

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 782 324**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.10.2018 PCT/US2018/055638**

87 Fecha y número de publicación internacional: **25.07.2019 WO19143394**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.10.2018 E 18796298 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.01.2020 EP 3542434**

54 Título: **Una estructura de control descentralizada libre de comunicación para generación de potencia distribuida en microrredes**

30 Prioridad:

17.01.2018 US 201862618115 P

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

14.09.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Werner-von-Siemens-Straße 1
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**MÜNZ, ULRICH;
WU, XIAOFAN;
SINHA, MOHIT y
BAMBERGER, JOACHIM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 782 324 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

Una estructura de control descentralizada libre de comunicación para generación de potencia distribuida en microrredes

Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

5 Esta solicitud reivindica el beneficio de la Solicitud de los Estados Unidos No. 62/618,115, presentada el 17 de enero, 2018.

Antecedentes

10 El compromiso de unidad en sistemas/microrredes de potencia es un problema de optimización usado para determinar la programación de operación de las unidades generadoras con cargas variables bajo diferentes restricciones y entornos. Para un perfil de carga dado y un conjunto dado de unidades de generación disponibles, el objetivo de control es optimizar la programación para determinar cuándo cada unidad debe encenderse y apagarse y cuánta potencia debe generar cada unidad de tal manera que se cumplan los requisitos de carga de sistema y se asegure una operación estable.

15 El documento US 2013/0162215A1 divulga un método para gestionar el consumo y distribución de electricidad en una instalación de usuario, en donde la instalación de usuario está conectada a una red de suministro de electricidad y la instalación de usuario comprende una red conectada al generador en el sitio. El método incluye medir las condiciones de forma de onda en una porción de la red de suministro de electricidad adyacente a la instalación de usuario para obtener condiciones de forma de onda medidas localmente, medir lecturas de potencia eléctrica del generador en el sitio, comunicar las condiciones de forma de onda medidas localmente y las lecturas de potencia eléctrica a un controlador en la instalación de usuario, determinar, al menos sobre la base de las condiciones de forma de onda medidas localmente, si la red de suministro de electricidad está sobrealimentada o subalimentada con electricidad, y, modificar el flujo de la electricidad dentro de la instalación de usuario con base en si la red de suministro de electricidad está sobrealimentada o subalimentada con electricidad y/o las lecturas de potencia eléctrica de la red conectada al generador en el sitio. Métodos similares se divulgan en "2013 IEEE Energy conversion congress and exposition" (IEEE, 15 de septiembre, 2013, páginas 2317-2324).

20 De acuerdo con la presente invención se proporcionan un método y un sistema como se define por las reivindicaciones independientes. Realizaciones preferidas de la invención son materia de objeto de las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de los dibujos

30 La descripción detallada se describe con referencia a los dibujos acompañantes. Los dibujos se proporcionan solo para propósitos de ilustración y simplemente representan realizaciones de ejemplo de la divulgación. Los dibujos se proporcionan para facilitar el entendimiento de la divulgación y no se considerará que limitan la amplitud, alcance, o aplicabilidad de la divulgación. En los dibujos, los dígitos más a la izquierda de un número de referencia identifican el dibujo en el cual aparece primero el número de referencia. El uso de los mismos números de referencia indica componentes similares, pero no necesariamente los mismos o idénticos. Sin embargo, también se pueden usar diferentes números de referencia para identificar componentes similares. Diversas realizaciones pueden utilizar elementos o componentes aparte de los ilustrados en los dibujos, y algunos elementos y/o componentes pueden no estar presentes en diversas realizaciones. El uso de terminología singular para describir un componente o elemento puede, dependiendo del contexto, abarcar un número plural de tales componentes o elementos y viceversa.

40 La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra diversos tipos de unidades generadoras de potencia de un sistema de potencia y subrutinas correspondientes ejecutables por las unidades generadoras de potencia de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una serie de transiciones de estado de un sistema de potencia de ejemplo de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

45 La figura 3 es una curva de carga/generación de potencia de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

La figura 4 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para ENCENDER un primer tipo de unidad generadora de potencia maestra de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

50 La figura 5 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para llamar a una segunda instancia del primer tipo de unidad generadora de potencia maestra para que se ENCIENDA de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

La figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para APAGAR el primer tipo de unidad generadora de potencia maestra de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

La figura 7 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para ENCENDER un segundo tipo de unidad generadora de potencia maestra de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

5 La figura 8 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para llamar a una segunda instancia del segundo tipo de unidad generadora de potencia maestra para que se ENCIENDA de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

La figura 9 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo para implementar una subrutina para APAGAR el segundo tipo de unidad generadora de potencia maestra de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación.

10 Descripción detallada

El problema de compromiso de unidad para determinar una programación de operación de un conjunto de unidades generadoras de potencia con cargas variables bajo diferentes restricciones y entornos se vuelve particularmente desafiante cuando la comunicación entre las unidades generadoras de potencia no está disponible. Aproximaciones convencionales para resolver el problema de compromiso de unidad en sistemas de potencia utilizan una estructura de control centralizada o distribuida, donde se requiere un cierto nivel de comunicación para intercambiar información entre las unidades. Tales aproximaciones convencionales son incapaces de abordar el problema de compromiso de unidad en la ausencia de un controlador centralizado que permita la comunicación entre las unidades generadoras de potencia.

20 Realizaciones de ejemplo de la invención se relacionan con métodos, sistemas, medios legibles por ordenador, técnicas, y metodologías que abordan el problema de compromiso de unidad al proporcionar una estructura de control libre de comunicación de acuerdo con la cual cada unidad generadora de potencia determina su propia programación operativa para encender o apagar con base solamente en mediciones locales. Como se usa en este documento, el término libre de comunicación puede referirse a la ausencia de cualquier forma de comunicación inalámbrica o cableada entre unidades generadoras de potencia. Sin embargo, debe apreciarse que otras formas de comunicación (por ejemplo, comunicación por línea de potencia) pueden continuar ocurriendo en una estructura de control libre de comunicación de acuerdo con realizaciones de ejemplo.

30 Una estructura de control libre de comunicación de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la invención proporciona un número de beneficios/efectos técnicos sobre aproximaciones convencionales para abordar el problema de compromiso de unidad en sistemas de potencia incluyendo, por ejemplo, la capacidad de mantener la operación normal durante los eventos que dan como resultado pérdida de comunicación (por ejemplo, desastres naturales). Este beneficio técnico de poder mantener una programación operativa normal en la ausencia de comunicación entre las unidades generadoras de potencia se debe, al menos en parte, al uso de subrutinas modulares ejecutables por las unidades generadoras de potencia durante ambos períodos activo e inactivo con base en mediciones locales de una frecuencia de operación sola, de acuerdo con realizaciones de ejemplo. La utilización de subrutinas modulares de acuerdo con realizaciones de ejemplo de la invención también proporciona el beneficio/efecto técnico de poder conectar y arrancar las subrutinas en relación con la puesta en marcha de unidades generadoras de potencia, reduciendo de esa manera sustancialmente el esfuerzo manual requerido durante la puesta en marcha.

40 La figura 1 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra diversos tipos de unidades generadoras de potencia de un sistema 102 de potencia y subrutinas correspondientes ejecutables por las unidades generadoras de potencia de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación. En realizaciones de ejemplo, el sistema 102 de potencia puede incluir una o más unidades generadoras de potencia (PGUs) 104 maestras tipo A, una o más PGUs 106 maestras tipo B, y una o más PGUs 108(1)-108(N) esclavas (genéricamente denominadas en este documento como PGU 108 esclava). En realizaciones de ejemplo, una PGU 104 maestra tipo A puede ser un tipo diferente de PGU de una PGU 106 maestra tipo B. Por ejemplo, una PGU 104 maestra tipo A puede ser un generador diésel, una turbina de gas, o similar, mientras que una PGU 106 maestra tipo B puede ser una batería, una celda de combustible, o similar. Adicionalmente, en realizaciones de ejemplo, las PGU 108(1)-108(N) esclavas pueden ser celdas fotovoltaicas (por ejemplo, celdas solares), turbinas eólicas, o similares. Más en general, en realizaciones de ejemplo, una PGU 104 maestra tipo A puede tener más probabilidades de estar en un estado operativo activo (por ejemplo, ENCENDIDO) durante períodos de un día cuando las PGU 108(1)-108(N) esclavas capturan menos energía (por ejemplo, temprano en la mañana y en las tardes), mientras que una PGU 106 maestra tipo B puede tener más probabilidades de estar en estado operativo activo durante períodos de un día en que las PGU 108(1)-108(N) esclavas están capturando más energía con el fin de, por ejemplo, absorber el exceso de potencia generada por las PGU 108(1)-108(N) esclavas. En realizaciones de ejemplo, cada una de la PGU 104 maestra tipo A y la PGU maestra tipo B son capaces de operar en un modo maestro (también denominado en este documento como un modo de formación de red) o en un modo esclavo (también denominado en este documento como un modo de control de potencia o un modo de control P). En realizaciones de ejemplo, las PGU 108(1)-108(N) esclavas solo pueden operar en el modo esclavo.

En realizaciones de ejemplo, una PGU 104 maestra tipo A puede incluir un controlador 110 local. El controlador 110 local puede incluir uno o más circuitos de procesamiento, cada uno de los cuales puede incluir una o más unidades o

5 nodos de procesamiento. El controlador 110 local puede configurarse para ejecutar diversas subrutinas que incluyen, por ejemplo, una subrutina 112 de ENCENDIDO, una subrutina 114 para llamar a una segunda instancia de una PGU 104 maestra tipo A para que se ENCIENDA, y una subrutina 116 de APAGADO. De manera similar, una PGU 106 maestra tipo B puede incluir un controlador 118 local. El controlador 118 local puede incluir uno o más circuitos de procesamiento, cada uno de los cuales puede ingresar en-eludir una o más unidades o nodos de procesamiento. El controlador 118 local puede configurarse para ejecutar diversas subrutinas que incluyen, por ejemplo, una subrutina 120 de ENCENDIDO, una subrutina 122 para llamar a una segunda instancia de una PGU 106 maestra tipo B para que se ENCIENDA, y una subrutina 124 de APAGADO. Aunque una única PGU 104 maestra tipo A y una única PGU 106 maestra tipo B se representan ilustrativamente en la figura 1, debe apreciarse que se pueden proporcionar múltiples PGU 104 maestras tipo A y/o múltiples PGU 106 maestras tipo B como parte del sistema 102 de potencia. En realizaciones de ejemplo, cada una de tales PGU 104 maestra tipo A puede incluir un controlador 110 local correspondiente configurado para ejecutar el mismo conjunto de subrutinas que la otra PGU 104 maestra tipo A. De manera similar, en realizaciones de ejemplo, cada una de tales PGU 106 maestra tipo B puede incluir un controlador 118 local correspondiente configurado para ejecutar el mismo conjunto de subrutinas que la otra PGU 106 maestra tipo B.

20 La figura 2 es un diagrama esquemático que ilustra una serie de transiciones de estado de un sistema de potencia de ejemplo de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación. El sistema de potencia de ejemplo al cual se aplica la serie ilustrativa de transiciones de estado representada en la figura 2 puede ser una implementación específica del sistema 102 de potencia representado en la figura 1 que incluye dos generadores diésel (DGs), dos baterías (BAs), y cuatro inversores fotovoltaicos (PVs). Un DG puede ser un ejemplo de una PGU 104 maestra tipo A, una BA puede ser un ejemplo de una PGU 106 maestra tipo B, y un PV puede ser un ejemplo de una PGU 108 esclava. Aunque esta implementación particular del sistema 102 de potencia se usa en este documento para demostrar la operación de realizaciones de ejemplo de la invención, debe apreciarse que tales realizaciones de ejemplo pueden extrapolarse a cualquier número/tipo de PGUs 104 maestras tipo A, cualquier número/tipo de PGUs 106 maestras tipo B, y cualquier número/tipo de PGUs 108 esclavas. Ahora se describirá una estructura de control descentralizada, libre de comunicación en la cual las PGU 104 maestras tipo A (por ejemplo, los dos DGs) y las PGU 106 maestras tipo B (por ejemplo, las dos BAs) ejecutan subrutinas respectivas para establecer una programación de operación coordinada que cumple con los requisitos de carga de sistema y mantiene una operación estable. Como se describió previamente, libre de comunicación se refiere a la capacidad de las PGU maestras del sistema 102 de potencia para establecer la programación de operación y tomar decisiones de control con base solamente en una medición de frecuencia del sistema 102 de potencia (es decir, una frecuencia nominal del sistema 102 de potencia) y mediciones locales de cada PGU maestra.

35 En particular, en realizaciones de ejemplo, cada PGU maestra puede ser capaz de realizar mediciones locales sin la necesidad de comunicación cableada o inalámbrica de ningún tipo con otra PGU. Por ejemplo, una PGU puede ser capaz de realizar una medición local de su salida de potencia. Además, en realizaciones de ejemplo, una PGU puede no medir directamente la frecuencia del sistema 102 de potencia (frecuencia de red), sino que puede medir un voltaje local y estimar la frecuencia de red a partir de la medición de voltaje local. Por consiguiente, las referencias en este documento para detectar, determinar, y/o medir una frecuencia de red incluyen estimar la frecuencia de red a partir de una medición de voltaje local.

40 La figura 2 representa una serie de estados (estados 1 a 5) y diversas transiciones de estado entre los estados para el sistema de potencia de ejemplo que incluye 2 DGs, 2 BAs, y 4 PVs. En cada estado, diversas combinaciones de DGs y/o BAs están en un estado operativo activo (por ejemplo, ENCENDIDO) o en estado operativo no activo (por ejemplo, APAGADO). Como parte de una transición de un estado a otro, un DG puede ENCENDERSE o APAGARSE o una BA puede ENCENDERSE o APAGARSE. En realizaciones de ejemplo, los diversos estados pueden corresponder a períodos de tiempo particulares durante un día de 24 horas.

50 La figura 3 es una curva de carga/generación de potencia de acuerdo con una o más realizaciones de ejemplo de la divulgación. La figura 3 representa los cambios en la salida de potencia de los DG, las BA, y los PV en el transcurso de un período de 24 horas con respecto a los diversos estados de sistema de potencia representados en la figura 2. En realizaciones de ejemplo, como se representa en la figura 3, la salida 306 de potencia de los DG puede ser mayor en un período temprano en la mañana y en un período tardío en la tarde/noche, que corresponde a un primer estado 202 representado en la figura 2 en el cual 2 DGs están ENCENDIDOS. En realizaciones de ejemplo, ambos DG pueden ENCENDERSE en el estado 202 debido a que los PV pueden APAGARSE durante los períodos de tiempo que corresponden al estado 202 debido a la ausencia de irradiación solar. Como se representa en la figura 3, la salida 306 de potencia de los DG disminuye a medida que el sistema de potencia hace transición del primer estado 202 a través de un segundo estado 206, un tercer estado 210, un cuarto estado 214, y finalmente a un quinto estado 218, en el cual ambos DG están APAGADOS y la salida 306 de potencia es cero.

60 Además, en realizaciones de ejemplo, una salida 308 de potencia de las BA puede variar en el transcurso del período de 24 horas a medida que el sistema de potencia hace transición a través de los diversos estados. Por ejemplo, como se representa en la figura 3, la salida 308 de potencia de las BA puede alcanzar el pico en el quinto estado 218 cuando ambas BA están ENCENDIDAS y puede ser más baja en el primer estado 202 en el cual ambas BA están APAGADAS. En realizaciones de ejemplo, ambas BA se pueden ENCENDER en el quinto estado 218 con el fin de almacenar el exceso de potencia generada por los PV cuando su salida 302 de potencia está en su pico.

5 En realizaciones de ejemplo, los PV se pueden APAGAR en el primer estado 202 en el cual poca o ninguna irradiación solar está presente para generar potencia y se pueden ENCENDER todos a la vez o en sucesión gradual a medida que el sistema de potencia hace transición del primer estado 202 al quinto estado 218. Debido a que el ENCENDIDO y APAGADO de los PV depende solo de la hora del día (por ejemplo, los PV están operando en el punto de máxima potencia (MPP) la mayor parte del día), su estado no se representa en el diagrama de transición de estado de la figura 2. Además, una carga 304 relativamente constante se representa en la figura 3 para simplificar la explicación de la programación operativa del sistema de potencia de ejemplo que se describe.

10 Las transiciones entre los diversos estados representados en la figura 2 para el sistema de potencia de ejemplo que incluye 2 DGs y 2 BAs pueden activarse con base en la ejecución de subrutinas respectivas de los DG y las BA. En particular, las figuras 4-6 son diagramas de flujo de proceso de métodos ilustrativos para implementar las diversas subrutinas de una PGU 104 maestra tipo A (por ejemplo, un DG). Más específicamente, la figura 4 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 400 para implementar la subrutina 112 de ENCENDIDO de una PGU 104 maestra tipo A; la figura 5 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 500 para implementar la subrutina 114 para llamar a una segunda instancia de una PGU 104 maestra tipo A; y la figura 6 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 600 para implementar la subrutina 116 de APAGADO de la PGU 104 maestra tipo A. Además, las figuras 7-9 son diagramas de flujo de proceso de métodos ilustrativos para implementar las diversas subrutinas de una PGU 106 maestra tipo B (por ejemplo, una BA). Más específicamente, la figura 7 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 700 para implementar la subrutina 120 de ENCENDIDO de una PGU 106 maestra tipo B; la figura 8 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 800 para implementar la subrutina 122 para llamar a una segunda instancia de la PGU 106 maestra tipo B; y la figura 9 es un diagrama de flujo de proceso de un método ilustrativo 900 para implementar la subrutina 124 de APAGADO de la PGU 106 maestra tipo B.

15 En realizaciones de ejemplo, cada una de las subrutinas representadas por los métodos ilustrativos de las figuras 4-6 puede ser ejecutada por un controlador 110 local de una PGU 104 maestra tipo A (por ejemplo, un DG). De manera similar, cada una de las subrutinas representadas por los métodos ilustrativos de las figuras 7-9 puede ser ejecutada por un controlador 118 local de una PGU 106 maestra tipo B (por ejemplo, una BA). En realizaciones de ejemplo, las diversas subrutinas pueden implementarse en cualquier combinación de hardware, software, y/o firmware. En ciertas realizaciones de ejemplo, una o más de las subrutinas pueden implementarse, al menos en parte, como software y/o firmware que contiene o es una colección de uno o más módulos de programa que incluyen instrucciones ejecutables por el controlador que cuando se ejecutan por un controlador producen que se realice una o más operaciones. Un controlador (por ejemplo, el controlador 110 local y/o el controlador 118 local) puede incluir uno o más circuitos de procesamiento, cada uno de los cuales puede incluir una o más unidades o nodos de procesamiento. Las instrucciones ejecutables por el controlador pueden incluir un código de programa ejecutable por ordenador que cuando se ejecuta por un controlador puede producir que los datos de entrada contenidos en o referenciados por el código de programa ejecutable por ordenador sean accedidos y procesados para producir datos de salida.

20 Las diversas transiciones de estado representadas en la figura 2 para el sistema de potencia de ejemplo que incluye 2 DGs y 2 BAs se describirán ahora en referencia a las diversas subrutinas representadas en las figuras 4-9. En una primera transición 204 de estado, un DG es APAGADO de tal manera que el sistema de potencia hace transición del primer estado 202 en el cual ambos DG están ENCENDIDOS a un segundo estado en el cual uno de los DG está APAGADO, dejando solo un DG en un estado operativo activo. En realizaciones de ejemplo, el DG que se APAGA puede ejecutar la subrutina 116 de APAGADO. Más específicamente, cada DG puede ejecutar la subrutina 116 de APAGADO hasta que estén satisfechas las condiciones para que uno de los DG se APAGUE. Una vez que uno de los DG está APAGADO, se puede prevenir que el otro DG se APAGUE si es la única PGU que opera en un modo maestro (por ejemplo, es la única unidad de formación de red que está ENCENDIDA), como se describirá con más detalle más adelante en esta divulgación.

25 Refiriéndose ahora a la figura 6, en el bloque 602 del método 600 representativo de la subrutina 116, el controlador 110 local del DG espera hasta que la potencia P suministrada por el DG sea menor a un límite operacional de potencia activa mínima P_{\min} para el DG durante una cantidad de tiempo T que es mayor que un tiempo de espera mínimo de umbral $T_{\text{DG-OFF}_{\min}}$ asociado con la subrutina 116 de APAGADO. En particular, en la mañana, cuando una o más de las unidades de PV están ENCENDIDAS y comienzan lentamente a inyectar más y más potencia en el sistema de potencia, la potencia suministrada por los DG se reduce a un punto donde eventualmente pueden inyectar menos de P_{\min} . En realizaciones de ejemplo, P_{\min} puede ser, por ejemplo, 30% de una potencia nominal del DG.

30 En realizaciones de ejemplo, cuando se cumple la condición de bloque 602 del método 600 (es decir, cuando $P < P_{\min}$ para $T > T_{\text{DG-OFF}_{\min}}$), el método 600 procede al bloque 604, donde el controlador 110 local del DG intenta aumentar una frecuencia principal f del sistema de potencia de una frecuencia nominal f_{nom} a una frecuencia $f_2 > f_{\text{nom}}$. Por ejemplo, si $f_{\text{nom}} = 60$ Hz (como es el caso en América y partes de Asia), entonces f_2 puede ser 61 Hz. Como otro ejemplo no limitante, si $f_{\text{nom}} = 50$ Hz (como es el caso en muchas otras partes del mundo), entonces f_2 puede ser 51 Hz. Hablando en términos generales, f_{nom} puede representar la frecuencia nominal de las oscilaciones de corriente alterna (AC) en una red de potencia eléctrica que es transmitida desde una estación de potencia a un usuario final. La frecuencia principal de un sistema de potencia también puede denominarse como una frecuencia de utilidad o una frecuencia de línea de potencia.

En realizaciones de ejemplo, en el bloque 606 del método 600, el controlador 110 local del DG determina si el intento de aumentar la frecuencia principal f desde la frecuencia nominal f_{nom} a f_2 fue exitoso. En realizaciones de ejemplo, los intentos de aumentar (o disminuir) la frecuencia principal f desde la frecuencia nominal f_{nom} solo son exitosos en tanto que la PGU maestra que está intentando ajustar f_{nom} sea la única PGU maestra que está operando activamente en el modo maestro. En particular, si múltiples PGU maestras están operando en el modo maestro, cualquier intento de ajustar f lejos de f_{nom} por una PGU maestra sería prevenido por las otras PGU que hacen regresar la frecuencia principal a f_{nom} . En el primer estado 202, múltiples DG (por ejemplo, 2 DGs) están operando en el modo maestro. Por consiguiente, el intento de aumentar f no sería exitoso, y el controlador 110 local haría una determinación negativa en el bloque 606. El controlador 110 local entonces APAGARÍA el DG en el bloque 608 del método 600, completando la transición 204 de estado desde el primer estado 202 en el cual 2 DGs están en un estado operativo activo y operando en el modo maestro al segundo estado 206 en el cual solo 1 DG está en un estado operativo activo y operando en el modo maestro.

Refiriéndose de nuevo a la figura 2, entonces puede ocurrir una siguiente transición 208 de estado desde el segundo estado 206 a un tercer estado 210. En realizaciones de ejemplo, la transición 208 de estado involucra la ejecución al menos parcialmente concurrente de la subrutina 116 de APAGADO por el controlador 110 local del único DG que está ENCENDIDO en el segundo estado 206 y la ejecución de la subrutina 120 de ENCENDIDO por el controlador 118 local de una BA. Como se indicó previamente, la subrutina 116 de APAGADO está representada ilustrativamente mediante el método 600 de la figura 6 y la subrutina 120 de ENCENDIDO está representada ilustrativamente mediante el método 700 de la figura 7. Durante la transición 208 de estado, una BA puede ser priorizada sobre un DG para la reserva de potencia activa secundaria.

Refiriéndose de nuevo a la figura 6, en el bloque 602 del método 600, el controlador 110 local del único DG que opera activamente espera hasta que $P < P_{min}$ para $T > T_{min}^{DG-OFF}$. Una vez que se cumple esta condición, el método 600 procede al bloque 604, donde el controlador 110 local del DG intenta aumentar la frecuencia principal f de f_{nom} a una frecuencia $f_2 > f_{nom}$. En este caso, debido a que el DG es la única PGU maestra que opera en el modo maestro, el intento de aumentar f sería exitoso, y se haría una determinación positiva en el bloque 606 del método 600. El método 600 procede luego al bloqueo 610, donde el controlador 110 local del DG espera para detectar un salto de potencia activa que indica que una BA está conectada.

Refiriéndose ahora a la figura 7, en el bloque 702 del método representativo de la subrutina 120 de ENCENDIDO, el controlador 118 local de una BA espera durante un período aleatorio de tiempo $T_{rand} \in [T_{min}, T_{max}]$ para que la frecuencia principal f alcance $f_2 > f_{nom}$. En realizaciones de ejemplo, T_{min} y T_{max} representan los límites mínimo y máximo, respectivamente, para el período de espera aleatorio T_{rand} . Debido a que el intento por el controlador 110 local del DG de aumentar la frecuencia principal f fue exitoso, la condición $f \geq f_2 > f_{nom}$ se cumpliría durante T_{rand} , y el método 700 procedería al bloque 704, donde el controlador 118 local ENCENDERÍA la BA y operaría la BA en un modo esclavo (por ejemplo, modo de control P) mientras que carga la BA. El método 700 procedería luego al bloque 706, donde el controlador 118 local espera a que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} .

Refiriéndose de nuevo a la figura 6, el controlador 110 local del DG, el cual está esperando en el bloque 610 un salto de potencia activa que indica que una BA está conectada, detectaría el salto de potencia activa en algún momento después de que el controlador 118 local ENCIENDA la BA y comience a cargar la BA en el bloque 704 del método 700. El método 600 procedería luego al bloque 612, donde el controlador 110 local del DG disminuiría la frecuencia principal f de vuelta a la frecuencia nominal f_{nom} . Refiriéndose de nuevo a la figura 7, el controlador 118 local de la BA que opera actualmente en modo esclavo, el cual está esperando en el bloque 706 que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} , subsecuentemente detecta que esto ha ocurrido después de que el controlador 110 local del DG disminuye f . Al detectar que la frecuencia principal f ha regresado a la frecuencia nominal f_{nom} , el controlador 118 local de la BA cesa la operación de la BA en el modo esclavo e inicia la operación de la BA en el modo maestro, también denominado en este documento como el modo de formación de red. En este punto, la transición 208 de estado del segundo estado 206 al tercer estado 210 está completa, y 1 DG y 1 BA están operando cada uno en el modo maestro en el tercer estado 210. Si el DG todavía está funcionando a baja carga, el DG puede desconectarse de manera segura de la red de sistema de potencia durante una siguiente ejecución de la subrutina 116 de APAGADO, como se describirá con más detalle de aquí en adelante en referencia a una siguiente transición 212 de estado del tercer estado 210 a un cuarto estado 214.

En realizaciones de ejemplo, ambas BA pueden ejecutar la subrutina 120 de ENCENDIDO al menos parcialmente de manera concurrente. Sin embargo, en realizaciones de ejemplo, se previene que las BA se ENCIENDAN simultáneamente debido a que cada BA ejecuta la subrutina 120 de ENCENDIDO en relación con un T_{rand} diferente. Más específicamente, una primera BA puede esperar, en el bloque 702 del método 700, que la frecuencia principal f sea aumentada a $f_2 > f_{nom}$ para un T_{rand_1} que es menor que un T_{rand_2} que se asignado aleatoriamente a una segunda BA. Como tal, en virtud de tener que esperar un período aleatorio más corto de tiempo T_{rand_1} , la primera BA puede ENCENDERSE primero, operar en el modo esclavo mientras que carga, y luego hacer transición para operar en el modo maestro después de que la frecuencia principal f es regresada a f_{nom} . En este punto, en realizaciones de ejemplo, en el momento en que expira un T_{rand_2} , la frecuencia principal f vuelve a f_{nom} , y la segunda BA no continuaría con la ejecución del resto de la subrutina 120 de ENCENDIDO, y de este modo, no se ENCENDERÍA. En ciertas otras realizaciones de ejemplo, puede ser deseable tener las BA ENCENDIDAS en un orden específico, en cuyo caso, a cada BA se le puede asignar un T_{rand} específico. Por ejemplo, si se desea que una primera BA se ENCIENDA antes

que una segunda BA, a la primera BA se le puede asignar un T_{rand_1} que se asegura que sea menor que un T_{rand_2} asignado a una segunda BA. En estas realizaciones de ejemplo, el valor de T_{rand} para diferentes BA todavía puede seleccionarse aleatoriamente pero a partir de rangos específicos de valores.

5 Refiriéndose de nuevo a la figura 2, la siguiente transición 212 de estado que ocurre desde el tercer estado 210 al cuarto estado 214 puede involucrar la ejecución de la subrutina 116 de APAGADO por el controlador 110 local del único DG que es ENCENDIDO en el tercer estado 210. Como se indicó previamente, la subrutina 116 de APAGADO está representada ilustrativamente mediante el método 600 de la figura 6. Refiriéndose de nuevo a la figura 6, en el bloque 602 del método 600, el controlador 110 local del único DG que opera activamente espera hasta que $P < P_{min}$ para $T > T^{DG-OFF}_{min}$. Suponiendo que este DG todavía está suministrando menos de su carga mínima (P_{min}), se cumple la condición de bloque 602, y el método 600 procede al bloque 604, donde el controlador 110 local del DG intenta aumentar la frecuencia principal f de f_{nom} a una frecuencia $f_2 > f_{nom}$. En este caso, debido a que el DG no es la única PGU maestra que opera en el modo maestro (la BA ENCENDIDA como parte de la transición 208 de estado previa también está operando activamente en el modo maestro), el intento de aumentar f no sería exitoso, y se haría una determinación negativa en el bloque 606 del método 600. El método 600 procedería luego al bloque 608, donde el controlador 110 local APAGA el DG, dando como resultado el cuarto estado 214 en el cual 1 BA es la única PGU maestra que opera activamente.

20 Refiriéndose de nuevo a la figura 2, luego puede ocurrir una siguiente transición 216 de estado desde el cuarto estado 214 al quinto estado 218. La transición 216 de estado puede involucrar la ejecución al menos parcialmente simultánea de la subrutina 122 para llamar a una segunda instancia de una PGU maestra tipo B (por ejemplo, una segunda BA) y la subrutina 120 de ENCENDIDO por instancias respectivas del controlador 118 local de cada BA. Como se indicó previamente, el cuarto estado 214 ocurre durante el día cuando la generación de potencia por los PV aumenta continuamente. A medida que la alimentación de potencia de PV continúa aumentando durante el cuarto estado 214, el estado de carga (SOC) de la BA que opera activamente en el modo maestro durante el cuarto estado 214 puede permanecer por encima de un límite de carga superior (por ejemplo, 80% de una capacidad de carga total) por un período umbral de tiempo. Si este es el caso, la BA que está operando activamente puede enviar una señal a una segunda BA para ayudar en la absorción del exceso de generación de potencia de PV al intentar aumentar la frecuencia principal f por encima de la frecuencia nominal f_{nom} .

30 Más específicamente, en el bloque 802 del método 800 representativo de la subrutina 122, el controlador 118 local de una primera BA que está ENCENDIDA actualmente espera que el SOC de la primera BA sea mayor que un límite de carga superior (SOC > límite de carga superior) o que la potencia suministrada por la primera BA (P_{BA}) sea mayor que un límite operacional de potencia activa máxima para una BA ($P_{BA_{max}}^{BA}$) durante un período de tiempo T que es mayor que un tiempo de espera mínimo de umbral ($T_{BA_{min}}^{BA}$) asociado con la subrutina 122. Al determinar que SOC > límite de carga superior o $P_{BA} > P_{BA_{max}}^{BA}$ para $T > T_{BA_{min}}^{BA}$, el método 800 procede al bloque 804, donde el controlador 118 local de la primera BA intenta aumentar la frecuencia principal f a $f_2 > f_{nom}$. Debido a que la primera BA es la única PGU maestra que opera activamente en el modo maestro en el estado 214, el controlador 118 local de la primera BA puede aumentar con éxito la frecuencia f , y se hace una determinación positiva en el bloque 806. El método 800 procede luego al bloque 810, donde el controlador 118 local de la primera BA espera para detectar un salto de potencia activa que indica que una segunda BA está conectada.

40 Refiriéndose ahora a la figura 7, en el bloque 702 del método representativo de la subrutina 120 de ENCENDIDO, el controlador 118 local de una segunda BA espera durante un período aleatorio de tiempo $T_{rand} \in [T_{min}, T_{max}]$ para que la frecuencia principal f alcance $f_2 > f_{nom}$. Debido a que el intento por el controlador 118 local de la primera BA para aumentar la frecuencia principal f fue exitoso, la condición $f \geq f_2 > f_{nom}$ se cumpliría durante T_{rand} , y el método 700 procede al bloque 704, donde el controlador 118 local de la segunda BA ENCIENDE la segunda BA y opera la segunda BA en un modo esclavo (por ejemplo, modo de control P) mientras que carga la segunda BA. El método 700 procede luego al bloque 706, donde el controlador 118 local espera a que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} .

50 Refiriéndose de nuevo a la figura 8, el controlador 118 local de la primera BA, que está esperando en el bloque 810 un salto de potencia activa que indica que una segunda BA está conectada, detecta el salto de potencia activa en algún momento después de que el controlador 118 local de la segunda BA ENCIENDE la segunda BA y comienza a cargar la segunda BA en el bloque 704 del método 700. El método 800 procede luego al bloque 812, donde el controlador 118 local del primer DG disminuye la frecuencia principal f de vuelta a la frecuencia nominal f_{nom} . Refiriéndose de nuevo a la figura 7, el controlador 118 local de la segunda BA que opera actualmente en modo esclavo, que está esperando en el bloque 706 que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} , subsecuentemente detecta que esto ha ocurrido después de que el controlador 118 local de la primera BA disminuye f . Al detectar que la frecuencia principal f ha regresado a la frecuencia nominal f_{nom} , el controlador 118 local de la segunda BA cesa la operación de la segunda BA en el modo esclavo e inicia la operación de la segunda BA en el modo maestro, también denominado en este documento como el modo de formación de red. En este punto, la transición 216 de estado del cuarto estado 214 al quinto estado 218 está completa, y 2 BAs están operando cada una en el modo maestro en el quinto estado 218.

60 En realizaciones de ejemplo, la serie de transiciones de estado desde el primer estado 204 hasta el quinto estado 218 puede invertirse de tal manera que el sistema de potencia finalmente hace transición de vuelta desde el quinto estado

218 hasta el primer estado 204. La serie de transiciones de estado inversas desde el quinto estado 218 de vuelta hasta el primer estado 204 puede corresponder a porciones del período de 24 horas en el cual la irradiación solar disminuye y finalmente cesa. Como se representa en la figura 2, una transición 220 de estado desde el quinto estado 218 de vuelta al cuarto estado 214 puede ocurrir primero como parte de la serie de transiciones de estado inversas.

5 En realizaciones de ejemplo, la transición 220 de estado puede involucrar la ejecución de la subrutina 124 de APAGADO por un controlador 118 local de cada BA que está operando activamente en el modo maestro en el quinto estado 218. Como se indicó previamente, la subrutina 124 de APAGADO está representada ilustrativamente mediante el método 900 de la figura 9.

10 En realizaciones de ejemplo, en la tarde, a medida que la alimentación de potencia de PV comienza a caer y las BA proporcionan suficiente potencia para suministrar la carga en el estado 218, el SOC de las BA puede continuar cayendo. En el bloque 902 del método 900 representativo de la subrutina 124, el controlador 118 local de una BA que está ENCENDIDA actualmente espera a que el SOC de la BA sea menor a un límite de carga inferior (por ejemplo, 30% de una capacidad de carga total) o que la potencia suministrada por la BA (P_{BA}) sea menor a un límite operacional de potencia activa mínima para una BA ($P_{BA_{min}}^{BA}$) durante un período de tiempo T que es mayor que un tiempo de espera mínimo de umbral (T_{min}^{BA-OFF}) asociado con la subrutina 124. Al determinar que $SOC < \text{límite de carga inferior}$ o $P_{BA} < P_{BA_{min}}^{BA}$ para $T > T_{min}^{BA-OFF}$, el método 900 procede al bloque 904, donde el controlador 118 local de la BA intenta disminuir la frecuencia principal f a $f_1 < f_{nom}$. Debido a que la BA no es la única PGU maestra que opera activamente en el modo maestro en el estado 218, el controlador 118 local de la BA no puede disminuir con éxito la frecuencia f, y se hace una determinación negativa en el bloque 906. El método 900 procede luego al bloque 908, donde el controlador 118 local de la BA conmuta la operación de la BA del modo maestro al modo esclavo (por ejemplo, modo de control P) y disminuye gradualmente la potencia P hasta que la BA se APAGA. Después de que la BA se APAGA en el bloque 908 del método 900, la transición 220 de estado del quinto estado 218 al cuarto estado 214 está completa, y solo una PGU maestra (por ejemplo, 1 BA) está en un estado operativo activo.

25 En realizaciones de ejemplo, después de la transición 220 de estado desde el quinto estado 218 de vuelta al cuarto estado 214, puede ocurrir una transición 222 de estado desde el cuarto estado 214 de vuelta al tercer estado 210. En realizaciones de ejemplo, la transición 222 de estado involucra la ejecución al menos parcialmente concurrente de la subrutina 124 de APAGADO por el controlador 118 local de la única BA que es ENCENDIDA en el cuarto estado 214 y la ejecución de la subrutina 112 de ENCENDIDO por el controlador 110 local de un DG. Como se indicó previamente, la subrutina 124 de APAGADO está representada ilustrativamente mediante el método 900 de la figura 9 y la subrutina 112 de ENCENDIDO está representada ilustrativamente mediante el método 400 de la figura 4.

30 Refiriéndose de nuevo a la figura 9, en el bloque 902 del método 900, el controlador 118 local de la única BA que opera activamente espera hasta que $SOC < \text{límite de carga inferior}$ o $P_{BA} < P_{BA_{min}}^{BA}$ para $T > T_{min}^{BA-OFF}$. Una vez que se cumple esta condición, el método 900 procede al bloque 904, donde el controlador 118 local de la BA intenta disminuir la frecuencia principal de f_{nom} a una frecuencia $f_1 < f_{nom}$. En este caso, debido a que la BA es la única PGU maestra que opera en el modo maestro, el intento de disminuir f sería exitoso, y se haría una determinación positiva en el bloque 906 del método 900. El método 900 procede luego al bloque 910, donde el controlador 118 local de la BA espera para detectar un salto de potencia activa que indica que un DG está conectado.

35 Refiriéndose ahora a la figura 4, en el bloque 402 del método representativo de la subrutina 112 de ENCENDIDO, el controlador 110 local de un DG espera un período aleatorio de tiempo $T_{rand} \in [T_{min}, T_{max}]$ para que la frecuencia principal f alcance $f_1 < f_{nom}$. En realizaciones de ejemplo, T_{min} y T_{max} representan los límites mínimo y máximo, respectivamente, para el período de espera aleatorio T_{rand} . Debido a que el intento por el controlador 118 local de la BA de disminuir la frecuencia principal f fue exitoso, la condición $f \leq f_1 < f_{nom}$ se cumpliría durante T_{rand} , y el método 400 procedería al bloque 404, donde el controlador 110 local ENCENDERÍA el DG y operaría el DG en un modo esclavo (por ejemplo, modo de control P). El método 400 procedería luego al bloque 406, donde el controlador 110 local espera a que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} .

40 Refiriéndose de nuevo a la figura 9, el controlador 118 local de la BA, que está esperando en el bloque 910 un salto de potencia activa que indica que un DG está conectado, detectaría el salto de potencia activa en algún momento después de que el controlador 110 local ENCIENDA el DG en el bloque 404 del método 400. El método 900 procedería luego al bloque 912, donde el controlador 118 local de la BA aumentaría la frecuencia principal f de vuelta a la frecuencia nominal f_{nom} . Refiriéndose de nuevo a la figura 4, el controlador 110 local del DG que opera actualmente en modo esclavo, que está esperando en el bloque 406 que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} , subsecuentemente detecta que esto ha ocurrido después de que el controlador 118 local de la BA aumenta f. Al detectar que la frecuencia principal f ha regresado a la frecuencia nominal f_{nom} , el controlador 110 local del DG cesa la operación del DG en el modo esclavo e inicia la operación del DG en el modo maestro, también denominado en este documento como el modo de formación de red. En este punto, la transición 222 de estado del cuarto estado 214 al tercer estado 210 está completa, y 1 DG y 1 BA están operando cada uno en el modo maestro en el tercer estado 210.

50 En realizaciones de ejemplo, ambos DG pueden ejecutar la subrutina 112 de ENCENDIDO al menos parcialmente de manera concurrente. Sin embargo, en realizaciones de ejemplo, se previene que los DG se ENCIENDAN simultáneamente debido a que cada DG ejecuta la subrutina 112 de ENCENDIDO en relación con un T_{rand} diferente. Más específicamente, un primer DG puede esperar, en el bloque 402 del método 400, que la frecuencia principal f se

disminuya a $f_1 < f_{nom}$ para un T_{rand_1} que es menor que un T_{rand_2} que se asignado aleatoriamente a un segundo DG. Como tal, en virtud de tener que esperar un período aleatorio más corto de tiempo T_{rand_1} , el primer DG puede ENCENDERSE primero, operar en modo esclavo, y luego hacer transición a operar en el modo maestro después de que la frecuencia principal f es regresada a f_{nom} . En este punto, en realizaciones de ejemplo, en el momento en que expira un T_{rand_2} , la frecuencia principal f vuelve a f_{nom} , y el segundo DG no continuaría con la ejecución del resto de la subrutina 112 de ENCENDIDO, y de este modo, no se ENCENDERÍA. En ciertas otras realizaciones de ejemplo, similar a como se describió anteriormente en relación con las BA, puede ser deseable tener los DG ENCENDIDOS en un orden específico, en cuyo caso, a cada DG se le puede asignar un T_{rand} específico. Por ejemplo, si se desea que un primer DG se ENCIENDA antes que un segundo DG, al primer DG se le puede asignar un T_{rand_1} que se asegura que sea menor que un T_{rand_2} asignado a un segundo DG.

Refiriéndose de nuevo a la figura 2, la siguiente transición 224 de estado que ocurre desde el tercer estado 210 al segundo estado 206 puede involucrar la ejecución de la subrutina 124 de APAGADO por el controlador 118 local de la BA que está actualmente en un estado operativo activo. Como se indicó previamente, la subrutina 124 de APAGADO está representada ilustrativamente mediante el método 900 de la figura 9. Refiriéndose de nuevo a la figura 9, en el bloque 902 del método 900, la última BA continúa operando con el SOC < límite de carga inferior durante un período de tiempo T. Cuando el controlador 118 local determina que SOC < límite de carga inferior o que $P_{BA} < P_{BA_min}^{BA}$ para $T > T_{min}^{BA-OFF}$, el método 900 procede al bloque 904, donde el controlador 118 local de la BA intenta disminuir la frecuencia principal f de f_{nom} a una frecuencia $f_1 < f_{nom}$. En este caso, debido a que la BA no es la única PGU maestra que opera en el modo maestro (el DG ENCENDIDO como parte de la previa transición 222 de estado también está operando activamente en el modo maestro), el intento de disminuir f no sería exitoso, y se haría una determinación negativa en el bloque 906 del método 900. El método 900 procedería luego al bloque 908, donde el controlador 118 local opera la BA en el modo esclavo (por ejemplo, modo de control P) y disminuye gradualmente la salida de potencia P de la BA hasta que la BA se APAGA, dando como resultado el segundo estado 206 en el cual 1 DG es la única PGU maestra que opera activamente.

Refiriéndose de nuevo a la figura 2, puede ocurrir entonces una transición 226 de estado final desde el segundo estado 206 al primer estado 202. La transición 226 de estado puede involucrar la ejecución al menos parcialmente simultánea de la subrutina 114 para llamar a una segunda instancia de una PGU maestra tipo A (por ejemplo, un segundo DG) y la subrutina 112 de ENCENDIDO por instancias respectivas del controlador 110 local de cada DG. La subrutina 114 está representada ilustrativamente mediante el método 500 de la figura 5. Adicionalmente, como se indicó previamente, la subrutina 112 de ENCENDIDO está representada ilustrativamente mediante el método 400 de la figura 4.

En la noche, a medida que la salida de PV cae a cero, los PV son apagados, haciendo que el DG suministre una carga que es mayor que un límite operacional de potencia activa máxima para un DG (P_{max}). En el bloque 502 del método 500 representativo de la subrutina 114, el controlador 110 local de un primer DG que está ENCENDIDO actualmente espera hasta que una potencia suministrada por el primer DG (P) sea mayor que P_{max} durante un período de tiempo T que es mayor que un tiempo de espera mínimo de umbral (T_{min}^{DG}) asociado con la subrutina 114. Al determinar que $P > P_{max}$ para $T > T_{min}^{DG}$, el método 500 procede al bloque 504, donde el controlador 110 local del primer DG intenta disminuir la frecuencia principal f a $f_1 < f_{nom}$. Debido a que el primer DG es la única PGU maestra que opera activamente en el modo maestro en el estado 206, el controlador 110 local del primer DG puede disminuir con éxito la frecuencia f , y se hace una determinación positiva en el bloque 506. El método 500 procede luego al bloque 510, donde el controlador 110 local del primer DG espera para detectar un salto de potencia activa que indica que un segundo DG está conectado.

Refiriéndose ahora a la figura 4, en el bloque 402 del método 400 representativo de la subrutina 112 de ENCENDIDO, el controlador 110 local de un segundo DG espera un período aleatorio de tiempo $T_{rand} \in [T_{min}, T_{max}]$ para que la frecuencia principal f alcance $f_1 < f_{nom}$. Debido a que el intento por el controlador 110 local del primer DG para disminuir la frecuencia principal f fue exitoso, la condición $f \leq f_1 < f_{nom}$ se cumpliría durante T_{rand} , y el método 400 procede al bloque 404, donde el controlador 110 local del segundo DG ENCIENDE el segundo DG y opera el segundo DG en un modo esclavo (por ejemplo, modo de control P). El método 400 procede luego al bloque 406, donde el controlador 110 local espera a que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} .

Refiriéndose de nuevo a la figura 5, el controlador 110 local del primer DG, que está esperando en el bloque 510 un salto de potencia activa que indica que un segundo DG está conectado, detecta el salto de potencia activa en algún momento después de que el controlador 110 local del segundo DG ENCIENDE el segundo DG en el bloque 404 del método 400. El método 500 procede luego al bloque 512, donde el controlador 110 local del primer DG aumenta la frecuencia principal f de vuelta a la frecuencia nominal f_{nom} . Refiriéndose de nuevo a la figura 4, el controlador 110 local del segundo DG que opera actualmente en el modo esclavo, que está esperando en el bloque 406 a que la frecuencia principal f regrese a la frecuencia nominal f_{nom} , subsecuentemente detecta que esto ha ocurrido después de que el controlador 110 local de la primera BA disminuye f . Al detectar que la frecuencia principal f ha regresado a la frecuencia nominal f_{nom} , el controlador 110 local del segundo DG cesa la operación del segundo DG en el modo esclavo e inicia la operación del segundo DG en el modo maestro, también denominado en este documento como el modo de formación de red. En este punto, la transición 226 de estado del segundo estado 206 al primer estado 202 está completa, y 2 DGs están operando cada uno en el modo maestro en el primer estado 202.

En realizaciones de ejemplo, como se describió previamente, los PV se pueden ENCENDER en la mañana y APAGAR durante la noche. Hablando en términos generales, los PV operan en el MPP a menos que las condiciones de carga ligera causen una sobre frecuencia en el sistema, en cuyo caso, la potencia suministrada linealmente para restaurar la frecuencia principal f puede reducirse. A medida que la frecuencia principal f alcanza un valor $f_3 > f_2 > f_{nom}$, los PV acortan su potencia con el fin de restaurar la frecuencia principal f a f_{nom} . El valor de f_3 puede elegirse de tal manera que no entre en conflicto con el valor f_2 usado por un DG para comunicar que tiene la intención de desconectarse de la red. Por ejemplo, si f_2 es 61 HZ, entonces f_3 puede ser 62 Hz.

En realizaciones de ejemplo, la dirección en la cual se ajusta o se intenta ajustar la frecuencia principal f señala la dirección en la cual se va a producir una transición de estado. En particular, se han descrito realizaciones de ejemplo en este documento para indicar que los ajustes o tentativas de ajustes para aumentar f por encima de la frecuencia nominal f_{nom} están asociados con una o más transiciones de estado que se mueven desde el primer estado 202 hasta el quinto estado 218 a través de estados intermedios, mientras que los ajustes o tentativas de ajustes para disminuir f por debajo de la frecuencia nominal f_{nom} están asociados con una o más transiciones de estado que se mueven desde el quinto estado 218 de vuelta hasta el primer estado 202 a través de estados intermedios. Sin embargo, debe apreciarse que esto puede invertirse en realizaciones de ejemplo de tal manera que los ajustes o tentativas de ajustes para aumentar f por encima de la frecuencia nominal f_{nom} pueden asociarse con una o más transiciones de estado que se mueven desde el quinto estado 218 de vuelta hasta el primer estado 202 a través estados intermedios, mientras que los ajustes o tentativas de ajustes para disminuir f por debajo de la frecuencia nominal f_{nom} pueden asociarse con una o más transiciones de estado que se mueven desde el primer estado 202 hasta el quinto estado 218 a través de estados intermedios.

Una o más realizaciones ilustrativas de la divulgación se han descrito anteriormente. Las realizaciones descritas anteriormente son simplemente ilustrativas del alcance de esta divulgación y no están previstas para ser limitantes de ninguna forma. Por consiguiente, variaciones, modificaciones, y equivalentes de realizaciones divulgadas en este documento también están dentro del alcance de esta divulgación. Las realizaciones descritas anteriormente y realizaciones adicionales y/o alternativas de la divulgación se describirán en detalle de aquí en adelante a través de referencia a los dibujos acompañantes.

Adicionalmente, la funcionalidad puede ser modularizada de manera diferente de tal manera que el procesamiento descrito como soportado colectivamente por las diversas subrutinas representadas en la figura 1 puede ser realizado por un número menor o mayor de subrutinas, o la funcionalidad descrita como soportada por cualquier subrutina particular puede ser soportada, al menos en parte, por otra subrutina. Además, cualquiera de las funcionalidades descritas como soportadas por cualquiera de las subrutinas representadas en la figura 1 puede implementarse, al menos parcialmente, en hardware y/o firmware a través de cualquier número de PGUs.

Las operaciones descritas y representadas en los métodos ilustrativos de las figuras 4-9 pueden llevarse a cabo o realizarse en cualquier orden adecuado según se desee en diversas realizaciones de ejemplos de la divulgación. Adicionalmente, en ciertas realizaciones de ejemplo, al menos una porción de las operaciones se puede llevar a cabo en paralelo. Adicionalmente, en ciertas realizaciones de ejemplo, se pueden realizar menos, más, o diferentes operaciones que las representadas en las figuras 4-9.

Aunque se han descrito realizaciones específicas de la divulgación, una persona de experiencia normal en la técnica reconocerá que numerosas otras modificaciones y realizaciones alternativas están dentro del alcance de la divulgación. Por ejemplo, cualquiera de las funcionalidades y/o capacidades de procesamiento descritas con respecto a un dispositivo o componente particular puede ser realizada por cualquier otro dispositivo o componente. Adicionalmente, aunque se han descrito diversas implementaciones y arquitecturas ilustrativas de acuerdo con las realizaciones de la divulgación, una persona de experiencia normal en la técnica apreciará que numerosas otras modificaciones a las implementaciones y arquitecturas ilustrativas descritas en este documento también están dentro del alcance de esta divulgación. Además, debe apreciarse que cualquier operación, elemento, componente, datos, o similares descritos en este documento como basados en otra operación, elemento, componente, datos, o similares puede basarse adicionalmente en una u otras más operaciones, elementos, componentes, datos, o similares. Por consiguiente, la frase "con base en", o variantes de la misma, debe interpretarse como "con base al menos en parte en".

Aunque se han descrito realizaciones en un lenguaje específico para características estructurales y/o actos metodológicos, debe entenderse que la divulgación no se limita necesariamente a las características o actos específicos descritos. En vez, las características y actos específicos se divulgan como formas ilustrativas de implementar las realizaciones. El lenguaje condicional, tal como, entre otros, "puede", "pudo", "podría", o "se permite", a menos que se indique específicamente otra cosa, o se entienda otra cosa dentro del contexto como se usa, en general está previsto para transmitir que ciertas realizaciones podrían incluir, mientras que otras realizaciones no incluyen, ciertas características, elementos, y/o etapas. De este modo, tal lenguaje condicional en general no está previsto para implicar que las características, elementos, y/o etapas son de alguna forma necesarios para una o más realizaciones o que una o más realizaciones necesariamente incluyen lógica para decidir, con o sin entrada o solicitud de usuario, si estas características, elementos y/o etapas están incluidos o deben realizarse en cualquier realización particular.

La presente divulgación puede ser un sistema, un método, y/o un producto de programa de ordenador. El producto de programa de ordenador puede incluir un medio de almacenamiento legible por ordenador (o medios) que tiene instrucciones de programa legibles por ordenador en este para hacer que un procesador lleve a cabo aspectos de la presente divulgación.

5 El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser un dispositivo tangible que puede retener y almacenar instrucciones para uso por un dispositivo de ejecución de instrucciones. El medio de almacenamiento legible por ordenador puede ser, por ejemplo, pero no se limita a, un dispositivo de almacenamiento electrónico, un dispositivo de almacenamiento magnético, un dispositivo de almacenamiento óptico, un dispositivo de almacenamiento electromagnético, un dispositivo de almacenamiento de semiconductores, o cualquier combinación adecuada de lo anterior. Una lista no exhaustiva de ejemplos más específicos del medio de almacenamiento legible por ordenador incluye lo siguiente: un disquete de ordenador portátil, un disco duro, una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de solo lectura (ROM), una memoria de solo lectura programable borrable (EPROM o memoria Flash), una memoria estática de acceso aleatorio (SRAM), una memoria portátil de solo lectura de disco compacto (CD-ROM), un disco versátil digital (DVD), una tarjeta de memoria, un disco flexible, un dispositivo codificado mecánicamente tal como tarjetas perforadas o estructuras elevadas en una ranura que tiene instrucciones grabadas en estas, y cualquier combinación adecuada de lo anterior. Un medio de almacenamiento legible por ordenador, como se usa en este documento, no debe interpretarse como señales transitorias per se, tales como ondas de radio u otras ondas electromagnéticas que se propagan libremente, ondas electromagnéticas que se propagan a través de una guía de ondas u otros medios de transmisión (por ejemplo, pulsos de luz que pasan a través de un cable de fibra óptica), o señales eléctricas transmitidas a través de un cable.

Las instrucciones de programa legibles por ordenador que se describen en este documento se pueden descargar a los dispositivos de procesamiento/informáticos respectivos desde un medio de almacenamiento legible por ordenador o a un ordenador externo o dispositivo de almacenamiento externo a través de una red, por ejemplo, el Internet, una red de área local, una red de área amplia, y/o una red inalámbrica. La red puede comprender cables de transmisión por cobre, fibras de transmisión óptica, transmisión inalámbrica, enrutadores, cortafuegos, conmutadores, ordenadores de puerta de acceso y/o servidores de borde. Una tarjeta adaptadora de red o interfaz de red en cada dispositivo de procesamiento/informático recibe instrucciones de programa legibles por ordenador de la red y reenvía las instrucciones de programa legibles por ordenador para almacenamiento en un medio de almacenamiento legible por ordenador dentro del dispositivo de procesamiento/informático respectivo.

30 Las instrucciones de programa legibles por ordenador para llevar a cabo las operaciones de la presente divulgación pueden ser instrucciones de ensamblador, instrucciones de arquitectura de conjunto de instrucciones (ISA), instrucciones de máquina, instrucciones dependientes de máquina, microcódigo, instrucciones de firmware, datos de configuración de estado, o ya sea código fuente u código objeto escrito en cualquier combinación de uno o más lenguajes de programación, incluyendo un lenguaje de programación orientado al objeto tal como Small-talk, C++ o similares, y lenguajes de programación de procedimientos convencionales, tales como el lenguaje de programación "C" o lenguajes de programación similares. Las instrucciones de programa legibles por ordenador pueden ejecutarse completamente en el ordenador del usuario, en parte en el ordenador del usuario, como un paquete de software independiente, en parte en el ordenador del usuario y en parte en un ordenador remoto o completamente en el ordenador o servidor remoto. En el último escenario, el ordenador remoto puede conectarse al ordenador del usuario a través de cualquier tipo de red, incluyendo una red de área local (LAN) o una red de área amplia (WAN), o la conexión puede hacerse a un ordenador externo (por ejemplo, a través del Internet usando un Proveedor de Servicios de Internet). En algunas realizaciones, la circuitería electrónica que incluye, por ejemplo, circuitería lógica programable, arreglos de puertas programables en campo (FPGA), o arreglos lógicos programables (PLA) puede ejecutar las instrucciones de programa legibles por ordenador utilizando información de estado de las instrucciones de programa legibles por ordenador para personalizar la circuitería electrónica, con el fin de realizar aspectos de la presente divulgación.

Aspectos de la presente divulgación se describen en este documento con referencia a ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloques de métodos, aparatos (sistemas), y productos de programas de ordenador de acuerdo con realizaciones de la invención. Se entenderá que cada bloque de las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, y combinaciones de bloques en las ilustraciones de diagrama de flujo y/o diagramas de bloque, se pueden implementar mediante instrucciones de programa legibles por ordenador.

Estas instrucciones de programa legibles por ordenador se pueden proporcionar a un procesador de un ordenador de propósito general, ordenador de propósito especial, u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina, de tal manera que las instrucciones, que se ejecutan a través del procesador del ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable, creen medios para implementar las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques de diagrama de bloques. Estas instrucciones de programa legibles por ordenador también se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador que puede dirigir un ordenador, un aparato de procesamiento de datos programable, y/u otros dispositivos para que funcionen de una manera particular, de tal manera que el medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en el mismo comprende un artículo de fabricación que incluye instrucciones que implementan aspectos de la función/acto especificado en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques de diagrama de bloques.

5 Las instrucciones de programa legibles por ordenador también se pueden cargar en un ordenador, otro aparato de procesamiento de datos programable, u otro dispositivo para hacer que se realice una serie de etapas operacionales en el ordenador, otro aparato programable u otro dispositivo para producir un proceso implementado por ordenador, de tal manera que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador, otro aparato programable, u otro dispositivo implementan las funciones/actos especificados en el diagrama de flujo y/o bloque o bloques de diagrama de bloques.

10 El diagrama de flujo y diagramas de bloques en las figuras ilustran la arquitectura, funcionalidad, y operación de posibles implementaciones de sistemas, métodos, y productos de programas de ordenador de acuerdo con diversas realizaciones de la presente divulgación. A este respecto, cada bloque en el diagrama de flujo o diagramas de bloque puede representar un módulo, segmento, o porción de instrucciones, que comprende una o más instrucciones ejecutables para implementar las funciones lógicas especificadas. En algunas implementaciones alternativas, las funciones indicadas en el bloque pueden ocurrir fuera del orden indicado en las figuras. Por ejemplo, dos bloques mostrados en sucesión pueden, de hecho, ejecutarse de manera sustancialmente concurrente, o los bloques a veces pueden ejecutarse en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad involucrada. También se notará que cada bloque de los diagramas de bloques y/o ilustración de diagrama de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y/o ilustración de diagrama de flujo, pueden implementarse mediante sistemas basados en hardware de propósito especial que realizan las funciones o actos especificados o llevar a cabo combinaciones de hardware de propósito especial e instrucciones de ordenador.

15

REIVINDICACIONES

1. Un método para el compromiso de unidad descentralizada en un sistema (102) de potencia que comprende una pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia, comprendiendo el método:
- determinar un requisito de carga en el sistema (102) de potencia; y
- 5 ejecutar una programación de operación para la generación de potencia mediante la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia para cumplir con el requisito de carga, en donde ejecutar la programación de operación comprende ejecutar, mediante la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia, una colección de subrutinas que controlan una temporización de estados activo e inactivo de cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia con base solamente en mediciones locales realizadas en la ausencia de comunicación cableada e inalámbrica entre cualquiera de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia,
- 10 en donde la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia comprende una primera unidad generadora de potencia en el estado activo,
- caracterizado porque
- 15 ejecutar la programación de operación comprende ejecutar una o más subrutinas de la colección de subrutinas para hacer transición de otra unidad generadora de potencia de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia del estado inactivo al estado activo, y en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende:
- determinar, mediante la primera unidad generadora de potencia, que se cumple una condición para requerir soporte de generación de potencia de la otra unidad generadora de potencia;
- 20 realizar, mediante la primera unidad generadora de potencia, un cambio en el sistema de potencia que es detectado y medido por cada una de la pluralidad de unidades generadoras de potencia;
- determinar, mediante una segunda unidad generadora de potencia de la pluralidad de unidades generadoras de potencia y con base al menos en parte en el cambio detectado en el sistema (102) de potencia y una regla de transición, que la segunda unidad generadora de potencia debería hacer transición al estado activo; y hacer transición, mediante la segunda unidad generadora de potencia, al estado activo.
- 25
2. El método de la reivindicación 1, en donde la condición para requerir soporte de generación de potencia de la otra unidad generadora de potencia comprende uno de: i) un estado de carga de la primera unidad generadora de potencia que excede un estado de carga de umbral máximo o ii) una salida de potencia de la primera unidad generadora de potencia que excede una salida de potencia de umbral máximo.
- 30
3. El método de la reivindicación 1, en donde el cambio en el sistema (102) de potencia es uno de: i) un aumento en una frecuencia del sistema de potencia por encima de una frecuencia nominal del sistema (102) de potencia o ii) una disminución en la frecuencia del sistema (102) de potencia por debajo de la frecuencia nominal del sistema (102) de potencia.
- 35
4. El método de la reivindicación 3, en donde la segunda unidad generadora de potencia es un primer tipo de unidad generadora de potencia si el cambio en el sistema (102) de potencia es el aumento en la frecuencia del sistema (102) de potencia por encima de la frecuencia nominal, y en donde la segunda unidad generadora de potencia es un segundo tipo de unidad generadora de potencia si el cambio en el sistema (102) de potencia es la disminución en la frecuencia del sistema de potencia por debajo de la frecuencia nominal.
- 40
5. El método de la reivindicación 1, en donde la regla de transición comprende requerir que cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia espere una respectiva cantidad aleatoria de tiempo para que se detecte el cambio en el sistema (102) de potencia, y en donde determinar, mediante la segunda unidad generadora de potencia y con base al menos en parte en el cambio detectado en el sistema (102) de potencia y la regla de transición, que la segunda unidad generadora de potencia debe hacer transición al estado activo comprende detectar, mediante la segunda unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia en una expiración de la respectiva cantidad aleatoria de tiempo que la segunda unidad generadora de potencia espera.
- 45
6. El método de la reivindicación 1, en donde la regla de transición comprende requerir que cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia espere una respectiva cantidad predeterminada de tiempo para que se detecte el cambio en el sistema (102) de potencia, y en donde determinar, mediante la segunda unidad generadora de potencia y con base al menos en parte en el cambio detectado en el sistema (102) de potencia y la regla de transición, que la segunda unidad generadora de potencia debe hacer transición al estado activo comprende detectar, mediante segunda unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia en una expiración de la respectiva cantidad predeterminada de tiempo que la segunda unidad generadora de potencia espera.
- 50
7. El método de la reivindicación 1, en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende además:

detectar, mediante la primera unidad generadora de potencia, un salto de potencia en el sistema (102) de potencia que indica que la segunda unidad generadora de potencia ha hecho transición al estado activo; e

invertir, mediante la primera unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia.

5 8. El método de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia comprende una primera unidad generadora de potencia en el estado activo, en donde ejecutar la programación de operación comprende ejecutar una o más subrutinas de la colección de subrutinas para hacer transición la primera unidad generadora de potencia del estado activo al estado inactivo, y en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende:

10 determinar, mediante la primera unidad generadora de potencia, que se cumple una condición para intentar hacer transición del estado activo al estado inactivo; y

verificar, mediante la primera unidad generadora de potencia, si la transición del estado activo al estado inactivo puede ocurrir al menos en parte al intentar realizar un cambio en el sistema (102) de potencia, en donde el cambio en el sistema (102) de potencia es detectado y medido por cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia.

15 9. El método de la reivindicación 8, en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende además:

determinar, mediante la primera unidad generadora de potencia, que el cambio intentado en el sistema (102) de potencia no puede realizarse con éxito; y

hacer transición, mediante la primera unidad generadora de potencia, del estado activo al estado inactivo.

20 10. El método de la reivindicación 8, en donde la condición para intentar hacer transición del estado activo al estado inactivo comprende uno de: i) un estado de carga de la primera unidad generadora de potencia que cae por debajo de un estado de carga de umbral mínimo o ii) una salida de potencia de la primera unidad generadora de potencia que cae por debajo de una salida de potencia de umbral mínimo.

11. El método de la reivindicación 8, en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende además:

realizar, mediante la primera unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia con éxito;

25 detectar, mediante la primera unidad generadora de potencia, un salto de potencia en el sistema (102) de potencia que indica que una segunda unidad generadora de potencia de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia ha hecho transición al estado activo;

30 invertir, mediante la primera unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia; intentar, mediante la primera unidad generadora de potencia, el cambio en el sistema (102) de potencia; determinar, mediante la primera unidad generadora de potencia, que el cambio intentado en el sistema (102) de potencia no puede realizarse con éxito; y

hacer transición, mediante la primera unidad generadora de potencia, del estado activo al estado inactivo.

35 12. Un sistema (102) de potencia configurado para implementar una estructura de compromiso de unidad descentralizada, comprendiendo el sistema (102) de potencia una pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia, en donde una pluralidad de controladores (110, 118) locales que corresponde respectivamente a la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia está configurada para:

determinar un requisito de carga en el sistema (102) de potencia; y

40 ejecutar una programación de operación para la generación de potencia mediante la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia para cumplir con el requisito de carga, en donde ejecutar la programación de operación comprende ejecutar, mediante la pluralidad de controladores (110, 118) locales, una colección de subrutinas que controlan una temporización de estados activo e inactivo de cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia con base solamente en mediciones locales realizadas en la ausencia de comunicación cableada e inalámbrica entre cualquiera de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia,

45 en donde la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia comprende una primera unidad generadora de potencia en el estado activo,

caracterizado porque

50 el sistema está configurado de tal manera que ejecutar la programación de operación comprende ejecutar una o más subrutinas de la colección de subrutinas para hacer transición de otra unidad generadora de potencia de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia del estado inactivo al estado activo, y en donde ejecutar la una o más subrutinas comprende que:

- 5 un primer controlador local de la primera unidad generadora de potencia está configurado para determinar que se cumple una condición para requerir soporte de generación de potencia de la otra unidad generadora de potencia; el primer controlador local está configurado para realizar un cambio en el sistema (102) de potencia que es detectado y medido por cada una de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia; un segundo controlador local de una segunda unidad generadora de potencia de la pluralidad de unidades (104, 106, 108) generadoras de potencia está configurado para determinar, con base al menos en parte en el cambio detectado en el sistema (102) de potencia y una regla de transición, que la segunda unidad generadora de potencia debe hacer transición al estado activo; y
- 10 el segundo controlador local está configurado además para hacer transición la segunda unidad generadora de potencia al estado activo.
13. El sistema de potencia de la reivindicación 12, en donde la condición para requerir soporte de generación de potencia de la otra unidad generadora de potencia comprende uno de: i) un estado de carga de la primera unidad generadora de potencia que excede un estado de carga de umbral máximo o ii) una salida de potencia de la primera unidad generadora de potencia que excede una salida de potencia de umbral máximo.
- 15 14. El sistema de potencia de la reivindicación 12, en donde uno o más de la pluralidad de controladores (110, 118) locales está configurado para ejecutar el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 - 11.

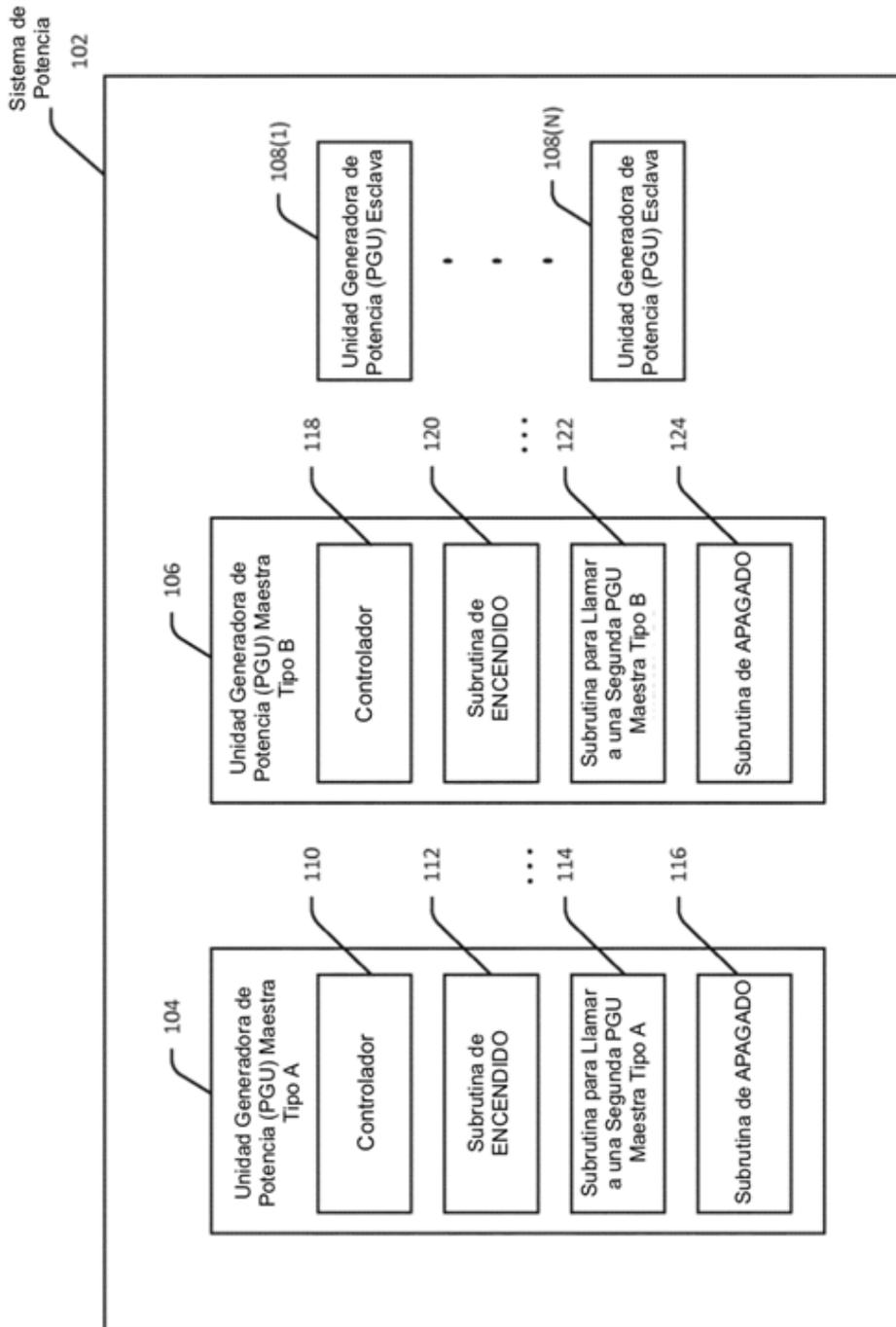


FIG. 1

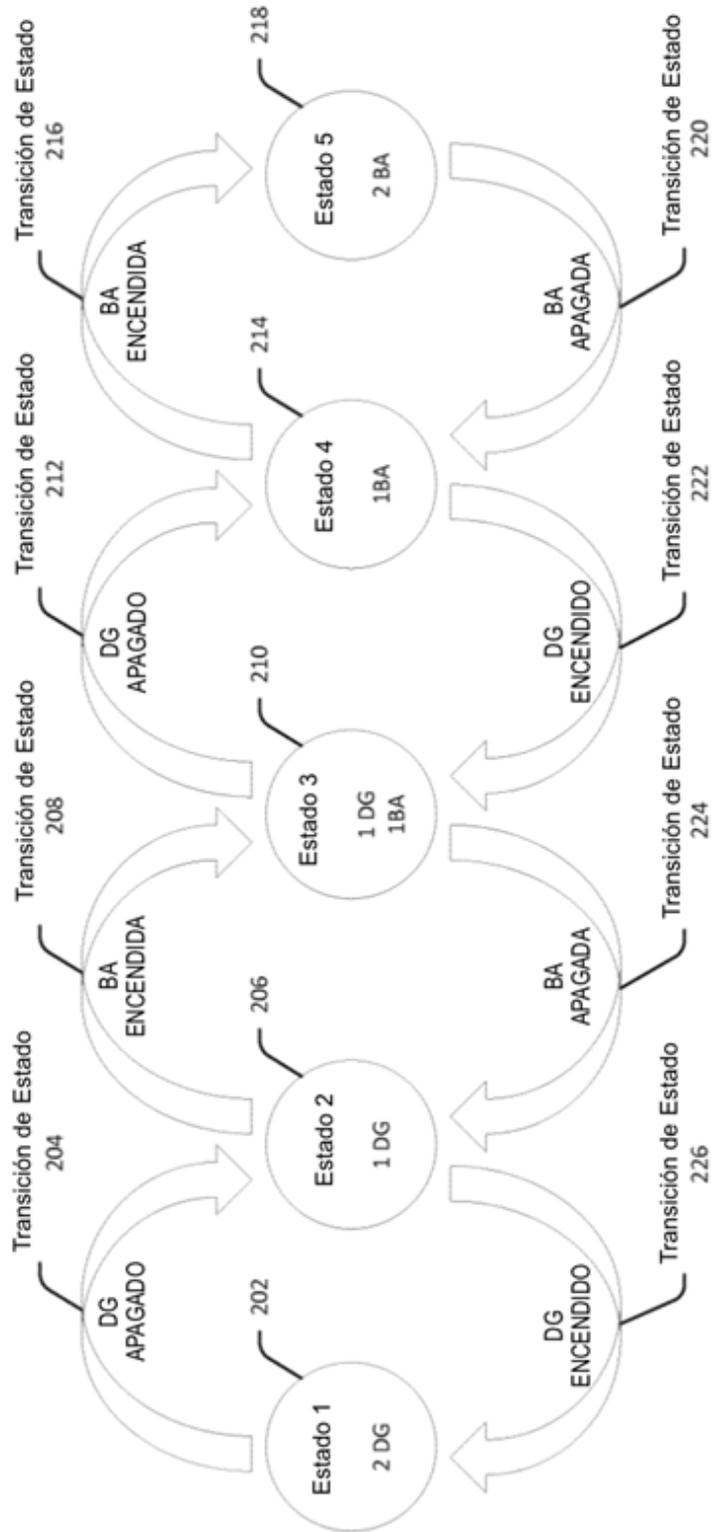


FIG. 2

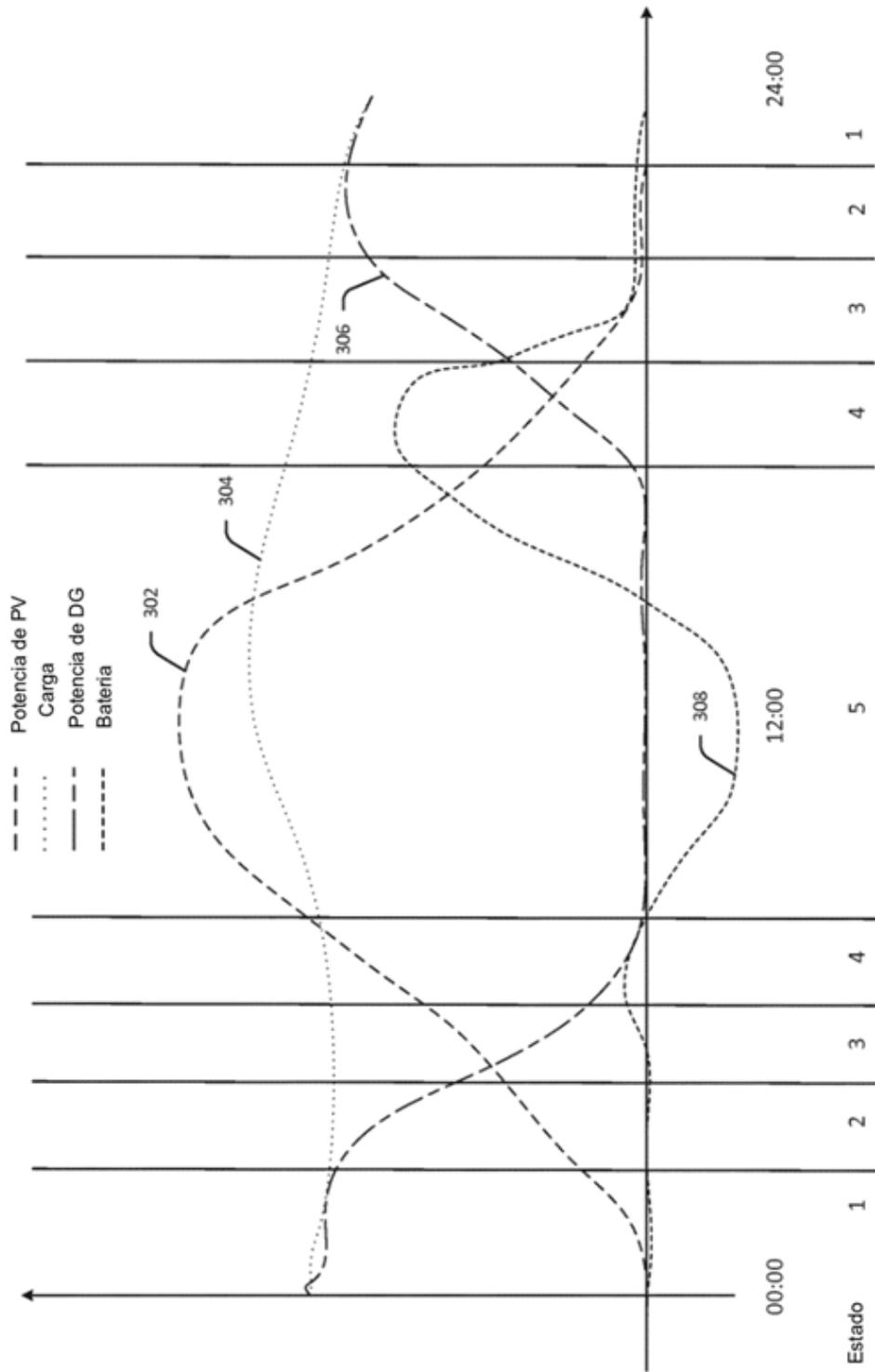


FIG. 3

400

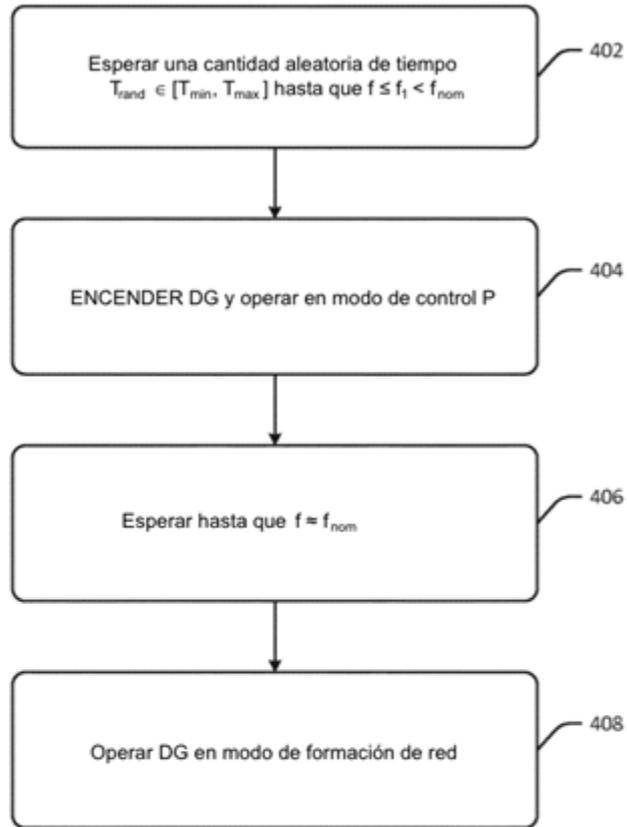


FIG. 4

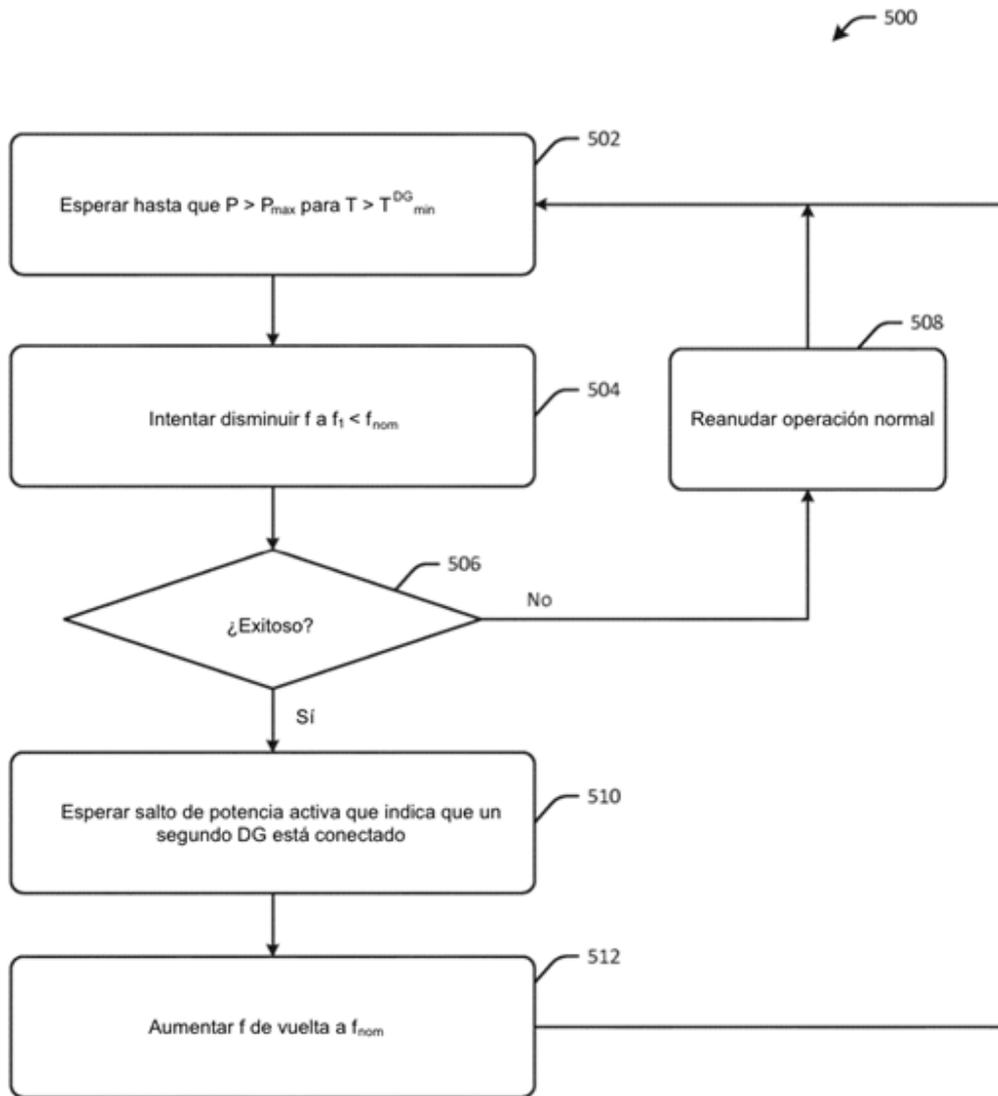


FIG. 5

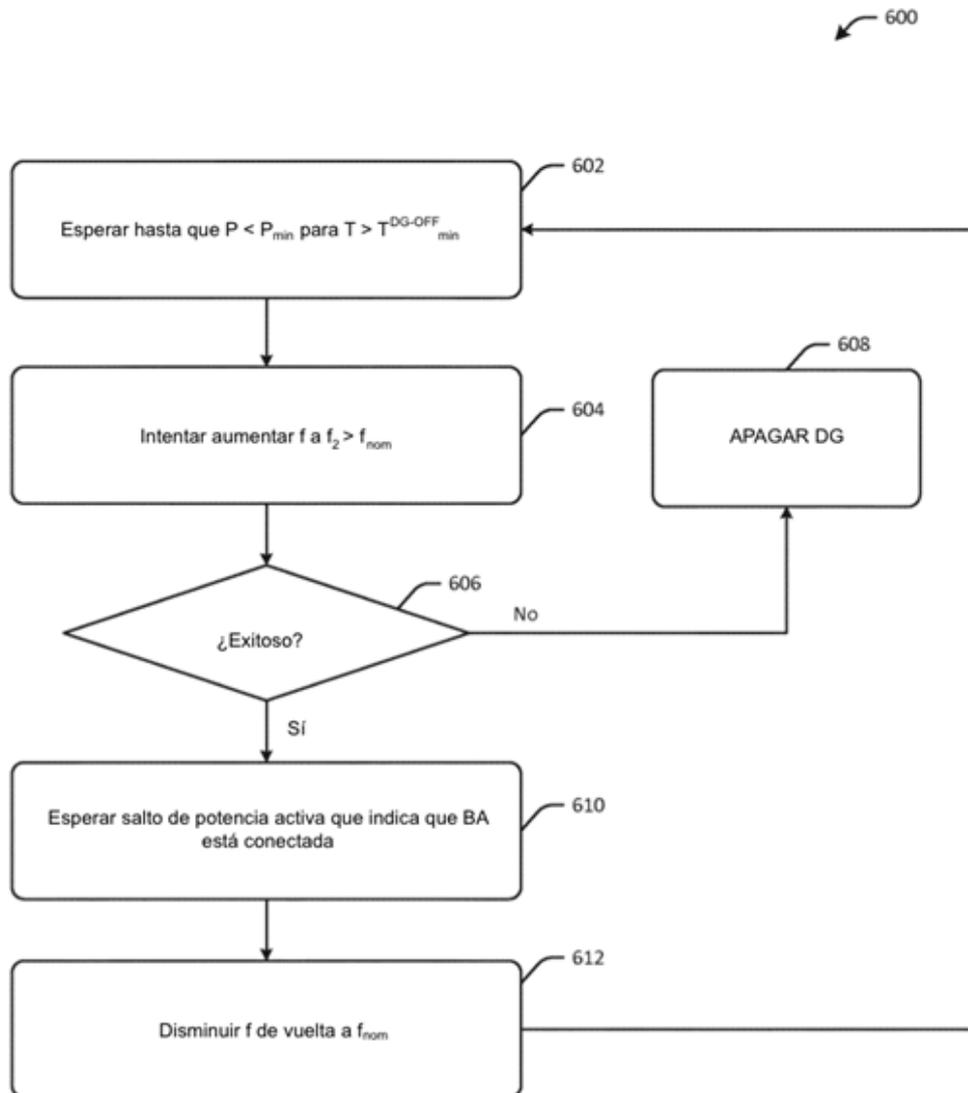


FIG. 6

700

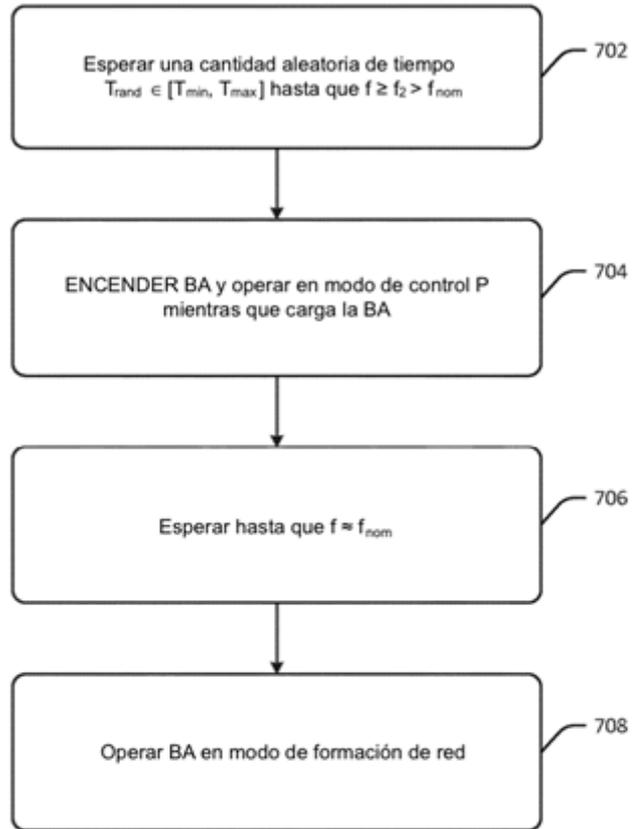


FIG. 7

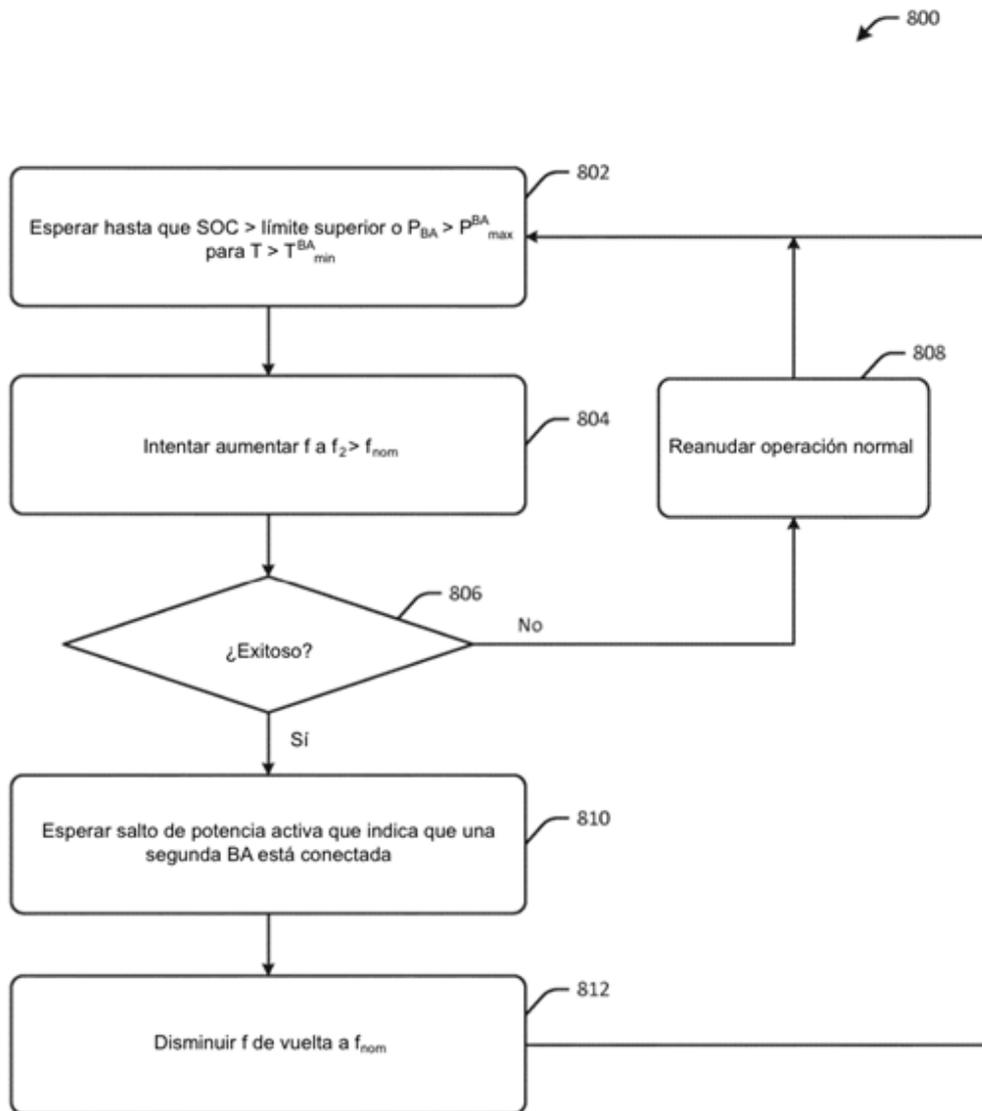


FIG. 8

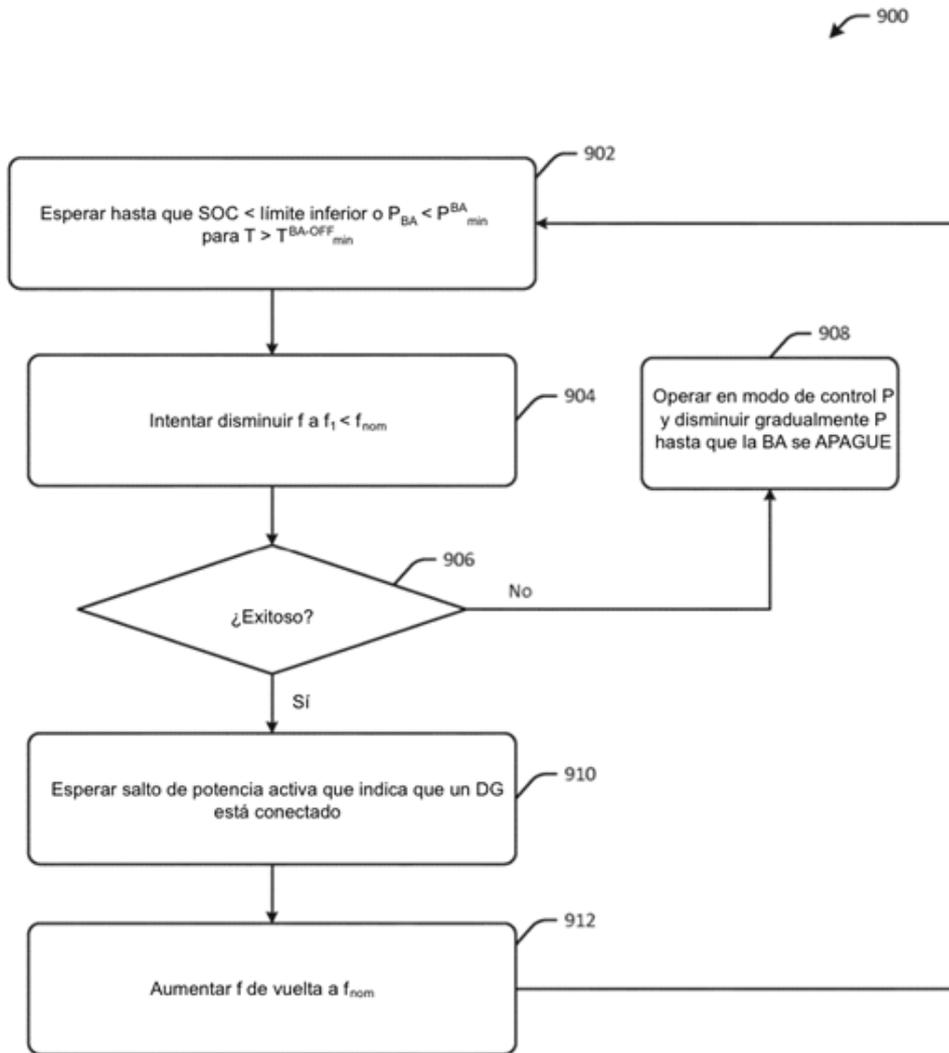


FIG. 9