

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 677 479**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)

**H02M 7/48** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.10.2013 PCT/IB2013/059515**

87 Fecha y número de publicación internacional: **30.04.2015 WO15059516**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.10.2013 E 13824155 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.04.2018 EP 3061174**

54 Título: **Aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía y método de control del mismo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**02.08.2018**

73 Titular/es:

**ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)**  
**Affolternstrasse 44**  
**8050 Zürich, CH**

72 Inventor/es:

**SCALETTI, SILVIO;**  
**MACERINI, SAURO;**  
**GUARDUCCI, CLAUDIO y**  
**CANACCI, LEONARDO**

74 Agente/Representante:

**RUO , Alessandro**

**ES 2 677 479 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

Aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía y método de control del mismo

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a sistemas de conversión de energía, en particular pero no exclusivamente, la presente invención se refiere a sistemas de conversión de la energía generada por sistemas de paneles fotovoltaicos y adaptados para conectarse directamente a la red de distribución de energía.

10

**Estado de la técnica**

[0002] En el campo técnico de la conversión de energía y, en particular, en el campo técnico de los sistemas que convierten la energía generada por sistemas de paneles fotovoltaicos y adaptados para conectarse directamente a la red de distribución de energía, son de importancia particular los aparatos inversores de doble etapa adaptados para convertir las tensiones continuas que se originan en los sistemas fotovoltaicos.

15

[0003] Los aparatos están adaptados para recibir la tensión de CC de entrada que se origina en los generadores fotovoltaicos y para generar una tensión alterna de salida con una frecuencia y amplitud compatible con las de la red de distribución de energía.

20

[0004] La estructura de estos aparatos comprende en general una etapa de entrada provista con uno o más canales de entrada independientes, conectado cada uno a generadores fotovoltaicos separados, y una etapa de salida que a su vez comprende un inversor en puente completo, del tipo monofásico o multifásico, que comprende preferentemente interruptores realizados con dispositivos activos tales como IGBT, MOSFET, etc.

25

[0005] Dicha etapa de entrada y dicha etapa de salida se conectan por medio de un módulo de almacenamiento de energía, normalmente indicado con la expresión enlace de CC, que comprende, por ejemplo, una pluralidad de condensadores. Esencialmente dicho módulo de enlace de CC consiste en la salida de la etapa de entrada y la entrada de la etapa de salida del aparato inversor de doble etapa descrito.

30

[0006] El documento US 8018748 divulga dicho sistema inversor de dos etapas que comprende diversos convertidores elevadores.

35

[0007] Cuando están en funcionamiento los aparatos del tipo descrito, es muy importante implementar la denominada funcionalidad MPPT ("Maximum Power Point Tracking", o "Seguimiento del punto de potencia máxima").

[0008] Los generadores de paneles fotovoltaicos tienen valores de eficiencia que pueden analizarse de acuerdo con la curva tensión/corriente y depende de una relación compleja y no lineal entre la radiación solar a la que están sometidos dichos paneles fotovoltaicos, la temperatura y la resistencia eléctrica total de dichos paneles. El algoritmo de control que consigue la denominada funcionalidad MPPT perturba y muestrea la salida de las células fotovoltaicas y de ahí aplica la carga eléctrica apropiada a las células fotovoltaicas de modo que se obtenga la potencia máxima para cada condición medioambiental diferente.

40

45

[0009] Con el tipo de aparato descrito, la etapa de entrada se provee con un elevador que, cuando se requiere, actúa para asegurar que el valor de tensión del enlace de CC es mayor que el nivel mínimo permitido de modo que el inversor de la etapa de salida puede funcionar apropiadamente y conectarse a la red de distribución de tensión en CA.

50

[0010] Adicionalmente, dicho módulo elevador se programa de modo que ajuste un valor de tensión de operación en la entrada del aparato (es decir en la salida de los paneles fotovoltaicos) de acuerdo con el algoritmo de ajuste MPPT. Por ejemplo, el valor de tensión relacionado con el punto de operación fijado por el algoritmo MPPT ( $V_{entr}$ ) se añade a una perturbación ( $V_{ruido}$ ) requerida para la operación del algoritmo MPPT y determina el valor de referencia deseado de la tensión de entrada total ( $V_{entrTotal} = V_{entr} + V_{ruido}$ ) tal como se describe en las solicitudes internacionales PCT N.º WO2007072517 y WO2010079517 del mismo solicitante que la presente solicitud de patente, a las que se hace referencia para detalles adicionales sobre el cálculo de dicha perturbación  $V_{ruido}$ .

55

[0011] Es evidente que la presencia, dentro del aparato inversor de doble etapa, de dicho módulo elevador da como resultado una disminución en el rendimiento global cuando dicho módulo elevador está funcionando. De ese modo es deseable que el módulo elevador se desconecte cada vez que no se requiere la presencia y funcionamiento del mismo, es decir cuando el valor óptimo de  $V_{entr}$  (la tensión a ser fijada en la entrada) calculada por el algoritmo MPPT es mayor que la tensión de funcionamiento mínima del enlace de CC requerida para el funcionamiento apropiado de la etapa inversora, y que dicha tensión se lleve simplemente de vuelta al enlace de CC por medio de, por ejemplo, un diodo de derivación específico 18. Cuando hay varios canales de entrada independientes, simplemente se hace referencia para esta funcionalidad a la más alta de las tensiones de entrada

60

65

calculadas por los diversos MPPT asociados, tantos como canales de entrada independientes.

**[0012]** Esencialmente, el control del aparato debería funcionar como sigue: cuando la tensión en la entrada del aparato —más un valor de histéresis dado— excede dicho valor de tensión de funcionamiento óptimo fijado por el sistema de control, el elevador se desconecta para posteriormente ser conectado de nuevo cuando la tensión total en la entrada del aparato disminuye por debajo de dicho valor de tensión de funcionamiento óptimo, menos un valor de histéresis dado.

**[0013]** De ese modo, un objeto de la presente invención es introducir un aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía y un método de control del mismo, adaptado para gestionar las operaciones del módulo elevador integrado de modo que se optimice la eficiencia eléctrica global del sistema. Adicionalmente, el método de acuerdo con la presente invención permite que las operaciones de dicho inversor de doble etapa sean gestionadas cuando hay solamente un canal de entrada, cuando hay múltiples canales de entrada llamados a funcionar tanto en paralelo como también cuando hay múltiples canales de entrada llamados a funcionar independientemente entre sí.

**[0014]** La presente invención puede aplicarse mediante la introducción de los mismos beneficios, tanto cuando hay sistemas monofásicos como cuando hay sistemas multifásicos.

## Breve descripción de las figuras

### [0015]

La Fig. 1 muestra un diagrama de bloques del funcionamiento del aparato de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo de la parte del método de acuerdo con la presente invención, aplicada cuando hay un único canal de entrada y cuando hay múltiples canales de entrada y están funcionando en paralelo.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo de una primera parte del método de acuerdo con la presente invención, aplicada cuando hay múltiples canales de entrada y están funcionando independientemente.

La Fig. 4 muestra un diagrama de flujo de una segunda parte del método de acuerdo con la presente invención, aplicada cuando hay múltiples canales de entrada y están funcionando independientemente.

La Fig. 5 muestra un diagrama de flujo de una tercera parte del método de acuerdo con la presente invención, aplicada cuando hay múltiples canales de entrada y están funcionando independientemente.

## Sumario de la invención

**[0016]** Aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía y método de control del mismo, adaptado para gestionar las operaciones del módulo elevador integrado de modo que se optimice la eficiencia eléctrica global del sistema.

**[0017]** Adicionalmente, el método de acuerdo con la presente invención permite que las operaciones de dicho inversor de doble etapa se gestionen cuando hay solamente un canal de entrada, cuando hay múltiples canales de entrada llamados a funcionar todos en paralelo y también cuando hay múltiples canales de entrada llamados a funcionar independientemente entre sí.

## Descripción detallada de la invención

**[0018]** El aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía de acuerdo con la presente invención comprende una etapa de entrada 10 provista con uno o más canales de entrada 11 independientes, cada uno conectado a generadores fotovoltaicos 12 separados, una etapa de salida 13 que a su vez comprende un módulo inversor 14, preferentemente del tipo de puente completo, del tipo monofásico o multifásico, que comprende preferentemente interruptores realizados con dispositivos activos tales como IGBT, MOSFET, etc. y un módulo de control 15 adaptado para regular el funcionamiento del aparato de acuerdo con los ajustes del usuario y las condiciones de las entradas y de la salida de dicho aparato.

**[0019]** Dicha etapa de entrada 10 y dicha etapa de salida 13 se conectan por medio de un módulo de almacenamiento de energía 17, normalmente indicado con la expresión enlace de CC, que comprende, por ejemplo, una pluralidad de condensadores 17. Dicho módulo de enlace de CC 17 forma en esencia la salida de la etapa de entrada 10 y la entrada de la etapa de salida 13 de dicho inversor.

**[0020]** Dicha etapa de entrada 10 comprende al menos un módulo elevador 16, uno para cada canal de entrada 11 independiente presente, adaptado para asegurar que el valor de tensión de dicho módulo de almacenamiento de energía 17 (enlace de CC) es mayor que el nivel mínimo permitido de modo que el inversor 14 de la etapa de salida 13 pueda funcionar apropiadamente de acuerdo con los requisitos de la red de distribución de tensión de CA con la que se asocia dicho inversor 14. Adicionalmente, dicho al menos un módulo elevador 16 actúa de modo que fije un valor de tensión de funcionamiento óptimo en la entrada del aparato (es decir en la salida de dichos generadores

fotovoltaicos 12) de acuerdo con el algoritmo de ajuste MPPT, que está presente para todos los canales de entrada 11 independientes, implementado en dicho módulo de control 15.

5 **[0021]** El método de control de acuerdo con la presente invención permite que dicho módulo de control 15 gestione las operaciones de dicho al menos un módulo elevador 16 de modo que optimice la eficiencia eléctrica global del sistema, mientras mantiene dicho al menos un módulo elevador 16 funcionando solamente cuando es esencial para el adecuado funcionamiento del aparato.

10 **[0022]** En primer lugar, dicho método de control proporciona el ajuste de los valores de referencia para los lazos de control de las diversas secciones del aparato de acuerdo con la presente invención.

15 **[0023]** La tensión de entrada mínima ( $V_{brutomin}$ ) requerida por dicho módulo inversor 14 depende del pico de la red de tensión de CA con la que se asocia dicho módulo inversor 14, incrementado por un coeficiente  $k$  que considera las pérdidas intrínsecas de los dispositivos de conmutación y de las técnicas de modulación usadas y, de acuerdo con ello, se calcula oportunamente. El valor  $V_{brutomin}$  es un valor de referencia de funcionamiento, ligado a las condiciones de funcionamiento del aparato, y se emplea para calcular y fijar otros valores de referencia que se emplean por el método de acuerdo con la presente invención.

20 **[0024]** Comenzando a partir del valor  $V_{brutomin}$ , se calcula el valor de la tensión de referencia para dicho módulo inversor 14,  $V_{brutoRefInversor}$ , ajustándola igual al valor de  $V_{brutomin}$  incrementado en una cantidad  $V_{delta1} \geq 0$ :

$$V_{brutoRefInversor} = V_{brutomin} + V_{delta1} .$$

25 **[0025]** El valor de referencia similar para el módulo elevador 16 ( $V_{brutoRefElevador}$ ) se fija en un valor mayor con respecto al valor de tensión de referencia similar para dicho módulo inversor 14 ( $V_{brutoRefInversor}$ ) de modo que no haya interacciones que se refieran al ajuste de la tensión de dicho enlace de CC, entre los lazos de control relacionados.

30 **[0026]**  $V_{brutoRefElevador} = V_{brutoRefInversor} + V_{delta2} = V_{brutomin} + V_{delta1} + V_{delta2}$ , en la que también  $V_{delta2} \geq 0$ . Entonces el valor de referencia real se calcula de la tensión de entrada total para dicho módulo inversor 14  $entrTotal = V_{entr} + V_{ruido}$  en la que  $V_{entr}$  es el valor de referencia de tensión de entrada con el mayor valor de todos los valores de referencia de tensión de entrada calculados por los diversos algoritmos MPPT relacionados con los diversos canales de entrada presentes y en funcionamiento, y en el que  $V_{ruido}$ , como se ha mencionado, representa una perturbación de funcionamiento fijada dentro de dicho algoritmo MPPT requerida para el funcionamiento del mismo, de acuerdo con lo que se ha descrito, por ejemplo, en las solicitudes internacionales PCT N.º WO2007072517 y WO2010079517, del mismo solicitante que la presente solicitud de patente.

40 **[0027]** En esencia, durante el funcionamiento del aparato de acuerdo con la presente invención, todos los canales de entrada 11 que están funcionando independientemente tienen su propio MPPT que ajusta continuamente y funciona de modo que fija un punto de funcionamiento del mismo, es decir un valor de tensión de referencia considerado que es ideal para el generador fotovoltaico al que se conecta; dichos valores de tensión de referencia se actualizan continuamente y pueden cambiar en general durante el funcionamiento del aparato para compensar cualesquiera variaciones de las condiciones de funcionamiento.

45 **[0028]** En todos los instantes, el más alto de dichos valores de referencia es un candidato a convertirse en el nuevo valor de referencia del convertidor aguas abajo, es decir para dicho módulo inversor 14,  $V_{entrTot}$ , calculada, por ejemplo, como se ha explicado anteriormente.

50 **[0029]** El método de control de acuerdo con la presente invención señala tres casos: 1) un canal de entrada único, 2) múltiples canales de entrada y funcionamiento en paralelo, 3) múltiples canales de entrada y funcionamiento independiente entre ellos.

**[0030]** El método de control de acuerdo con la presente invención establece dos valores de umbral adicionales:

55 Un primer umbral, relacionado con la desconexión del módulo elevador 16, igual a la tensión de referencia  $V_{brutoRefElev}$  más un primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y de modo que dicho módulo elevador 16 se desconecte cuando el valor de tensión de referencia total  $V_{entrTot}$  excede dicho primer umbral, es decir cuando, dicho brevemente, tiene lugar la condición  $V_{entrTot} > V_{brutoRefElevador} + \Delta 1$ .

60 Un segundo umbral, relacionado con la conexión del módulo elevador 16, igual a la tensión de referencia  $V_{brutoRefElevador}$  menos un segundo valor de histéresis  $\Delta 2$ , y de modo que dicho módulo elevador 16 se conecte cuando la tensión de entrada total disminuye a un nivel más bajo con respecto a dicho segundo umbral, es decir, cuando tiene lugar la condición  $V_{entrTot} < V_{brutoRefElevador} - \Delta 2$ .

**[0031]** En general, dichos primer y segundo valores de histéresis  $\Delta 1$  y  $\Delta 2$  pueden ser iguales o diferentes entre sí.

65 **[0032]** Con mayor detalle y con referencia a la figura 2 adjunta, en relación con el caso 1) de canal de entrada único y el caso 2) de múltiples canales de entrada en paralelo, el método de acuerdo con la presente invención

controla cíclicamente 20 el estado de funcionamiento de dicho módulo elevador 16.

5 **[0033]** Si dicho módulo elevador 16 está conectado, se comprueba 21 el valor de la tensión de entrada total  $V_{\text{entrTot}}$  con respecto al valor de tensión de referencia  $V_{\text{brutoRefElevador}}$ , incrementado por un primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y, si es mayor, dicho módulo elevador 16 se desconecta 22, en caso contrario se deja en funcionamiento 25.

10 **[0034]** Cuando dicha comprobación 20 establece que dicho módulo elevador 16 está desconectado en el momento, se comprueba 23 el valor de la tensión de entrada total  $V_{\text{entrTot}}$  con respecto al valor de tensión de referencia  $V_{\text{brutoRefElevador}}$ , menos un segundo valor de histéresis  $\Delta 2$ ; si es menor-que, se conecta 24 dicho módulo elevador 16, en caso contrario se deja en el estado desconectado 26.

15 **[0035]** Con referencia a la figura 3 adjunta, relacionada con el caso 3) en el que están presentes múltiples canales de entrada y funcionando independientemente, se comprueba cíclicamente 27 si los canales de entrada están funcionando o no; si solo está en funcionamiento uno de dichos canales de entrada, el método de acuerdo con la presente invención procede como en el caso de canal único o múltiples canales en paralelo, descrito anteriormente.

20 **[0036]** Si en su lugar están funcionando dos o más canales independientes, todos los canales tendrán su tensión de referencia ( $V_{\text{brutoRefCanal}}$ ) relacionada con la tensión  $V_{\text{bruto}}$ . Dicha tensión de referencia  $V_{\text{brutoRefCanal}}$  se establece 28 igual al valor máximo del valor de tensión de referencia para el valor del elevador 16  $V_{\text{brutoRefElevador}}$ , y la tensión de entrada total máxima  $V_{\text{entrTot}}$ , relacionada con los otros canales en funcionamiento.

25 **[0037]** Se procede a continuación como en el caso de un canal único o de múltiples canales en paralelo descritos anteriormente, para cada uno de los canales presentes, como se muestra en los diagramas de flujo ilustrados en las figuras 4 y 5 adjuntas.

**[0038]** Esto da como resultado que se desconecta el canal del módulo elevador 16 con la tensión de entrada total más alta calculada por su propio MPPT,  $V_{\text{entrTotmáxabs}}$ , si dicha tensión  $V_{\text{entrTotmáxabs}}$ , es mayor que  $V_{\text{brutoRefElevador}} + \Delta 1$ .

30 **[0039]** Al mismo tiempo, dicho módulo inversor 14 establece de nuevo como su referencia del regulador de tensión de entrada, es decir de la tensión de enlace de CC, la mayor de las tensiones calculadas de acuerdo con la tensión de salida  $V_{\text{brutoRefInversor}}$  y la mayor de todas las tensiones de entrada  $V_{\text{entrTotmáxabs}}$ .

35 **[0040]** De ese modo, si se desconecta uno de los módulos elevadores 16 debido a que su  $V_{\text{entrTot}}$  es igual a  $V_{\text{entrTotmáxabs}}$ , dicha tensión será ajustada de hecho a partir de entonces por el módulo inversor.

40 **[0041]** Para mantener tan constante como sea posible el flujo de la potencia generada por el aparato de acuerdo con la presente invención, cuando hay varios canales en funcionamiento independientes, el método de acuerdo con la presente invención puede proporcionar además re-sincronizar las perturbaciones  $V_{\text{ruido}}$  relacionadas con cada canal de entrada presente cada vez que se conecta 24 o desconecta 20 dicho módulo elevador 16.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de control para inversores de doble etapa que comprende una etapa de entrada (10) provista con al menos un canal de entrada (11) conectado a al menos un generador fotovoltaico (12) y que comprende al menos un módulo elevador (16), una etapa de salida (13) que comprende a su vez un módulo inversor (14), un módulo de almacenamiento de energía (17), asociado con dichas etapas de entrada (10) y salida (13) de modo que formen la carga y el suministro, respectivamente, y un módulo de control (15) adaptado para ajustar el funcionamiento de dicho aparato en el modo MPPT ("Maximum Power Point Tracking", o "Seguimiento del punto de potencia máxima"), **caracterizado por que** dicho método de control comprende las siguientes etapas:
- calcular el valor de tensión de entrada mínimo ( $V_{bruto\min}$ ) requerido por dicho módulo inversor (14);
  - seleccionar un primer valor de tensión de referencia por dicho módulo inversor (14) ( $V_{brutoRefInversor}$ ) de modo que sea mayor que o igual a dicho valor de tensión de entrada mínimo ( $V_{bruto\min}$ );
  - para cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), seleccionar el valor de tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ) de modo que sea mayor que o igual a dicho primer valor de tensión de referencia para dicho módulo inversor (14) ( $V_{brutoRefInversor}$ );
  - para cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), calcular el valor de referencia para la tensión de entrada de dicho módulo elevador (16) de acuerdo con el modo MPPT;
  - seleccionar el más alto de los valores de referencia ( $V_{entr}$ ) para la tensión de entrada de dicho módulo elevador (16) calculado en la etapa precedente;
  - calcular un segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) para dicho módulo inversor (14) basándose en el valor seleccionado en la etapa precedente, de modo que dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) sea mayor que o igual a  $V_{entr}$ ;
  - si dicho módulo elevador (16) está conectado, comprobar (21) el valor de dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) con respecto al valor de dicha tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ), incrementado por un primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y, si dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) es mayor, desconectar (22) dicho módulo elevador (16), en caso contrario dejarlo en funcionamiento (25);
  - si dicho módulo elevador (16) está desconectado, comprobar (23) el dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) con respecto al valor de dicha tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ), disminuido por un segundo valor de histéresis  $\Delta 2$ ; si dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) es más pequeño, conectar (24) dicho módulo elevador (16), en caso contrario dejarlo en el estado desconectado (26).
2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende la etapa adicional de j) para cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), seleccionar (28) una tensión de referencia ( $V_{brutoRefCanal}$ ) para dicho módulo elevador (16) igual al valor máximo del valor calculado en la etapa c) precedente ( $V_{brutoRefElevador}$ ) y el valor calculado en la etapa e) precedente ( $V_{entr}$ ).
3. El método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 1 a 2 **caracterizado por que** dicho primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y dicho segundo valor de histéresis  $\Delta 2$  tienen el mismo valor.
4. El método de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 1 a 3 **caracterizado por que** dicha tensión de entrada mínima ( $V_{bruto\min}$ ) depende del pico de la red de tensión de CA con la que dicho módulo inversor (14) está asociado, incrementado por un coeficiente k.
5. Un aparato inversor de doble etapa para sistemas de conversión de energía que comprende una etapa de entrada (10) provista con al menos un canal de entrada (11) conectado a al menos un generador fotovoltaico (12) y que comprende al menos un módulo elevador (16), una etapa de salida (13) que comprende a su vez un módulo inversor (14) con la salida asociada con la red de distribución de tensión de CA, un módulo de almacenamiento de energía (17), asociado con dichas etapas de entrada (10) y salida (13) de modo que formen la carga y el suministro, respectivamente, y un módulo de control (15) adaptado para regular el funcionamiento de dicho aparato de acuerdo con los ajustes del usuario y con las condiciones de las entradas y la salida de dicho aparato y para ajustar el funcionamiento de dicho aparato en el modo MPPT ("Maximum Power Point Tracking", o "Seguimiento del punto de potencia máxima"), **caracterizado por que** dicho módulo de control (15) está adaptado además para
- calcular el valor de tensión de entrada mínimo ( $V_{bruto\min}$ ) requerido por dicho módulo inversor (14);
  - seleccionar un primer valor de tensión de referencia por dicho módulo inversor (14) ( $V_{brutoRefInversor}$ ) de modo que sea mayor que o igual a dicho valor de tensión de entrada mínimo ( $V_{bruto\min}$ );
  - para cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), seleccionar el valor de tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ) de modo que sea mayor que o igual a dicho primer valor de tensión de referencia para dicho módulo inversor (14) ( $V_{brutoRefInversor}$ );
  - para cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), calcular el valor de referencia para la tensión de entrada de dicho módulo elevador (16) de acuerdo con el modo MPPT;
  - seleccionar el más alto de los valores de referencia ( $V_{entr}$ ) para la tensión de entrada de dicho módulo elevador (16) calculado en la etapa precedente;

- f) calcular un segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) para dicho módulo inversor (14) basándose en el valor seleccionado en la etapa precedente, de modo que dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) sea mayor que o igual a  $V_{entr}$ ;
- 5 g) si dicho módulo elevador (16) está conectado, comprobar (21) el valor de dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) con respecto al valor de dicha tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ), incrementado por un primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y, si dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) es mayor, desconectar (22) dicho módulo elevador (16), en caso contrario dejarlo en funcionamiento (25);
- 10 h) si dicho módulo elevador (16) está desconectado, comprobar (23) el dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) con respecto al valor de dicha tensión de referencia para dicho módulo elevador (16) ( $V_{brutoRefElevador}$ ), disminuido por un segundo valor de histéresis  $\Delta 2$ ; si dicho segundo valor de tensión de referencia ( $V_{entrTot}$ ) es más pequeño, conectar (24) dicho módulo elevador (16), en caso contrario dejarlo en el estado desconectado (26).
- 15 **6.** El aparato de acuerdo con la reivindicación 5 **caracterizado por que** dicho módulo de control (15) está adaptado además para:
- 20 j) cada uno de dichos al menos un canal de entrada (11), seleccionar (28) una tensión de referencia ( $V_{brutoRefCanal}$ ) para dicho módulo elevador (16) igual al valor máximo del valor calculado en la etapa c) precedente ( $V_{brutoRefElevador}$ ) y el valor calculado en la etapa e) precedente ( $V_{entr}$ ).
- 7.** El aparato de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 5 a 6 **caracterizado por que** dicho primer valor de histéresis  $\Delta 1$  y dicho segundo valor de histéresis  $\Delta 2$  tienen el mismo valor.
- 25 **8.** El aparato de acuerdo con una o más de las reivindicaciones de 5 a 7 **caracterizado por que** dicha tensión de entrada mínima ( $V_{brutoMin}$ ) depende del pico de la red de tensión de CA con la que dicho módulo inversor (14) está asociado, incrementado por un coeficiente k.

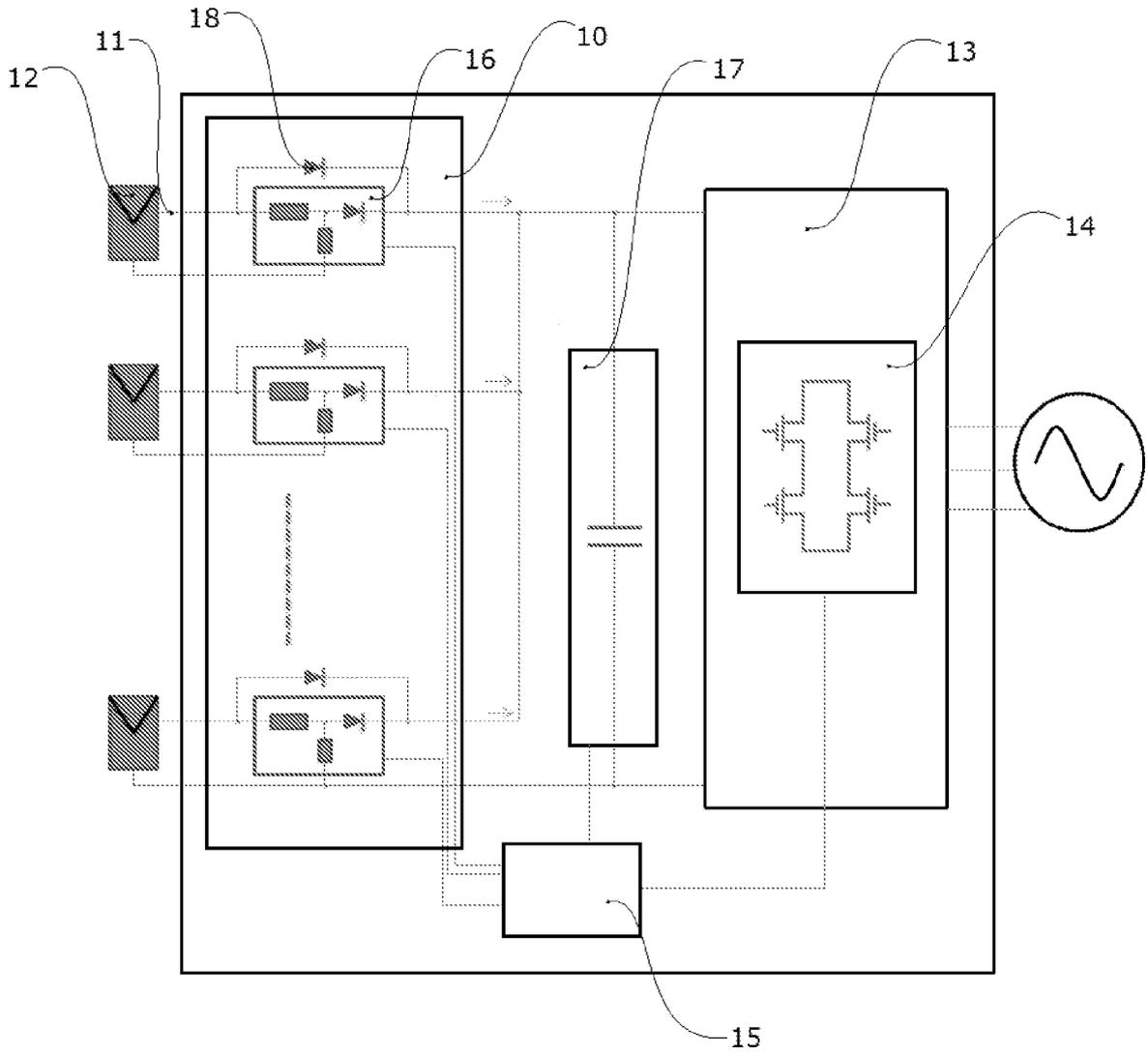


Fig. 1

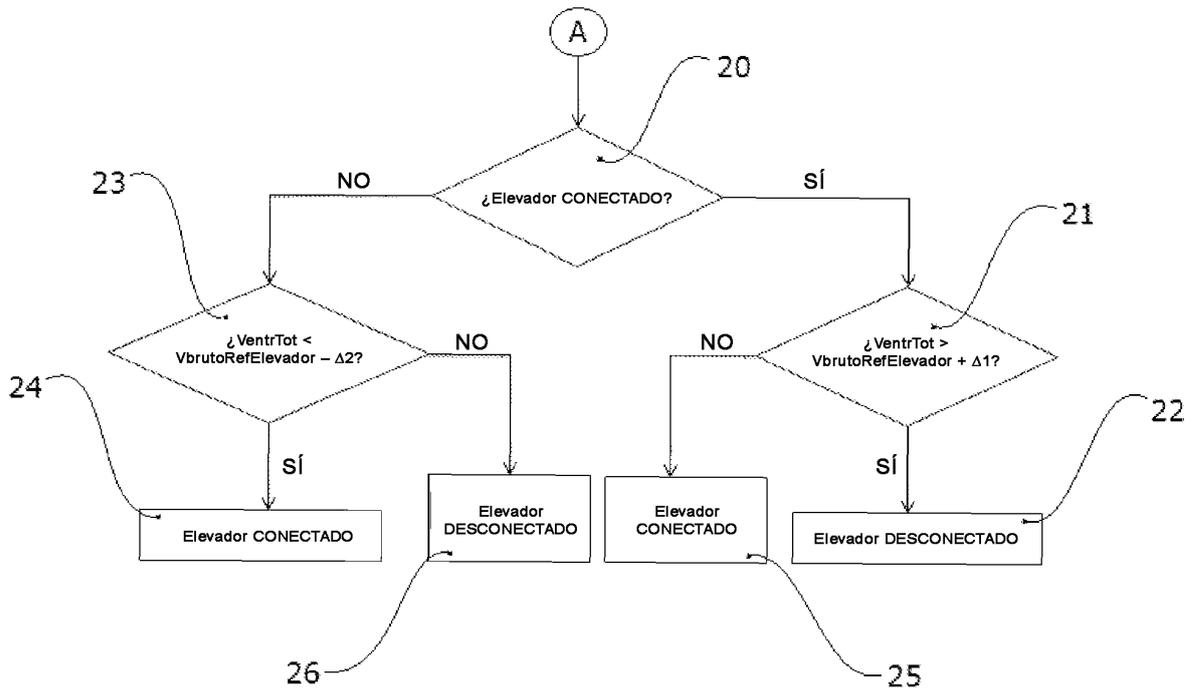


Fig. 2

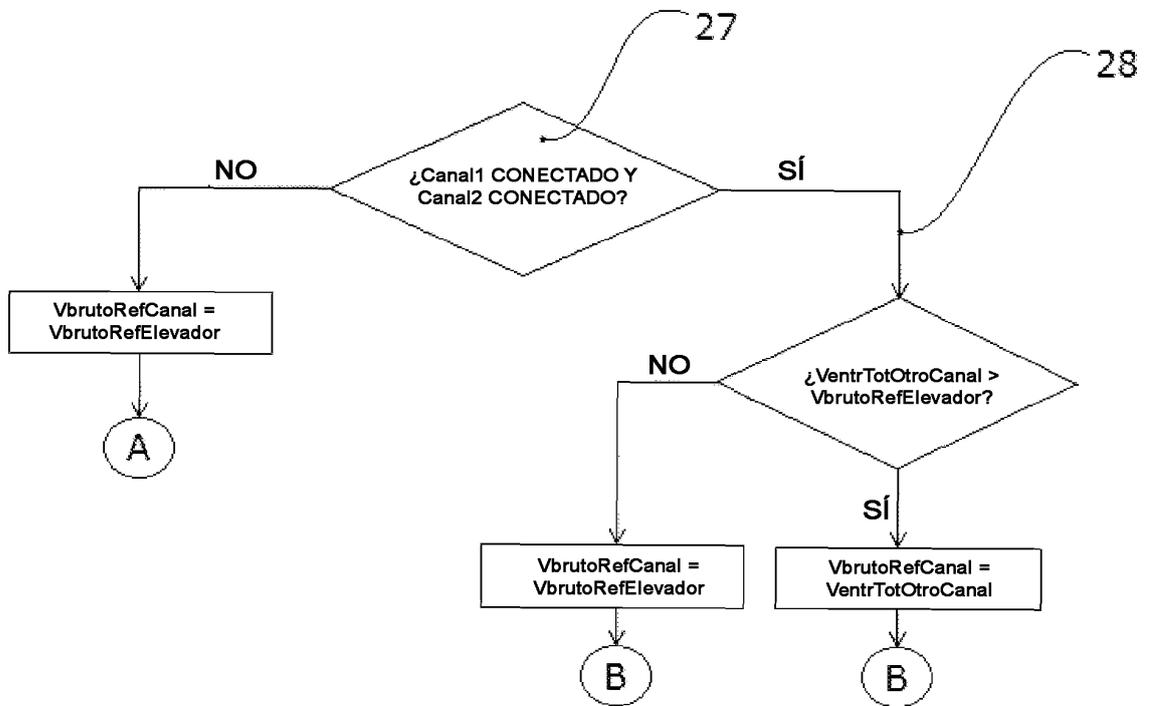


Fig. 3

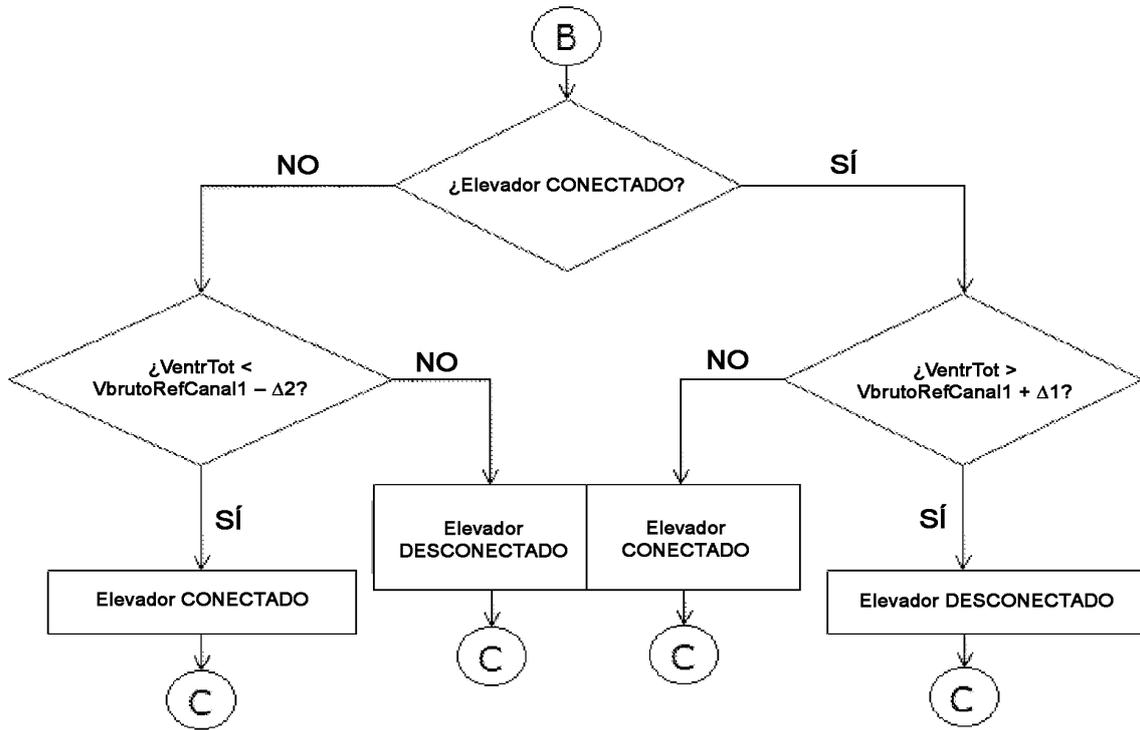


Fig. 4

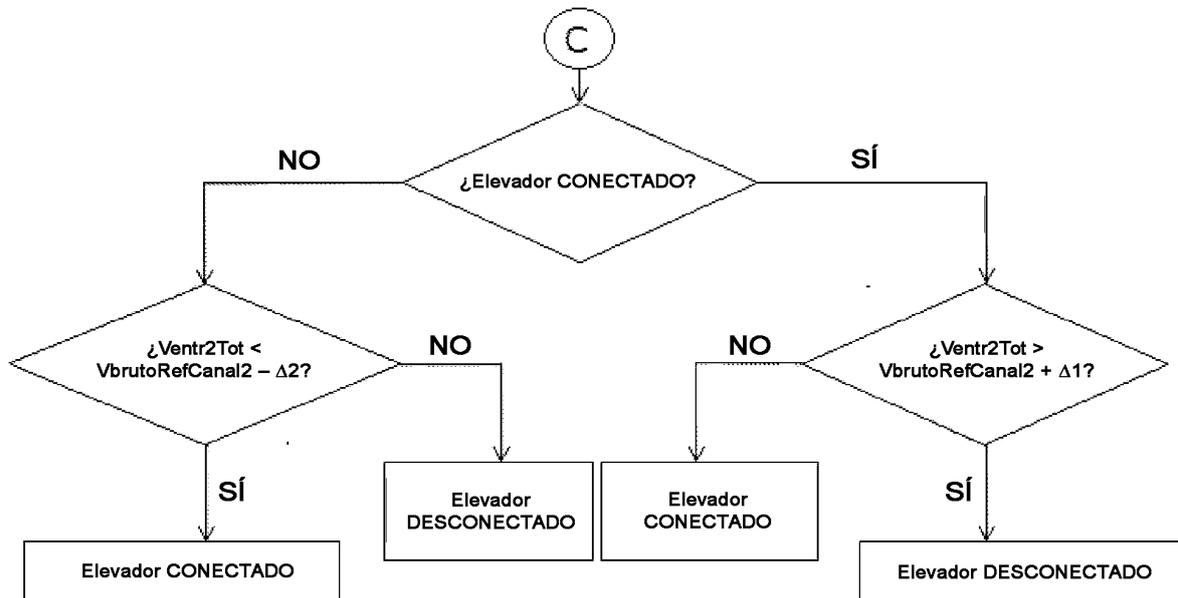


Fig. 5