

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 003 109**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **21.09.2021 PCT/DK2021/050290**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2022 WO22069008**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.09.2021 E 21790371 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024 EP 4222372**

54 Título: **Potenciamiento de la potencia activa en centrales de energía eólica**

30 Prioridad:

30.09.2020 DK PA202070665

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

10.03.2025

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

WEI, MU;

JAMUNA, KARTHIK KRISHNAN;

PATANKAR, MANAS;

MCKENZIE, HUGH y

KIDMOSE, JACOB QUAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 003 109 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

Potenciamiento de la potencia activa en centrales de energía eólica

Campo técnico

5 La presente descripción se refiere a un método para controlar uno o más generadores de aerogenerador y a un controlador de central de energía que implementa el método.

Antecedentes

10 Los generadores de aerogenerador típicamente están limitados a una salida de potencia activa máxima. La salida de potencia activa máxima es generalmente la 'potencia de régimen' del generador de aerogenerador, que es un valor nominal que el generador es capaz de producir a través de un espectro relativamente amplio de velocidades del viento y sin una carga mecánica excesiva del generador.

15 En algunas circunstancias, es útil aumentar la salida de potencia activa del generador más allá de su potencia de régimen. Esto se puede hacer potenciando de manera sostenible la salida de potencia activa. El potenciamiento sostenible implica el aumento de la potencia activa máxima por encima de la potencia de régimen original del generador, pero dentro de la capacidad generacional general del generador. Este tipo de aumento es diferente del llamado 'sobrepotenciamiento' de los generadores de aerogenerador en el que se aprovecha la energía cinética del rotor del generador y se libera para una ráfaga rápida de salida de potencia activa seguida por un período de recuperación. En su lugar, este potenciamiento sostenible es alcanzable sin requerir recuperación.

20 Si bien el potenciamiento sostenible por sí solo es útil, las implementaciones actuales restringen su uso en mercados de energía particulares, pueden causar una carga mecánica indeseable del generador y pueden conducir a desequilibrios en la generación a través de las centrales de energía eólica.

Entre la técnica anterior relacionada con el potenciamiento de aerogeneradores está el documento US 2018/0187650 A1.

Un objetivo de la presente invención es abordar una o más de las desventajas asociadas con la técnica anterior.

Compendio de la invención

25 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un método para controlar una pluralidad de generadores de aerogenerador según la reivindicación 1.

30 El nivel de potenciamiento de potencia activa comprende un nivel alcanzable por el generador de aerogenerador respectivo dentro de su capacidad física y sin necesidad de recuperación. El nivel de potenciamiento de potencia activa se puede considerar que es un nivel de potenciamiento sostenible por encima del nivel de potencia activa de régimen. El nivel de potenciamiento de potencia activa puede comprender un nivel de potencia activa entre el nivel de potencia de régimen y un nivel de potencia máxima alcanzable por encima de una velocidad del viento umbral.

35 El nivel de potencia activa nominal se puede considerar que es una potencia nominal original o de régimen - el nivel de potencia activa al que se opera el aerogenerador respectivo durante las condiciones de operación normales. Generalmente, esta es la potencia de régimen tras la instalación del generador. El nivel de potenciamiento se puede considerar como una potencia nominal mejorada o nueva, de modo que sea una elevación del techo de potencia activa más que de una generación de potencia activa en exceso por encima de un máximo existente, como en el caso de a lo que se hace referencia como 'sobrepotenciamiento'.

40 El uno o más límites de potencia activa superiores se pueden determinar en base a una serie de factores. En algunos ejemplos, el límite de potencia activa superior para un generador se puede basar en un nivel predeterminado para el generador o todos los generadores. En otros ejemplos, el límite de potencia activa superior se puede generar para generadores individuales en base al desgaste esperado durante la vida útil del generador y otros factores, incluyendo la velocidad del viento, la potencia máxima que el generador puede emitir y otros factores. En algunas realizaciones, se puede determinar un único límite de potencia superior para cada generador, mientras que en otras realizaciones, se pueden determinar múltiples límites de potencia superiores para cada generador y se pueden utilizar diferentes períodos de tiempo para cada límite y/o un límite elegido en base a las condiciones.

45 A través del modo de potenciamiento de potencia activa y su uso de criterios de desencadenamiento, la provisión de niveles de potencia activa aumentados se puede hacer sensible y capaz de reaccionar a los requisitos rápidamente. Al mismo tiempo, el nivel de potenciamiento fijo asegura que la variación en los criterios de desencadenamiento no cause ciclos fluctuantes de encendido/apagado del modo de potenciamiento que puedan infligir una carga mecánica severa en un generador de aerogenerador. La fijación del nivel de potencia activa durante al menos una primera parte del período de tiempo permite también a los generadores tomar parte en mercados de servicios auxiliares durante períodos de tiempo prolongados. Por ejemplo, se puede participar en mercados que requieren un potenciamiento específico de potencia durante un período de tiempo determinado.

El uno o más límites de potencia activa superiores se pueden fijar durante la primera parte: activando un primer temporizador para la primera parte del período de tiempo predeterminado; estableciendo el límite de potencia activa superior en el nivel de potenciamiento de potencia activa; y evitando el cambio del límite de potencia activa superior mientras que está activo el primer temporizador.

- 5 El período de tiempo predeterminado puede comprender una segunda parte que es consecutiva con la primera parte. Durante la segunda parte, el uno o más límites de potencia activa superiores se pueden fijar en el nivel de potencia activa nominal del generador de aerogenerador respectivo.

10 El uno o más límites de potencia activa superiores se pueden fijar durante la segunda parte: activando un segundo temporizador para la segunda parte del período de tiempo predeterminado; estableciendo el límite de potencia activa superior en el nivel de potencia activa nominal; y evitando el cambio del límite de potencia activa superior mientras que está activo el segundo temporizador.

15 La provisión de una segunda parte y el límite de potencia activa fijo que la acompaña mejora aún más las propiedades del método incorporando un período de 'tiempo de inactividad' en el que el límite superior del generador de aerogenerador está en su nivel habitual. Esto permite que el generador de aerogenerador alcance el nivel nominal durante un período antes de un nuevo desencadenamiento y, de este modo, permite un mejor control del comportamiento del generador.

20 La segunda parte y su límite asociado también son útiles para cumplir con las reglas establecidas por los operadores de modo que la cantidad de tiempo de potenciación se mantenga por debajo de una cantidad umbral. Por ejemplo, la primera y segunda parte y los límites de potencia activa se pueden establecer de modo que el tiempo acumulado de las primeras partes a lo largo de un período de tiempo esté por debajo o sea igual al valor umbral. Las segundas partes se pueden establecer de modo que ocupen el tiempo restante. Al hacerlo así, la capacidad de potenciamiento se conserva y se difunde uniformemente a lo largo del período de tiempo.

La longitud de la primera parte puede ser mayor que la longitud de la segunda parte.

El período de tiempo predeterminado puede consistir en la primera parte y la segunda parte.

25 El método puede comprender, al final del período de tiempo predeterminado: comprobar los criterios de desencadenamiento; y si los criterios de desencadenamiento todavía se cumplen, volver a entrar en el modo de potenciamiento de potencia activa; o si los criterios de desencadenamiento no se cumplen, establecer el límite de potencia activa superior para el generador de aerogenerador respectivo como el nivel de potencia activa nominal del generador de aerogenerador respectivo y esperar una nueva señal de desencadenamiento.

30 Los criterios de desencadenamiento se pueden basar en uno o más de la frecuencia de red medida y el precio de la electricidad.

35 Además y/o alternativamente, los criterios de desencadenamiento pueden basarse en un nivel de velocidad del viento medido. Los criterios de desencadenamiento pueden comprender una velocidad del viento medida que exceda un umbral de velocidad del viento. El umbral de velocidad del viento puede comprender un nivel de velocidad del viento en el que los generadores de aerogenerador son capaces de generar potencia activa en el nivel de potenciamiento de potencia activa.

Los criterios de desencadenamiento pueden comprender un nivel de potencia activa deseado para los generadores que exceda una salida de potencia activa que los generadores son capaces de suministrar al régimen de potencia nominal. La salida de potencia activa se puede basar en una velocidad del viento medida para cada generador.

40 El nivel de potenciamiento de potencia activa puede comprender un nivel de potencia activa que el generador de aerogenerador es capaz de suministrar sin agotar la energía cinética almacenada en un tren de transmisión del generador.

45 Se puede aplicar una tasa de rampa durante las transiciones entre límites de potencia activa durante el modo de potenciamiento de potencia activa. En otras palabras, a medida que comienza la primera parte del período de tiempo, el nivel de potenciamiento de potencia activa se logra en etapas. La transición desde el nivel de potenciamiento al nivel nominal original después de la primera parte también se logra en etapas. La transición en etapas reduce el reajuste en exceso de la producción de potencia activa por los generadores de aerogenerador y, por ello, asegura que la carga mecánica se conserve en un nivel seguro.

50 Según otro aspecto de la invención, se proporciona un controlador de central de energía que comprende una unidad de generación de límites configurada para realizar el método descrito anteriormente. La unidad de generación de límites puede comprender un primer temporizador y un segundo temporizador.

El controlador de central de energía puede comprender un despachador. La unidad de generación de límites puede estar configurada para enviar límites de potencia activa generada al despachador. El despachador puede estar configurado para: recibir referencias de potencia activa para una central de energía que comprende la pluralidad de

aerogeneradores; determinar puntos de ajuste de potencia activa para los generadores de aerogenerador; aplicar los límites de potencia activa generados al punto de ajuste de potencia activa para cada generador para lograr un punto de ajuste de potencia activa limitada; y despachar cada punto de ajuste de potencia activa limitada a su generador de aerogenerador respectivo para controlar la salida de potencia activa de los generadores de aerogenerador.

- 5 Se puede proporcionar un controlador de central de energía que comprende una unidad de generación de límites configurada para generar un límite de potencia activa superior para cada uno de una pluralidad de generadores de aerogenerador, los límites de potencia activa superiores que son para limitar puntos de ajuste para la pluralidad de generadores de aerogenerador, y en donde la unidad de generación de límites comprende uno o más temporizadores activables en respuesta a una señal de desencadenamiento, en donde cuando un temporizador está activo, la unidad de generación de límites genera un límite de potencia activa superior a un valor predeterminado específico para el temporizador durante la duración del temporizador.

El controlador de central de energía descrito anteriormente se puede combinar con cualquiera de las características descritas anteriormente o a continuación.

Breve descripción de los dibujos

- 15 Ahora se describirán una o más realizaciones de la invención, a modo de ejemplo solamente, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra una representación esquemática de una red eléctrica;

la Figura 2 muestra un diagrama de bloques de un controlador de potencia activa o una función de control para un controlador de central de energía;

- 20 la Figura 3 muestra un diagrama de bloques de una unidad de generación de límites del controlador de potencia activa o función de control de la Figura 2;

la Figura 4 muestra un diagrama que ilustra una operación de la unidad de generación de límites de la Figura 3; y

la Figura 5 muestra un diagrama de flujo de un método de operación de un generador de aerogenerador usando el controlador de la Figura 2.

25 Descripción detallada

En general, la invención descrita en la presente memoria es un método de control de un generador de aerogenerador, y más particularmente de un método en el que, sobre la base de una señal de desencadenamiento, se establece una salida de potencia activa máxima o límite de potencia activa superior y se fija a un nivel por encima de la potencia nominal original o potencia de régimen original de cada aerogenerador. La salida máxima se fija durante un período de tiempo con el fin de evitar conmutaciones repetitivas e innecesarias entre diferentes máximos, lo que puede hacer que se pongan cargas en los aerogeneradores que serían perjudiciales para su vida útil. La invención también puede incluir otro nivel de salida máxima fija en el nivel de potencia de régimen durante otro período de tiempo inmediatamente después, de modo que los aerogeneradores se operen a su potencia de régimen durante al menos un breve instante. Esto también evita la conmutación entre diferentes máximos de manera demasiado rápida.

La Figura 1 ilustra una arquitectura típica en la que una central de energía eólica (WPP), a la que también se puede hacer referencia como parque eólico o granja eólica, está conectada a una red principal como parte de una red eléctrica más amplia. Como se entenderá por el lector experto, una WPP comprende al menos un generador de aerogenerador (WTG), y también se conoce como parque eólico o granja eólica. Se hace referencia comúnmente a un WTG como aerogenerador. Los ejemplos mostrados son solamente representativos y el lector experto apreciará que son posibles otras arquitecturas específicas, en relación con centrales de energía eólica, centrales de energía para otras fuentes de energía renovable, tales como centrales de energía solar, centrales de energía de bioenergía o centrales de energía oceánica/de olas/mareomotriz, y con centrales de energía híbridas que tienen una combinación de diferentes tipos de centrales de energía renovable. De este modo, la descripción también se relaciona con centrales de energía renovable y generadores de energía renovable en general, más que ser específica para centrales de energía eólica y generadores como en las Figuras. Los componentes de la central de energía eólica y la red eléctrica son convencionales y, como tales, serán familiares para el lector experto. Se espera que se puedan incorporar otros componentes conocidos además de o como alternativas a los componentes mostrados y descritos en la Figura 1. Tales cambios estarían dentro de las capacidades de los expertos.

50 La Figura 1 muestra una red eléctrica que incorpora una WPP 12 y un controlador de central de energía 22, al que se hace referencia de aquí en adelante como PPC 22. La WPP 12 incluye una pluralidad de WTG 14. Cada uno de la pluralidad de WTG 14 convierte la energía eólica en energía eléctrica, que se transfiere desde la WPP 12 a una red de transmisión principal o red eléctrica principal 16, como potencia activa y/o corriente, para su distribución. Se puede hacer referencia en esta descripción a generadores individuales como 'unidad'.

Aunque no se ilustra en esta Figura, la WPP 12 también puede incluir un equipo de compensación, tal como un compensador síncrono estático (STATCOM) u otro tipo de compensador síncrono, configurado para proporcionar potencia reactiva o soporte de corriente reactiva según se requiera. La WPP 12 también puede incluir un sistema de almacenamiento de energía de batería.

5 Cada uno de los WTG 14 está asociado con un controlador de WTG 15 respectivo. En algunos ejemplos, un conjunto de WTG puede compartir un único controlador de WTG semicentralizado, de manera que haya menos controladores de WTG que WTG. Como se entenderá por el experto en la técnica, los controladores de WTG 15 se pueden considerar que son sistemas informáticos capaces de operar un WTG 14 de la manera prescrita en la presente memoria, y pueden comprender múltiples módulos que controlan componentes individuales del WTG o solo un único controlador. El sistema informático del controlador de WTG 15 puede operar según un software descargado a través de una red de comunicaciones o programado en él desde un medio de almacenamiento legible por ordenador.

15 Durante la operación normal de la WPP 12, los controladores de WTG 15 operan para implementar solicitudes de corriente y/o potencia activas y reactivas recibidas desde el PPC 22 para proporcionar soporte de frecuencia y voltaje a la red eléctrica principal 16. Durante condiciones extraordinarias, los controladores de WTG 15 operan para cumplir con los requisitos de red predeterminados y también actúan para proteger a los WTG 14 de cualquier condición potencialmente dañina.

20 La WPP 12 está conectada a la red eléctrica principal 16 (también llamada red de energía principal) mediante una red de conexión 18. La WPP 12 y la red eléctrica principal 16 están conectadas en un Punto de Interconexión (Pol) 20, que es una interfaz entre la WPP 12 y la red eléctrica principal 16. También se puede hacer referencia al Pol 20 como Punto de Conexión Común, que se puede abreviar como 'PCC' o 'PoCC'.

Los aerogeneradores 14 están conectados entre sí localmente mediante una red eléctrica local 19 (también denominada red de eléctrica local o red eléctrica del parque). La función de la red eléctrica local es canalizar la potencia de cada uno de los WTG 14 hasta la red de conexión 18 a la red eléctrica principal 16.

25 El Controlador de Central de energía (PPC) 22 está conectado a la red principal 16 en un Punto de Medición (PoM) 24 y está conectado a los controladores de WTG 15. El papel del PPC 22 es actuar como una interfaz de mando y control entre la WPP 12 y la red eléctrica 16, y más específicamente, entre la WPP 12 y un operador de red eléctrica, tal como un operador del sistema de transmisión (TSO) o un operador del sistema de distribución (DSO) 26. El PPC 22 es un sistema informático adecuado para llevar a cabo los controles y comandos como se describió anteriormente y, así, incorpora un módulo de procesamiento 28, un módulo de conectividad 30, un módulo de memoria 32 y un módulo de detección 34. El PPC 22 también puede recibir información con respecto a la red eléctrica 16 y/o los buses locales, subestaciones y redes desde un sistema de gestión de energía (no mostrado). El WPP 12 es capaz de alterar su salida de potencia o corriente en reacción a los comandos recibidos desde el PPC 22.

35 Como parte de su operación, el PPC 22 genera y envía señales de despacho a los controladores de WTG 15. Los controladores de WTG 15 controlan los WTG según los puntos de ajuste contenidos dentro de las señales de despacho.

40 Durante la operación normal, el PPC 22 opera en uno de una serie de modos. Uno de tales modos es una regulación de frecuencia, a la que también se puede hacer referencia como modo de control de frecuencia, en el que el PPC 22 emite señales de despacho configuradas para hacer que los WTG 14 suministren potencia activa a la red más amplia para regular el nivel de frecuencia de la red de energía. En otro modo, el PPC 22 opera para cumplir con una referencia de potencia proporcionada por el TSO 26. En cada uno de estos modos, el PPC 22 suministra señales que indican puntos de ajuste de potencia activa a los WTG 14 y también puede despachar señales para pausar los WTG 14 o liberar los WTG 14 de un estado de pausa.

45 La Figura 2 muestra una representación esquemática de una unidad de control de potencia activa PPC 40, a la que también se puede hacer referencia como función de control, contenida dentro del módulo de procesamiento 28 del PPC 22. La unidad de control 40 está configurada para recibir o determinar un valor de referencia de potencia activa y para generar una pluralidad de puntos de ajuste de potencia activa para los WTG 14 que juntos alcanzan el valor de referencia. Posteriormente, el PPC 22 despacha estos puntos de ajuste a los controladores de WTG 15.

50 Como se muestra en la Figura 2, la unidad de control de potencia activa PPC 40 comprende un controlador de potencia activa 42. El controlador de potencia activa 42 recibe una o más entradas y genera un valor de referencia de potencia activa. Las entradas que recibe el controlador de potencia activa 42 dependen de los modos de operación en los que es operable el controlador de potencia activa 42. El controlador de potencia activa 42 recibe un valor de referencia de potencia activa, P_{ref} , del TSO 26 donde está configurado un modo de control de potencia activa directo. El controlador de potencia activa 42 recibe una frecuencia medida, F_{med} , y un valor de potencia activa medida, P_{med} , donde está configurado un modo de control de frecuencia. En una realización del controlador de potencia activa 42, todos estos valores se proporcionan como entrada y un conmutador es operable para cambiar el modo. La salida del controlador de potencia activa 42 en cada modo es un valor de referencia de potencia $P_{ref_control}$.

El valor de referencia de salida de potencia activa, $P_{ref_control}$, del controlador de potencia activa 42 se recibe en la unión de diferencia 44, y se determina una diferencia entre el valor de referencia y un valor de potencia activa medida para la WPP 12. La salida de la unión de diferencia 44 es, por lo tanto, un valor de error de potencia activa, P_{error} .

- 5 El valor de error se pasa a un despachador de potencia activa 46. También se muestra en la unidad de control 40 un controlador de pausa/liberación 48, que también recibe el valor de error y determina si pausar o liberar los WTG 14 para cumplir con la señal de error.

- 10 El despachador de potencia activa 46 recibe el valor de error y determina un punto de ajuste, $P_{pajuste_WTGi}$, para cada uno de los WTG 14. El punto de ajuste para cada WTG 14 se determina en base a la capacidad del WTG 14. En otras palabras, el despachador 46 recibe un valor para la potencia activa disponible del WTG 14 y limita el punto de ajuste al valor máximo.

En los controladores convencionales, el valor máximo del punto de ajuste sería la potencia de régimen del WTG 14. La potencia de régimen se puede leer por el despachador a partir de una tabla de búsqueda en un almacén de datos de potencias de régimen para cada WTG, por ejemplo.

- 15 En las presentes realizaciones, el despachador 46 también recibe una entrada de una unidad de generación de límites 50. La unidad de generación de límites 50 determina, para cada WTG 14, un límite de potencia activa superior, P_{max_WTGi} , al que también se puede hacer referencia como valor o salida de potencia activa máxima, y proporciona este conjunto de valores al despachador 46 para limitar los puntos de ajuste.

- 20 La operación de la unidad de generación de límites 50 se describe a continuación en relación con las Figuras 3 a 5. La Figura 3 muestra un diagrama de bloques para una unidad de generación de límites 50 de ejemplo, y la Figura 4 muestra un gráfico que indica la operación de la unidad de generación 50. La Figura 5 proporciona un diagrama de flujo que rige un método 100 de operación de la unidad de generación de límites 50 y el PPC 22 en su conjunto.

- 25 En la Figura 3, la unidad de generación de límites 50 incluye una lógica de selección de desencadenamiento 52, un controlador de potenciamiento 54, una lógica de selección de límites 56 y un controlador de límites 58. En general, tanto el controlador de potenciamiento 54 como el controlador de límites 58 generan valores de potencia activa máxima para cada aerogenerador e introducen éstos en la lógica de selección 56. La lógica de selección 56 selecciona uno de estos valores de potencia activa máxima y lo comunica al despachador 46.

- 30 El controlador de límites 58 está configurado para aplicar reglas de límite de potencia activa predeterminadas establecidas por el operador de la WPP 12. Por ejemplo, si la salida de potencia activa máxima de un WTG 14 particular se ve limitada debido a un problema mecánico, el controlador de límites 58 puede especificar una potencia activa máxima que esté por debajo de la potencia de régimen del WTG. La operación del controlador de límites 58 será familiar para el experto en la técnica y, así, no se trata con más detalle en esta solicitud. La lógica de selección de límites 56 está configurada para recibir los límites determinados por el controlador de límites 58. Como se tratará a continuación, si la lógica de selección de límites 56 recibe un límite del controlador de límites 58 para un WTG 14, este límite anula los límites recibidos del controlador de potenciamiento 54 para ese WTG 14.

- 35 El controlador de potenciamiento 54 y la lógica de selección de desencadenamiento 52 están dispuestos para trabajar juntos para generar valores de potencia activa máxima en base a uno o más criterios de desencadenamiento. La lógica de selección de desencadenamiento 52 recibe mediciones de entrada de parámetros de desencadenamiento desde la WPP 12 y/o el TSO 26. En la realización de la Figura 3, los parámetros de desencadenamiento son la frecuencia de red eléctrica y el precio de la electricidad. En otras realizaciones, se pueden usar parámetros de desencadenamiento adicionales o alternativos.

- 40 En base en las entradas medidas de los parámetros de desencadenamiento, la lógica de selección de desencadenamiento 52 determina si se cumple unos criterios de desencadenamiento. Los criterios de desencadenamiento pueden comprender, por ejemplo, una superación de un valor umbral por el valor medido o por un promedio de una pluralidad de valores medidos durante un período de tiempo predeterminado. En un ejemplo específico, se puede especificar una banda de frecuencia de entre 49,5 y 50,5 Hz para una red eléctrica de 50 Hz, en donde cualquier desviación fuera de la banda hace que se cumplan los criterios de desencadenamiento. La lógica de selección de desencadenamiento 52 también se puede configurar para determinar solamente desencadenadores para una de las entradas, dependiendo del modo de operación del PPC 22.

- 45 En la realización de la Figura 3, se puede considerar que los criterios de desencadenamiento comprenden un componente de velocidad del viento. Es decir, que la lógica de selección de desencadenamiento 52 también recibe una velocidad del viento medida como entrada. La velocidad del viento medida se compara con una velocidad del viento umbral. La lógica de selección de desencadenamiento 52 usa la comparación como parte de los criterios de desencadenamiento, y está configurada para generar la señal de desencadenamiento en base a los criterios de desencadenamiento solamente si la velocidad del viento medida excede el umbral. En otras palabras, los criterios de desencadenamiento comprenden tanto una comprobación de la velocidad del viento como un parámetro de desencadenamiento. El parámetro de desencadenamiento se puede comparar con un umbral para determinar si se cumple unos criterios, pero solamente se emite una señal de desencadenamiento al controlador de potenciamiento

54 si la velocidad del viento está por encima de un cierto nivel. Por consiguiente, la comprobación de la velocidad del viento actúa como una bandera en cuanto a si se puede generar una señal de desencadenamiento. Realizando ambas de estas comprobaciones, se asegura que el controlador de potenciamiento 54 no permita innecesariamente el potenciamiento de la potencia activa sin velocidades del viento adecuadas.

- 5 En otras realizaciones, los criterios de desencadenamiento pueden comprender solamente la comprobación de la velocidad del viento, o una combinación de una serie de parámetros de desencadenamiento diferentes. Los criterios de desencadenamiento se emiten para la WPP 12 en su conjunto en las realizaciones anteriores, aunque en otras realizaciones, los desencadenadores pueden ser específicos para un subconjunto de WTG 14.

10 Si se cumplen los criterios de desencadenamiento, la lógica de selección de desencadenamiento 52 genera una señal de desencadenamiento que se comunica al controlador de potenciamiento 54. El controlador de potenciamiento 54 está configurado para, en respuesta a la recepción de una señal de desencadenamiento, implementar un modo de potenciamiento de potencia activa durante un período de tiempo predeterminado. En el modo de potenciamiento de potencia activa, el controlador de potenciamiento 54 proporciona valores de potencia activa máxima a la lógica de selección de límites 56 para cada WTG, que, en ausencia de un valor límite de anulación recibido para el controlador de límites 58, envía estos valores de potencia activa máxima al despachador 46.

20 Como se muestra en la Figura 3, el controlador de potenciamiento 54 incorpora un primer temporizador 60 y un segundo temporizador 62. El primer temporizador 60 está configurado para funcionar durante una primera parte del período de tiempo predeterminado y el segundo temporizador 62 está configurado para funcionar durante una segunda parte del período de tiempo predeterminado. La segunda parte es consecutiva a la primera parte, como se describirá a continuación.

25 El controlador de potenciamiento 54 activa el primer temporizador 60 en respuesta a la recepción de una señal de desencadenamiento. Una vez que transcurre la primera parte del período de tiempo predeterminado, el primer temporizador 60 se desactiva. El segundo temporizador 62 se activa después de que haya transcurrido la primera parte, de modo que la segunda parte sea consecutiva con la primera parte. Por lo tanto, el primer temporizador 60 se activa en respuesta a la señal de desencadenamiento y funciona durante un período de tiempo después del cual se desactiva y un segundo temporizador 62 se activa y funciona durante otro período de tiempo. Una vez que ha transcurrido la segunda parte, el segundo temporizador 62 también se desactiva.

30 Al principio de cada parte, es decir, cuando se activa cada temporizador, se establece un valor de potencia activa máxima. Este valor es fijo a lo largo de su parte respectiva. Por lo tanto, el desencadenamiento de un temporizador también activa una bandera o indicador de que el valor de potencia activa máxima se ha de establecer en un nivel predeterminado y evitar que cambie.

35 Como cada temporizador fija el valor que emite, el controlador de potenciamiento 54 está configurado para ignorar desencadenamientos adicionales durante el período de tiempo predeterminado en el que los temporizadores están funcionando. Con esto, se quiere decir que se pueden recibir señales de desencadenamiento adicionales, o que los criterios de desencadenamiento pueden no ser cumplidos durante el período predeterminado, pero esto no se reconoce por el controlador de potenciamiento 54. En su lugar, durante el período predeterminado, y por lo tanto mientras que los temporizadores están activos, el controlador de potenciamiento 54 no es sensible a las entradas externas con relación a los desencadenamientos. Esto es útil cuando la señal de desencadenamiento comprende una bandera que tiene un valor 1 cuando se cumplen los criterios de desencadenamiento y un valor 0 cuando no se cumplen los criterios de desencadenamiento. Si el controlador de potenciamiento 54 recibe la señal de que se cumplen los criterios de desencadenamiento, es decir, la bandera tiene un valor 1, entra en el modo de potenciamiento. Después de esto, durante el período de tiempo predeterminado, los cambios en el valor asociado con la bandera no tienen un efecto en la operación del controlador de potenciamiento 54.

45 Se proporcionan dos temporizadores 60, 62 para permitir que diferentes niveles de potencia activa máxima sean comunicados al despachador 46. Mientras que el primer temporizador 60 está activo, el valor de potencia activa máxima se fija por el controlador de potenciamiento 54 en un nivel de potenciamiento. El nivel de potenciamiento es un valor de potencia activa por encima de la potencia de régimen original o nominal original de cada WTG 14. Es decir, se permite al despachador 46 generar un punto de ajuste para cada WTG 14 que es más alto de lo habitual. Generalmente, la potencia de régimen o nominal de los WTG 14 se establece en un nivel alcanzable por el WTG a través de un amplio rango de velocidades del viento, y así, en velocidades del viento más altas, el WTG 14 puede estar generando menos potencia activa de la que teóricamente podría. Por consiguiente, la capacidad del WTG 14 se puede considerar que está limitada a la potencia de régimen. El nivel de potenciamiento hace uso de esta limitación efectiva permitiendo que el WTG 14 genere potencia en la región por encima de la potencia de régimen con el fin de proporcionar un potenciamiento de potencia activa de la WPP 12. Un nivel de potenciamiento de ejemplo puede ser un aumento del 10% en la potencia activa por encima de la potencia de régimen, tal como 2,2 MW para un WTG de 2 MW.

El nivel de potenciamiento descrito aquí es una sobrevaloración y no se debería confundir con el denominado 'sobrepotenciamiento' del WTG 14. El sobrepotenciamiento es la práctica de proporcionar una breve ráfaga de

potencia activa agotando la energía cinética del rotor y volviendo a destinarla como energía eléctrica, y requiere un período de recuperación en el que se recupera la energía cinética. En su lugar, el potenciamiento descrito aquí es sostenible en la medida que se puede mantener por el WTG 14 durante períodos prolongados sin requerir la recuperación de energía cinética.

5 No obstante, el potenciamiento sostenible aumenta las cargas experimentadas por el aerogenerador. La provisión de un primer temporizador durante cuya parte de tiempo el valor máximo de potencia activa es fijo, evita la práctica potencialmente dañina de conmutar el valor máximo entre los niveles de potenciamiento y nominal. Con el fin de evitar el desencadenamiento repetido inmediatamente después de un potenciamiento, se proporciona el segundo temporizador 62.

10 El segundo temporizador 62 se activa al final de la primera parte, y funciona durante la segunda parte del período de tiempo predeterminado. Durante la segunda parte, la potencia activa máxima se establece en la potencia activa de régimen original del WTG 14, y así se reduce a partir del nivel establecido durante la primera parte. Como con el primer temporizador 60, mientras que el segundo temporizador 62 está funcionando, se ignoran los desencadenamientos y el valor de potencia activa máxima es fijo.

15 En términos generales, el primer temporizador 60 se usa para limitar la cantidad de tiempo durante el cual se puede potenciar la potencia activa, mientras que el segundo temporizador 62 se usa para limitar la cantidad de tiempo durante el cual no se potencia la potencia activa.

20 Después de que haya transcurrido la segunda parte del período de tiempo, el segundo temporizador 62 se desactiva y el valor de potencia activa máxima permanece en el valor de régimen. En este punto, el controlador de potenciamiento puede dejar de comunicar valores de potencia activa máxima a la lógica de selección 56, y el despachador 46 puede utilizar solamente las potencias nominales que se le suministran para determinar el valor de potencia activa máxima. En esta realización, el período de tiempo consta de la primera parte y la segunda parte, de modo que al final de la segunda parte, el modo de potenciamiento de potencia activa ya no esté activo en el controlador de central de energía.

25 Al final del período predeterminado, una vez que el segundo temporizador 62 ha funcionado y se ha desactivado, las señales de desencadenamiento ya no se ignoran. El controlador de potenciamiento 54 se comprueba para determinar si se recibió una señal de desencadenamiento al final del período de tiempo predeterminado o recientemente. Si es así, se vuelve a entrar en el modo de potenciamiento de potencia activa y el proceso comienza de nuevo. De otro modo, la potencia nominal o de régimen se usa por el despachador 46 como el valor de potencia activa máxima.

30 Los tiempos durante los cuales operan el primer y segundo temporizadores 60, 62, es decir, la duración de la primera y segunda partes del período de tiempo predeterminado, se pueden variar dependiendo del resultado deseado.

35 Por ejemplo, se prevé que en realizaciones en las que se pretende que los WTG 14 tomen parte en un mercado de servicios auxiliares, el tiempo de operación del primer temporizador 60 es al menos el tiempo para el servicio auxiliar mínimo en el que tienen lugar los WTG 14. En algunos servicios auxiliares, el tiempo para la primera parte y el primer temporizador 60 puede ser de al menos 6 segundos o al menos 5 minutos. En algunos ejemplos, el tiempo para el primer temporizador y la primera parte puede estar entre 6 segundos y 5 minutos, y en otros ejemplos, la duración del primer temporizador puede exceder los 5 minutos. En algunos ejemplos, el primer temporizador puede estar en la región de duración de 60 minutos, o más. El segundo temporizador se establece para evitar desencadenamientos inmediatamente consecutivos del valor de potencia activa máxima más alto, así que puede ser relativamente corto en comparación con el primer temporizador. En algunos ejemplos, la duración del segundo temporizador 62 es menor o igual que la duración del primer temporizador 60. En algunos ejemplos, la duración del segundo temporizador 62, y por lo tanto la segunda parte, es de al menos 6 segundos, y en otros es de 10 segundos. En otras realizaciones, el segundo temporizador se puede establecer para proporcionar un período más largo, tal como entre 5 y 60 minutos. En algunos ejemplos en los que se implementa el soporte de frecuencia, el segundo temporizador 62 se puede establecer en 0 segundos de modo que se permita que el primer temporizador 60 vuelva a desencadenarse muy rápidamente y proporcionar un soporte de frecuencia continuo. En esta realización, un módulo de control en la unidad de generación de límites 50 puede establecer temporalmente el segundo temporizador en una duración cero con el fin de permitir tal soporte de frecuencia.

45 En otros ejemplos, los dos temporizadores se pueden establecer para minimizar las cargas mecánicas. Por ejemplo, el número de veces que se enciende y se apaga el potenciamiento se debería calcular en base al desgaste previsto del WTG durante el potenciamiento y con relación a la vida útil esperada del WTG.

55 En otro ejemplo, el primer temporizador se establece en un período que incluye al menos 3 segundos para permitir que el WTG entre en estado estable. La duración de los temporizadores se puede usar para evitar el rango de frecuencia de resonancia de los componentes mecánicos dentro del WTG. Este rango es típicamente de entre 0,2 Hz y 5 Hz, y así se evitan mejor duraciones de temporizador en el rango de 0,2 s a 5 s.

La Figura 4 ilustra la relación de los temporizadores y la potencia activa. Como se puede ver en la Figura 4, en el tiempo T0 se recibe una señal de desencadenamiento. La señal de desencadenamiento hace que se implemente el modo de potenciamiento de potencia activa y, por consiguiente, el primer temporizador 60 llega a estar activo. En otras palabras, el estado del primer temporizador se puede cambiar de 'apagado' o un valor 0 a 'encendido' o un valor 1. El primer temporizador 60 opera durante la primera parte del período de tiempo, entre el tiempo de desencadenamiento T0 y el final de la primera parte T1. Entre T0 y T1, es decir, mientras que el primer temporizador 60 está activo, el valor de potencia activa máxima se fija en el nivel de potenciamiento. En el tiempo T1, el primer temporizador 60 se desactiva, volviendo al estado 'apagado' o 0, y el segundo temporizador 62 llega a estar activo. El segundo temporizador está activo durante la segunda parte del período de tiempo, entre el tiempo T1 y T2. Entre T1 y T2, que es mientras que el segundo temporizador está activo, el valor de potencia activa máxima se fija en el nivel nominal original. El período de tiempo predeterminado está entre el tiempo T0 y T2. Entre los tiempos T0 y T2, se ignoran las señales de desencadenamiento. En el tiempo T2, el segundo temporizador 62 llega a estar inactivo y el controlador de potenciamiento 54 comprueba si hay una nueva señal de desencadenamiento. Si se recibe otra señal de desencadenamiento, el modo de potenciamiento de potencia activa comienza de nuevo. En esta realización, en T2, se recibe otra señal de desencadenamiento y el valor de potencia activa máxima aumenta de nuevo y se fija en el nivel de potenciamiento y el primer temporizador está activo.

Aunque la Figura 4 ilustra los cambios entre el valor nominal y el nivel de potenciamiento para la potencia activa, en algunas realizaciones se puede implementar una tasa de rampa. La implementación de una tasa de rampa suaviza la transición entre diferentes valores de potencia activa máxima. El beneficio de incluir una tasa de rampa es reducir la probabilidad de un reajuste excesivo o reajuste insuficiente en el perfil de potencia activa de la central, que se pueden ver como perturbaciones, debido al lento ajuste de despacho. En algunos ejemplos, se puede establecer una tasa de rampa máxima para evitar que el nivel de potencia cambie demasiado rápido y, por ello, reducir el reajuste excesivo o reajuste insuficiente.

La operación de la unidad de generación de límites y el controlador de potencia activa para controlar los WTG 14 se puede formular como un método 100, un ejemplo del cual se muestra en la Figura 5.

Como se puede ver en la Figura 5, el método 100 comienza en el paso 102, recibiendo una señal de desencadenamiento que indica que se cumplen unos criterios de desencadenamiento. Como se señaló anteriormente, la señal de desencadenamiento se puede recibir desde una lógica de selección de desencadenamiento. Los criterios de desencadenamiento se pueden basar en el nivel de frecuencia o en el precio de la electricidad. Los criterios de desencadenamiento pueden incluir una comprobación de la potencia disponible en base a una velocidad del viento medida o terminal medida en el generador. La potencia disponible sin potenciamiento se puede comparar con el nivel de potencia deseado o preferido para la planta y, cuando la potencia preferida es mayor que la potencia disponible, se cumplen los criterios de desencadenamiento. En algunos ejemplos, los criterios de desencadenamiento pueden incluir una comprobación directa de la velocidad del viento en la que se compara una velocidad del viento medida con un umbral, y en donde, si la velocidad del viento excede el umbral, se puede generar la señal de desencadenamiento.

En el siguiente paso 104, se implementa un modo de potenciamiento de potencia activa. El modo de potenciamiento de potencia activa se implementa durante un período de tiempo predeterminado que comienza en respuesta a recibir la señal de desencadenamiento. Como se ilustra, el modo de potenciamiento incluye los pasos 106, 108 de ignorar señales de desencadenamiento adicionales y generar uno o más límites de potencia activa superiores para cada uno del uno o más WTG 14. Si bien la ignorancia de las señales de desencadenamiento 106 se describe aquí como un paso positivo, puede ser una acción pasiva o un resultado de la implementación del modo.

Durante al menos una primera parte del período de tiempo predeterminado para el cual se implementa el modo de potenciamiento de potencia activa, los límites de potencia activa superiores se fijan en un nivel de potenciamiento de potencia activa que es mayor que un nivel de potencia activa nominal de los WTG 14. Esto se puede lograr como se describió anteriormente usando uno o más temporizadores para medir las partes de los períodos de tiempo predeterminados, de modo que mientras que un temporizador esté activo durante la primera parte, el nivel de potenciamiento de potencia activa se fija, como se ilustra en el paso 110. Como paso opcional, el método puede incluir el paso 112, en el que durante una segunda parte, el límite se fija en un nivel nominal original. Este paso es opcional en la medida que el primer temporizador puede estar presente solo, o el segundo temporizador puede estar establecido en cero segundos.

Aunque se describió anteriormente un único nivel de potenciamiento y límite de potencia activa, se apreciará que se podrían usar múltiples niveles de potenciamiento y límites de potencia activa dependiendo de las condiciones. Por ejemplo, la señal de desencadenamiento puede indicar unos criterios de desencadenamiento específicos correspondientes a un conjunto específico de límites. Alternativamente, se puede establecer más de un nivel de potenciamiento durante el período de tiempo, de modo que el nivel de potencia activa se fije en más de un nivel de potenciamiento durante el período de tiempo. Puede ser posible moverse entre varios niveles de potenciamiento y límites durante la primera parte, de modo que el nivel de potencia activa que se fija en un nivel signifique fijarlo por encima del nivel de potenciamiento más bajo.

Se apreciará que se pueden hacer diversos cambios y modificaciones a la presente invención sin apartarse del alcance de la presente solicitud.

REIVINDICACIONES

1. Un método (100) para controlar una central de energía eólica que comprende una pluralidad de generadores de aerogenerador (14), el método (100) que comprende:
- recibir (102) una señal de desencadenamiento que indica que se cumplen unos criterios de desencadenamiento; e
- 5 implementar (104) un modo de potenciamiento de potencia activo durante un período de tiempo predeterminado que comienza en respuesta a la recepción de la señal de desencadenamiento, en donde, el modo de potenciamiento de potencia activa comprende:
- ignorar (106) señales de desencadenamiento adicionales; y
- 10 generar (108) uno o más límites de potencia activa superiores para cada uno de los generadores de aerogenerador (14), en donde, durante al menos una primera parte del período de tiempo predeterminado, el uno o más límites de potencia activa superiores se fijan (110) en un nivel de potenciamiento de potencia activa que es mayor que un nivel de potencia activa nominal de los generadores de aerogenerador (14),
- en donde el método comprende además,
- 15 recibir o determinar, por una unidad de control de potencia activa (40) de un controlador de central de energía (22), un valor de referencia de potencia activa; y
- generar, por la unidad de control de potencia activa (40), una pluralidad de puntos de ajuste de potencia activa para los generadores de aerogenerador que juntos alcanzan el valor de referencia, en donde cada punto de ajuste para los generadores de aerogenerador está limitado por el uno o más límites de potencia activa superiores del generador de aerogenerador respectivo; y
- 20 despachar, por el controlador de central de energía (22), los puntos de ajuste a los controladores (15) de los generadores de aerogenerador.
2. El método (100) de la reivindicación 1, en donde el uno o más límites de potencia activa superiores se fijan (110) durante la primera parte:
- activando un primer temporizador (60) para la primera parte del período de tiempo predeterminado;
- 25 estableciendo el límite de potencia activa superior en el nivel de potenciamiento de potencia activa; y
- evitando el cambio en el límite de potencia activa superior mientras que el primer temporizador (600) está activo.
3. El método (100) de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en donde, durante una segunda parte del período de tiempo predeterminado que es consecutiva con la primera parte del período de tiempo predeterminado, el uno o más límites de potencia activa superiores se fijan (112) en el nivel de potencia activa nominal de los generadores de aerogenerador (14).
- 30 4. El método (100) de la reivindicación 3, en donde el uno o más límites de potencia activa superiores se fijan (112) durante la segunda parte:
- activando un segundo temporizador (62) para la segunda parte del período de tiempo predeterminado;
- estableciendo el límite de potencia activa superior al nivel de potencia activa nominal; y
- 35 evitando el cambio en el límite de potencia activa superior mientras que el segundo temporizador (62) está activo.
5. El método (100) de la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en donde la duración de la primera parte es mayor que la duración de la segunda parte.
6. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en donde el período de tiempo predeterminado consiste en la primera parte y la segunda parte.
- 40 7. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, al final del período de tiempo predeterminado:
- comprobar los criterios de desencadenamiento; y
- si todavía se cumplen los criterios de desencadenamiento, volver a entrar en el modo de potenciamiento de potencia activa; o

si no se cumplen los criterios de desencadenamiento, establecer el límite de potencia activa superior para los generadores de aerogenerador (14) como el nivel de potencia activa nominal de los generadores de aerogenerador (14) y esperar una nueva señal de desencadenamiento.

- 5 8. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde los criterios de desencadenamiento se basan en uno o más de la frecuencia de red eléctrica medida y el precio de la electricidad.
9. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde los criterios de desencadenamiento se basan en un nivel de velocidad del viento medido.
- 10 10. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en donde los criterios de desencadenamiento comprenden un nivel de potencia activa deseado para los generadores que excede una salida de potencia activa que los generadores son capaces de suministrar al régimen de potencia nominal, en donde la salida de potencia activa se basa en una velocidad del viento medida para cada generador.
11. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el nivel de potenciamiento de potencia activa comprende un nivel de potencia activa que cada generador de aerogenerador (14) es capaz de suministrar sin agotar la energía cinética almacenada en un tren de transmisión del generador.
- 15 12. El método (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde se aplica una tasa de rampa durante las transiciones entre límites de potencia activa durante el modo de potenciamiento de potencia activa.
13. Un controlador de central de energía (22) que comprende una unidad de generación de límites (50) configurada para realizar el método (100) de una de las reivindicaciones 1 a 12.
- 20 14. El controlador de central de energía (22) de la reivindicación 13, en donde la unidad de generación de límites (50) comprende un primer temporizador (60) y un segundo temporizador (62).
15. El controlador de central de energía (22) de la reivindicación 13 o la reivindicación 14, que comprende un despachador (46), en donde la unidad de generación de límites (50) está configurada para enviar límites de potencia activa generada al despachador (46), y en donde el despachador (46) está configurado para:
- 25 recibir referencias de potencia activa para una central de energía (12) que comprende una pluralidad de generadores de aerogenerador (14);
- determinar puntos de ajuste de potencia activa para los generadores de aerogenerador (14);
- aplicar los límites de potencia activa generados al punto de ajuste de potencia activa para cada generador para lograr un punto de ajuste de potencia activa limitada; y
- 30 despachar cada punto de ajuste de potencia activa limitada a su generador de aerogenerador (14) respectivo para controlar la salida de potencia activa de los generadores de aerogenerador (14).

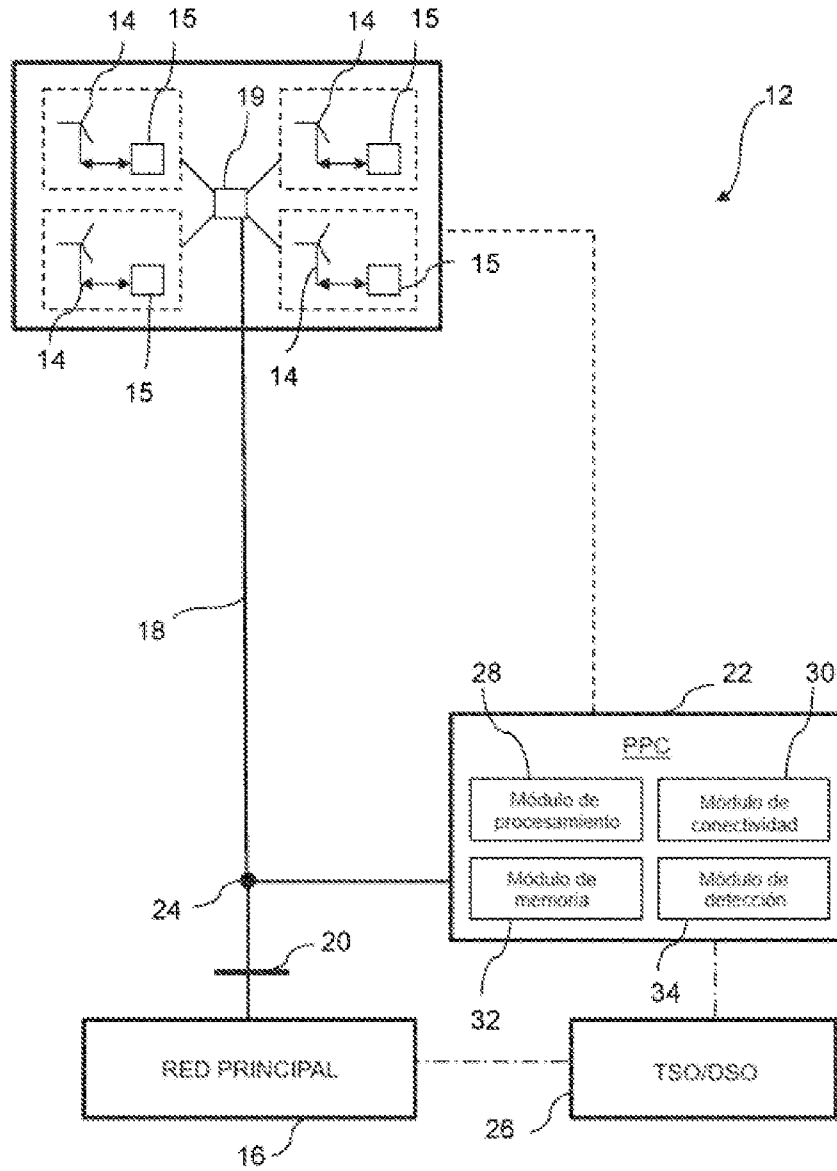


Figura 1

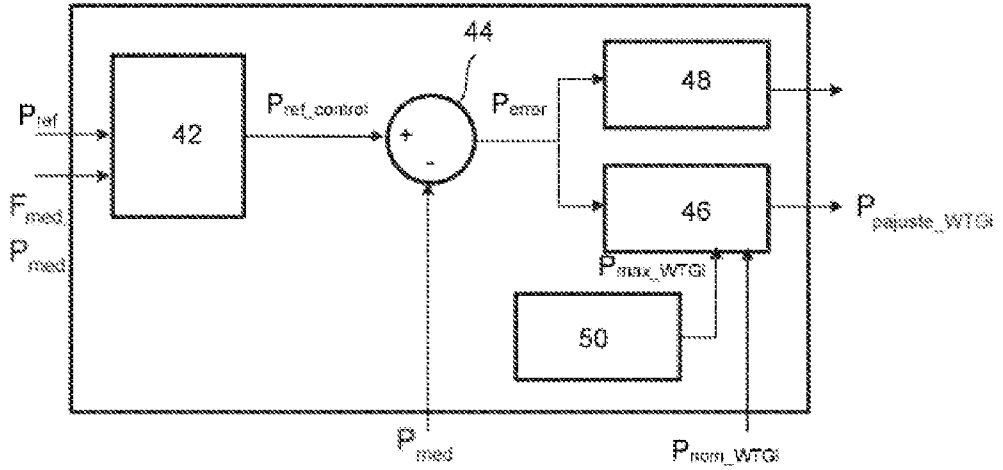


Figura 2

40

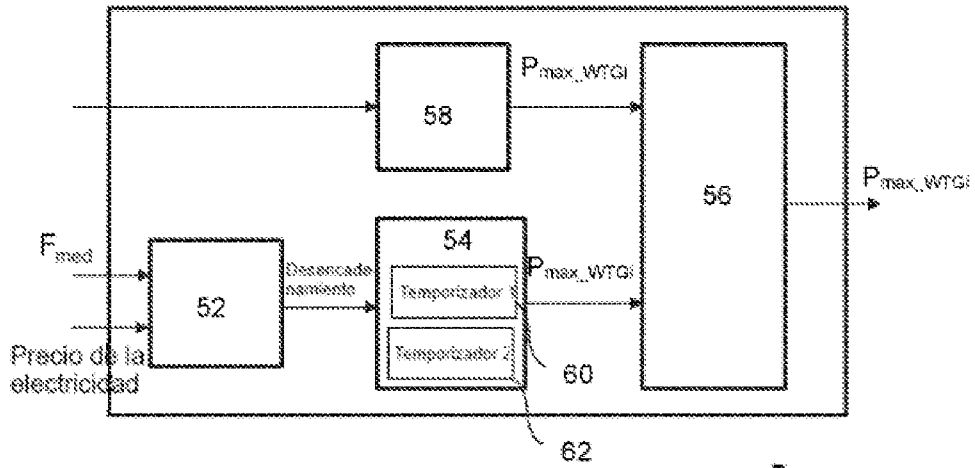


Figura 3

50

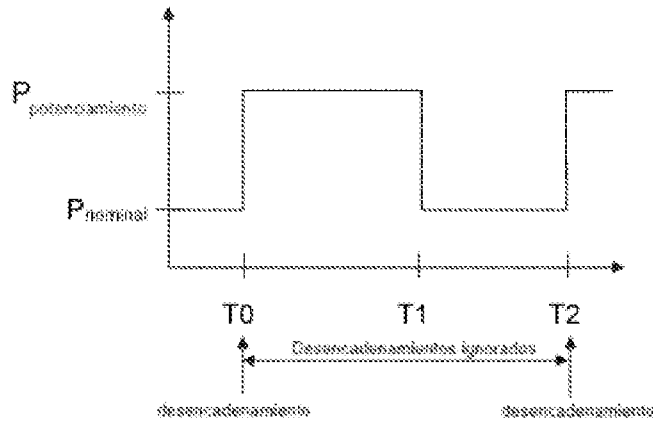


Figura 4

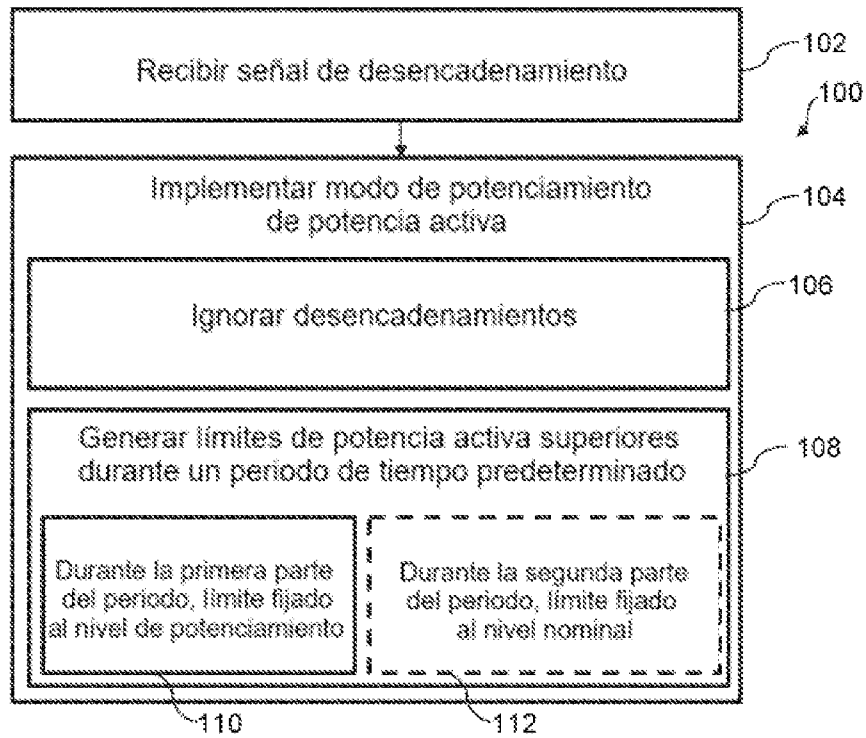


Figura 5