de potencia principal.

40 Los ejemplos según otro aspecto de la invención proporcionan un método para ampliar un sistema de conversión de energía como se define anteriormente, en donde el método comprende: agregar una unidad de conversión adicional conectando los terminales de entrada de la unidad de conversión adicional dentro de la conexión en serie de los terminales de entrada de la pluralidad de unidades de conversión. Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes y se aclararán con referencia a la realización o las realizaciones descrita(s) a continuación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

45 A continuación se describirán en detalle ejemplos de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en donde:

50 la figura 1 muestra la arquitectura general de un sistema de conversión de energía;
la figura 2 muestra un sistema de conversión de energía con más detalle con los componentes de control;
la figura 3 muestra un método de conversión de energía; y
la figura 4 muestra gráficos de corriente frente a voltaje y potencia frente a voltaje a fin de explicar la función de seguimiento del punto de máxima potencia.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES

55 La invención proporciona un sistema de conversión de potencia para ser utilizado con una fuente de energía, donde se utiliza una pluralidad de unidades de conversión en serie a través de su entrada, con la salida de la fuente de energía. Una unidad de monitoreo principal está adaptada para monitorear la potencia de salida de la fuente de energía y para controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiente de la potencia de salida monitoreada. De esta manera, se configura un conjunto de unidades de conversión, las unidades de conversión comparten la salida de la fuente de energía. Eso proporciona un sistema aumentable.

60

65 La figura 1 muestra la configuración general del sistema. El sistema comprende un conjunto de unidades de conversión 10 (mostradas numeradas de 1 a n). Cada unidad de conversión realiza un seguimiento del punto de máxima potencia, aunque, como se explica a continuación, cada una puede tener una funcionalidad reducida en comparación con un sistema convencional de MPPT completo. El sistema está conectado a una fuente de energía

- 5 que se muestra un conjunto de paneles solares 12 (cada uno de los cuales comprende una matriz de celdas solares de una o más celdas solares) que forman un sistema solar. Cada unidad de conversión 10 comprende un par de terminales de entrada y un par de terminales de salida. Los terminales de entrada están conectados en serie entre una entrada global positiva 14 y una entrada global negativa 16. Las matrices de celdas solares también se muestran conectadas en serie de modo que tienen un solo par de salidas que forman las entradas globales 14,16. El sistema puede conectarse a cualquier suministro de energía, que entrega energía variable. Cuando el suministro de energía comprende múltiples unidades, como los múltiples paneles solares de la figura 1, pueden estar conectados en serie como se muestra, pero también pueden estar en paralelo.
- 10 En este ejemplo, las salidas de las unidades de conversión están conectadas en paralelo a una disposición de batería 20 que comprende un conjunto de celdas de batería en paralelo. La disposición de batería puede tener cualquier otra configuración, como una conexión en serie. El sistema también se puede utilizar para acoplar energía a la red, en lugar de o además de permitir el almacenamiento de energía en la disposición de batería.
- 15 Este sistema proporciona múltiples unidades de conversión en serie a través de la entrada. Esto significa que comparten el voltaje de entrada, es decir, el voltaje de salida desde la fuente de energía en las entradas globales 14, 16. La corriente de la fuente de energía que se entrega pasa a cada unidad de conversión.
- 20 Las unidades de conversión comprenden, por ejemplo, convertidores de CC-CC de modo conmutado, que tienen una relación de conversión CC-CC. La relación de conversión puede establecerse mediante una entrada de control en forma de señal de referencia. Esta señal de referencia controla el ciclo de trabajo de un conmutador de potencia principal del convertidor de CC-CC.
- 25 Las unidades de conversión se controlan para cambiar su relación de conversión de forma sincronizada, según una variación de la potencia de salida del sistema solar. Las unidades de conversión se controlan de forma sincronizada para alcanzar la potencia de salida óptima, es decir, máxima salida del sistema solar. En combinación, las unidades de conversión establecen el voltaje de funcionamiento deseado para que la fuente de energía logre una transferencia de potencia máxima o casi máxima. La disposición es aumentable agregando unidades de conversión adicionales 10.
- 30 De este modo, el sistema opera unidades de conversión conectadas en serie que pueden estar en forma de convertidores de MPPT modificados o, de hecho, convertidores de CC-CC simples en su punto de máxima potencia. Cada unidad de conversión individual controla su propio voltaje de entrada.
- 35 En un primer ejemplo, todas las unidades de conversión poseen la misma potencia nominal. A modo de ejemplo, se pueden conectar tres paneles solares en serie como se muestra en la figura 1. El primer panel solar y el segundo panel solar pueden ser parte de un sistema existente y el tercero es un panel recién agregado que se incorporará al sistema. Las unidades de conversión 10 tienen una potencia nominal adecuada y están en forma de controladores de carga de MPPT desacoplados de entrada-salida. Cuando todas las unidades de conversión tienen la misma potencia nominal y cargan un banco de batería conectado en paralelo o una sola batería de alta potencia, las unidades de conversión intentarán extraer la máxima potencia del panel solar para cargar la batería común de manera individual. En tal configuración, todas las unidades de conversión experimentarán la misma corriente y un voltaje en cada unidad de conversión que depende de la relación de conversión. La ecuación para la operación de seguimiento del punto de máxima potencia del sistema completo es:
- 45

$$P_{total_serie} = I_{sol} * (V_1 + V_2 + \dots + V_n)$$

50 Donde I_{sol} es la corriente total extraída de la fuente de energía (es decir, el sistema solar), V_k es el voltaje en la k-ésima unidad de conversión y P_{total_serie} es la potencia total extraída del sistema solar.

Si el sistema funciona en modo autónomo con el primer panel solar que tiene una primera unidad de conversión independiente para cargar la batería y el segundo panel solar con una segunda unidad de conversión independiente, etc., la operación de seguimiento del punto de máxima potencia del sistema solar individual es de la siguiente manera.

$$P_1 = I_1 * V_1$$

$$P_2 = I_2 * V_2,$$

55 $P_n = I_n * V_n.$

Por lo tanto, la ecuación de potencia total es: $P_{total_individual} = P_1 + P_2 + \dots + P_n$; donde P_k es la máxima potencia que puede entregar el k-ésimo panel solar, V_k es el voltaje a través de la k-ésima unidad de conversión, I_k es la corriente extraída por la k-ésima unidad de conversión y P_{total_serie} es la potencia total extraída del sistema solar.

5 Para lograr el mismo rendimiento de seguimiento del punto de potencia con el sistema de panel conectado en serie que para el caso de rendimiento individual, P_{total_serie} debe ser igual a $P_{total_individual}$.

10 En el escenario ideal, V_1 y V_2 y V_n serán iguales e iguales a V_{sol}/n (donde V_{sol} es el voltaje de salida del sistema solar) para compartir la energía por igual y operar todo el sistema en el punto de máxima potencia para cargar la batería.

15 Sin embargo, las pequeñas diferencias de impedancia de entrada entre las unidades de conversión pueden causar un voltaje compartido desigual, de modo que V_1 , V_2 y V_n no serán iguales en un escenario práctico. Aunque V_1 , V_2 y V_n no son iguales, de modo que las unidades de conversión funcionan a diferentes niveles de potencia, aún se puede lograr el seguimiento del punto de máxima potencia en el nivel del sistema.

20 Por lo tanto, aunque todas las unidades de conversión tengan la misma potencia, si se permite que todas las unidades de conversión funcionen de forma independiente, algunas pueden funcionar a mayor potencia en comparación con otras.

En lugar de permitir que cada unidad de conversión funcione de forma independiente, se proporciona un control general del sistema. Los componentes adicionales necesarios para el control general del sistema se muestran en la figura 2.

25 El sistema incluye una unidad de monitoreo principal 30a, 30b adaptada para monitorear la potencia de salida de la fuente de energía (es decir, la disposición de la celda solar) y un controlador 32 adaptado para controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiendo de la potencia de salida monitoreada. La unidad de monitoreo principal comprende un circuito de detección de voltaje 30a para detectar el voltaje entre los terminales de entrada global 14, 16 y un circuito de detección de corriente 30b (tal como una resistencia de detección de corriente y un circuito de medición de voltaje) para monitorear la corriente total que fluye desde (y

30 vuelve a) la disposición de la celda solar

El controlador 32 asegura una distribución de voltaje casi igual entre todas las unidades de conversión y logra una mejor estabilidad del sistema, además de asegurar una utilización equitativa de los recursos. El controlador 32 funciona como principal para controlar todas las unidades de conversión. De esta manera, las unidades de conversión no necesitan ser sistemas de MPPT completos, ya que parte de la funcionalidad de detección de la proporcionan el monitoreo y el controlador principales. Las unidades de conversión pueden considerarse convertidores de MPPT modificados y pueden implementarse como convertidores de CC-CC simples con control de modulación de ancho de pulso únicamente.

40 El controlador 32 monitorea el voltaje y la corriente del sistema solar continuamente y también monitorea el voltaje de la batería V_{bat} y la corriente de la batería I_{bat} y proporciona una referencia de voltaje adecuada a todas las unidades de conversión en base a un algoritmo de MPPT convencional. Por lo tanto, el funcionamiento general de MPPT se implementa en el controlador 32, mientras que cada unidad de conversión individual funciona como un convertidor de CC-CC simple. El algoritmo de MPPT general puede comprender, por ejemplo, un algoritmo de perturbación y observación o cualquier otro algoritmo.

50 La figura 2 muestra las referencias de voltaje V_{r1} , V_{r2} y V_{rn} para las unidades de conversión 10. Esos voltajes de referencia se proporcionan a los circuitos de accionamiento 34, uno de los cuales se muestra con mayor detalle en la figura 2. El circuito de accionamiento comprende un amplificador de error 36 que genera una salida basada en la diferencia entre el voltaje de referencia V_r establecido por el controlador 32 y la retroalimentación del voltaje diferencial individual de cada unidad de conversión. La figura 2 muestra una unidad de sustracción 38 que recibe los voltajes de entrada locales positivos y negativos para esa unidad de conversión particular, y eso significa que se tiene en cuenta la forma en que se divide el voltaje total entre las unidades de conversión.

55 Este enfoque significa que incluso si se proporciona la misma referencia a cada unidad de conversión, si esas unidades de conversión tienen una impedancia de entrada diferente y, por lo tanto, reciben una proporción diferente del voltaje de entrada, la relación de conversión se ajusta en consecuencia. Si una unidad de conversión tiene una impedancia alta y, por lo tanto, una proporción mayor del voltaje de entrada se encuentra en sus terminales de entrada, se generará un valor de señal de PWM más bajo y una relación de conversión más baja. Esto proporciona la autorregulación de la distribución de energía entre las diferentes unidades de conversión. De esta manera, se aborda el problema de las diferentes unidades de conversión que funcionan en diferentes potencias y, por lo tanto, posiblemente funcionan fuera de su potencia nominal.

60

- 5 El controlador 32 genera un voltaje de referencia para todas las unidades de conversión conectadas en serie en base al voltaje de la batería, la corriente de la batería, el voltaje de la fuente de energía y la corriente de la fuente de energía. Las unidades de conversión individuales generan luego una señal de PWM para su propio funcionamiento en base al voltaje de referencia recibido desde el controlador 32 y su propio voltaje de entrada diferencial. Por lo tanto, incluso si todos los voltajes de referencia son los mismos, puede resultar una señal de PWM diferente debido a las diferentes impedancias de entrada de las unidades de conversión. Por lo tanto, cada unidad de conversión controla y mantiene su propio voltaje diferencial dentro de un límite de control.
- 10 La figura 3 muestra el método de conversión.
- En el paso 40 se recibe energía desde la fuente de energía.
- 15 En el paso 42 se monitorea la potencia de salida (P_{salida}) de la fuente de energía. Esto implica medir el voltaje y la corriente de la fuente de energía. Si el voltaje de la fuente de energía está presente y por encima de un límite de umbral, se asigna un voltaje de referencia predeterminado a todas las unidades de conversión individuales en el paso 44 para generar un voltaje de salida mínimo para la carga de la batería.
- 20 Un procedimiento de puesta en marcha para las unidades de conversión ocurrirá simultáneamente, es decir, todas las unidades de conversión alcanzarán un rango de salida nominal al mismo tiempo o casi al mismo tiempo.
- 25 En el paso 46, se lee el voltaje de la batería y, basándose en el estado de carga de la batería, se puede establecer un límite de corriente de carga de la batería. Por ejemplo, un voltaje bajo en la batería indica que es posible la carga en modo propulsión. Por lo tanto, este paso puede proporcionar carga en modo propulsión al paquete de baterías o baterías conectadas en paralelo.
- 30 En el paso 48, el controlador 32 aumenta el voltaje de referencia de todas las unidades de conversión mediante un paso de referencia ΔV_{ref} . Luego, en el paso 50 se leen el voltaje y la corriente del sistema solar.
- Si la potencia de salida del sistema solar aumenta (como se determina en el paso 50), por ejemplo midiendo y multiplicando la corriente de salida y el voltaje de salida del sistema solar, el proceso continúa con el signo del cambio de voltaje de referencia mantenido igual en el paso 51. De lo contrario, el proceso se invierte para que el cambio de voltaje de referencia de todas las unidades de conversión se cambie de signo (para que la próxima vez se reduzcan mediante ΔV_{ref}) en el paso 52.
- 35 De esta manera, el voltaje de entrada de cada unidad de conversión se cambia en una primera dirección (en aumento) a partir de un valor de referencia. Luego, se comprueba si la potencia de salida de la fuente de energía aumenta o disminuye. Si la potencia de salida aumenta, el voltaje de entrada cambia continuamente en la primera dirección (el paso 51 mantiene el mismo signo), de lo contrario, el voltaje de entrada cambia en una segunda dirección opuesta a la primera dirección (el paso 52 cambia el signo). Eso proporciona un enfoque de seguimiento del punto de máxima potencia de perturbación y observación para hallar el punto de funcionamiento óptimo para la fuente de energía.
- 40 La figura 4 muestra gráficos de corriente frente a voltaje y potencia frente a voltaje a fin de explicar la función de seguimiento del punto de máxima potencia.
- 45 V_{mp} e I_{mp} representan el voltaje del sistema solar y la corriente de la celda solar en el punto de máxima potencia P_{max} . V_{oc} es el voltaje de circuito abierto e I_{sc} es la corriente de cortocircuito. En el enfoque de perturbación y observación, el voltaje de cada unidad de conversión y el voltaje de salida del sistema solar aumentan, y así también aumenta la potencia de salida de la celda solar, hasta alcanzar el punto P_{max} . Una vez que el voltaje del sistema solar excede V_{mp} correspondiente a la potencia máxima P_{max} , el controlador detecta que la potencia de salida cae y el controlador indica a cada unidad de conversión que disminuya su voltaje. Finalmente, el sistema estará estable alrededor de V_{mp} y P_{max} .
- 50 A medida que la intensidad del incidente solar cambia con el tiempo a lo largo del día o debido a la nubosidad, el punto de máxima potencia P_{max} cambiará y el sistema se moverá dinámicamente al nuevo punto V_{mp} y P_{max} .
- 55 El sistema estará estable (en una pequeña oscilación) en el punto de máxima potencia de la celda solar.
- 60 Por supuesto, se pueden usar otros enfoques de seguimiento del punto de máxima potencia conocidos.
- El tamaño del paso ΔV_{ref} puede decidirse en base a los requisitos de tiempo de respuesta y eficiencia dinámica de MPPT requeridos.
- 65 Este proceso continuará hasta que la batería haya alcanzado su voltaje objetivo, como se detectó en el paso 54, o al final de la carga de propulsión o al final de la disponibilidad de energía solar.

- 5 El ejemplo anterior se basa en proporcionar el mismo voltaje de referencia V_{ref} a todas las unidades de conversión conectadas en serie. Esto se basa en el supuesto de que todas las unidades de conversión tienen la misma potencia nominal. Esto asegurará una distribución de voltaje casi igual entre las unidades de conversión. Sin embargo, pequeñas diferencias en la distribución de voltaje harán que la energía se distribuya entre ellos, lo cual no es una operación dañina si las unidades de conversión funcionan dentro de los límites de potencia nominal, voltaje y corriente. Como se explica más adelante, no es esencial que las unidades de conversión tengan la misma potencia nominal.
- 10 El método puede comprender además (no se muestra en la figura 3) monitorear la corriente solar y el voltaje de entrada de las unidades de conversión de manera tal que si la potencia de entrada es mayor que la potencia nominal, la unidad de conversión utilizará una operación en modo ráfaga durante un tiempo especificado, a fin de mantener vivo el funcionamiento de la unidad de conversión y reducir el riesgo de falla y volver al funcionamiento normal.
- 15 Al final de la carga de propulsión, la batería debe cargarse con un voltaje constante. Sin embargo, la batería puede requerir menos potencia que la energía solar disponible. En este caso, el controlador 32 puede mantener un acceso de voltaje constante a la batería y modificar el voltaje de referencia V_{ref} en consecuencia, de manera tal que se transfiera una cantidad adecuada de potencia desde la entrada a la salida. Eso se muestra como el paso 56. Aquí la celda solar no se convierte en su punto de máxima potencia, sino por debajo del punto de máxima potencia.
- 20 El ejemplo anterior se basa en proporcionar el mismo voltaje de referencia a las unidades de conversión. En otro ejemplo, la referencia generada por el controlador 32 puede ser diferente para diferentes unidades de conversión para permitir una transferencia de potencia diferente por cada unidad de conversión para cargar la disposición de la batería.
- 25 De esta manera, una o más de las unidades de conversión pueden funcionar a una potencia más alta en comparación con las otras unidades de conversión conectadas en serie. Las unidades de conversión de diferente potencia nominal también se pueden hacer funcionar a una potencia diferente proporcionando diferentes voltajes de referencia desde el controlador 32.
- 30 Los voltajes de referencia se pueden seleccionar dependiendo de las diferentes potencias nominales de las diferentes unidades de conversión. El tamaño del cambio de paso en el voltaje de referencia también se puede establecer en diferentes niveles para diferentes unidades de conversión, nuevamente por ejemplo, proporcional a su potencia nominal diferente.
- 35 La configuración de referencias diferentes se puede configurar desde un control remoto o aplicaciones de software, lo que permite que la estación de carga de la batería cargue a un cliente de manera diferente en base a la tasa de carga seleccionada.
- 40 Esto es interesante para los sistemas heredados donde ya existen diferentes unidades de conversión de potencia en vatios y se debe agregar una nueva unidad de conversión con una clasificación de potencia nominal diferente. Se necesita un ajuste de potencia nominal para evitar que cualquiera de las unidades de conversión de menor frecuencia falle al transferir el exceso de potencia y, por lo tanto, funcione a niveles sobredimensionados. Con un voltaje compartido adecuado, el sistema general puede funcionar a un punto de máxima potencia de pico deseado.
- 45 Para instalaciones nuevas, normalmente se preferirá tener las mismas unidades de conversión de potencia en serie para un fácil control con la misma referencia aplicada a cada una.
- 50 Anteriormente solo se ha descrito un ejemplo de enfoque de seguimiento del punto de máxima potencia, basado en un enfoque de perturbación y observación. Sin embargo, se pueden usar otros métodos para configurar el sistema general para que esté en el punto de máxima potencia.
- 55 El enfoque de perturbación y observación es el más común debido a su facilidad de implementación. Un primer enfoque alternativo es un método de conductancia incremental, mediante el cual se miden los cambios incrementales en la corriente y el voltaje a fin de predecir el efecto de un cambio de voltaje. Este método utiliza la conductancia incremental (dI/dV) del sistema solar para calcular el signo del cambio de potencia con respecto al voltaje. Un segundo enfoque alternativo es un método de barrido de corriente que utiliza una forma de onda de barrido para la corriente del sistema solar de modo que la característica I-V de la matriz PV se obtiene y actualiza en intervalos de tiempo fijos. Luego, se puede calcular el voltaje del punto de máxima potencia a partir de la curva característica. Un tercer enfoque alternativo es un enfoque de voltaje constante en el que el voltaje de salida se regula hasta un valor constante o una relación constante hasta un voltaje de circuito abierto medido.
- 60 Otras variaciones a las modalidades divulgadas pueden ser comprendidas y llevadas a cabo por los expertos en la técnica al poner en 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 pasos, y el artículo indefinido "un" o "una" no excluye una pluralidad. El mero hecho de que ciertas medidas se mencionan
- 65

en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda usarse como ventaja. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del alcance.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de conversión de potencia para ser utilizado con una fuente de energía, que comprende:
- 5 una pluralidad de unidades de conversión (10), cada una de las cuales comprende un par de terminales de entrada y un par de terminales de salida, en donde los terminales de entrada están conectados en serie con la fuente de energía, en donde el terminal de entrada positivo de una primera unidad de conversión y el terminal de entrada negativo de una última unidad de conversión de la serie son para la conexión a una salida (14, 16) de la fuente de energía, y por cada dos unidades de conversión vecinas en esta serie una clavija del terminal de entrada negativo de una unidad de conversión ascendente está conectada a un terminal de entrada positivo de una unidad de conversión descendente;
- 10 una unidad de monitoreo principal (30a, 30b) adaptada para monitorear la potencia de salida de la fuente de energía; y
- 15 un controlador (32) adaptado para controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiendo de la potencia de salida monitoreada, caracterizado porque ambos terminales de entrada de cada unidad de conversión están desacoplados de la fuente de energía excepto por el terminal de entrada positivo de la primera unidad de conversión y el terminal de entrada negativo de la última unidad de conversión.
2. Un sistema según la reivindicación 1, en donde los terminales de salida están conectados en paralelo y dicho controlador (32) está adaptado para:
- 20 - detectar un voltaje de salida total desde la fuente de energía; y
- 25 establecer un voltaje de referencia (V_r) para cada unidad de conversión (10); y cada unidad de conversión (10) está asociada con un circuito de accionamiento para generar y proporcionar a la unidad de conversión una salida basada en la diferencia entre el voltaje de referencia (V_r) establecido por el controlador (32) y una retroalimentación del voltaje diferencial individual de cada unidad de conversión.
3. Un sistema según la reivindicación 1 o 2, en donde el controlador está adaptado para:
- 30 cambiar simultáneamente el voltaje de entrada de cada unidad de conversión en una primera dirección a partir de un valor de referencia;
- 35 verificar si la potencia de salida aumenta o disminuye; y
- continuar con el cambio simultáneo del voltaje de entrada en la primera dirección si la potencia de salida está aumentando; de lo contrario, cambiar simultáneamente el voltaje de entrada en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.
4. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:
- 40 la pluralidad de unidades de conversión (10) tiene la misma potencia nominal, y el controlador está adaptado para establecer el mismo voltaje de entrada y el mismo paso de un cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión; o
- 45 la pluralidad de unidades de conversión (10) tiene diferente potencia nominal, y el controlador está adaptado para establecer un voltaje de entrada y el paso de un cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión dependiendo de su potencia nominal diferente.
5. Un sistema según la reivindicación 4, en donde la pluralidad de unidades de conversión (10) tiene la potencia nominal diferente, y el controlador está adaptado para establecer un voltaje de entrada y el paso del cambio en el voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión proporcional a su potencia nominal diferente.
- 50 6. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde cada unidad de conversión (10) comprende una fuente de potencia de modo conmutado con un conmutador de potencia principal, en donde un ciclo de trabajo de un voltaje de control aplicado al conmutador de potencia principal determina el voltaje de entrada, en donde el controlador está adaptado para controlar el ciclo de trabajo.
- 55 7. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los terminales de salida de las unidades de conversión están para la conexión a un paquete de baterías (20).
8. Un sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores que puede aumentarse añadiendo una unidad de conversión adicional (10) conectando los terminales de entrada de la unidad de conversión adicional dentro de la conexión en serie de los terminales de entrada de la pluralidad de unidades de conversión.
- 60 9. Un sistema de generación de energía solar que comprende:
- un conjunto de paneles solares (12); y

un sistema de conversión de potencia según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, con los terminales de entrada del extremo conectados al conjunto de celdas solares.

5 10. Un sistema según la reivindicación 9, que comprende además una disposición de batería (20) conectada a los terminales de salida.

10 11. Un sistema según la reivindicación 9, en donde los terminales de salida de los paneles solares (12) están conectados en serie y el conjunto de paneles solares puede aumentarse añadiendo un panel solar adicional conectando el panel solar adicional en serie con el conjunto de paneles solares, en donde el terminal de salida positivo de un primer panel solar y el terminal de salida negativo de un último panel solar de la serie son para la conexión respectiva al terminal de entrada positivo de la primera unidad de conversión y al terminal de entrada negativo de la última unidad de conversión, y por cada dos paneles solares vecinos en esta serie una clavija del terminal de salida negativo de un panel solar está conectada a un terminal de salida positivo de un panel solar descendente cuyos ambos terminales de salida están desacoplados de las unidades de conversión, excepto por el terminal de salida positivo del primer panel solar y el terminal de salida negativo del último panel solar.

15 12. Un método de conversión de potencia, que comprende:

20 (40) recibir energía desde una fuente de energía (12);
 proporcionar una pluralidad de unidades de conversión (10), cada una de las cuales comprende un par de terminales de entrada y un par de terminales de salida, en donde los terminales de entrada están conectados en serie con la fuente de energía y el terminal de entrada positivo de una primera unidad de conversión y el terminal de entrada negativo de una última unidad de conversión de la serie están conectados a la fuente de energía, en donde por cada dos unidades de conversión vecinas en esta serie una clavija del terminal de entrada negativo de una unidad de conversión ascendente está conectada a un terminal de entrada positivo de una unidad de conversión descendente;
 25 (42,50) monitorear la potencia de salida de la fuente de energía; y
 (51,52,48) controlar el voltaje de entrada de cada unidad de conversión de forma sincronizada dependiendo de la potencia de salida monitoreada, caracterizado por desacoplar ambos terminales de entrada de cada unidad de conversión de la fuente de energía, excepto el terminal de entrada positivo de la primera unidad de conversión y el terminal de entrada negativo de la última unidad de conversión.

30 13. Un método según la reivindicación 12, que comprende:

35 (48) cambiar simultáneamente el voltaje de entrada de cada unidad de conversión en una primera dirección a partir de un valor de referencia;
 (50) verificar si la potencia de salida desde aumenta o disminuye; y
 (51) continuar con el cambio simultáneo del voltaje de entrada en la primera dirección si la potencia de salida está aumentando; de lo contrario, (52) cambiar simultáneamente el voltaje de entrada en una segunda dirección opuesta a la primera dirección.

40 14. Un método según la reivindicación 12 o 13, en donde:

45 la pluralidad de unidades de conversión tiene la misma potencia nominal y el método comprende establecer el mismo voltaje de entrada y el mismo paso de cambio del voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión; o
 la pluralidad de unidades de conversión tiene diferente potencia nominal y el método comprende establecer un voltaje de entrada y el paso de cambio del voltaje de entrada para la pluralidad de unidades de conversión dependiendo de su potencia nominal diferente.

50 15. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en donde cada unidad de conversión comprende una fuente de potencia de modo conmutado con un conmutador de potencia principal, y el método comprende establecer un voltaje de entrada controlando un ciclo de trabajo de un voltaje de control aplicado al conmutador de potencia principal.

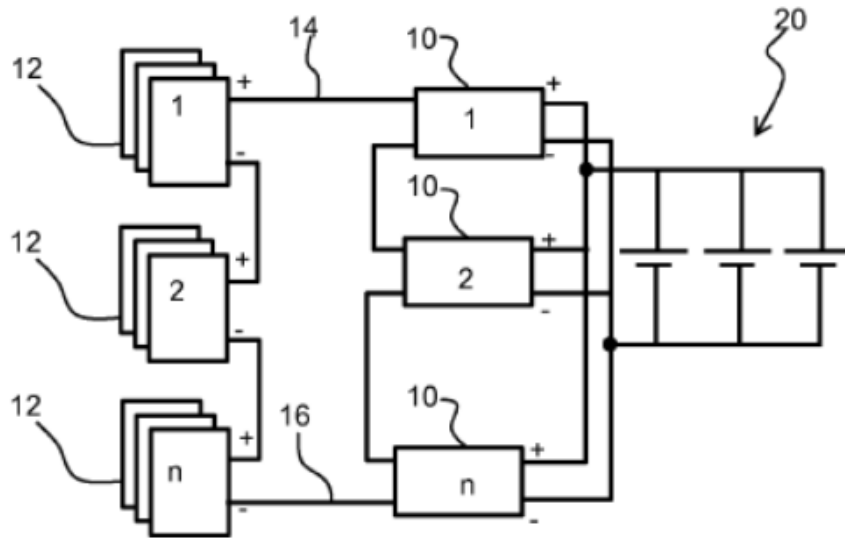


FIG. 1

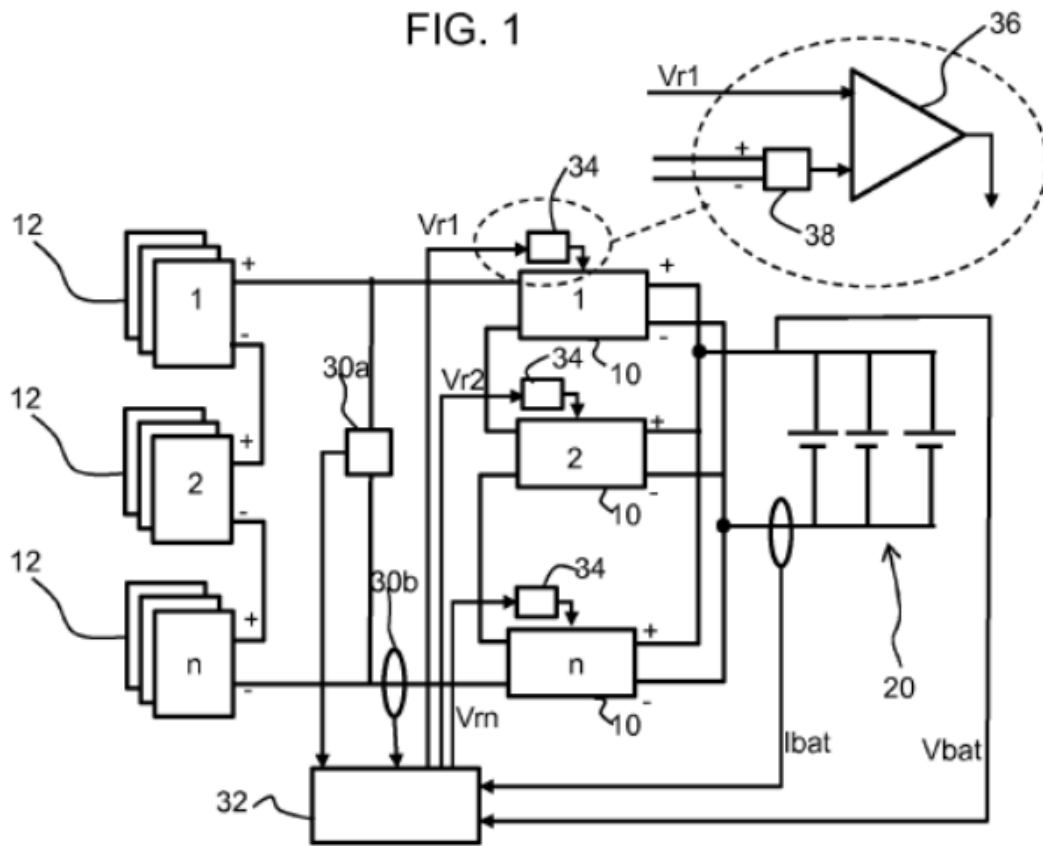


FIG. 2

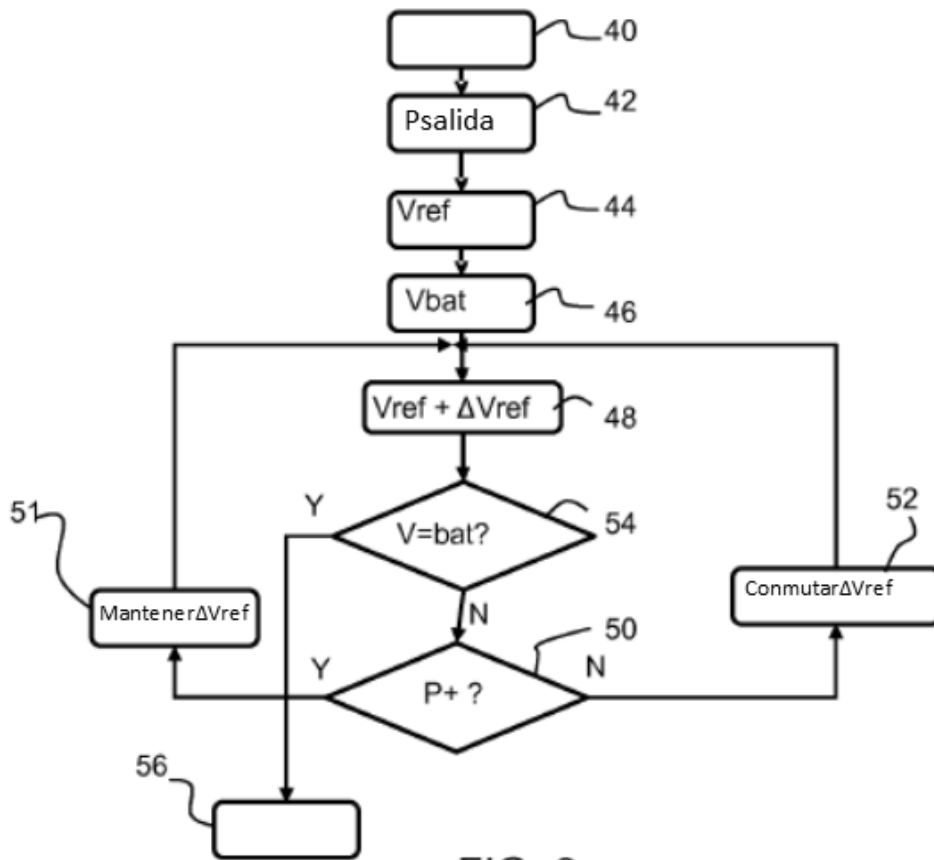


FIG. 3

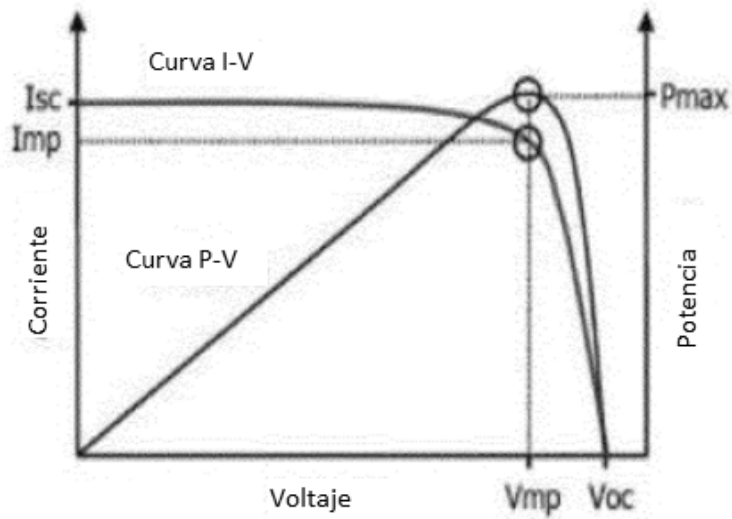


FIG. 4