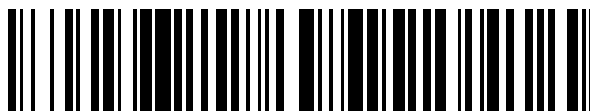


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 763 860**

51 Int. Cl.:

G05F 1/67 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.02.2010 E 10154537 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.10.2019 EP 2360546**

54 Título: **Procedimiento para determinar un punto de máxima potencia de generadores fotovoltaicos**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
01.06.2020

73 Titular/es:

**SMA SOLAR TECHNOLOGY AG (100.0%)
Sonnenallee 1
34266 Niestetal , DE**

72 Inventor/es:

**HOPF, DIPL.-ING. MARKUS;
BETTENWORT, DR.-ING. GERD y
KLEIN, DR. RER. NAT. JENS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 763 860 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Procedimiento para determinar un punto de máxima potencia de generadores fotovoltaicos

La invención se refiere a un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Los generadores fotovoltaicos (PV = fotovoltaica) generan energía eléctrica como resultado de la radiación incidente de luz. Para poder alimentar la tensión continua generada por los generadores fotovoltaicos a una red de distribución pública se necesitan inversores. En la gestión del funcionamiento de este inversor se realiza mediante un llamado "seguidor del punto de máxima potencia" (en inglés, MPP-tracker) una regulación continua de la toma de potencia, de modo que un generador fotovoltaico se hace funcionar a ser posible siempre en el punto de la toma de potencia máxima "MPP" (Maximum Power Point, en español: Punto de Máxima Potencia). Este seguidor del MPP varía para 10 ello la corriente tomada o la tensión lo que corresponde a un importe pequeño, calcula respectivamente el producto de corriente y tensión y regula el valor de corriente o tensión hacia una potencia más elevada. El MPP óptimo pretendido de la curva característica I-U forma el máximo global de la curva característica P-U.

15 En caso de un sombreado parcial de un generador fotovoltaico se genera en muchos casos más que un máximo local en la curva característica P-U. No obstante, la mayor parte de los procedimientos de seguimiento del MPP (MPP: Maximum Power Point, en español: punto de máxima potencia) no son capaces de distinguir entre máximos locales y globales. En la práctica, esto puede conducir a pérdidas del rendimiento en función del origen de la aparición de la sombra, si el seguidor del MPP pasa al MPP local y permanece allí.

En caso de una búsqueda en toda la zona de funcionamiento de una instalación pueden producirse pérdidas energéticas. Una reducción de las pérdidas puede realizarse mediante una limitación de las zonas en las que se busca.

20 Un aspecto de la invención es, por lo tanto, crear un procedimiento optimizado para determinar un punto de máxima potencia de generadores fotovoltaicos. Para ello sirven respectivamente los procedimientos con las características de las reivindicaciones 1 y 2.

25 Mediante el procedimiento se minimizan las pérdidas que se producen durante la búsqueda en la búsqueda de un punto de potencia más elevada, es decir, de un punto global de máxima potencia MPP, mediante una restricción inteligente de la zona de búsqueda. Condición previa es aquí que el punto global de máxima potencia MPP siga encontrándose en la zona de búsqueda restringida. Es decir, que la búsqueda de un punto de potencia más elevada mediante el uso de criterios definidos debe finalizar cuando ya no hay perspectiva de un aumento de la potencia en caso de mantenerse la dirección de la búsqueda. La duración de la búsqueda y las pérdidas que se producen durante la búsqueda pueden reducirse de este modo en parte considerablemente en función del estado de funcionamiento del generador fotovoltaico, así como de los datos técnicos del inversor PV. Una búsqueda se realiza por ejemplo mediante subida y bajada en rampa de la tensión PV.

35 La reivindicación 1 crea un procedimiento preferible para determinar un punto global de máxima potencia (MPP) de un generador fotovoltaico (PV) mediante una variación de al menos un parámetro de los dos parámetros tensión de búsqueda y corriente de búsqueda mediante un dispositivo montado a continuación del generador fotovoltaico en una zona de búsqueda en la que se busca como máximo en una curva de potencia/tensión con las siguientes etapas del procedimiento:

- a) inicialización mediante definición de un punto de inicio habiendo una potencia de inicio con una tensión de inicio y una corriente de inicio;
- 40 b) búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en solo una dirección de la búsqueda (5, 6) mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda, teniéndose en cuenta al menos dos condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda; y
- c) finalización de la búsqueda cuando se cumpla una de las al menos dos condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa b).

45 La reivindicación 2 crea de acuerdo con otra variante ventajosa y preferible un procedimiento para determinar un punto global de máxima potencia (MPP) de un generador fotovoltaico (PV) mediante una variación de al menos un parámetro de los dos parámetros tensión de búsqueda y corriente de búsqueda mediante un dispositivo montado a continuación del generador fotovoltaico en una zona de búsqueda en la que se busca como máximo en una curva de potencia/tensión con las siguientes etapas del procedimiento:

- 50 a) inicialización mediante definición de un punto de inicio habiendo una potencia de inicio con una tensión de inicio y una corriente de inicio;
- b) búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en una primera dirección de la búsqueda mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda, teniéndose en cuenta al menos una primera condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda;
- 55 c) finalización de la búsqueda en la primera dirección de la búsqueda cuando se cumpla la primera condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa b);
- d) a continuación, búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en una segunda dirección de la búsqueda mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda,

teniéndose en cuenta al menos una segunda condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda; y e) finalización de la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda cuando se cumpla la segunda condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa d),

ajustándose tras la finalización de la búsqueda el punto global con la potencia máxima determinada.

- 5 En el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ha de destacarse como ventaja la eficiencia especial por tenerse en cuenta dos o más condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda.

En el procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 ha de destacarse como ventaja la eficiencia especial por tenerse en cuenta dos direcciones de búsqueda y al menos una o más condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda.

- 10 De acuerdo con una variante preferible pero no imprescindible, también de acuerdo con la reivindicación 2 se tienen en cuenta dos o más condiciones restrictivas para la restricción de una zona de búsqueda en la búsqueda para aumentar aún más la eficiencia.

- 15 De forma especialmente preferible, la al menos una condición restrictiva para la restricción de una zona de búsqueda puede comprender una condición de interrupción lógicamente determinada, que dice que no puede haber una perspectiva de un aumento de la potencia en caso de mantenerse una dirección de la búsqueda. De este modo se reducen pérdidas de potencias por el procedimiento MPP.

- 20 Aquí también es ventajoso que se determine o se determinen al menos una de las condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda evaluándose los parámetros dados en un estado de funcionamiento ya alcanzado durante la búsqueda, puesto que de este modo el procedimiento se adapta siempre actualmente al estado de funcionamiento dado.

De acuerdo con otra variante preferible es recomendable que la al menos una o varias condición(es) restrictiva(s) para la restricción de la zona de búsqueda se determine o se determinen evaluándose los parámetros dados en un estado de funcionamiento actual con ayuda de una determinación de una condición supletoria o de varias condiciones supletorias que deben estar dadas por condiciones supletorias físicas en este estado de funcionamiento.

- 25 De acuerdo con una variante opcional de la invención es ventajoso que la búsqueda en la primera dirección de la búsqueda se realice como búsqueda en el lado derecho, en la que partiendo de un punto de inicio puede aumentarse repetidamente paso a paso la tensión de búsqueda o reducirse la corriente de búsqueda.

- 30 De acuerdo con otra variante opcional, también es ventajoso que la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda se realice como búsqueda en el lado izquierdo, en la que partiendo de un punto de inicio se reduce repetidamente paso a paso la tensión de búsqueda o se aumenta la corriente de búsqueda.

Es especialmente ventajoso y aumenta la precisión del procedimiento MPP si el cumplimiento de una de las condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda se vuelve a comprobar nuevamente de forma continua durante la realización del procedimiento.

- 35 La al menos una condición restrictiva para la restricción de una zona de búsqueda puede comprender una condición de interrupción lógicamente determinada que dice que no se alcanza una potencia mínima en caso de mantenerse una dirección de la búsqueda.

Es recomendable que la al menos una condición restrictiva sea una condición de interrupción que tenga en cuenta uno o varios de los siguientes parámetros, de forma individual o vinculada:

- 40 Upv:= tensión actual del generador fotovoltaico,
Ipv:= corriente actual del generador fotovoltaico,
Ppv:= potencia actual del generador fotovoltaico,
Pmin:= potencia mínima a cumplir del generador fotovoltaico,
Pmax: potencia máxima que se ha encontrado hasta ahora en una búsqueda y
45 Ibúsqueda:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor),
Ubúsqueda:= tensión de búsqueda máxima,
Pnominal:= potencia nominal del generador fotovoltaico,
ki:= factor corriente MPP/corriente de cortocircuito de un tipo de célula correspondiente.

- 50 Después de encontrarse un punto de potencia más elevada durante una búsqueda en el lado derecho, puede omitirse la búsqueda en el lado izquierdo, si el producto de la tensión de inicio y la corriente de búsqueda es inferior a una potencia máxima o igual a una potencia máxima o después de encontrarse un punto de potencia más elevada durante una búsqueda en el lado izquierdo, puede omitirse la búsqueda en el lado derecho, si el producto de la corriente de inicio y la tensión de búsqueda es inferior a una potencia máxima o igual a una potencia máxima.

Preferentemente se selecciona una dirección de la búsqueda antes de comenzar con una búsqueda, aunque esto no sea imprescindible.

Preferentemente se selecciona la búsqueda en el lado derecho, si la potencia máxima posible en caso de una búsqueda en el lado derecho es superior a la potencia máxima posible en caso de una búsqueda en el lado izquierdo y viceversa.

5 No obstante, también es concebible que, si la potencia máxima posible en el caso de la búsqueda en el lado izquierdo y la potencia máxima posible en el caso de la búsqueda en el lado derecho son iguales, una selección de una dirección de la búsqueda se realice aleatoriamente.

Preferentemente, se guarda el punto de máxima potencia respectivamente determinado y/o la tensión en este punto o la corriente en este punto.

10 Además, es recomendable que después de finalizar la búsqueda se ajuste el punto con la potencia máxima determinada.

Respecto al objeto de la reivindicación 2 cabe señalar que la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda dado el caso también puede omitirse si se cumple una condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda.

Preferentemente, en la reivindicación 2 la primera condición restrictiva es diferente de la segunda condición restrictiva.

15 En una variante especialmente ventajosa del procedimiento, las condiciones para la restricción de la zona de búsqueda se definen ya antes de una búsqueda. Esto simplifica la búsqueda aún más.

En otra variante preferible se tiene en cuenta que durante la búsqueda la potencia no debe quedar por debajo de una potencia mínima definida. Esto es ventajoso, por ejemplo, si la potencia necesaria para el funcionamiento del inversor PV se recibe solo a través de una cadena PV, o no debe o no puede recibirse a través de la red a la que se alimenta.

20 El procedimiento para la búsqueda de un punto de potencia más elevada o máximo con zona de búsqueda restringida puede usarse, entre otras cosas, para hacer pasar un procedimiento de seguimiento existente al punto global de máxima potencia MPP o para encontrar un punto de inicio para un procedimiento de seguimiento, aunque también puede usarse como procedimiento de seguimiento propiamente dicho de un inversor.

25 En otra realización, al fijarse el punto de inicio puede determinarse una tensión de inicio, una corriente de inicio, una tensión de búsqueda máxima y una corriente de búsqueda máxima. Estos valores pueden actualizarse durante la búsqueda, por lo que se acorta un tiempo de búsqueda.

La búsqueda en la primera dirección de la búsqueda se realiza aumentándose una tensión de búsqueda o reduciéndose una corriente de búsqueda y la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda se realiza reduciéndose una tensión de búsqueda y aumentándose una corriente de búsqueda. El aumento y la reducción se realizan de forma continua o en pasos que pueden ser definidos.

30 La al menos una condición restrictiva para la restricción de una zona de búsqueda es una condición de interrupción si no hay una perspectiva de un aumento de la potencia en caso de mantenerse una dirección de la búsqueda, por lo que el procedimiento se acorta en comparación con procedimientos conocidos.

35 Otro aumento de la eficiencia resulta si antes de comenzar con una búsqueda se selecciona una dirección de la búsqueda. Esto puede realizarse por ejemplo con ayuda de la potencia máxima posible en el caso de una búsqueda en el lado izquierdo y la potencia máxima posible en caso de una búsqueda en el lado derecho. Puede seleccionarse por ejemplo la búsqueda en el lado derecho si la potencia máxima posible en la búsqueda en el lado derecho es superior a la potencia máxima posible en la búsqueda en el lado izquierdo y viceversa. Si no hay una diferencia esencial entre las potencias máximas posibles, puede seleccionarse una dirección de la búsqueda de forma aleatoria. Dado el caso, después de realizar la búsqueda en la dirección de la búsqueda seleccionada puede omitirse una
40 búsqueda en la dirección opuesta.

Además, es razonable combinar varias de las condiciones restrictivas entre sí.

A continuación, la invención se explicará más detalladamente con ayuda de una realización a modo de ejemplo haciéndose referencia a los dibujos adjuntos. Aquí muestran:

- La Figura 1 un esquema equivalente a modo de ejemplo de un generador fotovoltaico;
- 45 La Figura 2 una representación gráfica de curvas características PU a modo de ejemplo de un generador fotovoltaico;
- La Figura 3a una representación gráfica de un ejemplo de un cambio de una tensión para una búsqueda de un punto global de máxima potencia MPP a lo largo del tiempo;
- La Figura 3b una curva de potencia que corresponde a la Figura 3a para mostrar pérdidas en una búsqueda;
- 50 La Figura 4a un diagrama de flujo de un primer ejemplo de realización de un procedimiento de acuerdo con la

		invención para encontrar un punto global de máxima potencia MPP;
	La Figura 4b	un diagrama de flujo de un segundo ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para encontrar un punto de máxima potencia MPP;
5	La Figura 5	una representación gráfica a modo de ejemplo de una realización de una búsqueda en el lado derecho con tensión predeterminada;
	La Figura 6a	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho con tensión predeterminada;
	La Figura 6b	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho con corriente predeterminada;
10	La Figura 7	una representación gráfica a modo de ejemplo de una realización de una búsqueda en el lado izquierdo con tensión predeterminada;
	La Figura 8a	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo con tensión predeterminada;
15	La Figura 8b	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo con corriente predeterminada
	La Figura 9	una representación gráfica para mostrar un punto de máxima potencia MPP con curva característica IU no sombreada;
20	La Figura 10	otra representación gráfica a modo de ejemplo de una realización de una búsqueda en el lado derecho, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con tensión predeterminada;
	La Figura 11a	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con tensión predeterminada de acuerdo con la Figura 10;
25	La Figura 11b	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con corriente predeterminada de acuerdo con la Figura 10;
	La Figura 12	otra representación gráfica para mostrar un punto de máxima potencia MPP con curva característica IU no sombreada;
30	La Figura 13	otra representación gráfica a modo de ejemplo de una realización de una búsqueda en el lado izquierdo, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con tensión predeterminada;
	La Figura 14a	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con tensión predeterminada de acuerdo con la Figura 13;
35	La Figura 14b	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo, teniéndose en cuenta la potencia nominal del generador PV conectado con corriente predeterminada de acuerdo con la Figura 13;
	La Figura 15	una representación gráfica a modo de ejemplo para la derivación de una restricción de la zona de búsqueda para garantizar una potencia mínima definida en una búsqueda en el lado derecho;
40	La Figura 16	una representación gráfica a modo de ejemplo para la derivación de una restricción de la zona de búsqueda para garantizar una potencia mínima definida en una búsqueda en el lado izquierdo;
	La Figura 17	una representación gráfica a modo de ejemplo para mostrar la omisión de la búsqueda en la dirección opuesta en caso de una búsqueda en el lado derecho;
45	La Figura 18	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho de acuerdo con la Figura 17;
	La Figura 19	una representación gráfica a modo de ejemplo para mostrar la omisión de la búsqueda en la dirección opuesta en caso de una búsqueda en el lado izquierdo;
	La Figura 20	un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho de acuerdo con la Figura 19;

La Figura 21 una representación gráfica a modo de ejemplo para mostrar una selección de la dirección de la búsqueda, empezándose con una búsqueda en el lado derecho;

La Figura 22 un diagrama de flujo a modo de ejemplo en una selección de la dirección de la búsqueda de acuerdo con la Figura 21;

5 La Figura 23 una representación gráfica a modo de ejemplo para mostrar una selección de la dirección de la búsqueda empezándose con una búsqueda en el lado izquierdo.

En la Figura 1 está representado un esquema equivalente a modo de ejemplo de una instalación para la generación de energía.

10 Un generador fotovoltaico PV, que está formado por ejemplo por una o varias cadenas de células solares de silicio, está representado como fuente de corriente PV', que está conectada en paralelo a un diodo D y a una resistencia Ri. En sus conexiones está conectada una carga variable RL, por la que fluye la corriente Ipv del módulo PV y en la que cae una tensión Upv.

15 A continuación del generador fotovoltaico está montado por lo general como carga variable RL un dispositivo, preferentemente una disposición denominada en conjunto "inversor", formada por ejemplo por un convertidor CC/CC y un inversor CC/CA, realizándose en el convertidor CC/CC un ajuste del punto de trabajo óptimo o del punto de máxima potencia MPP en una curva característica potencia/tensión del generador fotovoltaico PV mediante un llamado seguidor MPP o un procedimiento de seguimiento MPP que se ejecuta o realiza en el convertidor CC/CC preferentemente mediante un microprocesador que controla el convertidor CC/CC.

Esto se explicará a continuación más detalladamente.

20 La Figura 2 muestra una representación esquemática de curvas características potencia/tensión mostrados a modo de ejemplo o denominadas de forma abreviada "curvas características PU" de un generador fotovoltaico PV. Una curva característica nominal 10 de un generador fotovoltaico PV no sombreado presenta un máximo. Este se denomina punto de máxima potencia 1 MPP (Maximum Power Point).

25 Por ejemplo, en el caso de un sombreado parcial del módulo PV o del generador fotovoltaico puede generarse más de un máximo local en la curva característica PU, de modo que resulta por ejemplo una curva característica real 11 con un punto global de máxima potencia MPP 2 y un punto local de máxima potencia MPP 3.

30 Para que un módulo PV pueda hacerse funcionar según su curva característica real 11 correspondiente en el punto de máxima potencia MPP, está previsto el procedimiento de gestión del funcionamiento, que puede presentar un llamado procedimiento de seguimiento MPP o una subrutina o una rutina independiente del procedimiento como parte integrante del mismo.

Por el término "búsqueda en el lado derecho" se entenderá en lo sucesivo una búsqueda con el procedimiento de seguimiento MPP en la curva característica PU en una zona a la derecha de un punto de inicio hacia tensiones Upv más elevadas. Para ello se aumenta de forma repetida, paso a paso o de forma continua, la tensión de búsqueda o se reduce una corriente de búsqueda (véase al respecto también la Figura 5).

35 Por el término "búsqueda en el lado izquierdo" se entenderá correspondientemente una búsqueda en una zona a la izquierda de un punto de inicio hacia tensiones Upv más bajas. Para ello se reduce de forma repetida, paso a paso o de forma continua, la tensión de búsqueda o se aumenta una corriente de búsqueda.

40 En una interrupción por ejemplo cíclica o disparada por un evento de un seguidor MPP convencional y mediante una búsqueda de un punto de máxima potencia MPP más elevado, el seguidor MPP puede determinar el punto global de máxima potencia MPP 2 e irse al mismo o ajustarlo.

En este contexto cabe señalar que la siguiente descripción del procedimiento de acuerdo con la invención se describe para simplificar la descripción con ayuda de una búsqueda con tensión predeterminada. La idea inventiva incluye una realización correspondiente de la idea inventiva con una búsqueda con corriente predeterminada.

45 Para ello, la Figura 3a muestra una representación gráfica de un cambio de una tensión Upv respecto al tiempo t para una búsqueda de un punto global de máxima potencia MPP.

Una búsqueda de este tipo puede realizarse por ejemplo mediante un ajuste hacia arriba y hacia abajo o una subida o bajada en rampa de la tensión PV Upv entre una tensión de búsqueda máxima 20 y una tensión de búsqueda límite mínima 26 (de forma análoga, también puede variarse la corriente PV Ipv).

50 Si se encuentra durante este proceso un punto de potencia más elevada, después de la búsqueda es posible irse de forma selectiva al mismo. Una búsqueda de este tipo conduce a un funcionamiento temporal del generador a potencia reducida y, por lo tanto, a la pérdida de un rendimiento de energía que puede conseguirse en función de la duración de la búsqueda, la frecuencia de la búsqueda y la zona de búsqueda. Este rendimiento de energía perdido se muestra como potencia perdida 19 en la Figura 3b en una potencia Ppv que se corresponde con la de la Figura 3a respecto al

tiempo.

Mediante un procedimiento de acuerdo con la invención que se muestra en las Figuras 4a y 4b como diagrama de flujo y que se describirá a continuación más detalladamente, se minimiza la potencia perdida 19 en una búsqueda de un punto de potencia más elevada o del punto global de máxima potencia MPP, por medio de una restricción inteligente de la zona de búsqueda.

5 Una restricción de la zona de búsqueda puede realizarse por lo general mediante el cumplimiento de un criterio de interrupción que se controla continuamente, pero también alcanzándose un valor predeterminado de un parámetro durante la realización del procedimiento.

10 En la Figura 4a se muestra un diagrama de flujo de un primer ejemplo de realización de un procedimiento de acuerdo con la invención para encontrar un punto de máxima potencia MPP.

En una primera etapa del procedimiento 100 se comienza con una búsqueda, definiéndose diferentes condiciones supletorias, en particular un punto de inicio. Este punto de inicio puede ser un valor que se ha determinado en la última búsqueda. No obstante, también puede estar situado en cualquier lugar en la curva característica PU 10, 11 de la Figura 2, y también es posible determinarlo por cálculo.

15 En una segunda etapa del procedimiento 200 se realizan inicializaciones, como por ejemplo el ajuste de la tensión de inicio o de la corriente de inicio para la búsqueda en el convertidor CC/CC.

300 se refiere a una tercera etapa del procedimiento, en la que se realiza una búsqueda como bucle del programa. Aquí se comprueba o genera y comprueba también al menos una restricción de la zona de búsqueda como condición de interrupción para el bucle del programa.

20 En la etapa del procedimiento 400 se va a un punto de máxima potencia MPP encontrado y/o se guarda el mismo para otras aplicaciones.

Finalmente, el procedimiento finaliza en la etapa del procedimiento 500.

La Figura 4b muestra un diagrama de flujo de un segundo ejemplo de realización del procedimiento de acuerdo con la invención para encontrar un punto de máxima potencia MPP.

25 A diferencia del primer ejemplo de realización, aquí se realiza en una etapa del procedimiento 250 adicional la definición de restricciones de la zona de búsqueda antes de una búsqueda y/o la determinación de una dirección de la búsqueda preferible.

Ahora se explicarán diferentes restricciones ventajosas de la zona de búsqueda, que pueden simplificar y acortar la búsqueda de un MPP si se tienen en cuenta de forma individual o en parte también en combinación.

30 El principio en la restricción de la zona de búsqueda por una zona posible de una potencia más elevada es el siguiente: En la búsqueda de un punto de potencia más elevada, gracias a usarse al menos uno o varios criterios definidos como condición de interrupción, se comprueba en cada etapa si hay una perspectiva de un aumento de la potencia en caso de mantenerse la dirección de la búsqueda. Si esto no es el caso, se interrumpe la búsqueda.

35 Se describen en primer lugar las condiciones de interrupción respectivamente para una búsqueda en el lado derecho 5 y una búsqueda en el lado izquierdo 6.

La derivación de la condición de interrupción en la búsqueda en el lado derecho 5 está representada en la Figura 5.

La curva con el signo de referencia 12 es aquí la potencia máxima hasta ahora encontrada.

De todos los pares de valores de tensión PV Upv y corriente PV Ipv en esta curva 12 resulta la misma potencia cuando se multiplican entre sí.

40 La curva 12 se actualiza durante la búsqueda cuando se encuentra una potencia más elevada.

La tensión de búsqueda máxima 20 y una corriente de búsqueda máxima 30 delimitan una zona de búsqueda y dependen del generador fotovoltaico PV, de los datos técnicos de un inversor (no mostrado) montado a continuación del generador fotovoltaico PV, así como, dado el caso, del estado de funcionamiento de este último.

45 Un punto de inicio 4 aquí representado puede ser tanto un punto global o local de máxima potencia MPP, como también un punto a elegir libremente en la curva característica IU del generador fotovoltaico PV, que está dibujada aquí como curva característica real 11 con una línea de trazo interrumpido.

El punto de intersección de la curva característica real 11 con Upv indica la tensión en vacío 21 del generador fotovoltaico PV y el punto de intersección de la curva característica real 11 con el eje Ipv es la corriente de cortocircuito 31.

En la búsqueda en el lado derecho 5, partiendo de una tensión de inicio 22 en el punto de inicio 4, un punto de potencia más elevada solo puede estar situado al lado derecho de esta tensión.

Además, un punto de potencia más elevada solo puede estar situado por encima de la curva con la potencia máxima 12 hasta ahora encontrada.

- 5 Por razones físicas, en un módulo PV o en un generador fotovoltaico, la corriente no puede subir al aumentarse la tensión PV; como máximo puede mantenerse constante.

Por lo tanto, un punto de potencia más elevada solo puede estar situado en la corriente PV I_{pv} actual o por debajo de la misma.

- 10 Por consiguiente, partiendo de la tensión de inicio 22, la zona de potencia 13 representada con puntos resulta ser una zona posible para un punto de potencia más elevada.

- 15 Cuando la corriente PV I_{pv} queda por debajo de la corriente en el punto de intersección (punto final de búsqueda en el lado derecho 40) de la tensión de búsqueda máxima 20 y la línea con la potencia máxima 12 hasta ahora encontrada durante una búsqueda en el lado derecho 5, puede interrumpirse la búsqueda en caso de haber una corriente de interrupción en el lado derecho 33 y la tensión de interrupción 23 correspondiente en el lado derecho, puesto que se ha vuelto inalcanzable la posible zona de una potencia más elevada.

Para mostrarlo, se ha dibujado la curva característica IU representada con línea de trazo interrumpido (desconocida) (curva característica real 11) de un módulo PV sombreado o del generador fotovoltaico. En este ejemplo, se ha reducido la zona de búsqueda para la búsqueda en el lado derecho 5 a aproximadamente la mitad de la zona de tensión de la tensión de inicio 22 hasta la tensión de búsqueda 20.

- 20 La condición de interrupción correspondiente en caso de trabajar con una corriente predeterminada o una tensión predeterminada resulta ser:

$$I_{pv} < P_{max}/U_{búsqueda} \quad (G01)$$

con

- 25 I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda, y
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

Un diagrama de flujo correspondiente se muestra en la Figura 6a para una búsqueda en el lado derecho 5 con una tensión predeterminada. Al encontrarse una potencia más elevada se ajusta y guarda preferentemente el punto de trabajo actual.

- 30 Aquí es válido:

- K := índice correlativo,
 I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{pv} := potencia PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda y
 35 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

La etapa 331 se refiere al inicio de una búsqueda en el lado derecho.

La etapa 332 se refiere a una inicialización de la potencia máxima P_{max} con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$ en el punto de inicio $P_{pv}(0)$.

- 40 A continuación, se inicia un bucle del programa.

En la etapa 333 se aumenta a continuación la tensión U_{pv} en un paso, por ejemplo como un paso en una rampa ascendente (como máximo hasta la tensión de búsqueda 20).

- 45 En la etapa 335 se comprueba mediante una comparación si en el punto actual $P_{max}(k)$ al que se ha ido mediante aumento de la tensión con el valor de potencia actualmente determinado $P_{pv}(k)$ se ha alcanzado un punto de una potencia más elevada que en el punto $P_{max}(k-1)$ al que se ha ido anteriormente:

$$P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k)).$$

A continuación, se comprueba en una etapa de comparación 336 si se cumple una condición de interrupción

$$I_{pv}(k) < P_{max}(k) / U_{búsqueda}(k)$$

o si se ha alcanzado la tensión de búsqueda máxima 20.

Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 333 y se sigue aumentando la tensión y se busca un mejor punto de máxima potencia MPP.

5 Lo que aquí no está representado es que, al encontrarse una potencia más elevada, se guarda el punto de trabajo actual.

Si se ha encontrado un punto de máxima potencia MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la tensión de búsqueda máxima 20 o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

10 La búsqueda finaliza en 338.

En lugar de trabajar con una tensión predeterminada también puede trabajarse con una corriente predeterminada para la búsqueda en el lado derecho 5. Esto se muestra en la Figura 6b en un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado derecho 5 con corriente predeterminada.

Aquí también es válido:

15 k como índice correlativo,

I_{pv} := corriente PV actual,

P_{pv} := potencia PV actual,

P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda y

U_{búsqueda} := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

20 En la etapa 331 comienza la búsqueda en el lado derecho.

Con una etapa 332 se indica la inicialización de P_{max} con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$.

A continuación, se indica un bucle del programa de búsqueda, que se ejecuta dado el caso varias veces. En primer lugar, se reduce en la etapa 334 la corriente I_{pv} en un paso.

En la etapa 335 vuelve a determinarse la potencia P_{max}: $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.

25 En la etapa de comparación 336 se comprueba si se cumple la condición de interrupción

$$I_{pv}(k) < P_{max}(k) / U_{búsqueda}(k)$$

o si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima.

Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

30

La búsqueda finaliza en 338.

La Figura 7 muestra una representación gráfica a modo de ejemplo para explicar la derivación de la condición de interrupción en la búsqueda en el lado izquierdo 6. La curva con el signo de referencia 12 vuelve a ser la potencia máxima hasta ahora encontrada. De todos los pares de valores de tensión PV U_{pv} y corriente PV I_{pv} en esta curva resulta la misma potencia cuando se multiplican entre sí. También aquí se actualiza la potencia máxima 12 durante la búsqueda cuando se encuentra una potencia más elevada. Una tensión de búsqueda máxima 20 y una corriente de búsqueda máxima 30 delimitan la zona de búsqueda y dependen de los datos técnicos de un inversor (no mostrado) montado a continuación del generador fotovoltaico PV, así como dado el caso del estado de funcionamiento de este último. El punto de inicio 4 aquí representado puede ser tanto un punto global o local de máxima potencia MPP, como también un punto a elegir libremente en la curva característica IU del generador fotovoltaico PV.

40

En la búsqueda en el lado izquierdo 6, partiendo de una tensión de inicio 22 en el punto de inicio 4, un punto de potencia más elevada solo puede estar situado al lado izquierdo de esta tensión de inicio 22.

Además, un punto de potencia más elevada solo puede estar situado por encima de la potencia máxima 12 hasta ahora encontrada. La corriente de búsqueda máxima 30 delimita aún más la zona posible de una potencia más elevada. Partiendo de la tensión de inicio 22 en el punto de inicio 4 resulta la zona de potencia 13 representada con puntos para un punto de potencia más elevada. Cuando la U_{pv} queda por debajo de la tensión en el punto de intersección de la corriente de búsqueda máxima 30 y la línea con la potencia máxima 12 hasta ahora encontrada durante una búsqueda en el lado izquierdo 5 en un punto final de búsqueda en el lado izquierdo 41, la búsqueda puede interrumpirse en caso de haber una tensión de interrupción 24 en el lado izquierdo.

45

50 La condición de interrupción correspondiente en caso de trabajar con una corriente predeterminada o una tensión

predeterminada resulta ser:

$$U_{pv} < P_{max}/I_{búsqueda}$$

(G02)

Con

- 5 U_{pv} := tensión PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda y
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

En este momento puede definirse adicionalmente un límite inferior para la tensión de búsqueda.

- 10 La Figura 8a muestra para ello un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo con una tensión predeterminada. Lo que aquí no está representado es que, al encontrarse una potencia más elevada, se guarda el punto de trabajo actual.

Aquí es válido:

- 15 k es el índice correlativo,
 U_{pv} := tensión PV actual,
 P_{pv} := potencia actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda e
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

En la etapa 361 comienza una búsqueda en el lado izquierdo. 362 se refiere a una inicialización de P_{max} con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$.

- 20 A continuación, en 363 se reduce en un bucle por el que ha de pasarse dado el caso varias veces la tensión U_{pv} en pasos de k , por ejemplo en una rampa, hasta una tensión de búsqueda mínima.

Al realizar el bucle, se determina a continuación respectivamente P_{max} en la etapa 365: $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.

En la etapa 366 se comprueba una condición de interrupción:

- 25
$$U_{pv}(k) < P_{max}(k)/I_{búsqueda}(k).$$

También se comprueba si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima. Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 363 y se sigue reduciendo la tensión.

- 30 Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

La búsqueda finaliza en 368.

En lugar de trabajar con una tensión predeterminada también puede trabajarse con una corriente predeterminada para la búsqueda en el lado izquierdo. Esto se muestra en la Figura 8b en un diagrama de flujo a modo de ejemplo para una búsqueda en el lado izquierdo con corriente predeterminada.

- 35 Aquí también es válido:

- 40 k como índice correlativo,
 I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{pv} := potencia PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda y
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

La búsqueda en el lado izquierdo comienza en la etapa 361. Con 362 se indica la inicialización de P_{max} con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$.

- 45 Ahora se aumenta en un bucle 364 la corriente I_{pv} en pasos de k , p.ej. en una rampa, hasta una corriente de búsqueda máxima 30. En 365, se vuelve a determinar en el bucle respectivamente P_{max} : $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.

A continuación se comprueba en la etapa de comparación 367 en el bucle si se cumple la condición de interrupción

$$U_{pv}(k) < P_{max}(k) / I_{búsqueda}(k)$$

del bucle o si se ha alcanzado la corriente de búsqueda máxima 30.

Si se ha encontrado un punto de máxima potencia MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la corriente de búsqueda máxima 30 o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un punto de máxima potencia MPP más elevado, se mantiene el punto de máxima potencia MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

La búsqueda en el lado izquierdo finaliza en 368.

Otra restricción de una zona de búsqueda puede realizarse sobre la base de la potencia nominal de la cadena conectada.

Por la forma de una curva característica IU, físicamente no es posible que con una tensión de búsqueda máxima 20 fluya la corriente de búsqueda máxima 30 y viceversa. Si se conoce la potencia nominal o la potencia máxima con plena carga del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar, puede reducirse ya con antelación la tensión de búsqueda máxima 20, así como la corriente de búsqueda máxima 30 gracias a conocerse estos datos. Estos valores límite nuevos determinados por la potencia nominal, aquí la tensión de búsqueda máxima denominada tensión de búsqueda nominal 25 (se explicará más adelante con mayor detalle) y la corriente de búsqueda máxima correspondientemente determinada, denominada aquí corriente de búsqueda nominal 35, pueden usarse a continuación en las condiciones de interrupción determinadas anteriormente descritas. Esta medida restringe aún más la zona de búsqueda, sobre todo en caso de funcionar la cadena correspondiente cerca de la potencia máxima. La información acerca de la potencia nominal puede ser predeterminada por ejemplo directamente por el explotador de la instalación o por el instalador o puede determinarse a partir de los datos de funcionamiento de la cadena correspondiente. En el caso de inversores en los que la potencia de cadena máxima permitida es inferior a la tensión de búsqueda (nominal) máxima multiplicada por la corriente de búsqueda (nominal) máxima, como alternativa también puede usarse la potencia de cadena máxima permitida en lugar de la potencia nominal conectada con la cadena correspondiente.

En primer lugar, se explicará la búsqueda en el lado derecho 5.

Si se parte en primer lugar de un módulo PV o generador fotovoltaico no sombreado en funcionamiento nominal, la tensión máxima hasta la que hay que buscar en este caso se calcula de la siguiente manera:

$$U_{\text{búsqueda}} = P_{\text{nominal}} / I_{\text{mpp}} \quad (\text{G03})$$

con:

$U_{\text{búsqueda}}$:= tensión de búsqueda máxima,
 P_{nominal} := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar y
 I_{mpp} := corriente PV en el punto de máxima potencia

No obstante, este enfoque solo es válido en el funcionamiento nominal y con un generador fotovoltaico no sombreado.

La Figura 9 muestra una representación gráfica para mostrar un punto de máxima potencia MPP 1 con una curva característica IU no sombreada, que se denomina aquí también curva característica nominal 10. Con el signo de referencia 12 se designa la curva de potencia constante, en la que está situado el punto de máxima potencia 1.

Para obtener una fórmula generalmente válida, la corriente I_{mpp} debe ser sustituida por la corriente antes de la búsqueda. Esta puede ser como máximo la corriente de cortocircuito 31 del generador fotovoltaico conectado. La corriente correspondiente en el punto de máxima potencia (punto de máxima potencia MPP) 1 se indicaría en este caso por ejemplo en el caso de células de silicio habitualmente con aproximadamente el 90 % de la corriente de cortocircuito 31 y en la Figura 9 como corriente de búsqueda nominal con el signo de referencia 35. Para obtener una fórmula generalmente válida que sea válida para cualquier punto de inicio de la búsqueda hay que partir de este caso. Para el ejemplo de células de silicio resulta:

$$U'_{\text{búsqueda}} = P_{\text{nominal}} / (I_{\text{inicio}} * 0,9) \quad (\text{G04})$$

con:

$U'_{\text{búsqueda}}$:= tensión de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,
 P_{nominal} := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar y
 I_{inicio} := corriente PV I_{pv} antes de la búsqueda.

Independientemente del tipo de célula resulta:

$$U'_{\text{búsqueda}} = P_{\text{nominal}} / (I_{\text{inicio}} * k_i)$$

(G05)

Con:

U'busqueda := tensión de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,
 Pnominal := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 5 ki := por ejemplo factor corriente de MPP/corriente de cortocircuito con el tipo de célula correspondiente e
 inicio := corriente PV Ipv antes de la búsqueda.

Esta fórmula es generalmente válida. Por ejemplo, en caso de una radiación menos intensa o en caso de un módulo PV o generador fotovoltaico sombreado, se reduce correspondientemente la corriente de cortocircuito 31, o la corriente antes de comenzar con la búsqueda. La tensión de búsqueda máxima se aumenta en este caso correspondientemente y también puede encontrarse un MPP que se forma al lado derecho del punto de máxima potencia MPP 1 en el funcionamiento nominal.

Para evitar un aumento de la tensión de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal U'busqueda por encima de la tensión de búsqueda máxima Ubusqueda, en la condición de interrupción (G01) debería introducirse el mínimo de U'busqueda y Ubusqueda.

15 Por lo tanto, para la condición de interrupción ampliada resulta:

$$I_{pv} < P_{max} / \min(U'_{busqueda}, U_{busqueda})$$

(G06)

$$I_{pv} < P_{max} / \min(P_{nominal}/I_{inicio} \cdot k_i, U_{busqueda})$$

(G07)

20 Con:

Ipv := corriente PV actual,
 Pmax := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 Ubusqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 U'busqueda := tensión de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,
 25 Pnominal := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 Ki := por ejemplo factor corriente de MPP/corriente de cortocircuito con el tipo de célula correspondiente e
 inicio := corriente PV Ipv antes de la búsqueda.

La restricción de la zona de búsqueda por la potencia nominal del módulo PV o generador fotovoltaico conectado está representado gráficamente en la Figura 10. Por la tensión de búsqueda máxima calculada a partir de la potencia nominal conectada del generador fotovoltaico, que se denomina tensión de búsqueda nominal 25, se restringe en el caso representado la zona posible de una potencia más elevada. Esto puede detectarse porque la tensión de búsqueda nominal 25 se cruza con la potencia máxima 12 en un punto final de búsqueda 40' en el lado derecho, que está situado a la izquierda delante del punto final de búsqueda 40 en el lado derecho usado hasta ahora. Por el desarrollo de la potencia máxima 12, la corriente con la que finaliza la búsqueda es más elevada. Por lo tanto, la zona de búsqueda también ha quedado más restringida. Una corriente de inicio se designa con 32; el signo de referencia 23 indica la tensión de interrupción en el lado derecho que ahora está situada más a la izquierda.

En una variante opcional, puede modificarse la suposición formulada en la derivación de todas las condiciones de interrupción y restricciones de la zona de búsqueda aquí indicadas de que la corriente se mantiene en el mejor de los casos constante (o se reduce) en caso de continuar con la búsqueda en el lado derecho. Una modificación sencilla está en suponer que en lugar de una corriente constante se supone un desarrollo de la corriente en el que la corriente se reduce linealmente a medida que aumenta la tensión. La misma modificación puede realizarse para la tensión. El importe del aumento se designa aquí con un factor m_Ipv para el aumento de la corriente Ipv o m_Upv para el aumento de la tensión Upv. Las condiciones G01 y G02 anteriormente indicadas se modifican en este caso resultando:

$$I_{pv} < P_{max} / U_{busqueda} + m_{Ipv} * (U_{busqueda} - U_{pv}) \quad (G01')$$

$$U_{pv} < P_{max} / I_{busqueda} + I/m_{Upv} * (I_{busqueda} - I_{pv}) \quad (G02')$$

En una generalización de la idea modificadora, la suposición de una corriente constante es sustituida por un desarrollo de una corriente modelo a elegir libremente. El desarrollo de la corriente modelo Imodelo(U) representa aquí un pronóstico de corriente como función de la tensión de búsqueda continuada, por lo que indica un pronóstico para un valor de corriente al que la corriente Ipv se ha reducido como mínimo al alcanzarse una tensión U (más elevada). Un desarrollo Imodelo(U) puede determinarse por ejemplo a partir de una curva característica ideal típica de un generador fotovoltaico PV o también a partir de un desarrollo de un modelo con ayuda de parámetros como resistencia en serie y resistencia en paralelo de un generador fotovoltaico ideal. En este caso generalizado, la búsqueda en el lado derecho 5 se interrumpe cuando entre Upv y Ubusqueda (o Ubusqueda') no existe ningún valor de tensión Uintermedio para el

que sea válido:

$$P_{max} < U_{intermedio} * I_{pv} * I_{modelo}(U_{intermedio}) / I_{modelo}(U_{pv}) \quad (G01'')$$

De forma análoga, para la búsqueda en el lado izquierdo puede usarse el siguiente criterio de interrupción modificado:

$$U_{pv} < P_{max} / I_{búsqueda} * I_{modelo}(U=0) / I_{modelo}(U_{pv}) \quad (G02'')$$

5 Con:

I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 $I_{modelo}(U)$:= desarrollo de la corriente modelo como función de la tensión U
 10 $m_{I_{pv}}$:= factor lineal con el que se reduce la corriente supuesta a medida que aumenta la tensión
 $m_{U_{pv}}$:= factor lineal con el que se reduce la tensión supuesta a medida que aumenta la corriente

Además, puede surgir el caso de que en la búsqueda se alcance una parte de la curva característica del generador en la que siga existiendo la posibilidad teórica de alcanzar un valor superior de la potencia del generador, o sea, que aún no se cumplan los criterios de interrupción. No obstante, si un punto de trabajo posible está situado solo poco por encima de la potencia ya alcanzada, si el punto de trabajo está situado cerca del borde de la zona de búsqueda o si la probabilidad de la existencia del punto de trabajo es reducida, sería deseable no continuar la búsqueda en una situación de este tipo. Una posibilidad para la realización de este deseo es usar en los criterios de interrupción descritos en lugar de una potencia P_{max} ya alcanzada un valor de potencia P_{max}' aumentado lo que corresponde a un importe o un factor. En este caso, la búsqueda en el lado izquierdo o en el lado derecho se interrumpe en un momento correspondientemente anterior, es decir, cuando se vuelve imposible realizar aún el valor de potencia más elevada en caso de continuar la búsqueda.

En la Figura 11a se muestra el diagrama de flujo con una tensión predeterminada (no representado: en caso de encontrarse una potencia más elevada se guarda el punto de trabajo actual) para una búsqueda en el lado derecho 5.

En este diagrama de flujo es válido:

25 I_{pv} = corriente PV actual,
 P_{pv} = potencia PV actual,
 P_{max} = potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 $U_{búsqueda}$ = tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 $P_{nominal}$:= potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 30 k_i := por ejemplo factor corriente de MPP/corriente de cortocircuito con el tipo de célula correspondiente e inicio := corriente PV antes de la búsqueda.

Con la etapa 331 comienza la búsqueda en el lado derecho. En 332 se indica una inicialización de P_{max} con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$. A continuación, se aumenta en un bucle en 333 la tensión U_{pv} en pasos de k , p.ej. en una rampa, como máximo hasta la tensión de búsqueda 20.

35 En 335 se determina respectivamente P_{max} : $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.
 En la etapa de comparación 336 se comprueba si se cumple la condición de interrupción

$$I_{pv}(k) < P_{max} / \min(P_{nominal} / (I_{inicio} * k_i), U_{búsqueda})$$

o si se ha alcanzado la tensión de búsqueda máxima 20. Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 333 y se sigue aumentando la tensión. Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en una etapa posterior. Si se ha alcanzado la tensión de búsqueda máxima 20 o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se va al MPP que se ha usado hasta el momento o al último encontrado.

La búsqueda finaliza en 338.

45 El diagrama de flujo correspondiente resulta al trabajar con corriente predeterminada (no está representado que en caso de encontrarse una potencia más elevada se guarda el punto de trabajo actual), como se muestra en la Figura 11b para la búsqueda en el lado derecho 5 con corriente predeterminada.

Aquí es válido:

50 I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{pv} := potencia PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 $P_{nominal}$:= potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,

Ki := por ejemplo factor corriente de MPP/corriente de cortocircuito con el tipo de célula correspondiente e inicio
:= corrientePV antes de la búsqueda.

La etapa 331 indica el comienzo de la búsqueda en el lado derecho. En 332 se realiza una inicialización de Pmax con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$. A continuación, se reduce en 334 la corriente Ipv en pasos de k, p.ej. en una rampa, hasta una corriente de búsqueda mínima.

En 335 se determina Pmax: $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.

En la etapa de comparación 340 se comprueba si se cumple la condición de interrupción

$$I_{pv}(k) < P_{max} / \min(P_{nominal} / (I_{inicio} * k_i), U_{búsqueda})$$

o si se ha alcanzado una corriente de búsqueda mínima. Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 334 y se sigue aumentando la tensión.

Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo en una etapa posterior. Si se ha alcanzado la corriente de búsqueda mínima o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

La búsqueda finaliza en 338.

A continuación, se describirá la búsqueda en el lado izquierdo 6.

Si se parte en primer lugar nuevamente de un módulo PV o generador fotovoltaico no sombreado en funcionamiento nominal, la corriente máxima hasta la que hay que buscar en este caso se calcula de la siguiente manera:

$$I_{búsqueda} = P_{nominal} / U_{mpp}$$

Con:

I_{búsqueda} := corriente de búsqueda máxima,

P_{nominal} := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar y

U_{mpp} := tensión PV en el punto de máxima potencia

No obstante, este enfoque solo es válido en el funcionamiento nominal y con un generador fotovoltaico no sombreado.

La Figura 12 muestra una representación gráfica para mostrar un punto de máxima potencia MPP 1 con una curva característica IU no sombreada (curva característica nominal 10). Con el signo de referencia 12 se indica la curva de la potencia máxima, en la que está situado el punto de máxima potencia MPP 1. Para obtener una fórmula generalmente válida, la tensión U_{mpp} debe ser sustituida por la tensión antes de la búsqueda. Esta puede ser como máximo la tensión en vacío 21 del generador fotovoltaico conectado. La tensión correspondiente en el punto de máxima potencia correspondería en este caso por ejemplo en el caso de células de silicio habitualmente a aproximadamente el 80 % de la tensión en vacío 25 y se indica aquí como tensión de búsqueda nominal 25. Para obtener una fórmula generalmente válida que sea válida para cualquier punto de inicio de la búsqueda, puede partirse de este caso.

Para el ejemplo de las células de silicio resulta:

$$I'_{búsqueda} = P_{nominal} / (U_{inicio} * 0,8)$$

(G08)

Con:

I'_{búsqueda} := corriente de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,

P_{nominal} := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar y

U_{inicio} := tensión PV antes de la búsqueda.

Independientemente del tipo de célula resulta:

$$I'_{búsqueda} = P_{nominal} / (U_{inicio} * k_u)$$

(G09)

Con:

I'_{búsqueda} := corriente de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,

P_{nominal} := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,

K_u := por ejemplo factor tensión de MPP/tensión en vacío con el tipo de célula correspondiente y U_{inicio} := tensión PV antes de la búsqueda.

Esta fórmula puede usarse ampliamente. Por ejemplo, en caso de una radiación menos intensa o en caso de un módulo PV o generador fotovoltaico sombreado, se reduce correspondientemente la corriente de cortocircuito 31 o la

corriente antes de comenzar con la búsqueda. La corriente de búsqueda l'búsqueda aquí calculada respecto a la potencia nominal conectada está situada en este caso por encima de la corriente real en el punto de máxima potencia.

Para evitar un aumento de la corriente de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal l'búsqueda por encima de la corriente de búsqueda máxima lbúsqueda, en la condición de interrupción (G02) debería introducirse el mínimo de l'búsqueda y lbúsqueda.

Resulta la condición de interrupción ampliada:

$$Upv < Pmax / \min(l'búsqueda, lbúsqueda)$$

(G10)

$$Upv < Pmax/\min(Pnominal / (Uinicio*ku), lbúsqueda)$$

(G11)

Aquí es válido:

Upv := tensión PV actual,
 Pmax := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 lbúsqueda := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).
 l'búsqueda := corriente de búsqueda máxima respecto a la potencia nominal,
 Pnominal := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 Ku := por ejemplo factor tensión de MPP/tensión en vacío con el tipo de célula correspondiente y
 Uinicio:=tensión PV antes de la búsqueda.

La restricción de la zona de búsqueda por la potencia nominal del módulo PV o generador fotovoltaico conectado está representada gráficamente para la búsqueda en el lado izquierdo 6 en la Figura 13. Por la corriente de búsqueda máxima calculada a partir de la potencia nominal conectada del generador fotovoltaico, se restringe en el caso representado aún más la zona posible de una potencia más elevada. Por lo tanto, también se ha restringido aún más la zona de búsqueda correspondiente. Esto puede detectarse porque la corriente de búsqueda nominal 35 se cruza con la potencia máxima 12 en un punto final de búsqueda 41' en el lado izquierdo, que está situado por debajo del punto final de búsqueda 41 en el lado izquierdo usado hasta ahora. La tensión de inicio en el punto de inicio 4 se designa con 22; el signo de referencia 24 indica la tensión de interrupción en el lado izquierdo.

El diagrama de flujo correspondiente al trabajar con tensión predeterminada (no está representado que en caso de encontrarse una potencia más elevada se guarda el punto de trabajo actual) se muestra en la Figura 14a para la búsqueda en el lado izquierdo 6.

Con:

Upv := tensión PV actual,
 Ppv := potencia PV actual,
 Pmax := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 lbúsqueda := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).
 Pnominal := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 ku := por ejemplo factor tensión de MPP/tensión en vacío con el tipo de célula correspondiente y
 Uinicio:=tensión PV antes de la búsqueda.

Con la etapa 361 comienza la búsqueda en el lado izquierdo. En 362 se indica una inicialización de Pmax con Pmax(k) = Ppv(k). Con la etapa 363 se reduce la tensión Upv en pasos de k, por ejemplo en una rampa, hasta una tensión de búsqueda mínima. En 365 se determina Pmax: Pmax(k) = max(Pmax(k-1), Ppv(k)). En la etapa de comparación 370 se comprueba si se cumple la condición de interrupción:

$$Upv < Pmax / \min(Pnominal / (Uinicio*ku), lbúsqueda)$$

o si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima. Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 363 y se sigue reduciendo la tensión.

Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo o ajustarse el mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la tensión de búsqueda mínima o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

La búsqueda finaliza en 368.

El diagrama de flujo correspondiente resulta al trabajar con corriente predeterminada (no está representado que en caso de encontrarse una potencia más elevada se guarda el punto de trabajo actual), como se muestra en la Figura 14b.

Aquí es válido:

- 5 Upv := tensión PV actual,
 Ppv := potencia PV actual,
 Pmax := potencia máxima encontrada durante la búsqueda,
 Ibúsqueda := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).
 Pnominal := potencia nominal del generador fotovoltaico conectado con la cadena a buscar,
 ku := por ejemplo factor tensión de MPP/tensión en vacío con el tipo de célula correspondiente y
 Uinicio := tensión PV antes de la búsqueda.

- 10 En la etapa 361 comienza la búsqueda en el lado izquierdo. En 362 se realiza una inicialización de Pmax con $P_{max}(k) = P_{pv}(k)$. Con la etapa 364 se aumenta la corriente de búsqueda Ipv en pasos de k, p.ej. en una rampa, hasta una corriente de búsqueda máxima. En 365 se determina Pmax: $P_{max}(k) = \max(P_{max}(k-1), P_{pv}(k))$.
 En la etapa de comparación 369 se comprueba si se cumple la condición de interrupción

$$U_{pv} < P_{max} / \min(P_{nominal} / (U_{inicio} * k_u), I_{búsqueda})$$

- 15 o si se ha alcanzado la corriente de búsqueda máxima (por ejemplo 20). Si esto no es el caso, se vuelve a la etapa 364 y se sigue aumentando la corriente de búsqueda. Si se ha encontrado un MPP con una potencia más elevada, este se guarda como punto de trabajo actual y se puede ir al mismo o ajustarse el mismo en otra etapa. Si se ha alcanzado la corriente de búsqueda máxima o si se cumple la condición de interrupción sin encontrarse un MPP más elevado, se mantiene el MPP que se ha usado hasta el momento o el último encontrado.

La búsqueda finaliza en 368.

- 20 A continuación, se describirá como puede restringirse aún más la zona de búsqueda para garantizar que durante la búsqueda la potencia no quede por debajo de una potencia mínima definida 14. Esto es necesario, sobre todo, cuando la potencia necesaria para el funcionamiento del inversor PV solo se recibe mediante una cadena PV y no debe o puede recibirse a través de la red a la que se alimenta. Si la potencia no alcanza durante la búsqueda la potencia mínima 14 necesaria para el funcionamiento del inversor, esto podría conducir a un fallo de corta duración del inversor.
 25 La restricción se realiza aquí mediante reducción de la corriente de búsqueda máxima o de la tensión de búsqueda máxima o mediante aumento de la corriente de búsqueda mínima o de la tensión de búsqueda mínima, no mediante condiciones de interrupción.

En primer lugar, se explicará la búsqueda en el lado derecho 5.

- 30 Para garantizar que durante la búsqueda en el lado derecho en combinación con las condiciones de interrupción (G01) y (G02) la potencia no quede por debajo de una potencia mínima definida 14, se restringe dado el caso adicionalmente la zona en la que se busca en función del punto de trabajo actual.

En primer lugar, se deriva la ecuación al trabajar con una tensión predeterminada y a continuación la ecuación en caso de trabajar con una corriente predeterminada.

- 35 La tensión predeterminada (solo en combinación con el criterio para la búsqueda en el lado derecho):
 En general, debe estar garantizado siempre que la potencia actual sea superior a la potencia mínima:

$$U_{pv} * I_{pv} \geq P_{min}$$

Upv := tensión PV actual
 Ipv := corriente PV actual
 Pmin := potencia mínima permitida durante la búsqueda

- 40 En la búsqueda en el lado derecho, la búsqueda se interrumpe a más tardar cuando:

$$I_{pv} < P_{max} / U_{búsqueda}$$

Ipv := corriente PV actual
 Pmax := potencia máxima encontrada hasta ahora
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

- 45 De ello resulta que la corriente PV es superior o igual a la potencia hasta ahora encontrada dividida por la tensión de búsqueda máxima:

$$I_{pv} \geq P_{max} / U_{búsqueda}$$

- 50 Ipv := corriente PV actual
 Pmax := potencia máxima encontrada hasta ahora
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).

La corriente PV es por lo tanto al menos igual que la potencia hasta ahora encontrada dividida por la tensión PV máxima. Si esta se incluye en la ecuación indicada en primer lugar resulta:

$$U_{pv} * P_{max} / U_{búsqueda} \geq P_{min}$$

- 5 U_{pv} := tensión PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor)
y
 P_{min} = potencia mínima permitida durante la búsqueda.

10 Si ahora debe calcularse la tensión de búsqueda máxima permitida en función de la tensión actual, la potencia mínima permitida y la potencia máxima encontrada hasta ahora, resulta:

$$U''_{búsqueda} = U_{pv} * P_{max} / P_{min}$$

(G12)

Con:

- 15 U_{pv} := tensión PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 $U''_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima teniéndose en cuenta una potencia mínima definida y
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda.

Teniéndose en cuenta la tensión de búsqueda máxima $U_{búsqueda}$, resulta como tensión de búsqueda máxima:

- 20 **Tensión de búsqueda máxima = min($U''_{búsqueda}$, $U_{búsqueda}$)**
(G13)
Tensión de búsqueda máxima = min($U_{pv} * P_{max}/P_{min}$, $U_{búsqueda}$) **(G14)**

Con:

- 25 $U''_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 $U_{búsqueda}$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor)
 U_{pv} := tensión PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda.

30 La tensión de búsqueda máxima arriba indicada debería usarse en caso ideal como valor límite para la tensión predeterminada en la búsqueda. No obstante, también puede introducirse en las condiciones de interrupción hasta indicadas para la restricción de la zona de búsqueda. La tensión de búsqueda máxima arriba indicada vuelve a calcularse nuevamente en cada etapa.

La ecuación indicada para la tensión predeterminada también puede usarse como condición de interrupción o restricción de la zona de búsqueda en caso de trabajar con una corriente predeterminada.

35 La derivación de la restricción correspondiente para la búsqueda en el lado derecho y en caso de trabajar con una corriente predeterminada se representará a continuación con ayuda de la Figura 15.

40 La potencia mínima 14 permitida durante la búsqueda se ha representado como curva de una potencia constante. En la búsqueda en el lado derecho 5, la tensión U_{pv} de un módulo PV o de un generador fotovoltaico no puede bajar por razones físicas. Para calcular la corriente mínima permitida en la búsqueda en el lado derecho 5, la tensión U_{pv} debe considerarse por lo tanto constante (peor caso). Esta puede ajustarse a continuación en la potencia mínima permitida. La corriente en un punto de intersección corriente de búsqueda límite 42 de este tipo es, partiendo del punto de trabajo 4 actual con una corriente de inicio 32, la corriente mínima permitida durante la búsqueda en el lado derecho 5, si la potencia no debe quedar por debajo de la potencia mínima 14 predeterminada. Se calcula de la siguiente manera:

$$I''_{búsquedamin} = P_{min} / U_{pv}$$

(G15)

45 Con:

- $I''_{búsquedamin}$:= corriente de búsqueda mínima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda y
 U_{pv} := tensión PV actual

Teniéndose en cuenta un límite definido adicionalmente para la corriente de búsqueda mínima durante la búsqueda, para el valor teórico en la búsqueda en el lado derecho resulta:

$$\text{Corriente de búsqueda mínima} = \max (I''\text{búsqedamin}, I_{\min}) \quad (\text{G16})$$

$$5 \quad \text{Corriente de búsqueda mínima} = \max (P_{\min} / U_{pv}, I_{\min}) \quad (\text{G17})$$

Con:

$I''\text{búsqedamin}$:= corriente de búsqueda mínima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 I_{\min} := límite fijado adicionalmente para la corriente mínima,
 P_{\min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda y
 U_{pv} := tensión PV actual

La corriente de búsqueda mínima arriba indicada debería usarse en caso ideal como valor límite al trabajar con la corriente predeterminada en la búsqueda y se denomina corriente de búsqueda límite 36. Vuelve a calcularse nuevamente en cada etapa.

La ecuación indicada para trabajar con corriente predeterminada también puede usarse como condición de interrupción o restricción de la zona de búsqueda en caso de trabajar con una tensión predeterminada.

Para garantizar que la potencia no quede por debajo de una potencia mínima definida 14 durante la búsqueda en el lado izquierdo 6, dado el caso se restringe adicionalmente la zona en la que se busca en función del punto de trabajo actual. Para ello, se aumenta, dado el caso, la tensión mínima permitida durante la búsqueda.

En primer lugar, se deriva la ecuación para trabajar con tensión predeterminada y a continuación la ecuación para trabajar con corriente predeterminada.

La derivación de la restricción correspondiente para la búsqueda en el lado izquierdo 6 se describirá a continuación con ayuda de la Figura 16.

La potencia mínima 14 permitida durante la búsqueda está representada como curva de una potencia constante. En la búsqueda en el lado izquierdo 6, la corriente I_{pv} de un módulo PV o de un generador fotovoltaico no puede bajar por razones físicas. Para calcular la tensión mínima permitida en la búsqueda en el lado izquierdo 6, la corriente I_{pv} debe considerarse por lo tanto constante (peor caso). La corriente actual puede ajustarse en este caso en la potencia mínima permitida. La tensión en un punto de intersección tensión de búsqueda límite 43 es, partiendo del punto de trabajo 4 actual, la tensión mínima permitida (tensión de búsqueda límite 26) durante la búsqueda en el lado izquierdo, si la potencia no debe quedar por debajo de la potencia mínima definida. Se calcula de la siguiente manera:

$$U''\text{búsqedamin} = P_{\min} / I_{pv} \quad (\text{G18})$$

Con:

$U''\text{búsqedamin}$:= tensión de búsqueda mínima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 P_{\min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda y
 I_{pv} := corriente PV actual

Teniéndose en cuenta un límite definido adicionalmente para la tensión mínima durante la búsqueda, para el valor teórico en la búsqueda en el lado izquierdo resulta:

$$\text{Tensión de búsqueda mínima} = \max (U''\text{búsqedamin}, U_{\min}) \quad (\text{G19})$$

$$\text{Tensión de búsqueda mínima} = \max (P_{\min} / I_{pv}, U_{\min}) \quad (\text{G20})$$

Con:

$U''\text{búsqedamin}$ = tensión de búsqueda mínima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 U_{\min} = límite fijado adicionalmente para la tensión mínima,
 P_{\min} = potencia mínima permitida durante la búsqueda y
 I_{pv} = corriente PV actual

La tensión de búsqueda mínima (tensión de búsqueda límite 26) arriba indicada debería usarse en caso ideal como

valor límite para la tensión predeterminada en la búsqueda. Vuelve a calcularse nuevamente en cada etapa.

La ecuación indicada para trabajar con tensión predeterminada también puede usarse como condición de interrupción o restricción de la zona de búsqueda en caso de trabajar con una corriente predeterminada.

Corriente predeterminada (solo en combinación con un criterio de interrupción para la búsqueda en el lado izquierdo):
 5 En general, debe estar garantizado siempre que la potencia actual sea superior a la potencia mínima:

$$U_{pv} * I_{pv} \geq P_{min}$$

U_{pv} := tensión PV actual
 I_{pv} := corriente PV actual
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda

10 En la búsqueda en el lado izquierdo 6, la búsqueda se interrumpe a más tardar cuando:

$$U_{pv} < P_{max} / I_{búsqueda}$$

U_{pv} := tensión PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

15 De ello resulta que la tensión PV es superior o igual a la potencia hasta ahora encontrada dividida por la corriente de búsqueda máxima:

$$U_{pv} \geq P_{max} / I_{búsqueda}$$

U_{pv} := tensión PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor)

La tensión PV es por lo tanto al menos igual a la potencia hasta ahora encontrada dividida por la corriente de búsqueda PV máxima. Si esta se introduce en la ecuación indicada en primer lugar resulta:

$$P_{max} / I_{búsqueda} * I_{pv} \geq P_{min}$$

I_{pv} := corriente PV actual
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor) y
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda.

25 Si ahora debe calcularse la corriente de búsqueda máxima permitida en función de la corriente actual, la potencia mínima permitida y la potencia máxima hasta ahora encontrada resulta:
 30

$$I''_{búsqueda} = I_{pv} * P_{max} / P_{min}$$

Con:

I_{pv} := corriente PV actual,
 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora,
 $I''_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida y
 35 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda.

Teniéndose en cuenta la corriente de búsqueda máxima $I_{búsqueda}$, resulta como corriente de búsqueda máxima:

$$\text{Corriente de búsqueda máxima} = \min(I''_{búsqueda}, I_{búsqueda})$$

(G22)

$$\text{Corriente de búsqueda máxima} = \min(I_{pv} * P_{max} / P_{min}, I_{búsqueda})$$

40 (G23)

Con:

$I''_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima, teniéndose en cuenta una potencia mínima definida,
 $I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor),
 I_{pv} := corriente PV actual,
 45 P_{max} := potencia máxima encontrada hasta ahora y
 P_{min} := potencia mínima permitida durante la búsqueda.

La corriente de búsqueda máxima arriba indicada debería usarse en caso ideal como valor límite al trabajar con la corriente predeterminada (corriente de búsqueda límite 36) en la búsqueda. No obstante, también puede introducirse en las condiciones de interrupción hasta ahora indicadas para la restricción de la zona de búsqueda. La corriente de búsqueda máxima arriba indicada vuelve a calcularse nuevamente en cada etapa.

- 5 La ecuación indicada para trabajar con corriente predeterminada también puede usarse como condición de interrupción o restricción de la zona de búsqueda en caso de trabajar con una tensión predeterminada.

A continuación, se describirá el caso de una omisión de la búsqueda en la dirección opuesta.

Si durante la búsqueda se encuentra un punto de una potencia más elevada, es posible omitir, dado el caso, la búsqueda en la dirección opuesta.

- 10 La derivación de la decisión si puede omitirse en caso de una búsqueda en el lado derecho la búsqueda en la dirección opuesta se realiza con ayuda de la Figura 17. Partiendo de la pendiente máxima en una curva característica IU (curva característica real 11) de un módulo PV o de un generador PV, la tensión PV U_{pv} puede mantenerse como máximo constante al aumentarse la corriente PV. En combinación con la corriente de búsqueda máxima 30, la potencia máxima posible en la búsqueda en el lado izquierdo puede calcularse por lo tanto de la siguiente manera:

- 15 **Potencia máxima posible en la búsqueda en el lado izquierdo = $U_{inicio} \cdot I_{búsqueda}$**

Con:

U_{inicio} := tensión PV (tensión de inicio 22) antes de la búsqueda y

$I_{búsqueda}$:= corriente de búsqueda máxima 30.

- 20 Si la potencia encontrada en la búsqueda en el lado derecho 5 (potencia máxima en el lado derecho 15 en un punto global de máxima potencia MPP 2 encontrado) es superior a la potencia máxima posible en el lado izquierdo 18 en una búsqueda en el lado izquierdo, se puede omitir la búsqueda en el lado izquierdo. El punto de inicio 4 antes de la búsqueda puede ser tanto un punto global o local de máxima potencia MPP como también un punto a elegir libremente en la curva característica IU o en la curva característica real 11.

La condición correspondiente para poder omitir la búsqueda en el lado izquierdo 6 es la siguiente:

- 25

Uinicio * Ibúsqueda <= Pmax

(G24)

Con:

- 5 Uinicio := tensión PV antes de la búsqueda,
 inicio := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor) y
 Pmax := potencia máxima encontrada en la búsqueda.

La corriente de búsqueda máxima 30 introducida aquí también puede reducirse mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado correspondientemente a la corriente de búsqueda nominal 35.

- 10 El diagrama de flujo correspondiente está representado en la Figura 18 para trabajar con tensión predeterminada o con corriente predeterminada.

Aquí es válido:

Uinicio := tensión PV antes de la búsqueda,
 inicio := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor) y
 Pmax := potencia máxima encontrada en la búsqueda.

- 15 En 301 comienza la búsqueda. En la etapa 302 se realiza una inicialización Uinicio = Upv. A continuación, sigue una búsqueda en el lado derecho en la etapa 330, guardándose una potencia máxima encontrada como Pmax. En una etapa de comparación 303 se comprueba la condición

Uinicio * Ibúsqueda <= Pmax

- 20 para determinar si puede omitirse una búsqueda en el lado izquierdo. Si esto no es el caso, en la etapa 360 se realiza una búsqueda en el lado izquierdo.

Si la búsqueda en el lado izquierdo puede omitirse por la comparación en 303, se omite la etapa 360.

En la etapa 305 se va al punto de máxima potencia encontrado.

La búsqueda finaliza en la etapa 306.

- 25 La derivación de la decisión de si puede omitirse en caso de una búsqueda en el lado izquierdo la búsqueda en la dirección opuesta se realiza con ayuda de la Figura 19. Por la característica de una curva característica IU, la corriente PV Ipv puede mantenerse como máximo constante en la búsqueda en el lado derecho. En combinación con la tensión de búsqueda máxima 20, puede calcularse por lo tanto la potencia máxima posible 17 en la búsqueda en el lado derecho:

Potencia máxima posible en la búsqueda en el lado derecho = inicio * Ubúsqueda

- 30 Con inicio: = corriente PV antes de la búsqueda y Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima.

Si en la búsqueda en el lado izquierdo 6 partiendo de un punto de inicio 4 de una potencia máxima 12 con una tensión de inicio 22, una potencia máxima 16 encontrada en el lado izquierdo con un punto global de máxima potencia MPP 2 es superior a la potencia máxima posible en el lado derecho 17 en una búsqueda en el lado derecho, se puede omitir la búsqueda en el lado derecho. El punto de inicio 4 antes de la búsqueda puede ser tanto un punto global o local de máxima potencia MPP como también un punto a elegir libremente en la curva característica IU o en la curva característica real 11.

- 35 La condición correspondiente para poder omitir la búsqueda en el lado derecho es la siguiente:

inicio * Ubúsqueda <= Pmax

(G25)

- 40 Con:

inicio := corriente PV antes de la búsqueda,
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 Pmax := potencia máxima encontrada en la búsqueda.

- 45 La tensión de búsqueda máxima 20 introducida aquí, también puede reducirse mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado y/o mediante la restricción de la zona de búsqueda para garantizar una potencia mínima definida 14 correspondientemente a una tensión de búsqueda nominal 25.

Resulta el diagrama de flujo correspondiente para trabajar con tensión predeterminada o con corriente predeterminada como está representado en la Figura 20.

Aquí es válido:

inicio := corriente PV antes de la búsqueda,
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor)
 y
 Pmax := potencia máxima encontrada en la búsqueda.

La búsqueda comienza en la etapa 301. En la etapa 312 se realiza una inicialización inicio = Ipv. A continuación, sigue una búsqueda en el lado izquierdo en la etapa 360, guardándose una potencia máxima encontrada como Pmax. En una etapa de comparación 304 se comprueba la condición

$$\text{inicio} * \text{Ubúsqueda} \leq \text{Pmax}$$

para determinar si puede omitirse una búsqueda en el lado derecho. Si esto no es el caso, en la etapa 330 se realiza una búsqueda en el lado izquierdo.

Si la búsqueda en el lado derecho puede omitirse por la comparación en 304, se omite la etapa 330.

En la etapa 305 se va al punto de máxima potencia encontrado.

La búsqueda finaliza en la etapa 306.

Para que sean eficaces las condiciones para la omisión de la búsqueda en la dirección opuesta al encontrarse una potencia más elevada, hay que comenzar con la dirección de búsqueda correcta. Por lo tanto, es razonable decidirse antes de comenzar con la búsqueda por la dirección de búsqueda correcta. Esto puede realizarse con ayuda de la potencia máxima posible 18 en la búsqueda en el lado izquierdo y la potencia máxima posible 17 en la búsqueda en el lado derecho. Si la potencia máxima posible 17 en la búsqueda en el lado derecho es superior a la potencia máxima posible 18 en la búsqueda en el lado izquierdo, es razonable comenzar con la búsqueda en el lado derecho. Si aquí se encuentra un punto de una potencia más elevada, para omitir la búsqueda en la dirección opuesta solo debe superarse la potencia inferior de las dos potencias, como se muestra en las Figuras 21 y 23. El punto de inicio 4 antes de la búsqueda y en la selección de la dirección de la búsqueda puede ser tanto un punto global o local de máxima potencia MPP como también un punto a elegir libremente en la curva característica IU o en la curva característica real 11.

La Figura 21 muestra una representación gráfica a modo de ejemplo para ilustrar una selección de la dirección de la búsqueda empezándose con la búsqueda en el lado derecho.

La zona de búsqueda está limitada por una posible potencia máxima 17 en el lado derecho. La curva característica real 11 presenta un punto global de máxima potencia MPP 2, que está situado en la curva de una potencia máxima en el lado derecho 15. La curva con el signo de referencia 18 indica una posible potencia máxima en el lado izquierdo. La tensión de inicio 22 y la corriente de inicio 32 resultan con ayuda del punto de inicio 4 de la potencia máxima 12 que había hasta ahora. La tensión de búsqueda 20 y la corriente de búsqueda 30 se indican como valores máximos.

La condición para tener que empezar con la búsqueda en el lado derecho es la siguiente (véase la Figura 21):

$$\text{I inicio} * \text{Ubúsqueda} > \text{Uinicio} * \text{Ibúsqueda} \rightarrow \text{Comenzar con búsqueda en el lado derecho}$$

(G26)

Con:

inicio := corriente PV antes de la búsqueda,
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 Uinicio := tensión PV antes de la búsqueda,
 Ibúsqueda := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

La corriente de búsqueda máxima 30 introducida aquí también puede reducirse correspondientemente mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado. La tensión de búsqueda máxima 20 introducida puede reducirse correspondientemente mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado y/o la restricción de la zona de búsqueda para garantizar una potencia mínima definida 14.

El diagrama de flujo correspondiente para trabajar con tensión predeterminada o con corriente predeterminada está representado en la Figura 22.

Aquí es válido:

inicio := corriente PV antes de la búsqueda,
 Ubúsqueda := tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 Uinicio := tensión PV antes de la búsqueda e

Ibúsqueda := corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

En la etapa 301 comienza la búsqueda y en la etapa 322 sigue una inicialización para $linicio=I_{pv}$ y $Uinicio = U_{pv}$. A continuación, sigue una etapa de comparación, en la que se decide con qué dirección de la búsqueda se comienza. La condición de comparación es la siguiente:

5 **$linicio * Ubúsqueda > Uinicio * Ibúsqueda$**

Si se cumple esta condición, comienza la búsqueda con la búsqueda en el lado derecho en la etapa 330, seguida por una etapa de comparación 303 en la que se comprueba con la condición

$Uinicio * Ibúsqueda \leq Pmax$

10 si se sigue con la búsqueda en el lado izquierdo en la etapa 360 o si se omite la misma. En la etapa 305 se va al punto de máxima potencia y en la etapa 306 finaliza la búsqueda.

Si la condición

$linicio * Ubúsqueda > Uinicio * Ibúsqueda$

no se cumple en la etapa 323, en la etapa 360 se comienza en primer lugar con la búsqueda en el lado izquierdo. En la etapa de comparación 304 se comprueba con la condición

15 **$linicio * Ubúsqueda \leq Pmax$**

si la búsqueda se sigue en el lado derecho con la etapa 330 o si se omite. En la etapa 305 se va al punto de máxima potencia y en la etapa 306 finaliza la búsqueda.

Si las dos potencias en la condición (G26) son iguales, no importa la primera dirección de la búsqueda.

20 Esta condición (G26) también puede ser reformulada como condición para el comienzo con la búsqueda en el lado izquierdo:

$linicio * Ubúsqueda < Uinicio * Ibúsqueda \rightarrow \text{Comenzar con búsqueda en el lado izquierdo (G27)}$

Con:

25 $linicio$:= corriente PV antes de la búsqueda,
 $Ubúsqueda$:= tensión de búsqueda máxima (o tensión de seguimiento máxima o tensión PV máxima del inversor).
 $Uinicio$:= tensión PV antes de la búsqueda e
 $Ibúsqueda$:= corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor).

La diferencia con la condición (G26) está en la inversión del signo de desigualdad.

En la Figura 23 está representada una representación gráfica a modo de ejemplo para ilustrar una selección de la dirección de la búsqueda empezándose con la búsqueda en el lado izquierdo.

30 La zona de búsqueda está limitada por una posible potencia máxima en el lado izquierdo 18. La curva característica real 11 presenta un punto global de máxima potencia MPP 2, que está situado en la curva de una potencia máxima 16 en el lado izquierdo. La curva con el signo de referencia 17 indica una posible potencia máxima en el lado derecho. La tensión de inicio 22 y la corriente de inicio 32 resultan con ayuda del punto de inicio 4 de la potencia máxima 12 que había hasta ahora. La tensión de búsqueda 20 y la corriente de búsqueda 30 se indican como valores máximos.

35 La corriente de búsqueda máxima 30 introducida aquí también puede reducirse correspondientemente mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado. La tensión de búsqueda máxima 20 introducida puede reducirse correspondientemente mediante la potencia nominal del generador fotovoltaico conectado y/o la restricción de la zona de búsqueda para garantizar una potencia mínima definida 14.

40 El diagrama de flujo correspondiente para trabajar con tensión predeterminada o con corriente predeterminada está representado en la Figura 22, en el que en la etapa de comparación 323 no se cumple la condición (G26) (inversión del signo de desigualdad). Las explicaciones al respecto ya se han dado anteriormente.

La invención no está limitada al ejemplo de realización arriba explicado. Por supuesto, puede modificarse en el marco de las reivindicaciones adjuntas.

45 Puede usarse por ejemplo el procedimiento de acuerdo con la invención para la búsqueda de un punto de potencia más elevada o máxima para hacer pasar un procedimiento de seguimiento existente al punto global de máxima potencia MPP o para encontrar un punto de inicio para un procedimiento de seguimiento, aunque también puede usarse como procedimiento de seguimiento propiamente dicho. La invención no ha de limitarse a uno o varios de los ejemplos de realización anteriormente descritos. Además, no hay una restricción al tenor literal de las reivindicaciones,

sino que las mismas también incluyen medidas equivalentes, con las que el objetivo se consigue con otros medios por otra vía.

En particular, pueden combinarse de múltiples formas los diferentes criterios de interrupción de la descripción y pueden usarse de forma complementaria y adaptados a otras circunstancias.

5 **Signos de referencia**

	1	Punto de máxima potencia (MPP)
	2	Punto global de máxima potencia MPP
	3	Punto local de máxima potencia MPP
	4	Punto de inicio
10	5	Búsqueda en el lado derecho
	6	Búsqueda en el lado izquierdo
	10	Curva característica nominal
	11	Curva característica real
	12	Potencia máxima
15	13	Zona de potencia
	14	Potencia mínima
	15	Potencia máxima en el lado derecho
	16	Potencia máxima en el lado izquierdo
	17	Potencia máxima posible en el lado derecho
20	18	Potencia máxima posible en el lado izquierdo
	19	Potencia perdida
	20	Tensión de búsqueda máxima
	21	Tensión en vacío
	22	Tensión de inicio
25	23	Tensión de interrupción en el lado derecho
	24	Tensión de interrupción en el lado izquierdo
	25	Tensión de búsqueda nominal
	26	Tensión de búsqueda límite
	30	Corriente de búsqueda máxima
30	31	Corriente de cortocircuito
	32	Corriente de inicio
	33	Corriente de interrupción en el lado derecho
	34	Corriente de interrupción en el lado izquierdo
	35	Corriente de búsqueda nominal
35	36	Corriente de búsqueda límite
	40, 40'	Punto final de búsqueda en el lado derecho
	41, 41'	Punto final de búsqueda en el lado izquierdo
	42	Punto de intersección corriente de búsqueda límite
	43	Punto de intersección tensión de búsqueda límite
40	100...500	Etapas de procedimiento
	I	Corriente
	D	Diodo
	N	Potencia
	PV	Generador fotovoltaico
45	PV'	Fuente de corriente
	Ri	Resistencia interior
	RL	Carga
	T	Tiempo
	U	Tensión

50

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar un punto global de máxima potencia (MPP) de un generador fotovoltaico (PV) mediante una variación de al menos un parámetro de los dos parámetros tensión de búsqueda y corriente de búsqueda, mediante un dispositivo montado a continuación del generador fotovoltaico, dentro de una zona de búsqueda en la que se busca como máximo en una curva de potencia/tensión con las siguientes etapas del procedimiento:
- a) inicialización mediante definición de un punto de inicio (4) habiendo una potencia de inicio con una tensión de inicio y una corriente de inicio;
 - b) búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en solo una dirección de la búsqueda (5, 6) mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda, teniéndose en cuenta al menos dos condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda, determinándose al menos una de las condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda evaluándose los parámetros dados en un estado de funcionamiento ya alcanzado durante la búsqueda; y
 - c) finalización de la búsqueda cuando se cumpla una de las al menos dos condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa b).
2. Procedimiento para determinar un punto global de máxima potencia (MPP) de generadores fotovoltaicos (PV) mediante una variación de al menos un parámetro de los dos parámetros tensión de búsqueda y corriente de búsqueda mediante un dispositivo montado a continuación del generador fotovoltaico en una zona de búsqueda en la que se busca como máximo en una curva de potencia/tensión con las siguientes etapas del procedimiento:
- a) inicialización mediante la definición de un punto de inicio (4) habiendo una potencia de inicio con una tensión de inicio y una corriente de inicio (etapa 100);
 - b) búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en una primera dirección de la búsqueda (5, 6) mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda, teniéndose en cuenta al menos una primera condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda, determinándose la primera condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda evaluándose los parámetros dados en un estado de funcionamiento ya alcanzado durante la búsqueda;
 - c) finalización de la búsqueda en la primera dirección de la búsqueda (5, 6) cuando se cumpla la primera condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa b);
 - d) a continuación, búsqueda del punto global de máxima potencia (MPP) en una segunda dirección de la búsqueda (5, 6) mediante variación repetida de la tensión de búsqueda o de la corriente de búsqueda en la zona de búsqueda, teniéndose en cuenta al menos una segunda condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda, determinándose la segunda condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda evaluándose los parámetros dados en un estado de funcionamiento ya alcanzado durante la búsqueda; y
 - e) finalización de la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda (5, 6) cuando se cumpla la segunda condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda en la etapa d),
- ajustándose tras la finalización de la búsqueda el punto global con la potencia máxima determinada.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado porque** se tienen en cuenta dos o más condiciones restrictivas para la restricción de una zona de búsqueda en la búsqueda.
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la al menos una condición restrictiva para la restricción de una zona de búsqueda comprende una condición de interrupción que dice que en caso de mantenerse una dirección de la búsqueda no puede haber una perspectiva de un aumento de la potencia.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** al determinar la zona de búsqueda en el punto de inicio (4) se tienen en cuenta una tensión de búsqueda máxima (20) y una corriente de búsqueda máxima (30).
6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la búsqueda en la primera dirección de la búsqueda se realiza como una búsqueda en el lado derecho.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, si está subordinada de forma directa o indirecta a la reivindicación 2, **caracterizado porque** la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda se realiza como una búsqueda en el lado izquierdo.
8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el cumplimiento de una de las condiciones restrictivas para la restricción de la zona de búsqueda se vuelve a comprobar continuamente durante la realización del procedimiento.
9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la al menos una condición restrictiva para la restricción de una zona de búsqueda comprende una condición de interrupción que dice que al mantenerse una dirección de la búsqueda no se alcanza una potencia mínima.

10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** la al menos una condición restrictiva es una condición de interrupción que tiene en cuenta de forma individual o vinculada uno o varios de los siguientes parámetros:

- 5 Upv:= tensión actual del generador fotovoltaico,
I_{pv}:= corriente actual del generador fotovoltaico,
P_{pv}:= potencia actual del generador fotovoltaico,
P_{min}:= potencia mínima a cumplir del generador fotovoltaico,
P_{max}: potencia máxima que se ha encontrado hasta ahora en una búsqueda y
10 Corriente_{búsqueda}: = corriente de búsqueda máxima (o corriente PV máxima del inversor),
U_{búsqueda}:= tensión de búsqueda máxima,
P_{nominal}:= potencia nominal del generador fotovoltaico,
k_i:= factor corriente MPP/corriente de cortocircuito de un tipo de célula correspondiente.

11. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores subordinadas a la reivindicación 2, **caracterizado porque** la potencia máxima posible en la primera dirección de la búsqueda es superior a la potencia máxima posible en la segunda dirección de la búsqueda.

12. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** se guarda el punto de máxima potencia determinado en cada caso.

13. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, si está subordinada de forma directa o indirecta a la reivindicación 1, **caracterizado porque**, tras finalizar la búsqueda, se ajusta el punto de máxima potencia determinado.

14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** en la reivindicación 2 se omite la búsqueda en la segunda dirección de la búsqueda si se cumple una condición restrictiva para la restricción de la zona de búsqueda.

15. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores subordinadas a la reivindicación 2, **caracterizado porque** la primera condición restrictiva es diferente de la segunda condición restrictiva.

16. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, rebasando el aumento de la potencia un valor mínimo predeterminado, distinto de cero.

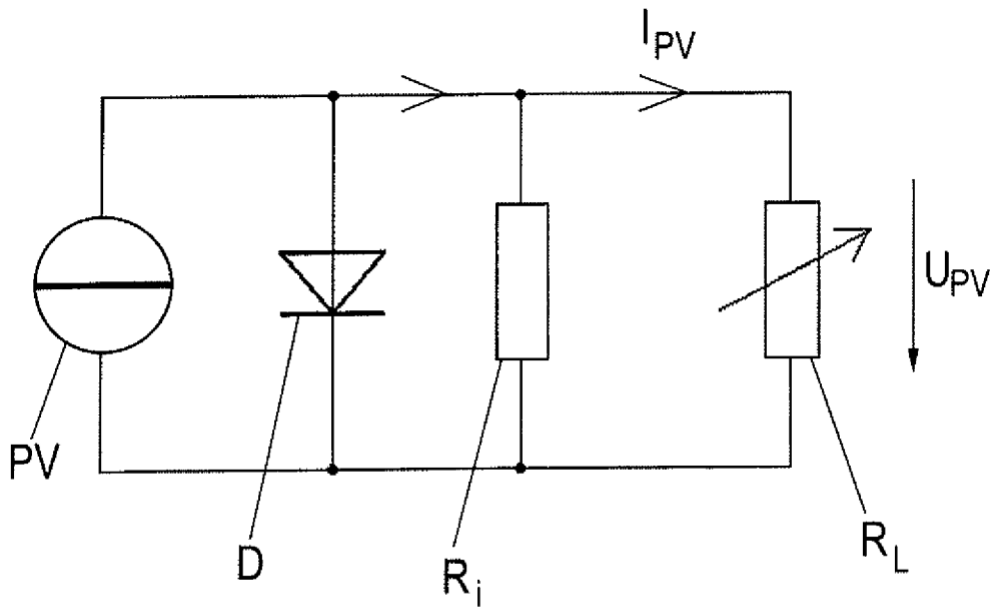
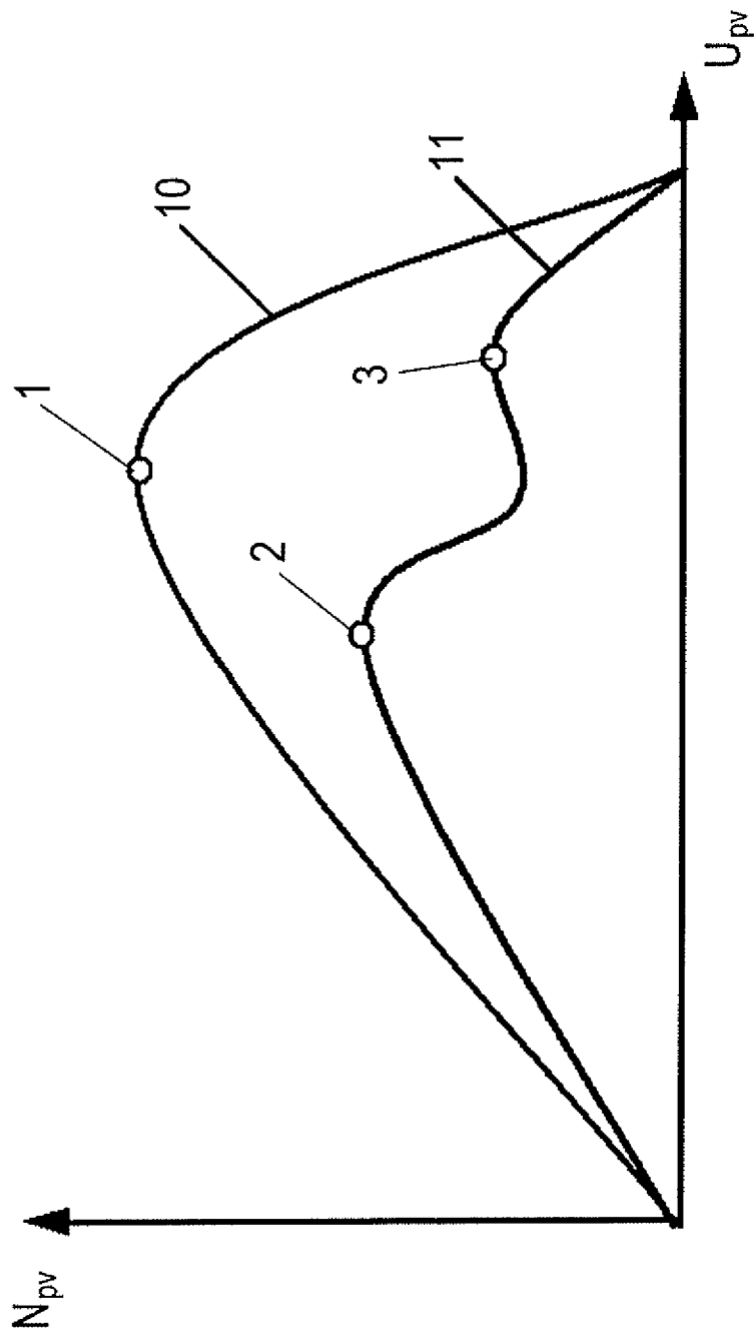


Fig. 1

Fig. 2



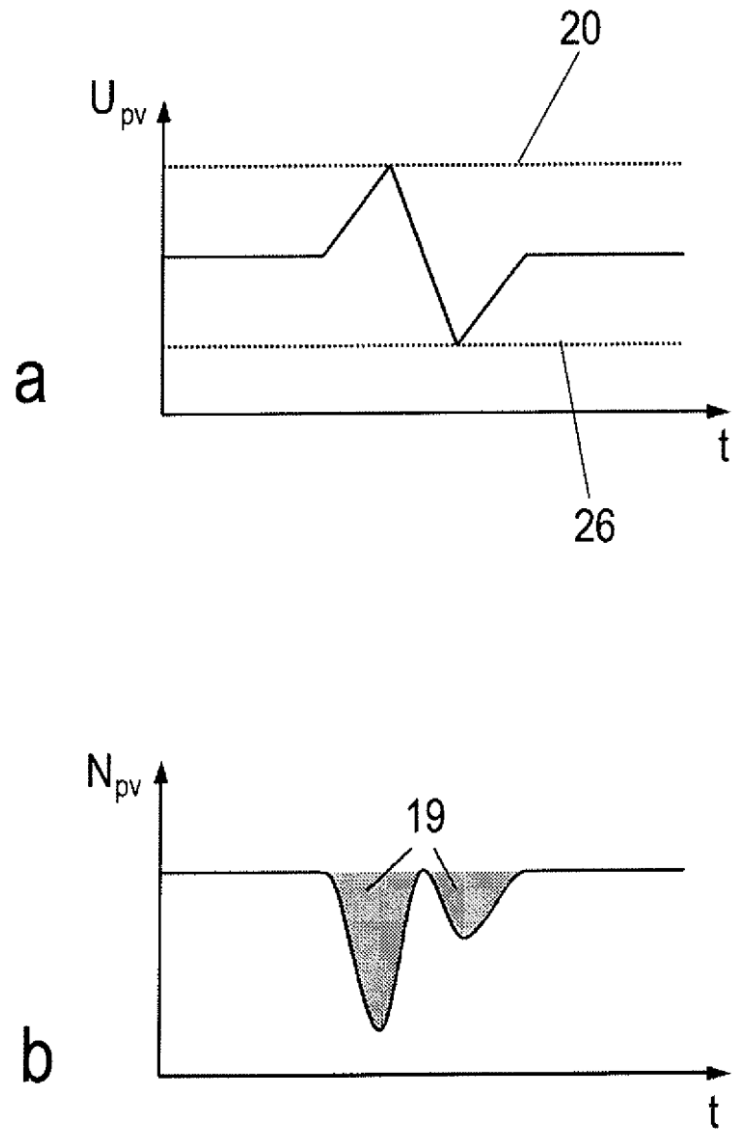


Fig. 3

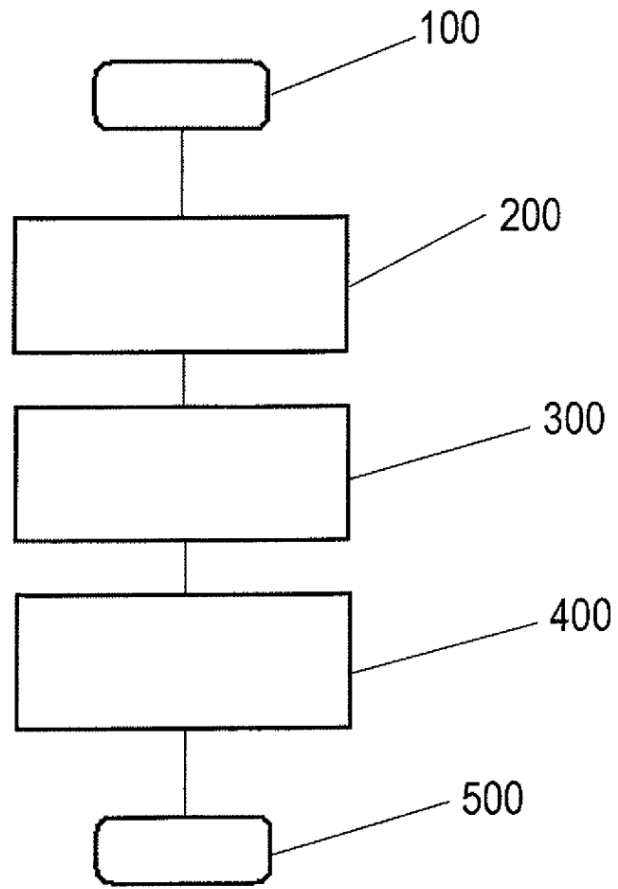


Fig. 4a

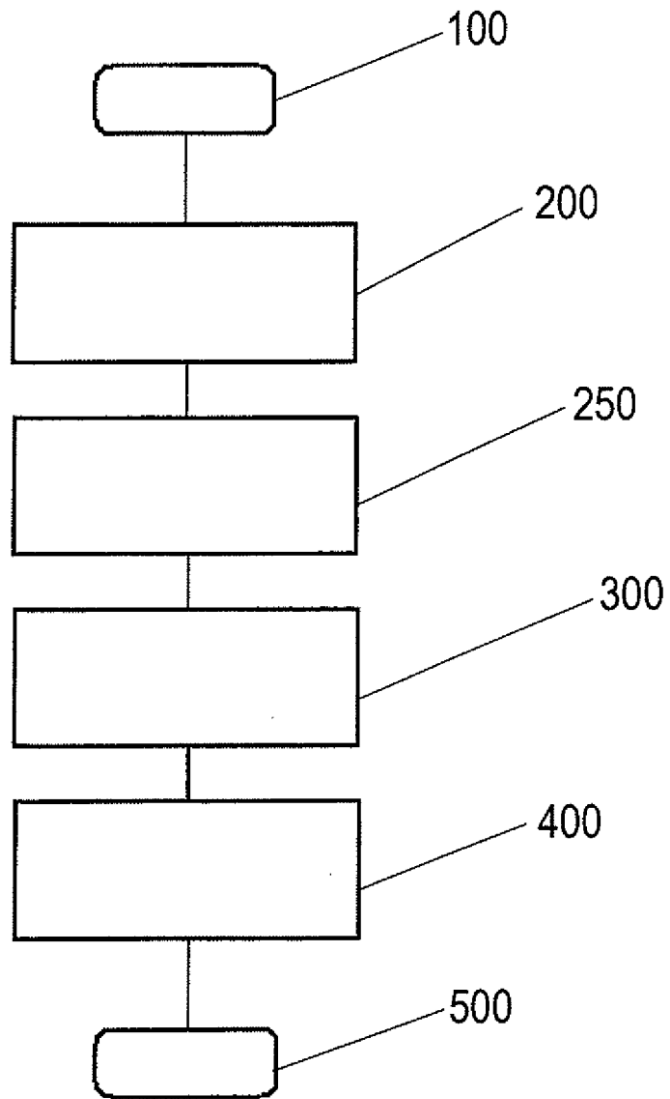
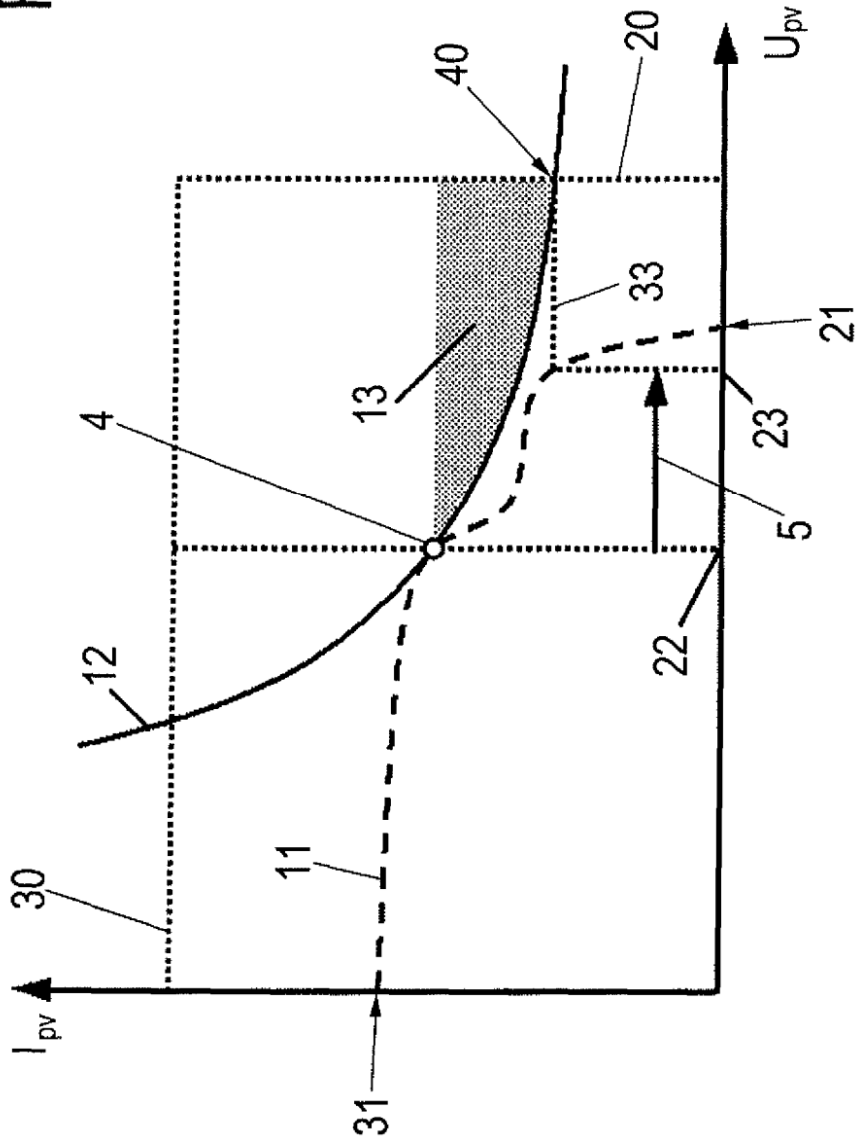


Fig. 4b

Fig. 5



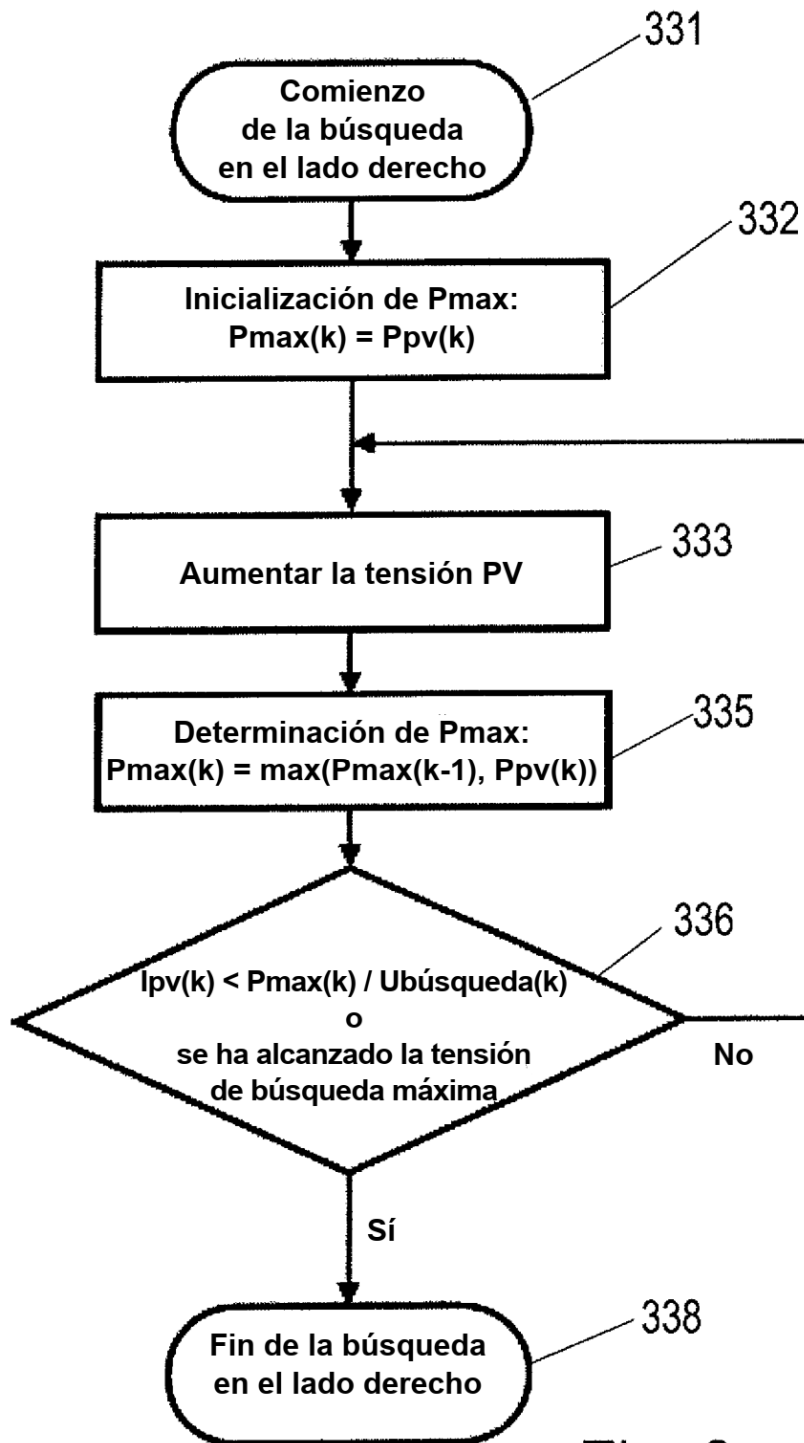


Fig. 6a

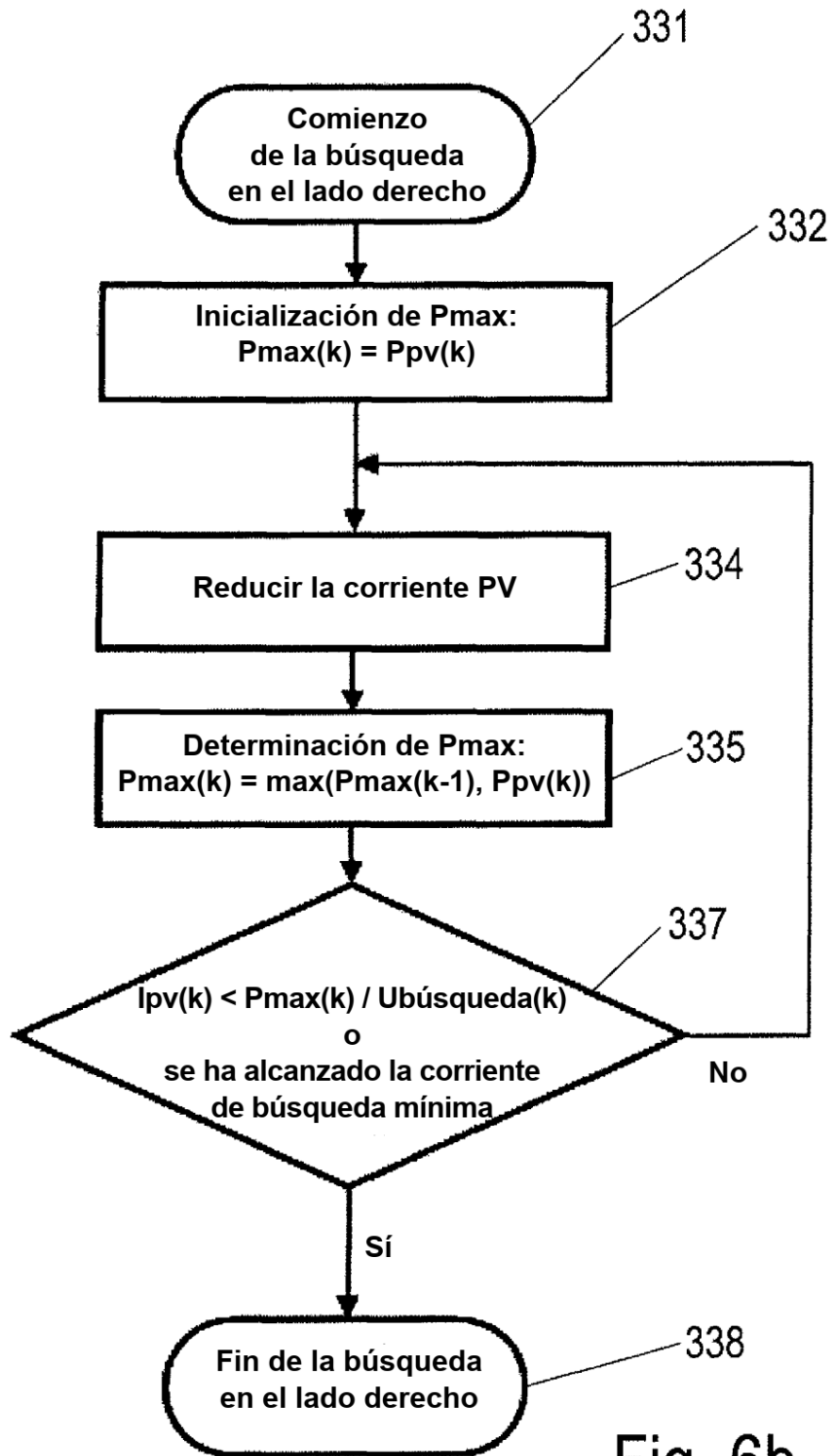
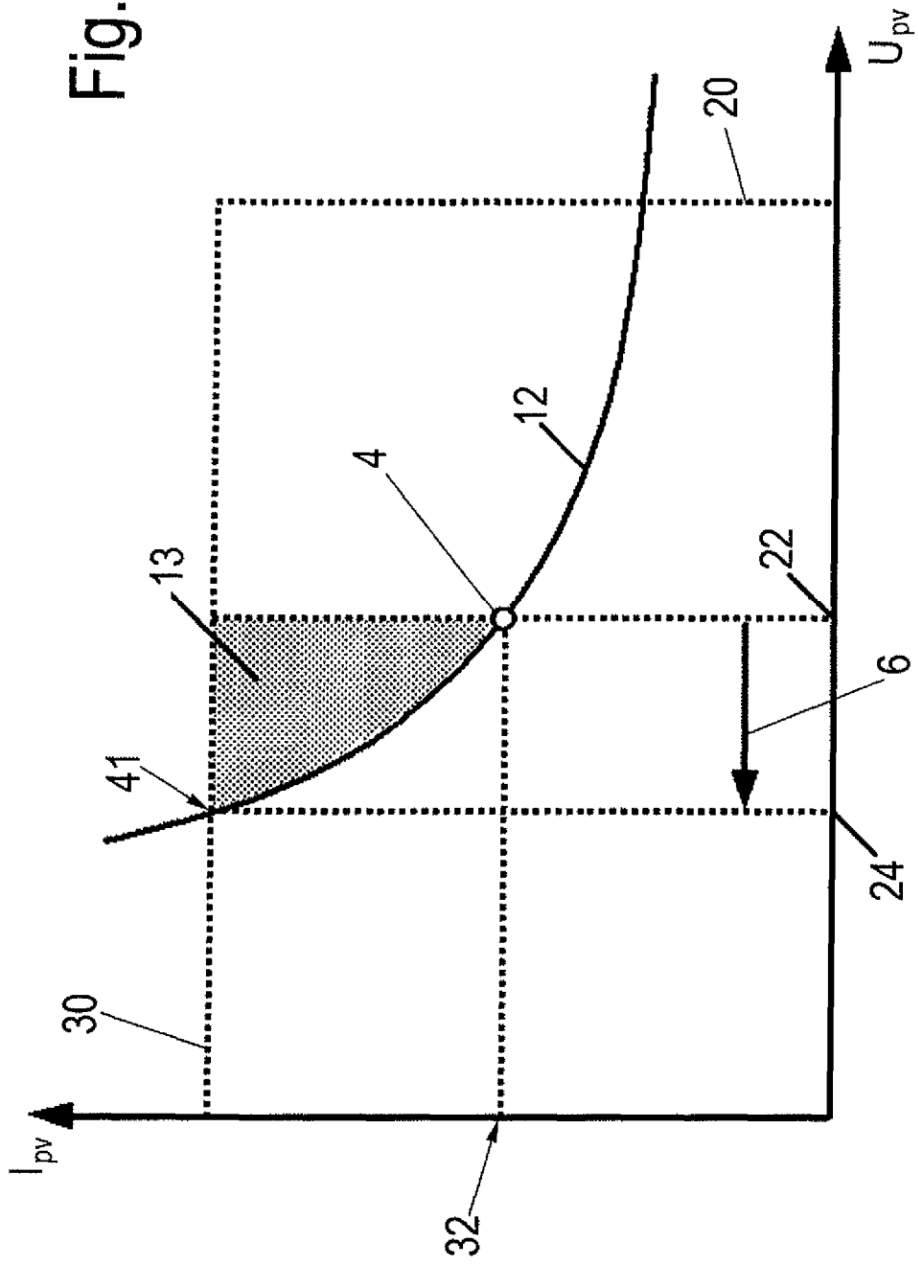
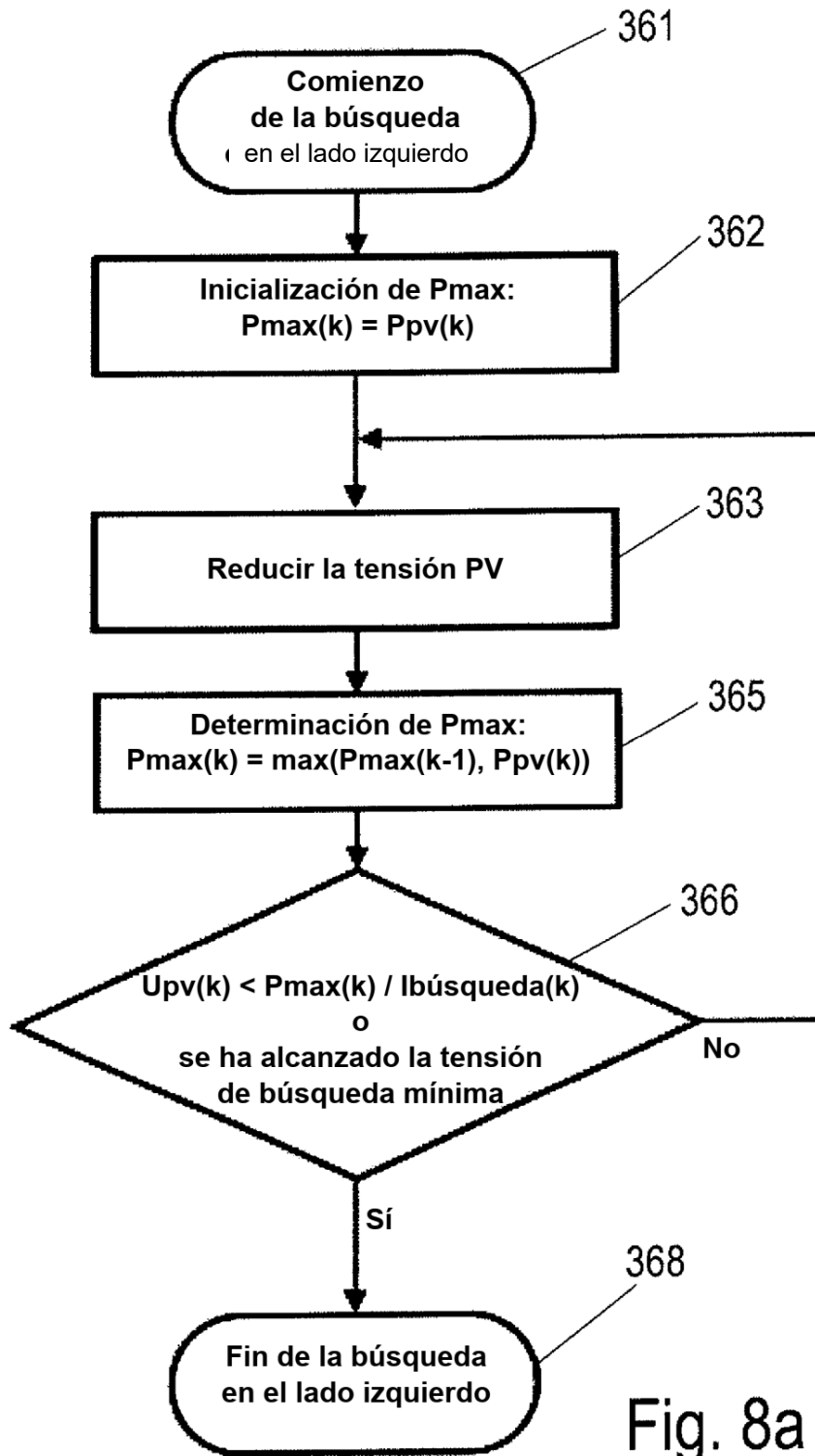


Fig. 6b

Fig. 7





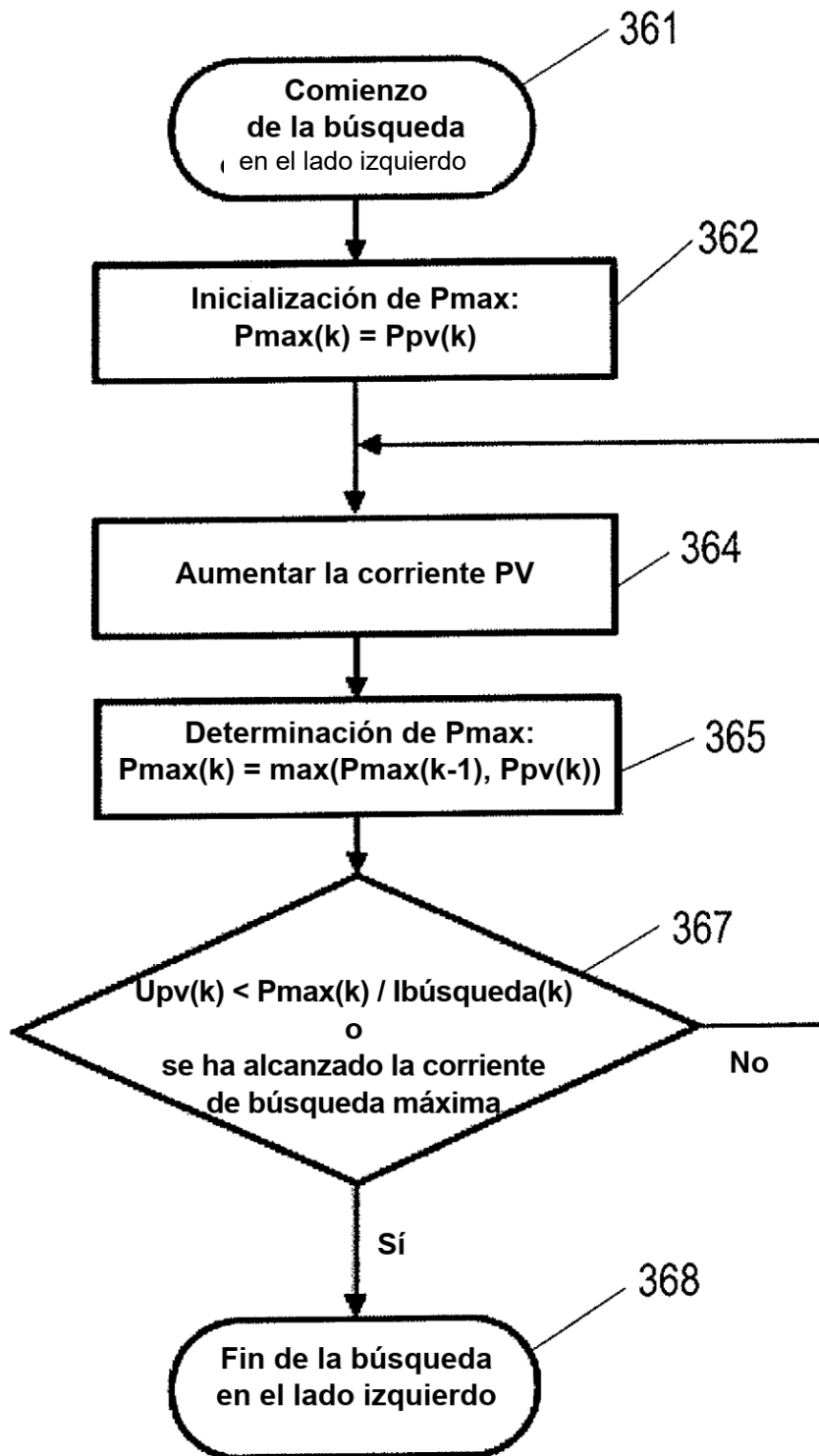
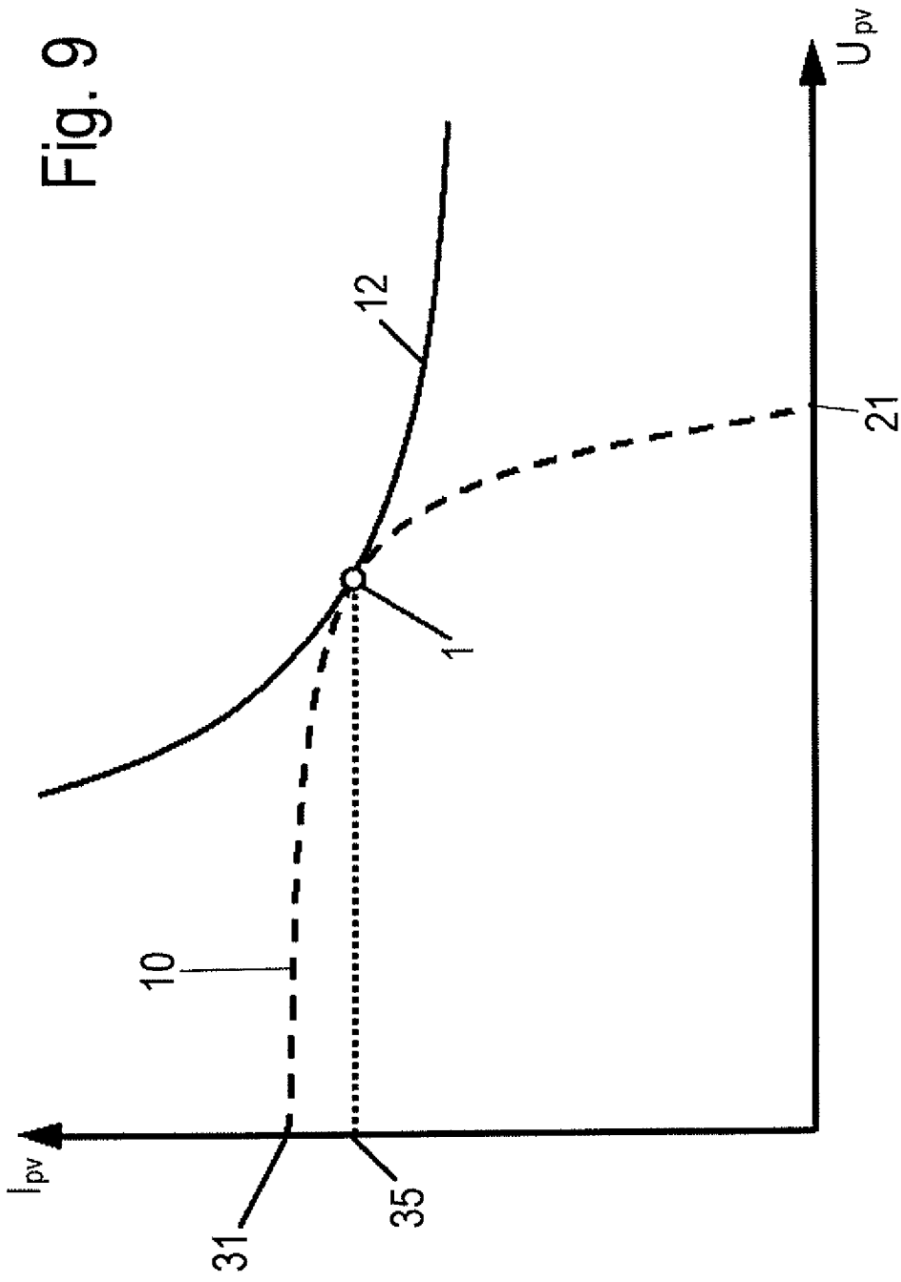
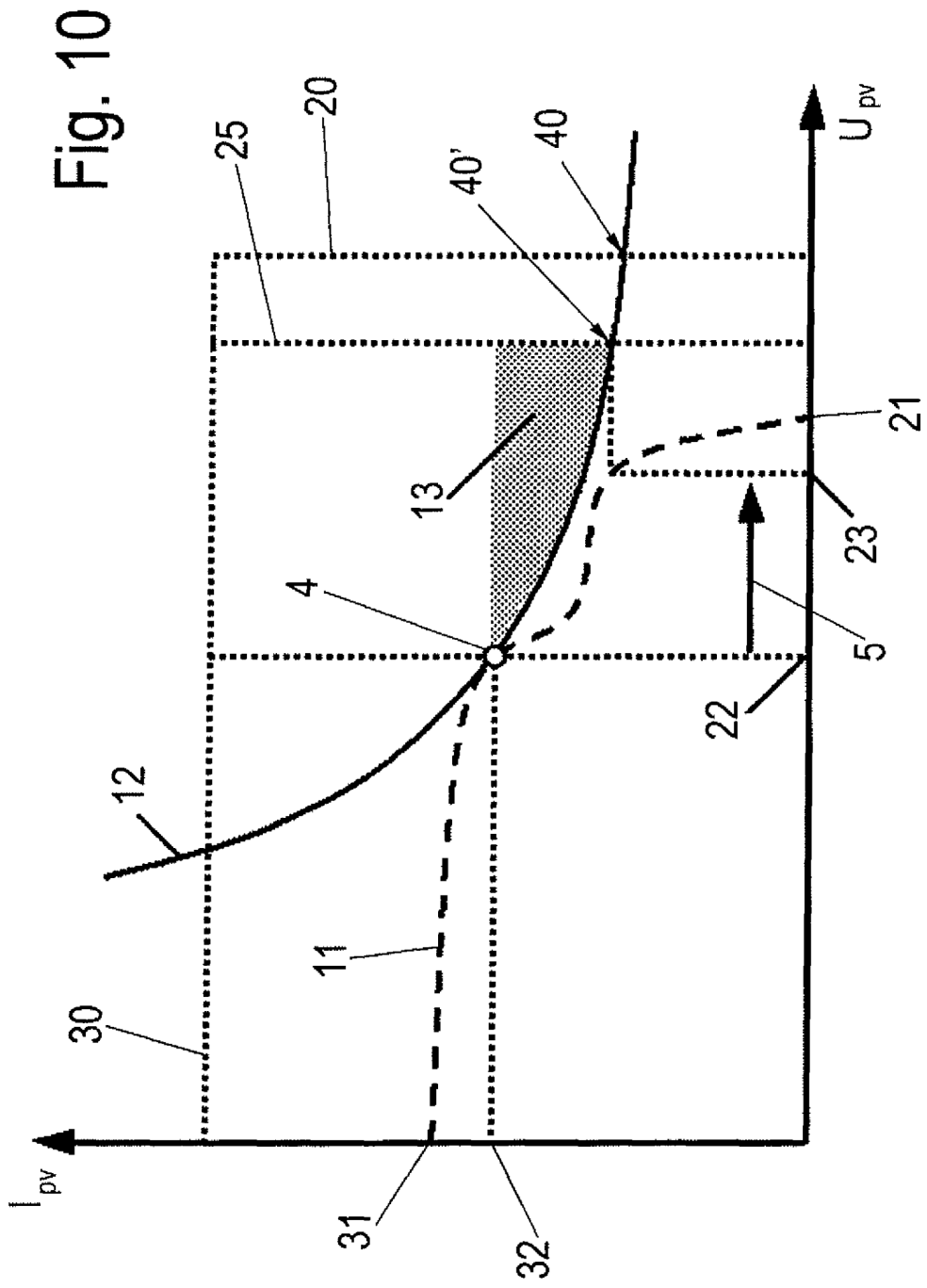


Fig. 8b





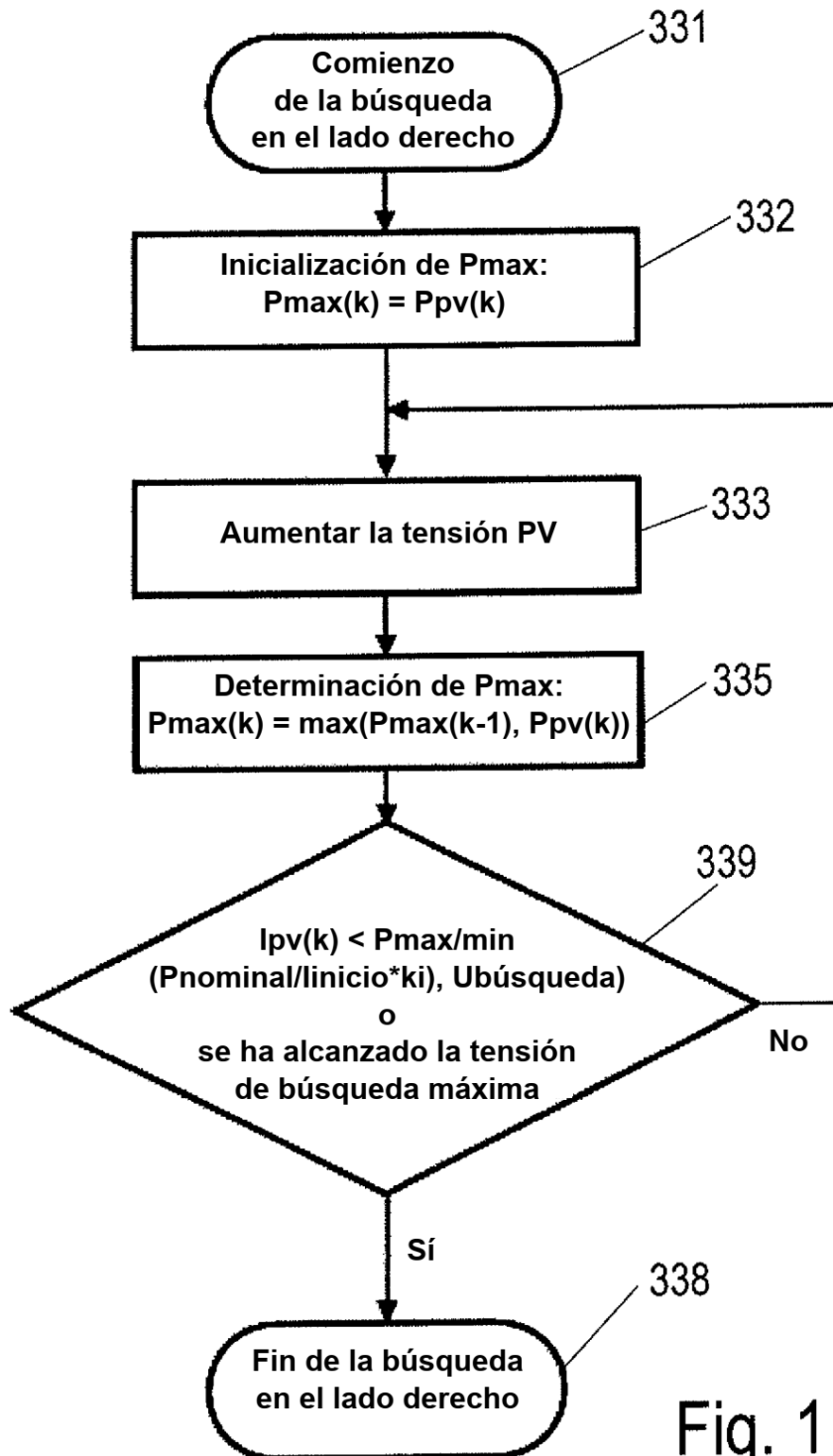


Fig. 11a

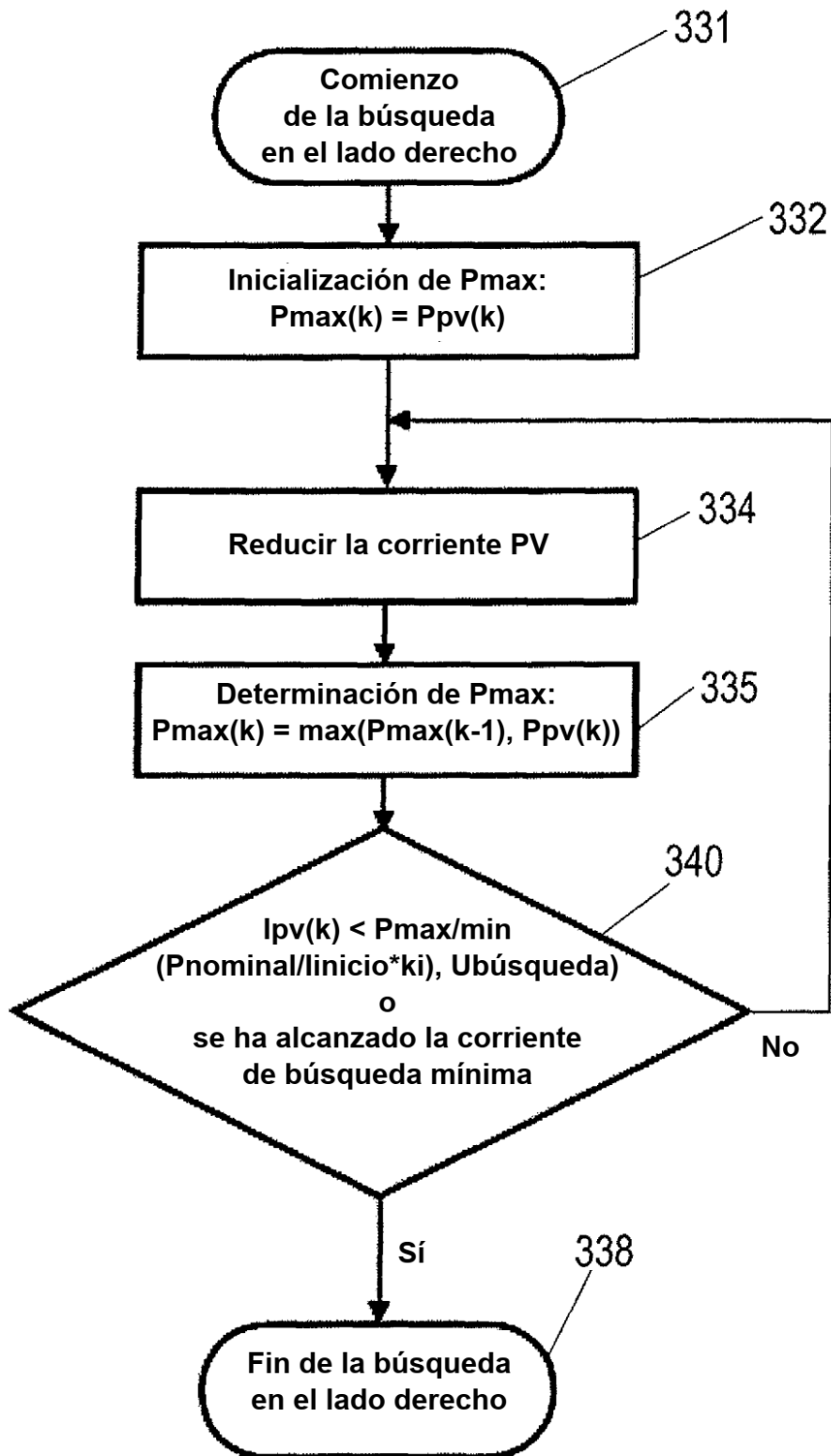


Fig. 11b

Fig. 12

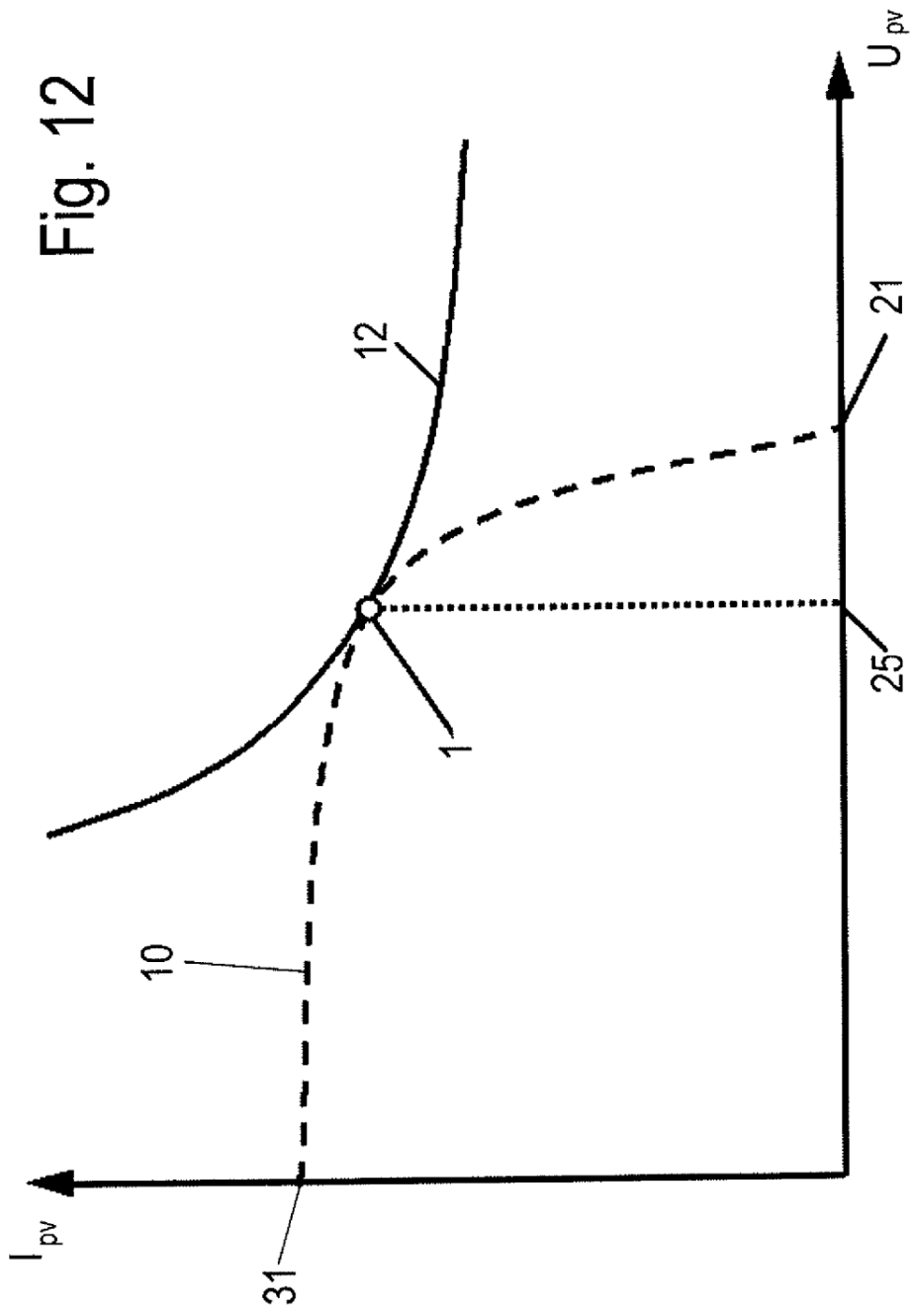
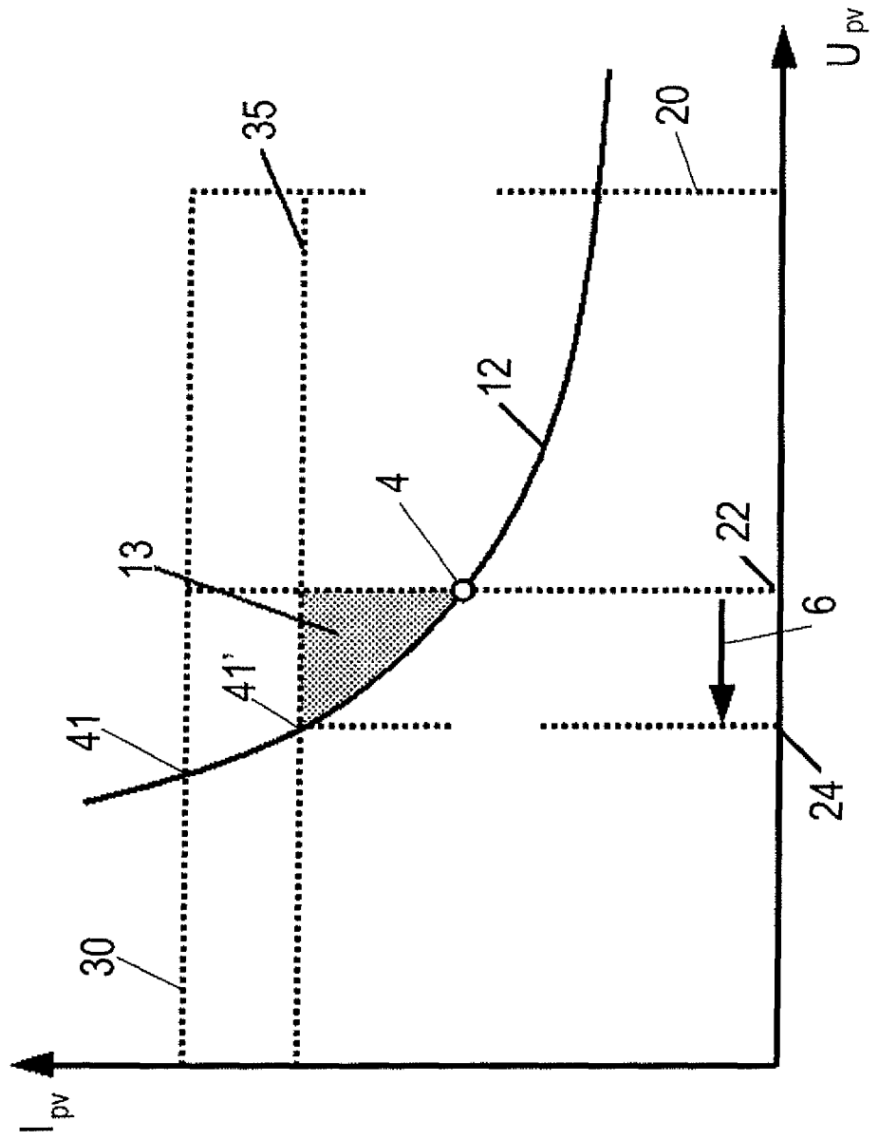


Fig. 13



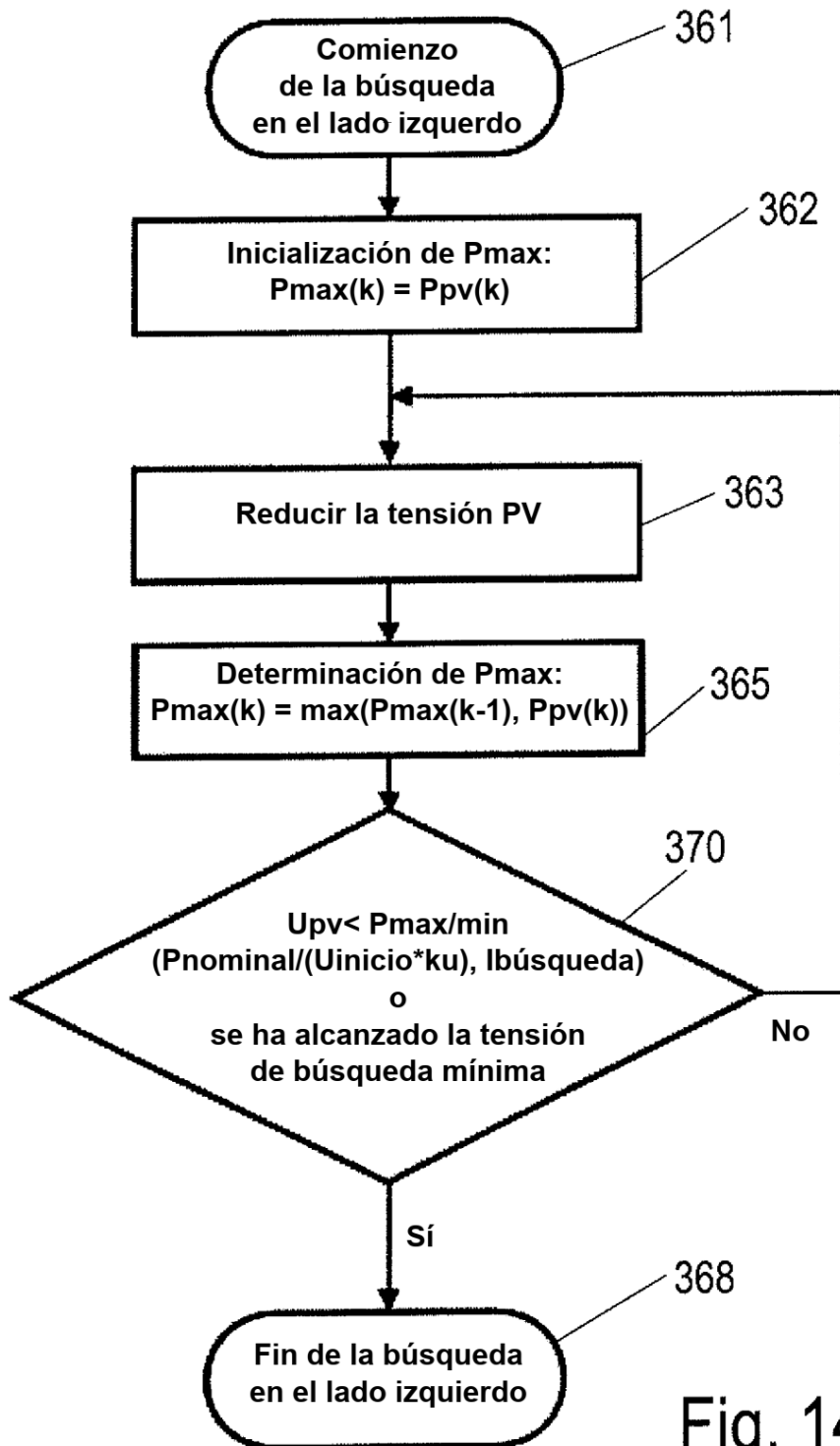


Fig. 14a

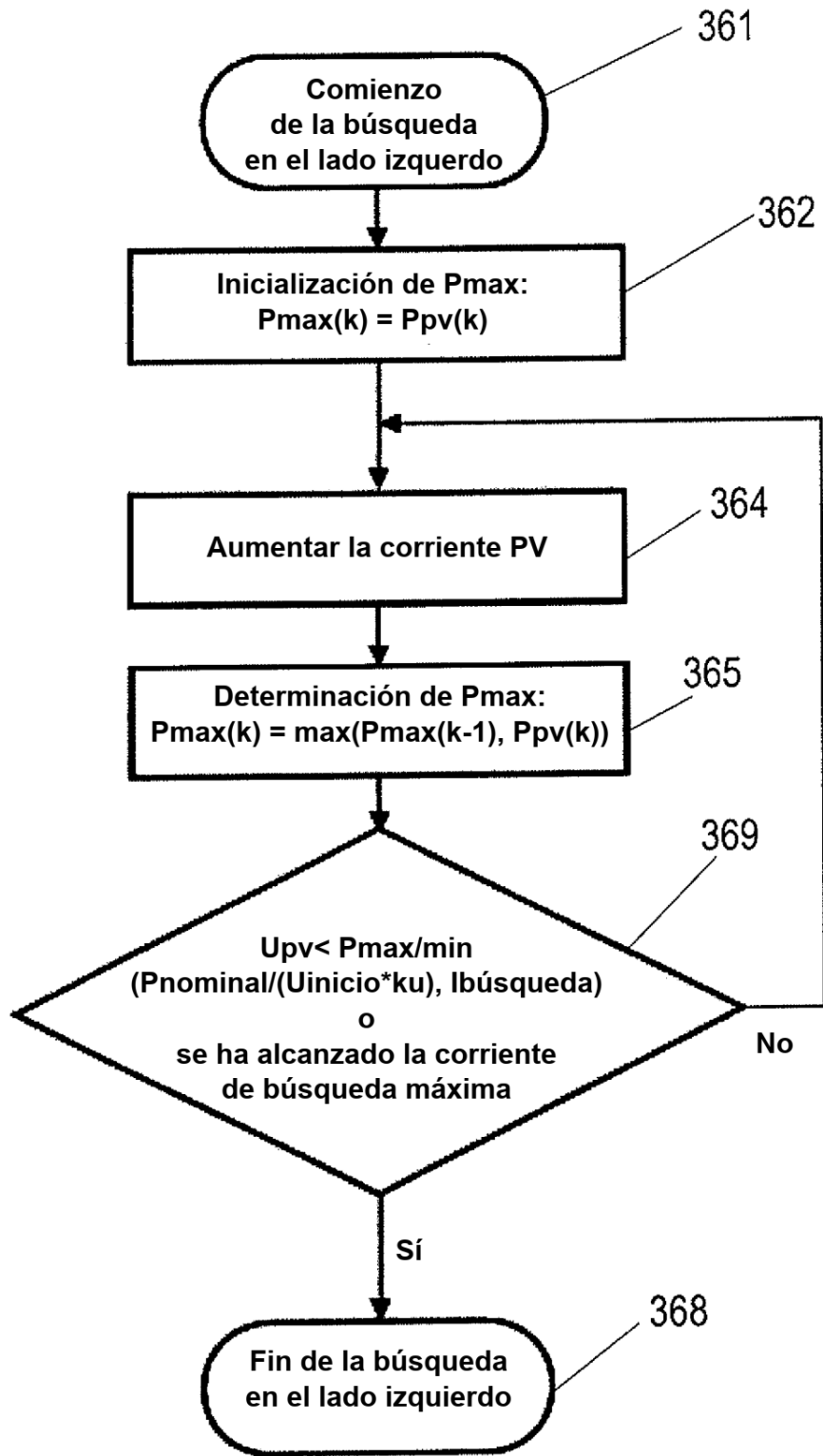


Fig. 14b

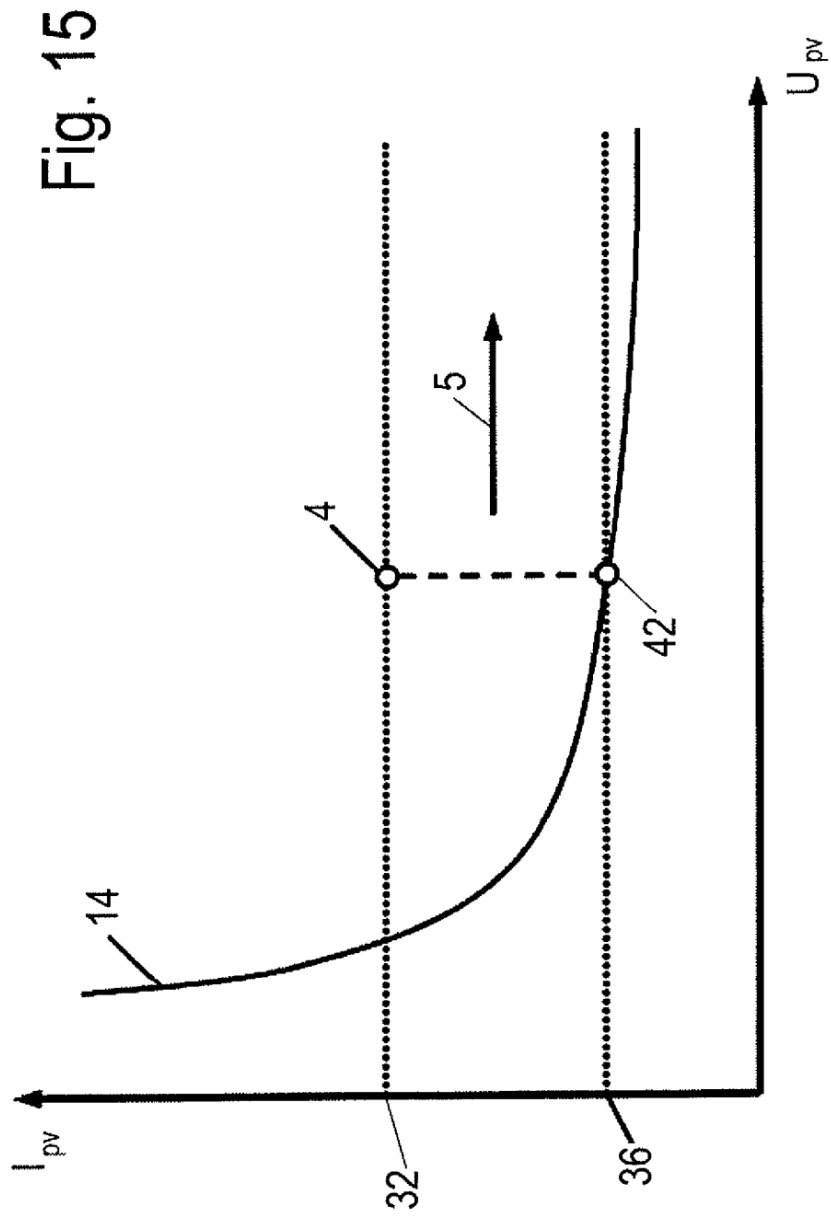


Fig. 16

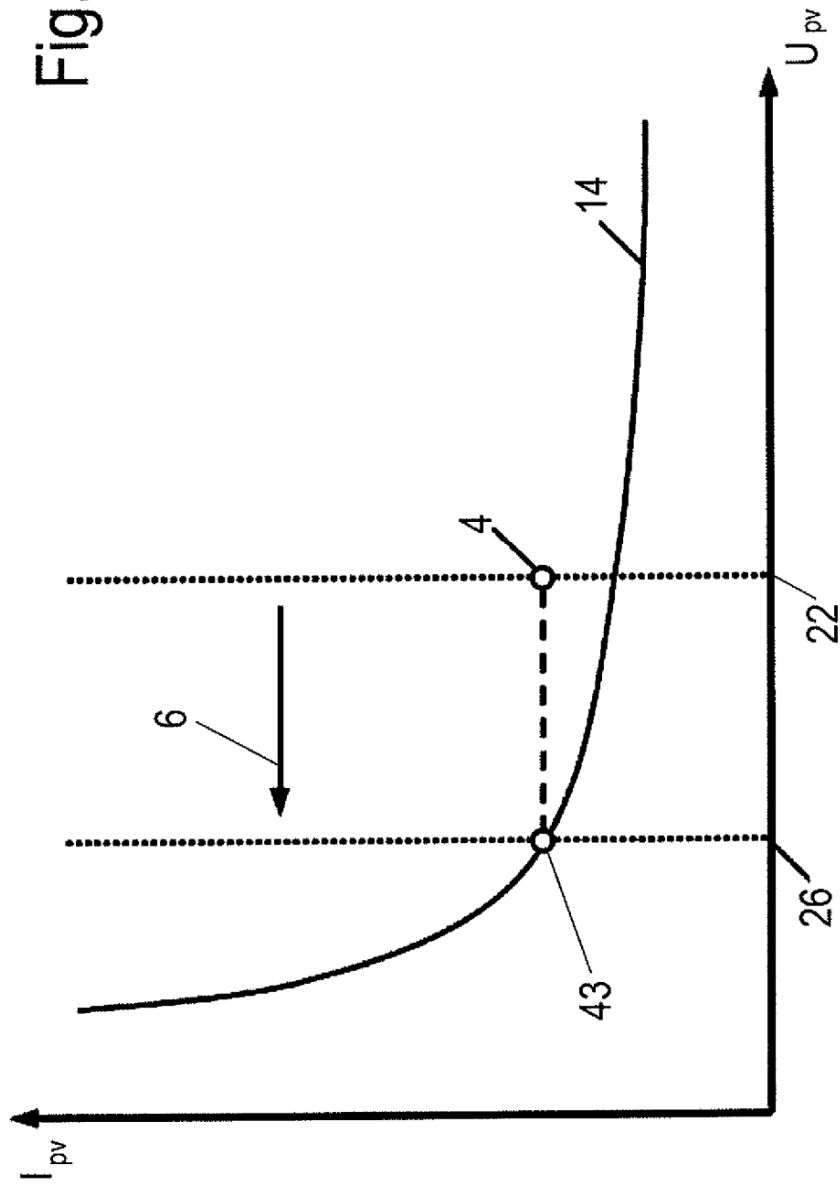
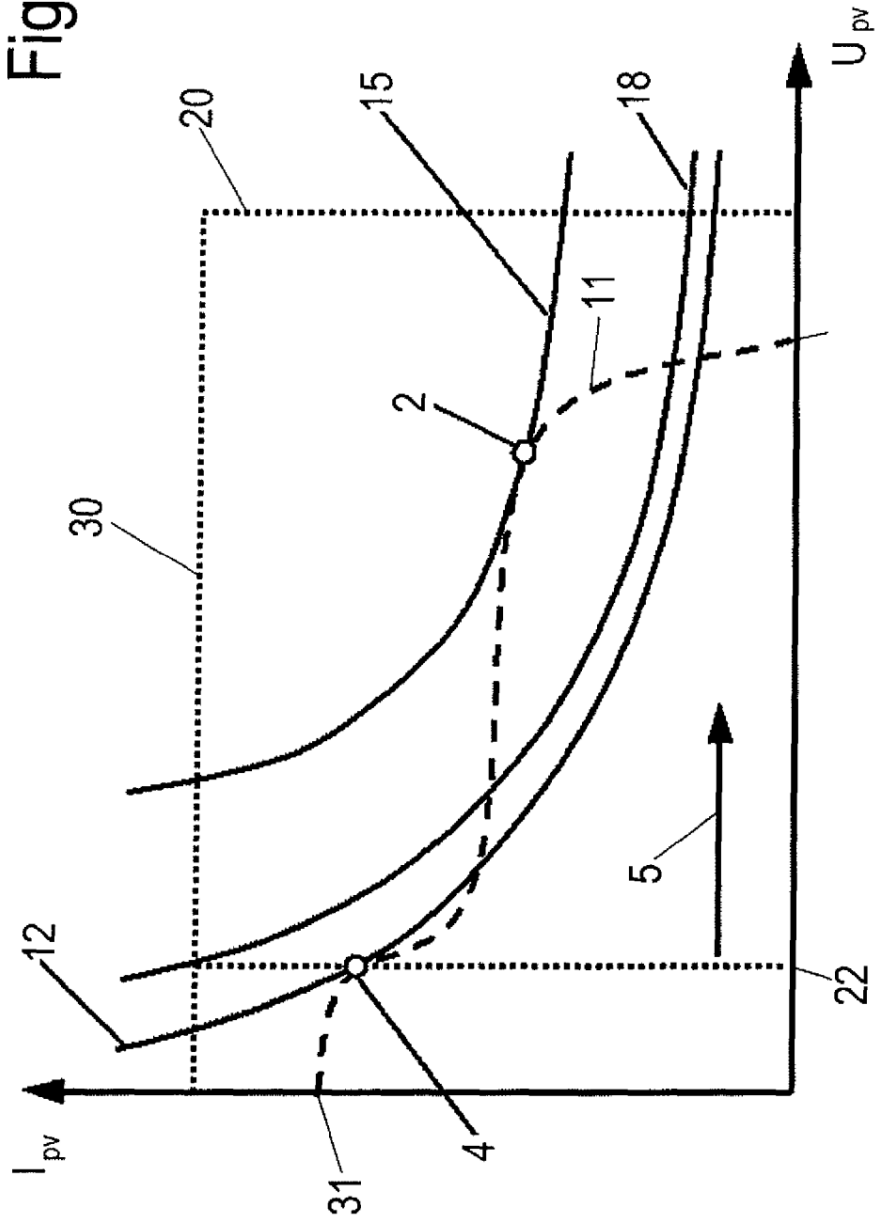


Fig. 17



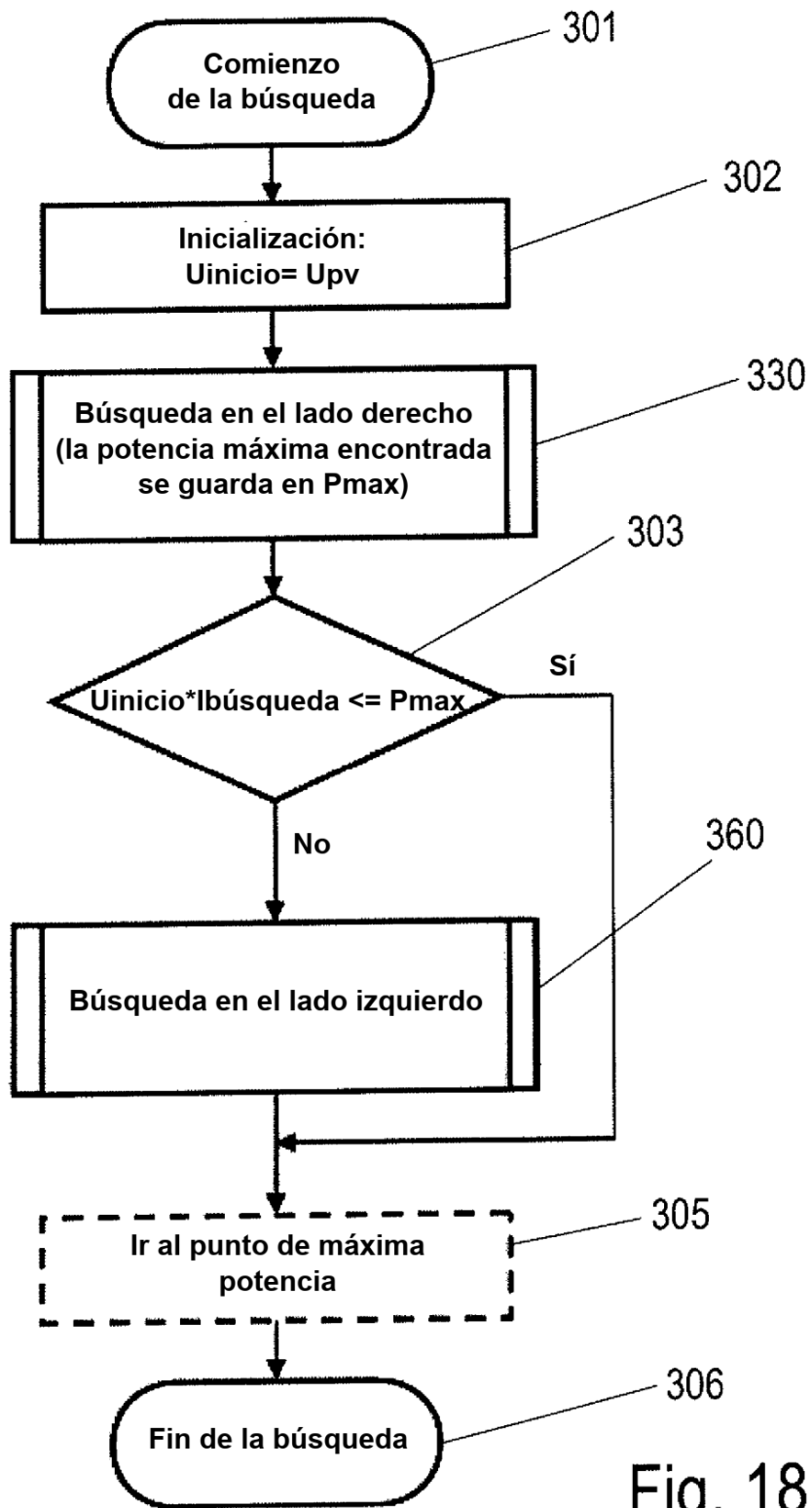


Fig. 18

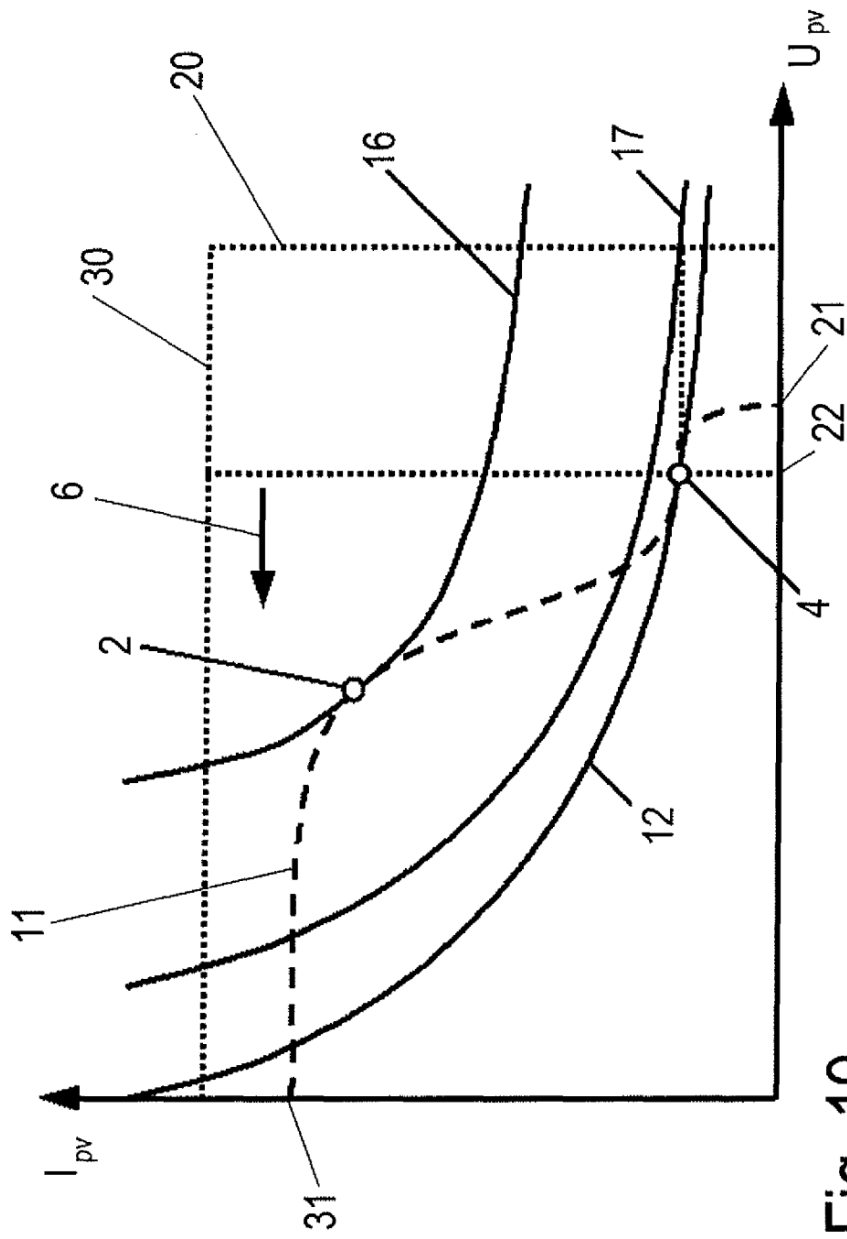


Fig. 19

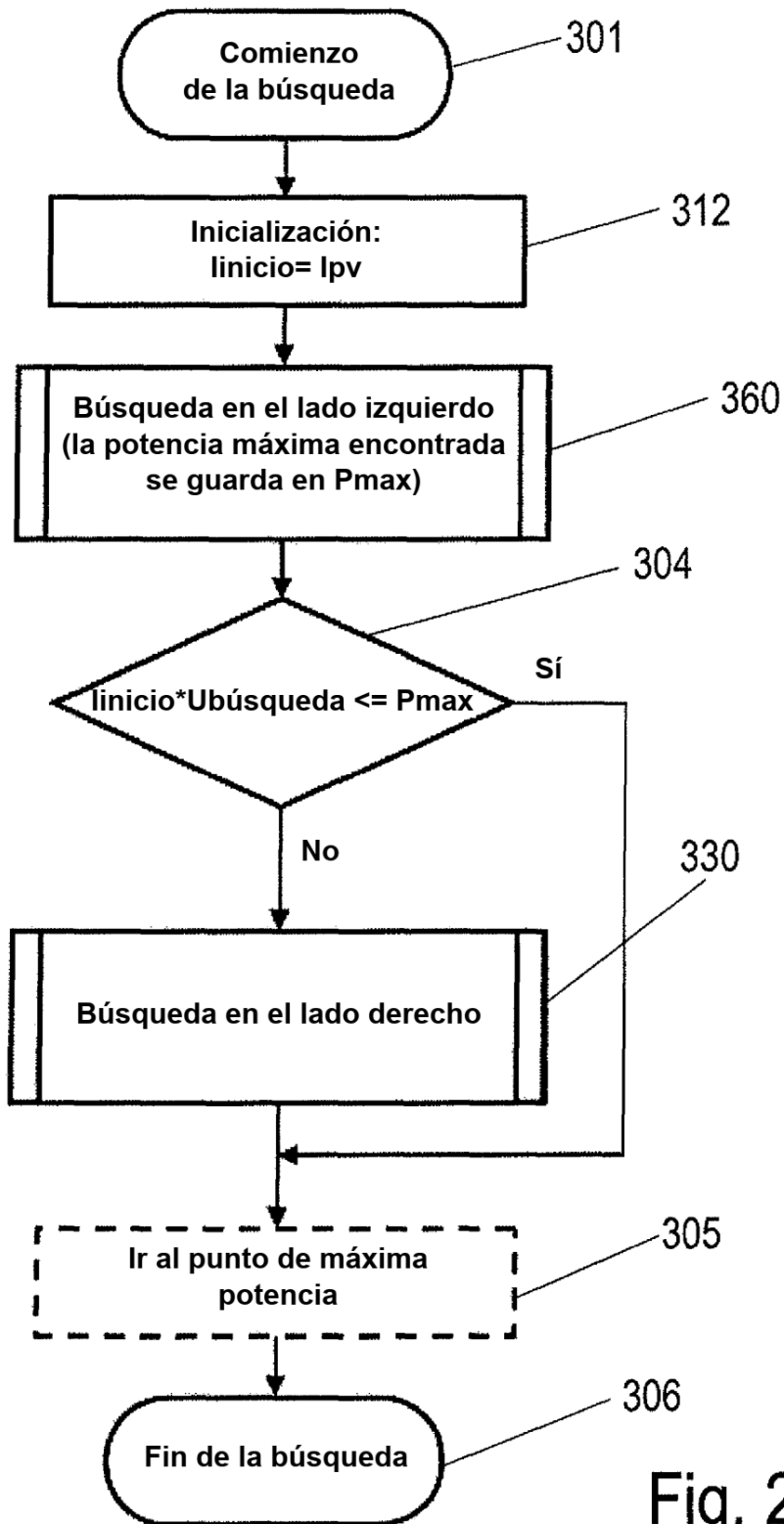
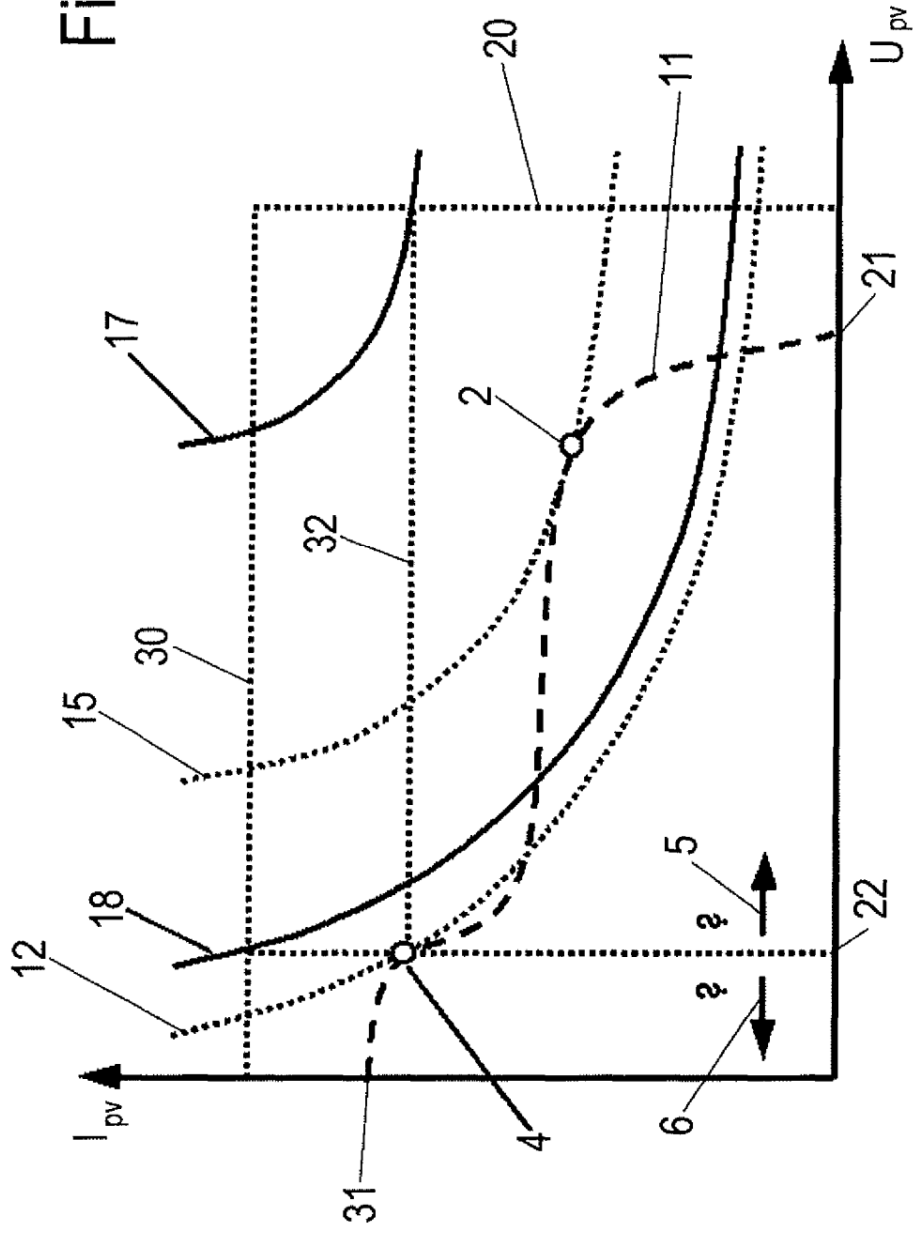


Fig. 20

Fig. 21



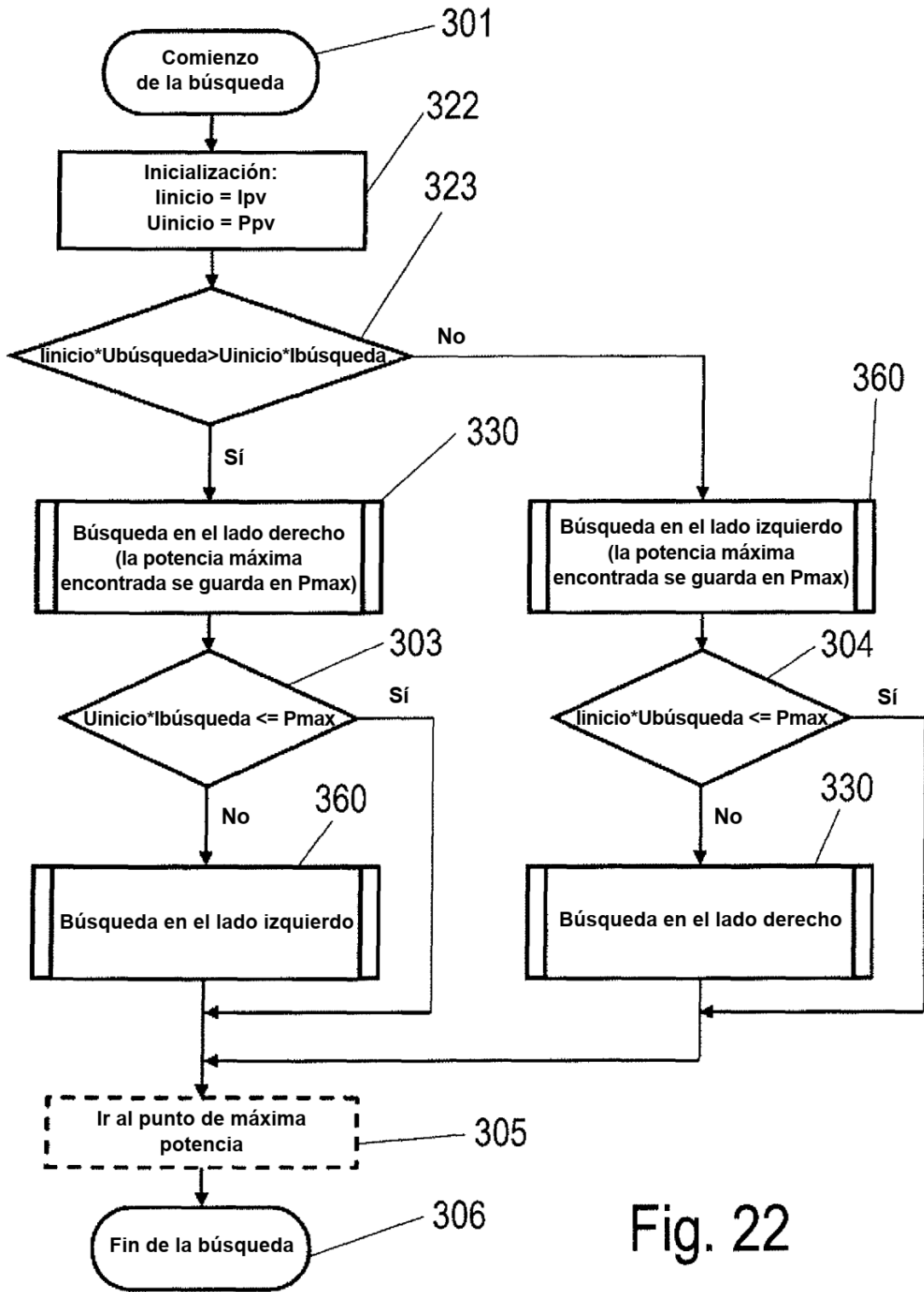


Fig. 22