

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 762 402**

51 Int. Cl.:

H02J 7/35 (2006.01)

H02J 3/24 (2006.01)

H02J 3/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.03.2011 PCT/US2011/000446**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2011 WO11112255**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.03.2011 E 11753720 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 2545632**

54 Título: **Regulación del aporte de fuentes de energía secundaria a la red eléctrica**

30 Prioridad:

11.03.2010 US 722271

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

25.05.2020

73 Titular/es:

**THE AES CORPORATION (100.0%)
4300 Wilson Boulevard
Arlington, Virginia 22203, US**

72 Inventor/es:

**GEINZER, JAY;
SHELTON, CHRISTOPHER, J. y
MEERSMAN, STEVEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 762 402 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

Regulación del aporte de fuentes de energía secundaria a la red eléctrica.

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente divulgación se refiere al uso de fuentes secundarias para aportar energía eléctrica a una red de distribución eléctrica, y más específicamente a la regulación de la potencia total suministrada a la red por dichas fuentes, así como el aumento o disminución instantánea de dicha potencia.

10

ANTECEDENTES

Típicamente, una empresa de servicios públicos obtiene energía eléctrica de una o más fuentes de generación de energía primarias, tales como centrales de gas, carbón, centrales nucleares y/o hidroeléctricas, para su entrega a los clientes a través de una red de distribución. La potencia suministrada por estas fuentes es relativamente constante, y puede regularse fácilmente para satisfacer las demandas de los clientes, al mismo tiempo que cumple con los estándares para dicha potencia, tal como los niveles de tensión y frecuencia nominales. Para complementar la potencia suministrada por estas fuentes primarias, es cada vez más común conectar fuentes secundarias de energía, tales como paneles solares y molinos de viento, a la red de distribución. Entre otras ventajas, estas formas secundarias de energía son renovables, en contraste con las fuentes de gas, carbón y nucleares, y también pueden ayudar a reducir la emisión de gases de efecto invernadero que afectan negativamente a las condiciones climáticas.

15

20

25

30

Cuando se conecta una fuente de energía secundaria a la red, el operador de la empresa de servicios públicos espera que su aporte esté dentro de ciertos niveles, de modo que pueda justificarse adecuadamente, y que la producción de las fuentes primarias se ajuste en consecuencia. Sin embargo, a diferencia de la producción estable de las fuentes primarias, la cantidad de energía producida por las fuentes secundarias puede variar en un amplio rango dentro de intervalos relativamente cortos, por ejemplo, medidos en segundos. Por ejemplo, la producción de un panel solar varía no solo según la hora del día, sino también como resultado de eventos meteorológicos tales como la aparición repentina y el paso de nubes que bloquean la luz solar directa. Asimismo, la producción de un parque eólico está sujeta a ráfagas y calmas instantáneas en la velocidad del viento.

35

40

Una caída repentina en la producción de una fuente secundaria se absorbe por la red, y necesita ser acomodada aumentando la producción de una o más de las fuentes primarias. Por el contrario, un pico ascendente repentino en la producción secundaria puede exceder las capacidades de transmisión del equipo en el sitio, lo que da como resultado una pérdida de potencia generada hasta que la fuente primaria se puede limitar. Estos cambios repentinos limitan la contribución eficaz de las fuentes de energía secundarias dentro de toda la flota de fuentes. Cuanto mayor sea el número de fuentes secundarias que se utilizan, mayor será la variación en la potencia suministrada, lo que da como resultado una fiabilidad reducida para dichas fuentes, y/o la necesidad de unidades generadoras primarias de respuesta rápida. Este último requisito induce costes adicionales en las centrales eléctricas primarias, tales como mayores requisitos de mantenimiento y costes adicionales de combustible asociados con el funcionamiento en un punto de ajuste no óptimo.

45

Grandes oscilaciones en la tensión también pueden exceder las capacidades de respuesta del sistema de distribución con respecto a un funcionamiento normal. Los equipos tradicionales de generación de potencia a menudo no pueden responder con la suficiente rapidez a los cambios repentinos, e incurrir en costes adicionales de combustible y mantenimiento al intentar hacerlo.

Las divulgaciones de los siguientes documentos forman parte del estado de la técnica:

50

El documento US 2010/057267 A1 divulga un sistema y un procedimiento para controlar una tasa de rampa de potencia de un sistema fotovoltaico; y el documento WO 2007/104167 A1 divulga un sistema de almacenamiento de energía de batería y un procedimiento para operar tal sistema.

55

Los documentos EP 2396513 A1 y EP 2489109 A2 son derechos anteriores en virtud del art. 54 (3) EPC. El documento EP 2396513 A1 divulga un procedimiento y un sistema dirigido a regular la potencia de salida de la energía fotovoltaica y una fuente de energía auxiliar. El documento EP 2489109 A2 divulga sistemas fotovoltaicos con producción gestionada y procedimientos para gestionar la variabilidad de producción de los sistemas fotovoltaicos.

60

RESUMEN

Según las realizaciones divulgadas de la presente invención, como se expone en las reivindicaciones adjuntas, estas preocupaciones se abordan controlando el comportamiento de carga y descarga de uno o más sistemas de almacenamiento de energía acoplados energéticamente a la red eléctrica, de tal forma que el sistema de almacenamiento absorbe los aumentos rápidos en la producción de una fuente secundaria de energía, mientras que las disminuciones rápidas en la producción de la fuente secundaria se compensan descargando energía almacenada

65

en la red En efecto, los sistemas de almacenamiento de energía atenúan, o "enmascaran", las variaciones en la producción de la fuente secundaria, de modo que la energía proporcionada a y por la red se pueda mantener de manera fiable al nivel apropiado.

5 La carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía se puede controlar de manera que las aportaciones combinadas de la fuente secundaria y el sistema de almacenamiento de energía garanticen una tasa de cambio que no exceda un nivel definido. Los niveles de potencia de salida máximos y mínimos para la fuente secundaria se pueden establecer para definir un rango operativo normal. La carga o descarga del sistema de almacenamiento de energía se realiza solo cuando el nivel de potencia de salida secundaria excede o cae por debajo de los límites del rango definido.

10 Se puede obtener una mejor comprensión de los principios y ventajas de la presente invención con referencia a la siguiente descripción detallada y los dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

15 La Figura 1 es un gráfico que ilustra la salida de potencia de una fuente de energía secundaria en relación con una banda de potencia deseada.

Las Figuras 2A-2C son gráficos de tiempo que ilustran los resultados logrados según la invención.

20 La Figura 3 es un diagrama de bloques general de un sistema de almacenamiento de energía conectado a la red eléctrica que se controla para regular, entre otros factores, la tasa de cambio de producción de una fuente de energía secundaria.

La Figura 4 es un diagrama de bloques más detallado del módulo de control para regular la potencia de salida de una fuente de energía secundaria.

25 Las Figuras 5, 6, 7 y 8A-8B son diagramas de flujo que ilustran un procedimiento para controlar un sistema de almacenamiento de energía para regular la tasa de cambio de la producción de una fuente de energía secundaria.

DESCRIPCIÓN DETALLADA

30 Para facilitar la comprensión de los principios subyacentes a la presente invención, en lo sucesivo en el presente documento se describen realizaciones ejemplares con referencia al uso de un dispositivo de conversión de energía solar, por ejemplo, paneles fotovoltaicos, como fuente secundaria. Se apreciará que las aplicaciones prácticas de la invención no se limitan a este ejemplo, y que puede emplearse en cualquier entorno donde sea deseable atenuar oscilaciones rápidas en la producción de una fuente de energía.

35 La Figura 1 es un gráfico del tipo de situación a la que se aplica la presente invención. Durante un cierto periodo de un día, por ejemplo, una hora determinada, el operador de la empresa espera una cierta cantidad de potencia de salida de los paneles solares que están conectados a una red de distribución de energía. Teniendo en cuenta la capacidad de la red para absorber las variaciones, se pueden establecer los límites superior e inferior 10 y 12 durante este periodo de tiempo, para definir un rango, o banda, de potencia de salida aceptable de los paneles solares. Este rango puede variar en función de factores temporales, tal como la hora del día, el día del mes y/o el mes del año, para tener en cuenta los cambios en la posición del sol. Como alternativa, o, además, podría ser en función de los parámetros geográficos que influyen en la producción de una fuente secundaria, tal como la insolación solar, la velocidad del viento, etc. Estos parámetros podrían basarse en estimaciones derivadas de datos históricos o mediciones en tiempo real.

45 La línea 13 representa los niveles de potencia reales que podrían producir los paneles solares durante ese periodo de tiempo. Aunque la producción promedio para ese periodo podría estar dentro de la banda deseada, el valor instantáneo puede variar amplia y rápidamente, lo que da como resultado picos 14 que exceden el límite superior 10, y valles 16 que están por debajo del límite inferior 12. Además, la tasa instantánea de aumento 18, o la tasa de disminución 20, pueden exceder los valores que la red puede absorber, incluso cuando el nivel de potencia real está dentro de la banda deseada. Dado que las fuentes de generación de energía primaria pueden no ser capaces de reaccionar lo suficientemente rápido como para contrarrestar los efectos de estos picos, valles y altas tasas de ascenso o descenso, los niveles de energía en la red de distribución pueden desviarse del nivel deseado.

55 Para aliviar el impacto que dichos cambios de potencia pueden tener en la red de distribución, se combina un sistema de almacenamiento de energía con el dispositivo de conversión de energía solar, para reducir la respuesta requerida de las fuentes primarias y, posteriormente, los costes contraídos, atenuando los cambios en la producción de los paneles solares. Una caída en la producción de los paneles solares debajo de la banda deseada se contrarresta liberando energía del sistema de almacenamiento a la red, y un aumento ascendente en la producción más allá del límite superior 10 se compensa al desviar parte o la totalidad del exceso de energía al sistema de almacenamiento. Además, cuando los paneles solares funcionan dentro de la banda deseada, los dispositivos de almacenamiento se pueden cargar o descargar para mantener la energía almacenada a un nivel óptimo para absorber la próxima gran variación en la producción de los paneles solares, mientras que al mismo tiempo se atenúa cualquier tasa alta de aumento o disminución de la potencia de salida.

65 El efecto logrado al combinar un dispositivo de almacenamiento de energía, tales como baterías, con los paneles

solares, se ilustra en las gráficas de tiempo de las Figuras 2A-2C. La Figura 2A representa la situación en la que el aumento instantáneo de la potencia de salida de los paneles solares durante un periodo de t_{i-1} a t_i es mayor que la tasa de rampa máxima aceptable. En este caso, el sistema de almacenamiento de batería se activa para cargar las baterías, lo que hace que parte de la potencia de salida de los paneles solares sea absorbida por las baterías. Como resultado, la potencia de salida neta a la red durante este periodo de tiempo permanece dentro de la tasa de rampa aceptable.

La Figura 2B ilustra la situación inversa, en la que la potencia de salida de los paneles solares cae a una tasa que excede la tasa máxima aceptable. En este caso, las baterías se descargan para suministrar potencia adicional a la red durante el periodo de tiempo, de modo que el cambio neto del periodo anterior se reduce y, por lo tanto, permanece dentro de la tasa de cambio permitida.

En el ejemplo de la Figura 2C, una banda deseada para la potencia durante el transcurso de un día se define por los límites superior e inferior 10 y 12, que varían según la hora del día. Cuando la potencia de salida real de los paneles solares excede el límite superior durante parte del día, el exceso de potencia se absorbe por las baterías, de manera que la potencia neta suministrada a la red se limita a la cantidad representada por el segmento de línea en negrita 11. De manera similar, cuando la potencia de salida de los paneles solares cae por debajo del límite 12 durante una parte posterior del día, las baterías suministran potencia adicional a la red, de manera que la energía neta entregada está en el nivel representado por la línea en negrita 13.

Un ejemplo de un sistema de almacenamiento de energía adecuado es aquel que emplea un banco de baterías que están conectadas a la red de distribución y se cargan o descargan selectivamente, para absorber el exceso de energía y proporcionar energía complementaria, respectivamente. La Figura 3 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema ilustrativo para controlar la carga y descarga de baterías de almacenamiento, y que implementa los principios de la presente invención. En referencia a esto, uno o más paneles solares 22 producen potencia de salida de corriente continua que se convierte en energía de corriente alterna (CA) mediante un inversor 24. Esta energía de CA se suministra a una red de distribución de energía eléctrica 26.

Un sensor 27 proporciona una señal indicativa de la potencia de salida del inversor del panel solar a un controlador del sistema de almacenamiento de batería 28. El controlador genera una señal que realiza la carga o descarga de las baterías en un sistema de almacenamiento de batería (BSS) 30, que está conectado a la red 26. Un primer módulo 32 del controlador BSS 28 opera según los principios de la presente invención para regular la rampa, es decir, la tasa de cambio, de la producción de los paneles solares 22, así como mantener su aporte a la red dentro de la banda deseada. Este módulo genera una señal Despacho1 según la potencia de salida instantánea del inversor del panel solar para atenuar oscilaciones grandes y/o rápidas, y regular el nivel general de esa potencia de salida. En una realización de la invención, la señal de salida Despacho1 del módulo de regulación de energía solar 32 puede aplicarse directamente al BSS 30, para controlar la carga y descarga de las baterías según la producción de los paneles solares.

En otra realización, la salida de la señal Despacho1 del módulo de regulación de energía solar 32 se suministra a un módulo de regulación de frecuencia 34, como se representa en la Figura 3. El módulo de regulación de frecuencia 34 modifica la señal Despacho1 según la frecuencia de la energía de CA en la red 26. En esencia, el módulo de regulación de frecuencia hace que el BSS suministre potencia a la red, o absorba potencia de ésta, para mantener la frecuencia operativa de la red dentro de un rango predeterminado que se basa en una frecuencia operativa nominal deseada, por ejemplo, 60 Hz en Estados Unidos. Un ejemplo de dicha regulación de frecuencia se describe en la Solicitud de Patente de EE.UU. N.º 12/248.106 asignada comúnmente, pendiente junto con la presente, cuya divulgación se incorpora en el presente documento por referencia. Como se describe en el presente, la cantidad, o tasa, de transferencia de energía entre el BSS y la red puede ser en función de la frecuencia operativa de la red. La cantidad de descarga o carga de las baterías que requiere el módulo de regulación de frecuencia se combina con la señal Despacho1 del módulo de regulación de energía solar 32, para producir una señal de salida Despacho2 que se aplica al BSS.

El signo de la señal de control que se aplica al BSS, por ejemplo, Despacho1 en la primera realización, o Despacho2 en la segunda realización, activa un inversor dentro de un sistema convertidor (no mostrado) en el BSS para descargar las baterías en la red, o activa un convertidor dentro del sistema convertidor en el BSS para cargar las baterías con potencia de la red. La magnitud de la señal determina la cantidad de potencia a añadir a, o a absorber de, la red. Dado que la potencia de salida del inversor de panel solar 24 se aplica a la conexión entre el BSS y la red, la carga y descarga de las baterías funciona eficazmente para absorber el exceso de potencia de los paneles solares o complementar esa potencia, respectivamente.

Una representación más detallada del módulo de regulación de rampa solar 34 se ilustra en la Figura 4. El módulo incluye un procesador 38 que ejecuta los algoritmos de control descritos en lo sucesivo en el presente documento, y una o más formas de memoria 40 configuradas con registros que almacenan los parámetros empleados por los algoritmos. Estos parámetros incluyen el siguiente conjunto de valores de entrada que tienen las unidades de medida indicadas:

Solar (kWh): La producción del inversor del panel solar en el momento actual, t.

LagSolar (kWh): La salida de potencia regulada a la red en el tiempo $t-1$, es decir, la combinación algebraica de la

producción de los paneles solares 22 y las baterías del BSS 30.

Mín (kWh): Límite inferior de potencia especificado por el usuario en la salida de potencia, por ejemplo, valor límite 12.

Máx (kWh): Límite superior especificado por el usuario de salida de potencia, por ejemplo, valor límite 10.

RampaMáx (kWh): Cambio máximo especificado por el usuario, ascendente o descendente, en la potencia de salida desde el tiempo t-1 hasta t. SoC (%; 0-100): Estado de carga de las baterías. CapBat (kWh): Límite de salida de potencia instantánea de la batería.

kWh (kWh): Capacidad total de energía de la batería.

Polarización (kWh): Valor definido por el usuario para un estado optimizado de carga de las baterías

Los parámetros almacenados en la memoria 40 incluyen además las siguientes variables intermedias que son calculadas por los algoritmos:

DespBásico (kWh): Señal de despacho de batería sin restricciones.

Conf (kWh): Restricción al cargar la batería.

Cono (kWh): Restricción al descargar la batería.

LímSup (kWh): Límite superior en el rango aceptable de potencia de salida a la red.

LímInf (kWh): Límite inferior en el rango aceptable de potencia de salida a la red.

Rbe (%; 0-100): Diferencia entre el estado actual de carga y la carga completa (=1-SoC).

Como se ha señalado previamente, los valores para Mín y Máx son valores determinados por el usuario que podrían ser en función de parámetros temporales y/o geográficos que influyen en la producción esperada de una fuente secundaria. En otra realización, podrían determinarse en función del estado de carga (SoC) de las baterías. Asimismo, el valor para RampaMáx se introduce por el usuario, y podría ser en función de uno o más de estos mismos factores. La tasa máxima de cambio también podría determinarse en función de la producción de la fuente secundaria.

Basándose en los datos almacenados en estos registros, el procesador 38 produce dos señales de salida, Despacho1 y Volcado. Como se ha descrito anteriormente, en una realización, la señal Despacho1 puede aplicarse directamente al BSS 30, para controlar la carga y descarga de las baterías. En una realización alternativa, la señal Despacho1 se suministra al módulo de regulación de frecuencia y se modifica según sea necesario para generar la señal Despacho2 que controla la carga y descarga de las baterías.

La señal Volcado se usa para descartar selectivamente la energía generada por los paneles solares cuando es excesiva y no puede ser absorbida por la red y el BSS. Por ejemplo, como se representa en sentido figurado en la Figura 3, la señal Volcado podría activar un interruptor 42 para desviar la energía solar de la red a un electrodo 44 a potencial de tierra.

Los algoritmos ejecutados por el procesador 38 para generar estas señales están representados en los diagramas de flujo de las Figuras 5-8B. La Figura 5 ilustra la rutina principal que se realiza periódicamente, por ejemplo, una vez por segundo. Al comienzo del periodo, el valor actual de Solar se compara con el límite inferior Mín, en la etapa 50. Si Solar es menor que Mín, se ejecuta una subrutina de descarga, Bajo, en la etapa 52. Si el valor para Solar es mayor que Mín, el procesador se mueve a la etapa 54, donde compara el valor de Solar con el límite superior Máx. Si Solar excede Máx, se ejecuta una subrutina de carga, Alto, en la etapa 56. Si Solar es menor que Máx, el procesador ejecuta una subrutina dentro del rango en la etapa 57.

La subrutina de descarga de la etapa 52 se representa en el diagrama de flujo de la Figura 6. Cuando el procesador salta a esta subrutina, en la etapa 58, establece el valor de la señal de descarga de la batería sin restricciones DespBásico para que sea igual al valor de Solar, menos el mayor de Mín o (LagSolar menos RampaMáx). LagSolar es la producción de los paneles solares y el BSS en el tiempo t-1. (LagSolar-RampaMáx) es la producción mínima aceptable, desde una perspectiva de tasa de cambio. Si LagSolar está por encima, pero cerca del valor mínimo, entonces (LagSolar-RampaMáx) puede hacer que la nueva producción caiga por debajo del valor mínimo. En este caso, la función "máx" asegura que la nueva producción objetivo (sin restricciones) esté al menos en el valor mínimo. Este será un valor negativo porque el valor mínimo es más alto que la producción del inversor y las baterías tendrán que descargar potencia a la red para compensar la diferencia.

El valor negativo de DespBásico es esencialmente una solicitud para descargar las baterías, con el fin de elevar la producción del sistema por encima del nivel mínimo. Sin embargo, la cantidad total de descarga no debe exceder la energía disponible en las baterías, o la potencia nominal máxima de las baterías. Por lo tanto, en la etapa 60, el parámetro Cono se establece para que sea igual al negativo del menor de (SoC*kWh/100) o CapBat. El valor total es negativo porque esto es una restricción de descarga.

En la etapa 62, se selecciona el mayor del valor de despacho sin restricciones DespBásico y del valor de restricción Cono, para producir la señal de control Despacho 1. Dado que, en esta subrutina, las baterías se están descargando, no hay exceso de energía para volcar. Por consiguiente, en la etapa 64, la señal de control Volcado se ajusta a 0.

El diagrama de flujo de la Figura 7 representa la subrutina de carga 56 que se usa para controlar el BSS cuando la

- 5 producción del inversor solar se eleva por encima de un máximo especificado por el usuario. En la etapa 66, el valor de DespBásico se ajusta para que sea igual al valor de Solar menos el menor de Máx y (LagSolar + RampaMáx). La producción máxima aceptable desde una perspectiva de pendiente se define mediante (LagSolar + RampaMáx). Si LagSolar está cerca del límite superior, entonces (LagSolar + RampaMáx) puede hacer que la nueva producción supere el máximo. En este caso, la función "mín" asegura que el nuevo valor objetivo (sin restricciones) sea como máximo igual al valor máximo. Este será un valor positivo porque la producción del inversor es más alta que el valor máximo y las baterías tendrán que cargarse (absorber energía) para reducir la producción.
- 10 Ninguna señal de carga debe exceder la capacidad de energía no utilizada de las baterías, o la potencia nominal máxima de las baterías. Por lo tanto, en la etapa 68, se selecciona el menor de (Rbe*kWh/100) y CapBat para producir la restricción de carga Conf.
- 15 En la etapa 70, se selecciona el más bajo del despacho sin restricciones DespBásico y la restricción Conf, ambos de los cuales son valores positivos, para producir la señal de control de cantidad de despacho Despacho1. Si la restricción es vinculante, entonces hay demasiada producción del inversor 24 para que las baterías la manejen, ya sea porque están cerca de la carga completa o por su potencia nominal máxima. En este caso, parte de la producción del inversor debe volcarse para que la salina neta a la red permanezca dentro de los límites. Por consiguiente, en la etapa 72, la señal de control Volcado se establece en mayor de cero o (DespBásico - Conf).
- 20 El diagrama de flujo de las Figuras 8A y 8B muestra la subrutina 57 que usa el procesador para controlar el sistema cuando la producción del inversor 24 está en un rango aceptable entre los valores máximo y mínimo. Es probable que este sea el caso la mayoría de las veces. Durante este tiempo, el estado de carga de las baterías se mantiene en un nivel óptimo, para que estén preparadas para afrontar el próximo pico o valle en la producción de los paneles solares.
- 25 En la etapa 74, se establece la restricción de carga Conf. Como se trata de una restricción de carga, tiene un valor positivo. Ninguna señal de carga debe exceder la capacidad de energía no utilizada de las baterías, o la potencia nominal máxima de las baterías. Por lo tanto, se selecciona el menor de (Rbe*kWh/100) y CapBat, para producir Conf. En la etapa 76, se establece la restricción de descarga Cono. Como se trata de una restricción de descarga, tiene un valor negativo. Ninguna señal de descarga debe exceder la energía disponible en las baterías, o la potencia nominal máxima de las baterías. Por consiguiente, Cono se ajusta para que sea igual al menor de (SoC*kWh/100) y CapBat.
- 30 El límite superior aceptable en la producción del sistema es la producción del sistema en el periodo de tiempo anterior más la tasa de rampa máxima, limitada por el valor máximo. En la etapa 78, el valor límite superior LímSup se ajusta para que sea igual al menor de Máx y (LagSolar + RampaMáx). El límite inferior aceptable en la producción del sistema es la producción del sistema en el periodo de tiempo anterior menos la tasa de rampa máxima, limitada por el valor mínimo. En la etapa 80, el valor límite inferior LímInf se ajusta igual al mayor de Mín y (LagSolar - RampaMáx). Dado que los valores para Máx y Mín pueden ser funciones de factores temporales, LímSup y LímInf también pueden ser funciones de estos factores.
- 35 Dado que no es probable que la producción del sistema exceda el valor máximo, no hay necesidad de volcar energía. Por consiguiente, la señal de control Volcado se ajusta igual a cero en la etapa 82.
- 40 Con referencia ahora a la Figura 8B, en la etapa 84 se realiza una verificación para ver si el estado de carga de las baterías es mayor que un umbral superior especificado por el usuario, por ejemplo, del 89 %. Si es así, entonces las baterías están a punto de cargarse completamente, y el procesador se bifurca a la etapa 86. En esta etapa, la señal de control Despacho1 está sesgada hacia el límite superior para maximizar la descarga (o minimizar la carga). El despacho básico sin restricciones es Solar-LímSup. Si Solar>LímSup, entonces el despacho es una señal de carga, y está restringido por la restricción de carga Conf. Si Solar<LímSup, entonces el despacho es una señal de descarga, y está restringido por la restricción de descarga Cono. El valor tan restringido se reduce por el valor proporcionado por el usuario para Polarización, y se muestra como Despacho1.
- 45 Si el estado de carga es menor que el umbral superior, se realiza una comprobación en la etapa 88 para ver si el estado de carga de las baterías es menor que un umbral inferior especificado por el usuario, por ejemplo, del 20 %. Si es así, las baterías están a punto de descargarse, y el procesador se bifurca a la etapa 90. En este caso, la señal de control Despacho1 está sesgada hacia el límite inferior para maximizar la carga (o minimizar la descarga). El despacho básico sin restricciones es Solar-LímInf. Si Solar <LímInf, entonces el despacho es una señal de descarga, y está restringido por el valor de Cono. Si Solar >LímInf, entonces el despacho es una señal de carga y está limitado por Conf. El valor tan restringido se añade al valor para Polarización, que se convierte en Despacho1.
- 50 Si el estado de carga es menor que el umbral superior, se realiza una comprobación en la etapa 88 para ver si el estado de carga de las baterías es menor que un umbral inferior especificado por el usuario, por ejemplo, del 20 %. Si es así, las baterías están a punto de descargarse, y el procesador se bifurca a la etapa 90. En este caso, la señal de control Despacho1 está sesgada hacia el límite inferior para maximizar la carga (o minimizar la descarga). El despacho básico sin restricciones es Solar-LímInf. Si Solar <LímInf, entonces el despacho es una señal de descarga, y está restringido por el valor de Cono. Si Solar >LímInf, entonces el despacho es una señal de carga y está limitado por Conf. El valor tan restringido se añade al valor para Polarización, que se convierte en Despacho1.
- 55 En la etapa 92, se determina si Solar >LímSup. Si es así, se envía una señal de carga, Solar-LímSup, restringida por Conf, en la etapa 94. Si Solar no es mayor que LímSup, se determina en la etapa 96 si Solar <LímInf. Si es así, se envía una señal de descarga, Solar-LímInf, restringida por Cono, en la etapa 98. Si no se cumple ninguna de las condiciones de las etapas 84, 88, 92 o 96, no es necesaria ninguna regulación, y la señal de control Despacho1 se ajusta a cero en la etapa 100.
- 60 Se entenderá que la presente invención como se ha descrito anteriormente se puede implementar en forma de lógica
- 65

de control usando hardware y/o software informático de manera modular o integrada. Basándose en la divulgación y las enseñanzas proporcionadas en el presente documento, un experto en la técnica comprenderá y apreciará otros enfoques para implementar la presente invención usando hardware y una combinación de hardware y software. Por ejemplo, en el ejemplo de la Figura 4, el módulo de regulación de rampa se representa como si tuviera su propio procesador. En la práctica, el procesador que implementa la lógica de las Figuras 5-8B puede ser parte de un sistema más grande, por ejemplo, uno que opera todo el controlador de BSS 28, y ejecuta otras rutinas además de las representadas en los diagramas de flujo.

Cualquiera de los componentes o funciones de software descritos en el presente documento puede implementarse como un código de software a ejecutarse por un procesador utilizando cualquier lenguaje informático adecuado tal como, por ejemplo, Java, C++ o Perl, basado en, por ejemplo, técnicas convencionales u orientadas a objetos. El código del software puede almacenarse como una serie de instrucciones o comandos en un medio legible por ordenador para almacenamiento, incluyendo dichos medios adecuados memoria de acceso aleatorio (RAM), memoria de solo lectura (ROM), un medio magnético tal como un disco duro o un disquete, o un medio óptico tal como un disco compacto (CD) o DVD (disco versátil digital), memoria flash y similares. El medio legible por ordenador puede ser cualquier combinación de dichos dispositivos de almacenamiento.

La descripción anterior de realizaciones ejemplares se ha presentado con fines ilustrativos y descriptivos. Se apreciará que los principios subyacentes a la invención pueden implementarse de otras maneras sin apartarse de sus características esenciales. Por ejemplo, aunque las realizaciones ejemplares se han descrito con respecto al uso de paneles solares como fuente secundaria de energía, se apreciará que la invención puede emplearse con cualquier otro tipo de fuente de energía, particularmente aquellas que tienen producciones variables, tales como molinos de viento. Asimismo, se pueden emplear medios de almacenamiento de energía distintos de baterías, tales como sistemas capacitivos, volantes o aire comprimido, para regular la potencia de salida de la fuente secundaria. Además, aunque se ha descrito una banda de potencia preferida que tiene límites superior e inferior para regular la potencia de salida, la invención puede emplearse en sistemas que tienen un solo límite, por ejemplo, un valor mínimo sin límite superior con respecto al rango de potencia aceptable. La tasa de rampa máxima también podría ser asimétrica con un cambio de potencia permitido diferente cuando la producción aumenta al de cuando disminuye.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para regular un aporte de potencia de una fuente de electricidad (22) a una red de distribución de electricidad (26), que comprende:

determinar si:

- (a) una potencia de salida de la fuente de electricidad (22) está fuera de un rango predeterminado basado en la capacidad de la red (26) para absorber variaciones, y
- (b) una tasa de cambio de la potencia de salida excede un valor máximo predefinido;

que comprende además:

aplicar dicha potencia de salida de la fuente de electricidad (22) a una conexión entre la red (26) y un medio de almacenamiento de energía acoplado energéticamente a la red (26); y,

en respuesta a la determinación de si se cumple una o ambas de las condiciones (a) y (b), regular dicho aporte mediante la transferencia de energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26), en el que la transferencia comprende descargar o cargar el medio de almacenamiento de energía,

en el que la carga del medio de almacenamiento de energía está limitada por una restricción de carga basada en la capacidad de almacenamiento de energía no utilizada del medio de almacenamiento de energía y una potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía, y

en el que la descarga del medio de almacenamiento de energía está limitada por una restricción de descarga basada en la capacidad de almacenamiento de energía disponible del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía,

en respuesta a la determinación de si no se cumple ninguna de las condiciones (a) o (b):

determinar si un estado de carga (SoC) del medio de almacenamiento de energía está dentro de umbrales predeterminados; y en respuesta a la determinación de que el SoC del medio de almacenamiento de energía está fuera de dichos umbrales predeterminados, transferir energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26) para llevar el SoC dentro de dichos umbrales predeterminados, en el que la transferencia de energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26) para llevar el SoC dentro de dichos umbrales predeterminados comprende:

definir un valor superior y un valor inferior para transferir energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26), cada uno de los cuales se basa en una cantidad más reciente de electricidad que se suministra a la red eléctrica (26) y el valor máximo para la tasa de cambio;

determinar si la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es mayor que el valor superior, y en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es mayor que el valor superior, transferir energía desde la red eléctrica (26) al medio de almacenamiento de energía cargando el medio de almacenamiento de energía.

2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicho rango predeterminado está definido por un valor límite inferior, y en el que, en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es menor que dicho valor límite inferior, transferir energía desde el medio de almacenamiento de energía a la red eléctrica (26).

3. El procedimiento de la reivindicación 2, que comprende además restringir la cantidad de energía transferida desde el medio de almacenamiento de energía a la red eléctrica (26) según el valor máximo predefinido para la tasa de cambio.

4. El procedimiento de la reivindicación 3, en el que la cantidad de energía transferida desde el medio de almacenamiento de energía a la red eléctrica (26) se restringe adicionalmente según el menor estado de carga del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía.

5. El procedimiento de la reivindicación 2, en el que dicho rango predeterminado se define adicionalmente por un valor límite superior, y en el que, en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es mayor que dicho valor límite superior, se transfiere energía desde la red eléctrica (26) al medio de almacenamiento de energía cargando el medio de almacenamiento de energía.

6. El procedimiento de la reivindicación 5, que comprende además restringir la cantidad de energía transferida al medio de almacenamiento de energía desde la red eléctrica (26) según el valor máximo predefinido para la tasa de cambio.

7. El procedimiento de la reivindicación 6, en el que la cantidad de energía transferida al medio de almacenamiento de energía desde la red eléctrica (26) se restringe adicionalmente según la menor capacidad no utilizada del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía.

8. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que el rango predeterminado es en cualquiera de una función de un factor temporal, en función de un parámetro geográfico que influye en la producción de la fuente de electricidad (22), y en función del estado de carga del medio de almacenamiento de energía.

9. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la tasa de cambio máxima predeterminada es en cualquiera de una función de un factor temporal, en función de un parámetro geográfico que influye en la producción de la fuente de electricidad (22), en función de la producción de la fuente de electricidad (22), y en función del estado de carga del medio de almacenamiento de energía.

10. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además:

en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) no es mayor que el valor superior, determinar si la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es menor que el valor inferior; en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es menor que el valor inferior, transferir energía a la red eléctrica (26) desde el medio de almacenamiento de energía; y restringir la cantidad de energía transferida desde el medio de almacenamiento de energía a la red eléctrica (26) según el menor estado de carga del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía.

11. El procedimiento de la reivindicación 1, que comprende además restringir la cantidad de energía transferida al medio de almacenamiento de energía desde la red eléctrica (26) según la menor capacidad no utilizada del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía.

12. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que los umbrales predeterminados son en función de un factor temporal.

13. Un sistema para regular un aporte de energía de una fuente de electricidad (22) a una red de distribución de electricidad (26), que comprende:

al menos un medio de almacenamiento de energía;
un sistema convertidor que, en respuesta a la recepción de un comando para añadir a o absorber energía de la red (26), está configurado para acoplar selectivamente dicho medio de almacenamiento de energía a la red (26) para transferir energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red (26); y un sistema de regulación de potencia configurado para determinar si:

- (a) una potencia de salida de la fuente de electricidad (22) está fuera de un rango predeterminado basado en la capacidad de la red (26) para absorber variaciones, y
- (b) la tasa de cambio de la potencia de salida excede un valor máximo predefinido;

dicha potencia de salida de la fuente de electricidad (22) se aplica a una conexión entre la red (26) y el medio de almacenamiento de energía,

en el que el sistema de regulación de potencia controla dicho sistema convertidor transfiriendo energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26) en respuesta a la determinación de que se cumple una o ambas condiciones (a) y (b), en el que la transferencia comprende descargar o cargar el medio de almacenamiento de energía, y en el que la carga del medio de almacenamiento de energía se restringe por una restricción de carga basada en la capacidad de almacenamiento de energía no utilizada del medio de almacenamiento de energía y una potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía; y en el que la descarga del medio de almacenamiento de energía está restringida por una restricción de descarga basada en la capacidad de almacenamiento de energía disponible del medio de almacenamiento de energía y la potencia nominal máxima del medio de almacenamiento de energía, donde el sistema de regulación de potencia configurado está configurado además para:

en respuesta a la determinación de que no se cumple ninguna de las condiciones (a) o (b): determinar si un estado de carga (SoC) del medio de almacenamiento de energía está dentro de umbrales predeterminados; en respuesta a la determinación de que el SoC del medio de almacenamiento de energía está fuera de dichos umbrales predeterminados, transferir energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26) para llevar el SoC dentro de dichos umbrales predeterminados, definir un valor superior y un valor inferior para transferir energía entre el medio de almacenamiento de energía y la red eléctrica (26), cada uno de los cuales se basa en una cantidad más reciente de electricidad que se suministra a la red eléctrica (26) y el valor máximo para la tasa de cambio; determinar si la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es mayor que el valor superior; y en respuesta a la determinación de que la potencia de salida de la fuente de electricidad (22) es mayor que el valor superior, transferir energía desde la red eléctrica (26) al medio de almacenamiento de energía cargando el medio de almacenamiento de energía.

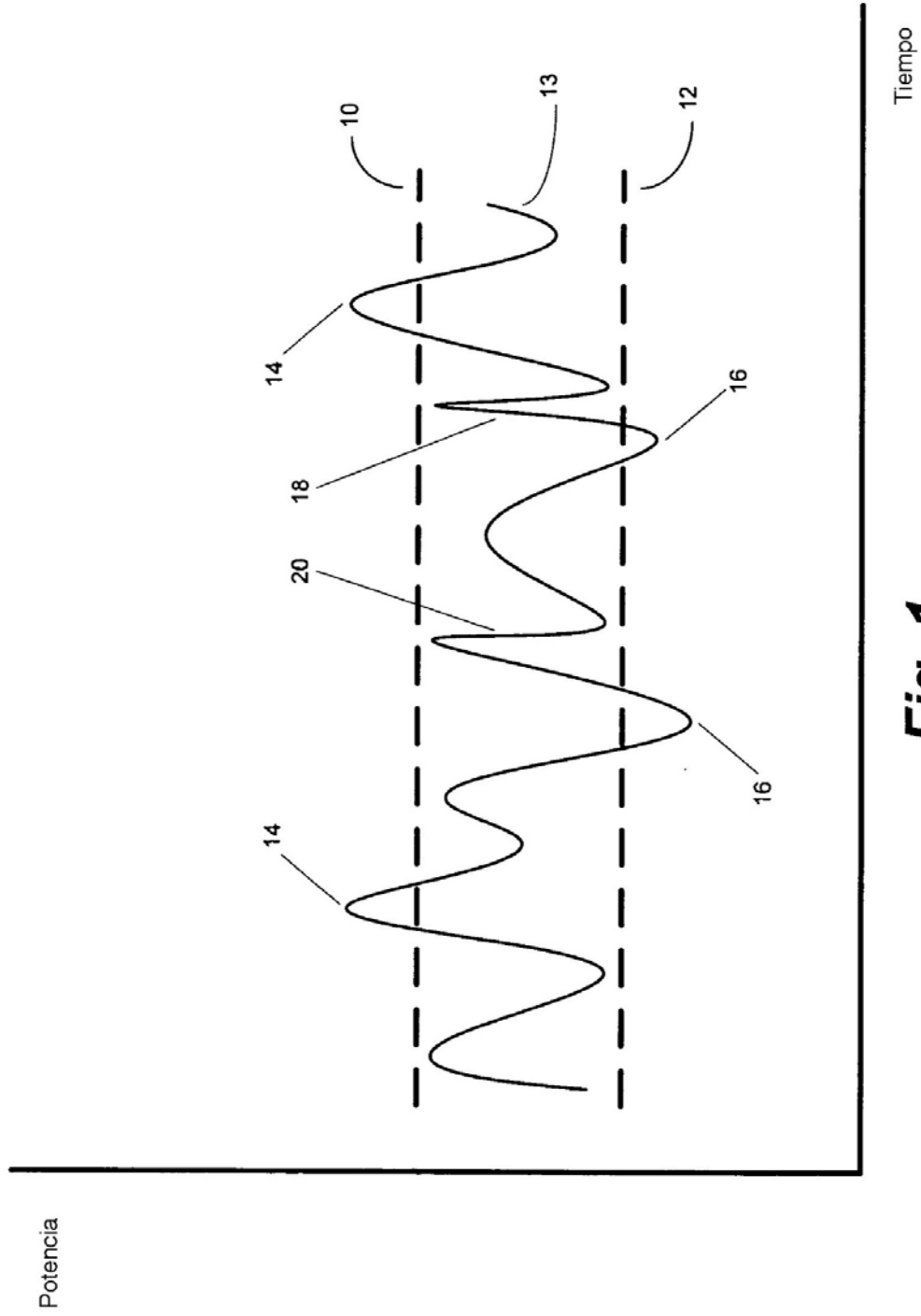
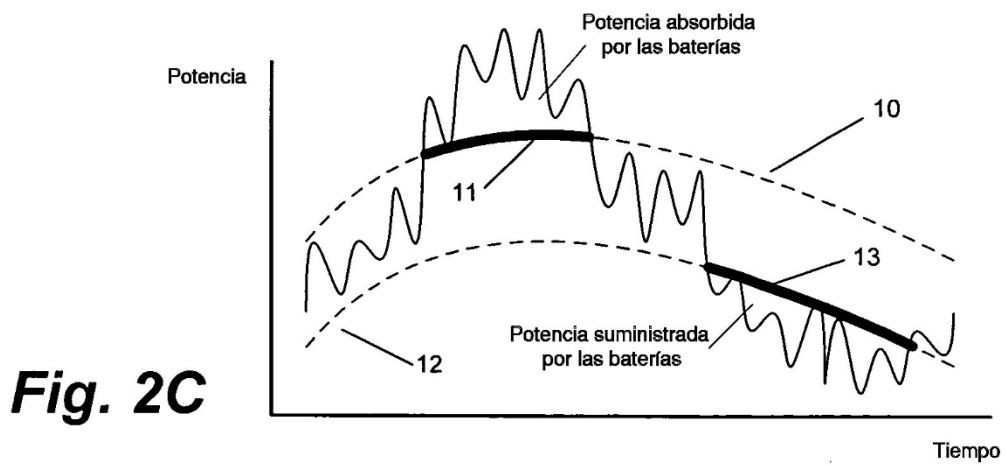
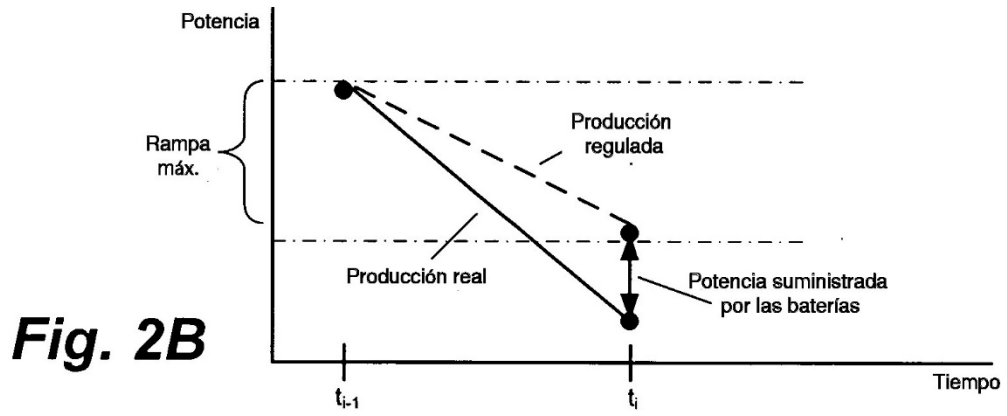
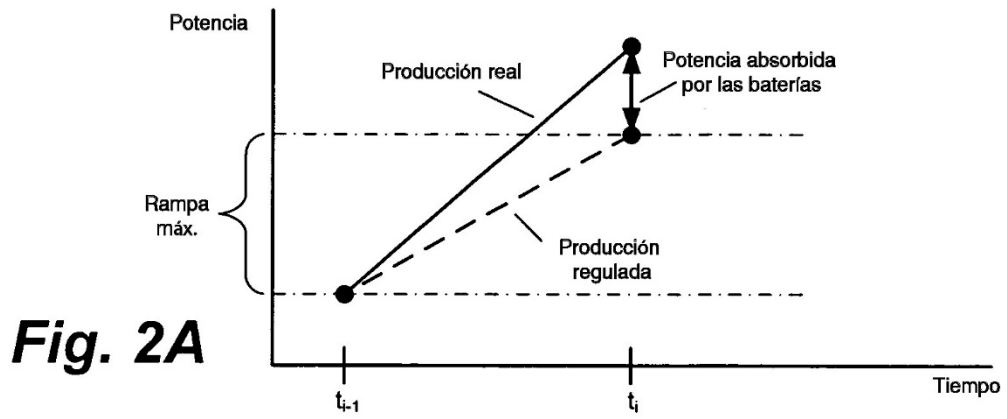


Fig. 1



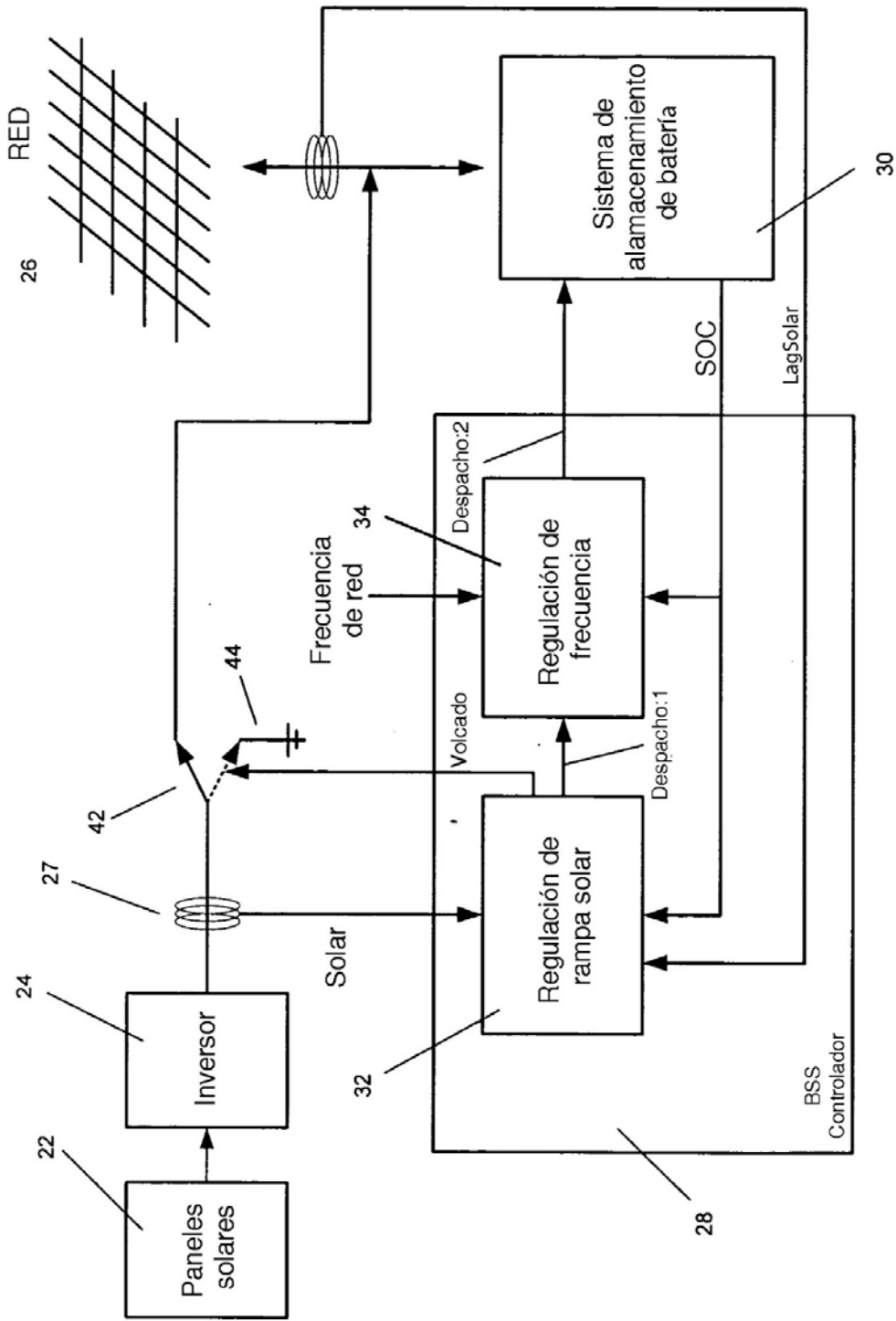


Fig. 3

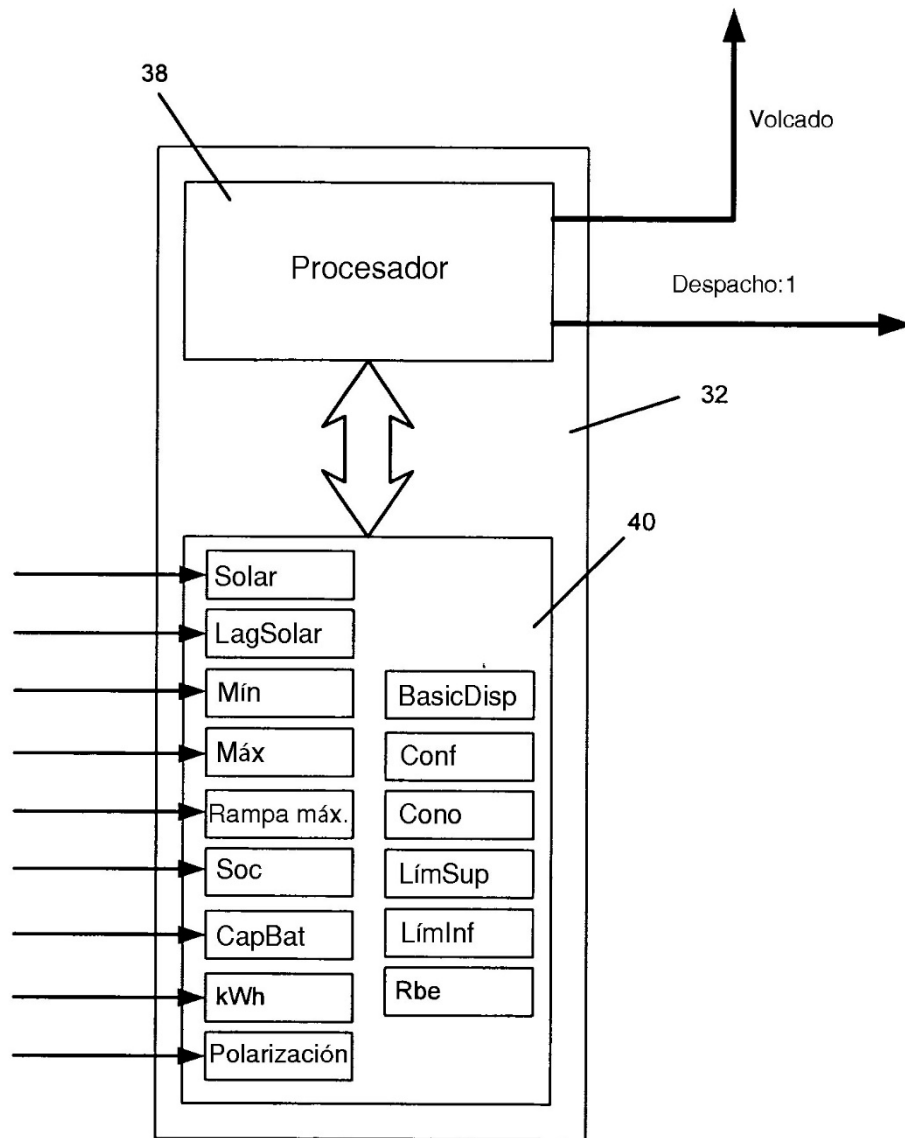


Fig. 4

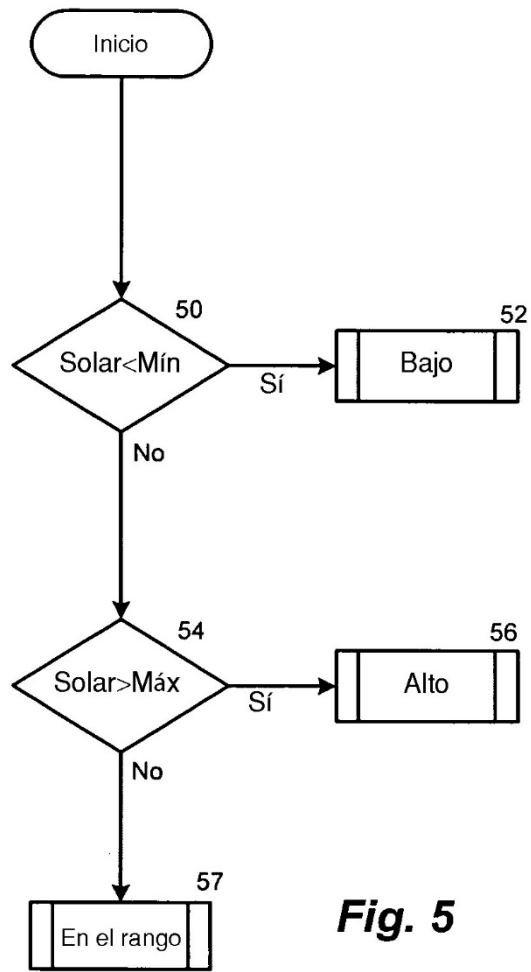


Fig. 5

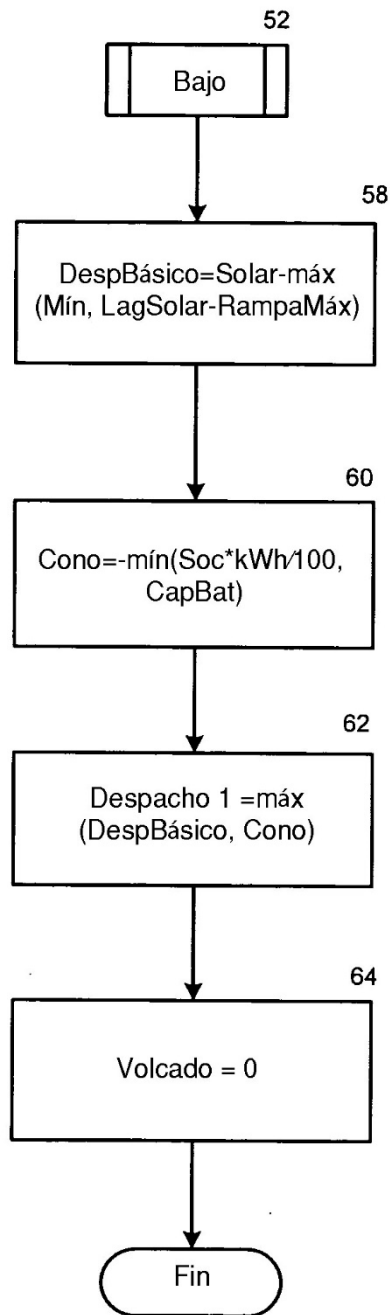


Fig. 6

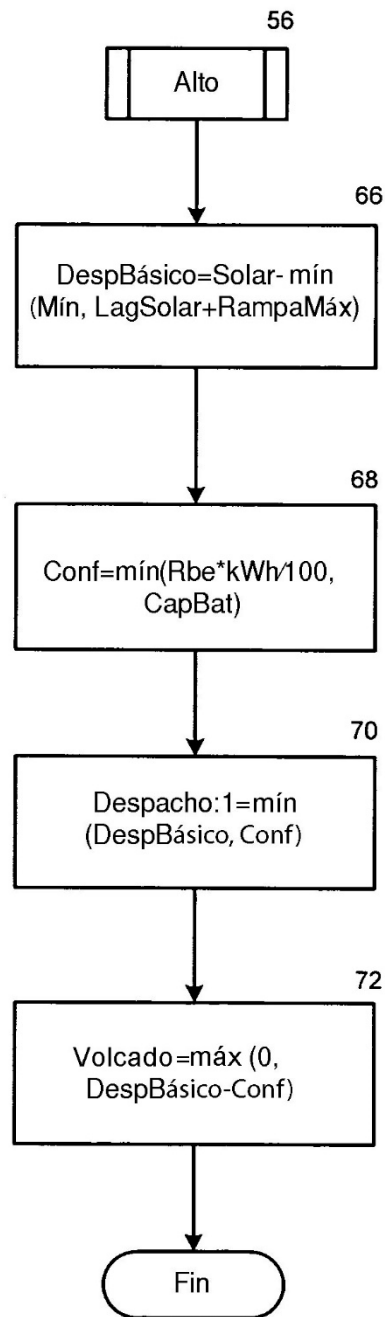


Fig. 7

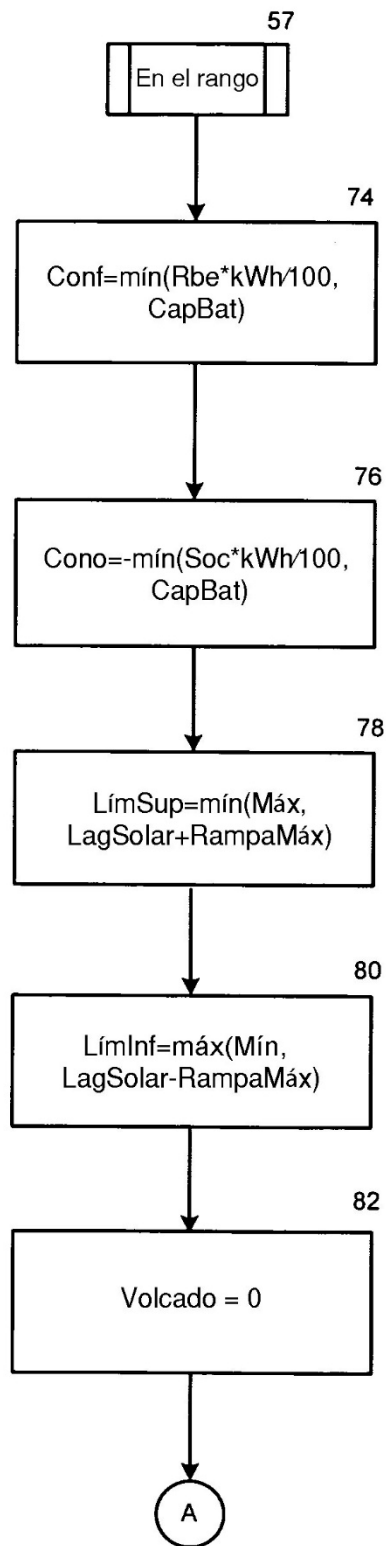


Fig. 8A

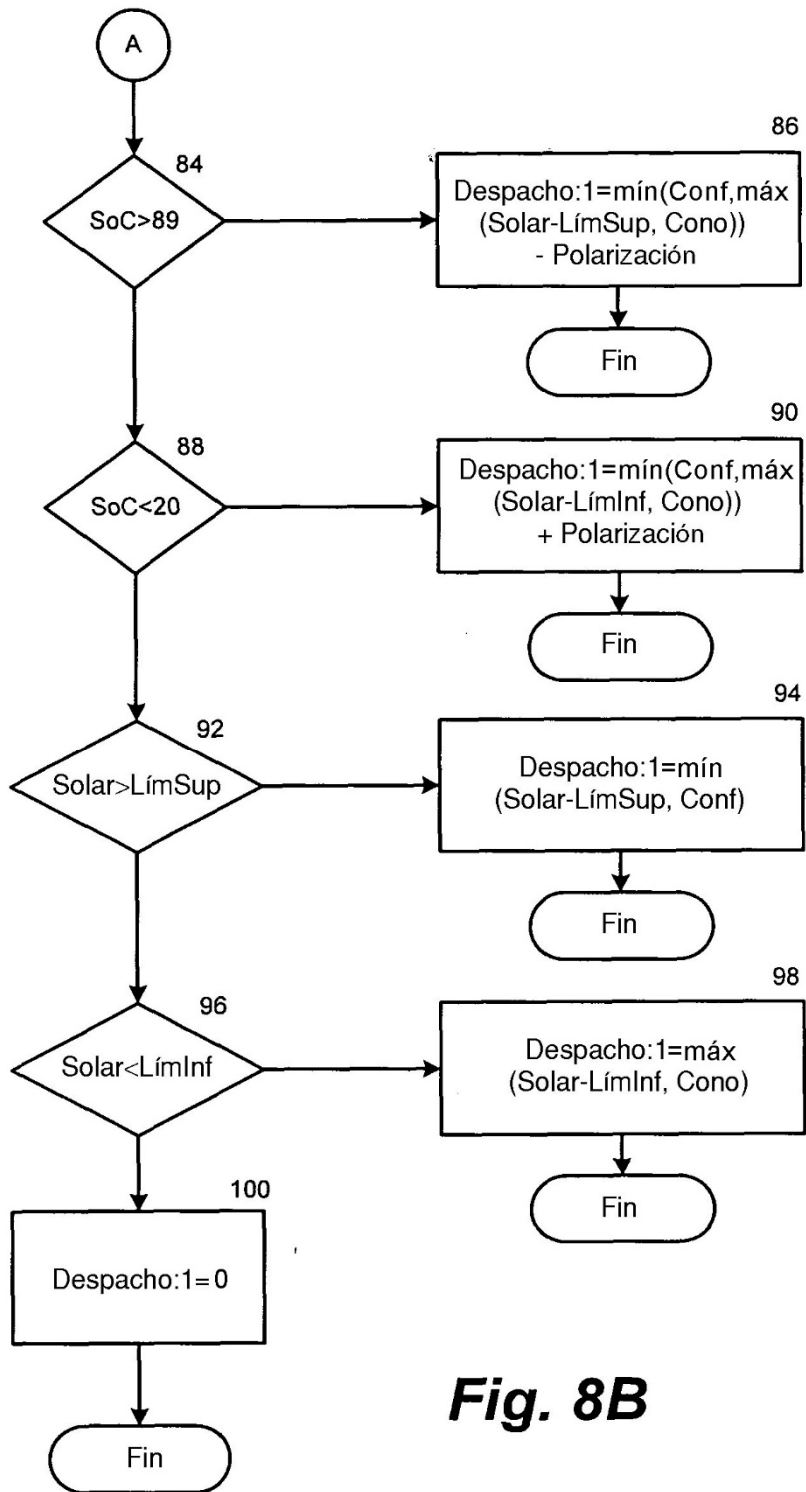


Fig. 8B