

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 804 759**

51 Int. Cl.:

H02J 3/46 (2006.01)

H02J 3/48 (2006.01)

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2010 E 10187674 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2020 EP 2315330**

54 Título: **Control de la tasa de aumento de potencia para sistemas generación de energía variable renovable**

30 Prioridad:

26.10.2009 US 606028

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

09.02.2021

73 Titular/es:

GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)

**1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**CARDINAL, MARK EDWARD;
GANDHI, JIGNESH GOVINDLAL y
KIRCHNER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 804 759 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

Control de la tasa de aumento de potencia para sistemas generación de energía variable renovable

- 5 Esta invención generalmente se refiere a la generación de energía renovable, y más particularmente, a métodos y sistemas para controlar la tasa de aumento de potencia en sistemas de generación de energía variable renovable.
- 10 Los parques solares y eólicos que suministran potencia a una red de servicios públicos generalmente se clasifican como sistemas de generación de energía variable renovable. Tales sistemas producen energía variable porque la recolección de la energía solar o eólica varía con la cobertura de nubes, la velocidad del viento, etc. Cada parque solar o eólico puede tener una pluralidad de dispositivos de recolección de energía que pueden requerir monitoreo y control de potencia para coordinar y proporcionar energía para la red eléctrica. Un parque solar, por ejemplo, puede incluir múltiples células fotovoltaicas e inversores asociados. Un parque eólico puede incluir múltiples generadores de turbinas eólicas y controladores y inversores asociados. Los servicios públicos a menudo utilizan plantas de energía fósil (carbón y gas combustible) para estabilizar y equilibrar la potencia eléctrica suministrada a la red, particularmente durante los períodos de luz solar intermitente (para parques solares) o durante las condiciones cambiantes del viento (para parques eólicos). Sin embargo, las plantas de energía fósil pueden tomar un tiempo relativamente largo para aumentar la producción de potencia en pleno funcionamiento. Algunas centrales eléctricas de carbón pueden tardar horas en aumentar de 0 a 100% de la potencia nominal total y pueden tardar aún más en disminuir. Sin embargo, la potencia de salida de las fuentes de energía renovables variables puede aumentar o disminuir en cuestión de segundos, dependiendo de las condiciones de sol y viento disponibles. Los cambios bruscos en la potencia de salida de una fuente pueden reducir la capacidad de regulación de frecuencia de una red de servicios públicos, y las unidades de generación de energía fósil pueden tener dificultades para reducir su potencia bruscamente cuando una planta variable aumenta bruscamente la potencia. Por lo tanto, existe la necesidad de controlar las tasas de aumento de potencia de los sistemas de generación de energía variable renovable para que sean más compatibles con otros tipos de unidades de generación de energía que pueden estar limitadas en su tasa de respuesta de aumento de potencia.
- 20 El documento EP1672779A2 describe un sistema y un método para controlar la tasa de aumento de potencia de un parque eólico. El sistema de control del parque eólico es operable para monitorear la tasa de cambio de potencia de salida colectiva de los generadores de turbinas eólicas, y para limitar la tasa de cambio de la potencia de salida colectiva generando una señal de limitación de la tasa de potencia de salida basada en la tasa de cambio de potencia de salida colectiva monitoreada de los generadores de turbinas eólicas y un aumento de potencia colectiva deseada de los generadores de turbinas eólicas. El documento EP1739824A2 describe un método para controlar la variabilidad en la potencia de salida de un parque eólico que suministra energía a una red que incluye el monitoreo del nivel de potencia de salida del parque eólico. El nivel de potencia de salida monitoreado se compara con un nivel de potencia de salida objetivo.
- 30 Existe una necesidad adicional de sistemas y métodos mejorados para controlar las tasas de aumento de potencia en sistemas de generación de energía variable renovable.
- 40 Ciertas realizaciones de la invención pueden abordar algunas o todas de las necesidades anteriores. Ciertas realizaciones de la invención pueden incluir sistemas y métodos para el control de la tasa de aumento de potencia en sistemas de generación de energía variable renovable.
- 45 La invención se define en las reivindicaciones independientes y las realizaciones preferidas se abordan en las reivindicaciones dependientes.
- 50 Diversas realizaciones y aspectos de la invención se describen en detalle en este documento y se consideran parte de la invención reivindicada. Se pueden entender otras realizaciones y aspectos con referencia a la siguiente descripción detallada, los dibujos acompañantes y las reivindicaciones adjuntas.
- Ahora se hará referencia a la gráfica y los dibujos acompañantes, que no están necesariamente dibujados a escala, y en los que:
- 55 La Figura 1 es un diagrama de bloques de un regulador de potencia activo o aparente ilustrativo, según una realización ejemplar de la invención.
 La Figura 2 es un diagrama de bloques de una función de modificación ilustrativa, según una realización ejemplar de la invención.
 La Figura 3 es un diagrama de bloques de otra función de modificación ilustrativa, según una realización ejemplar de la invención.
 La Figura 4 es un gráfico la potencia de salida de la planta con respecto al tiempo, según una realización ejemplar de la invención.
 La Figura 5 es un diagrama de flujo del método según una realización ejemplar de la invención.
- 60
65

Se describirán varias realizaciones de la invención de manera más completa a continuación con referencia a los dibujos acompañantes, en los que se muestran realizaciones de la invención. Sin embargo, esta invención puede realizarse de muchas formas diferentes y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones establecidas en el presente documento; más bien, estas realizaciones se proporcionan de modo que esta descripción sea exhaustiva y completa, y transmitirá completamente el alcance de la invención a los expertos en la técnica. Los números iguales se refieren a elementos similares en todas partes. El término "ejemplar", tal como se utiliza en este documento, se define como "ejemplo".

Ciertas realizaciones de la invención pueden permitir el control de las tasas de aumento de potencia de los sistemas de generación de energía variable renovable individual y colectiva. Según ciertas realizaciones ejemplares, la invención puede utilizarse para limitar la tasa de aumento promedio de un sistema de generación de energía variable. Según otras realizaciones ejemplares, la invención puede dar forma inteligentemente a una respuesta del limitador de la tasa de aumento que depende de la tasa de aumento medida de la planta. Según ciertas realizaciones ejemplares de la invención, el sistema regulador de potencia de energía variable puede ser operable para permitir un cambio de potencia rápido (todavía limitado por una tasa promedio) cuando la planta de generación de energía variable se ha sumergido repentinamente, pero para permitir una recuperación rápida a un valor anterior. Según otras realizaciones ejemplares de la invención, el sistema regulador de potencia de energía variable también puede ser operable para permitir una tasa de cambio de potencia uniforme, relativamente lenta y cuando la potencia de salida del parque ha estado en un nivel de potencia constante durante un período de tiempo considerable.

Según ciertas realizaciones de la invención, la tasa de aumento de la planta de energía variable puede controlarse en función del período durante el cual se producen cambios en la potencia de salida. Por ejemplo, una tasa de aumento de potencia promedio puede regir durante una ventana de tiempo de aproximadamente 1 minuto, pero otra tasa de aumento de potencia promedio puede regir durante períodos más largos, como 10-15 minutos. Estas tasas de aumento pueden aplicarse para varios rangos de funcionamiento, incluyendo arranque, funcionamiento normal y apagado. Según realizaciones ejemplares, el control de la potencia de salida de las fuentes de potencia variables individuales y colectivas puede basarse en múltiples períodos de tiempo, con límites de tasa de aumento configurables por separado para cada período de tiempo.

En una realización ejemplar, el control de la tasa de aumento de potencia puede lograrse mediante un valor nominal de potencia comunicado mediante el sistema regulador de potencia de energía variable a generadores de turbinas eólicas individuales, convertidores de paneles solares, u otras fuentes de energía variable renovable individuales.

Según las realizaciones ejemplares de la invención, una tasa de aumento promedio puede definirse como la tasa de cambio de potencia durante un período de tiempo fijo, o el promedio de las tasas instantáneas calculadas. Matemáticamente, la tasa de aumento promedio se puede definir de la siguiente manera:

$$Tasa\ de\ aumento\ promedio = \frac{\sum_{i=n-N+1}^n X_i - X_{i-1}}{T_s} \times \frac{1}{N} \quad (1)$$

dónde

- X_n = la potencia de muestra actual
- X_{n-1} = la potencia muestreada previamente
- t = período de tiempo promedio
- T_s = intervalo de muestreo del algoritmo
- $N = t / T_s$, que es el número de muestras necesarias para promediar durante un período de tiempo fijo

Ya que $(X_n - X_{n-1}) + (X_{n-1} - X_{n-2}) + \dots + (X_{n-N+1} - X_{n-N}) = X_n - X_{n-N}$, la tasa de aumento promedio calculada puede simplificarse para convertirse en

$$Tasa\ de\ aumento\ promedio = \frac{\sum_{i=n-N+1}^n X_i - X_{i-1}}{T_s} \times \frac{1}{N} = (X_n - X_{n-N}) \quad (2)$$

Según realizaciones ejemplares de la invención, se puede calcular un límite de potencia previsto de la planta y compararlo con el valor de potencia de salida agregado medido. Cuando el límite medido se acerca al límite previsto, la salida del algoritmo puede reducir rápidamente un comando de valor nominal de potencia a todas las unidades de la planta.

Según las realizaciones ejemplares de la invención, se pueden utilizar una o más funciones de modificación para discriminar entre un cambio repentino en la potencia que resulta de una pérdida de potencia y un aumento rápido de la potencia por una condición de estado estable. Según realizaciones ejemplares de la invención, la función de modificación puede continuar permitiendo que la planta se recupere rápidamente de una caída de potencia recuperable y rápida, pero lenta y más gradualmente permita que la planta incremente la potencia durante condiciones donde la potencia neta es monótonica o casi monótonicamente creciente. Por consiguiente, ciertas realizaciones de la invención pueden permitir un ajuste preciso de la potencia de salida para maximizar la captura de energía de la planta durante

incrementos sostenidos y rápidos en el viento o la luz solar, mientras que aún pueden mantener un nivel de potencia promedio durante condiciones transitorias.

5 A continuación, se describirán diversos sistemas y métodos para controlar la tasa de aumento de potencia de ciertas fuentes de energía variable, según las realizaciones de la invención, con referencia a las figuras acompañantes.

10 La figura 1 ilustra un sistema 100 regulador de potencia de energía variable con entrada suplementaria controlada por aumento. Según realizaciones ejemplares de la invención, el sistema 100 puede regular la potencia de salida de una o más fuentes 104 de energía variable, basándose al menos en parte en la potencia 102 medida total producida por las fuentes 104 de energía variable, y además en una pluralidad de valores nominales y otras entradas de control que pueden recibirse desde un controlador central o desde otros canales de comunicación.

15 Según una realización ejemplar de la invención, el sistema 100 puede determinar las señales 166 de control de potencia para cada uno de los N dispositivos para controlar cada una de la pluralidad de fuentes 104 de energía variable renovables. La potencia total producida por la pluralidad de fuentes 104 de energías renovables pueden medirse, y la potencia 102 medida total puede utilizarse en un sistema de retroalimentación para controlar la tasa de aumento de la potencia de salida total.

20 Según realizaciones ejemplares de la invención, se puede utilizar un algoritmo 106 de predicción de tasa de aumento para predecir la potencia de salida que las fuentes (parque) 104 de energía variable pueden producir sin exceder las tasas de aumento especificadas. Por ejemplo, un primer límite 108 de tasa de aumento sobre una primera duración 110 de tasa de aumento de tiempo se puede usar como entrada al algoritmo 106 de predicción de tasa de aumento. El algoritmo 106 de predicción de tasa de aumento puede comparar la potencia 102 promedio total medida de salida del parque 104 sobre la duración 110 del tiempo de la primera tasa de aumento, y puede producir un valor PPmax1 116 de salida representativo de la potencia adicional que podría producir el parque 104 sin exceder la potencia nominal del parque 104, y sin exceder el primer límite 108 de tasa de aumento sobre la primera duración 110 de la tasa de aumento del tiempo. De manera similar, el algoritmo 106 de predicción de tasa de aumento puede producir salidas adicionales. Por ejemplo, se puede producir PPmax2 118 y puede ser representativo de la potencia adicional que podría producir el parque 104 sin exceder la potencia nominal del parque y sin exceder un segundo límite 112 de tasa de aumento sobre una segunda duración 114 de tasa de aumento del tiempo.

35 Según las realizaciones ejemplares de la invención, las salidas 116, 118 del algoritmo 106 de predicción de tasa de aumento pueden procesarse adicionalmente mediante las respectivas funciones M1 120 y M2 122 de modificación para controlar adicionalmente las señales PPmax1 116 y PPmax2 118, dando como resultado respectivos valores APPmax1 124 y APPmax2 126 de potencia máxima predichos ajustados. Los detalles de las funciones M1 120 y M2 122 de modificación se discutirán a continuación con referencia a las figuras 2 y 3.

40 Con referencia continua a la figura 1, y según ciertas realizaciones ejemplares, APPmax1 124 y APPmax2 126 pueden compararse a través de una primera función 128 selectora mínima, y el mínimo de las entradas (APPmax1 124 y APPmax2 126) puede pasarse a la salida 130 de la primera función 128 selectora mínima. La salida 130 de la primera función 128 selectora mínima (es decir, el mínimo de los valores APPmax1 124 y APPmax2 126 de potencia máxima predichos ajustados) puede procesarse opcionalmente por otra función M3 132 de modificación (que también se analizará a continuación con referencia a las figuras 2 y 3), dando como resultado una señal PWR A 134 que representa un nivel de potencia colectiva disponible previsto modificado que puede utilizarse como entrada para una segunda función 136 selectora mínima.

50 Según una realización ejemplar, y con referencia continua a la figura 1, una segunda entrada, PWR B 149, que representa un valor nominal de regulación de potencia, puede introducirse en la segunda función 136 selectora mínima. La señal de regulación PWR B 149 puede basarse en un valor nominal 138 de potencia activa (vatios), o en un aparente valor nominal 140 de potencia (voltios-amperios), dependiendo del estado del modo seleccionar 142 que puede controlar el interruptor 146. Si el valor nominal 140 de potencia aparente se selecciona como el modo de regulación, un inversor 144 de potencia aparente (S) a activa (P) puede utilizarse para convertir el valor nominal 138 de potencia activa a vatios. Según ciertas realizaciones ejemplares, un limitador 148 de gradiente puede aceptar el valor nominal 147 de potencia elegido (valor nominal 138 de potencia activa o valor nominal 140 de potencia aparente convertida) y puede limitar la señal del valor nominal a la potencia nominal máxima del parque 104. El limitador 148 de gradiente puede también utilizarse para limitar la tasa de crecimiento del valor nominal 147 de potencia elegido, y puede condicionar aún más la señal del valor nominal 147 de potencia elegido para producir el valor nominal PWR B 149 de regulación de potencia para la entrada en la segunda función 136 selectora mínima.

60 Según las realizaciones ejemplares de la invención, la segunda función 136 selectora mínima es operable para seleccionar el valor mínimo entre las entradas. Por ejemplo, una entrada PWR A 134 puede basarse en límites de tasa de aumento, como se describió anteriormente. Otra entrada, PWR B 149, puede basarse en valores nominales de potencia, como se describió anteriormente. El mínimo de estas entradas puede seleccionarse como una referencia 150 de potencia que puede utilizarse para regular la potencia del parque 104. La señal de potencia 102 medida total del parque puede sustraerse de la referencia 150 de potencia para producir una señal de error para la entrada a un

controlador 154 PID. El controlador 154 PID puede producir un comando 156 de potencia del parque neta que puede estar limitado a la potencia nominal del parque. Según una realización ejemplar opcional, se puede utilizar una ruta de avance 152 para evitar el controlador 154 PID. Tal ruta 152 de avance puede proporcionar un mayor rendimiento de ancho de banda de la regulación de potencia.

5 Según una realización ejemplar de la invención, el comando 156 de potencia del parque neta puede procesarse adicionalmente para proporcionar señales 166 de control de potencia individuales para cada fuente de energía variable en el parque 104. Por ejemplo, el comando 156 de potencia del parque neta puede multiplicarse por la potencia nominal para el dispositivo N 158 y dividirse por la potencia nominal 160 en línea del parque para producir las señales 166 de control de potencia individuales. Opcionalmente, el valor resultante puede estar limitado por el limitador 164 opcional si se justifican más ajustes. Por ejemplo, una fuente solar puede tener un inversor asociado con una potencia nominal 162 de inversión máxima N que puede ser menor que la potencia nominal para el dispositivo N 158. Según realizaciones ejemplares de la invención, la resultante pluralidad de señales de control de potencia para el dispositivo N 166 puede utilizarse para controlar la pluralidad de las fuentes (parque) 104 de energía variables, completando así un bucle de control de retroalimentación basado en la potencia 102 medida total y la selección automática de control de la tasa de aumento o del valor nominal de potencia.

Funciones de modificación

20 Las figuras 2 y 3 representan funciones (M1 120, M2 122, M3 132) de modificación ejemplares que pueden utilizarse para acondicionar una o más de las señales (116, 118, 130) limitadas de la tasa de aumento como se representa en la figura 1, según realizaciones ejemplares de la invención. La figura 2 indica que las funciones (M1 120, M2 122, M3 132) de modificación pueden incluir un filtro 204 de paso bajo. Según realizaciones ejemplares, el filtro 204 de paso bajo puede ser ajustable para establecer la frecuencia de corte, la bajada y la pendiente de atenuación. Por lo tanto, la salida 206 generalizada de la función de modificación puede ser una versión de ancho de banda limitado de la entrada 202 generalizada. A este respecto, la función de modificación de la figura 2 puede utilizarse para eliminar fluctuaciones rápidas en la señal de entrada 202 generalizada.

30 La figura 3 indica otra realización ejemplar de las funciones de modificación (M1 120, M2 122, M3 132). En esta realización, la señal de entrada 202 puede estar limitada por un limitador 310 de tasa de crecimiento, y puede producir una salida 206 que puede estar limitada por una primera o una segunda tasa de crecimiento, dependiendo de la dirección del cambio en la señal. Por ejemplo, una reducción en la señal de entrada 202 general puede estar gobernada por el limitador 310 de tasa de crecimiento a una primera tasa establecida por el límite 308 inferior de tasa de crecimiento. Por el contrario, un aumento en la señal de entrada 202 general puede estar gobernado por una segunda tasa de crecimiento que a su vez puede basarse en señales de entrada adicionales, que incluyen una tasa 306 de aumento promedio, un límite 304 de tasa de aumento y un aumento 302 instantáneo de la tasa de aumento. Según realizaciones ejemplares, la función de modificación, como se representa en la figura 3, puede permitir cambios rápidos al reducir la potencia, pero puede limitar la tasa de cambio a un valor más lento al aumentar la potencia.

40 Según realizaciones ejemplares de la invención, y como se representa en la figura 4, un sistema regulador de potencia de energía variable tal como 100 en la figura 1 puede regular la salida de potencia del parque o la planta de manera diferente, dependiendo de la dirección de la regulación y de las diferentes ventanas de duración del tiempo de tasa de aumento. Por ejemplo, el gráfico 400 en la figura 4 representa un gráfico de potencia de salida de una planta ejemplar en función del tiempo. En una realización ejemplar, diversas condiciones ambientales u otras pueden hacer que la potencia de salida de la planta disminuya rápidamente 402, por ejemplo, por una pérdida repentina de potencia de una fuente de energía renovable. La disminución en la potencia de salida durante un período de tiempo relativamente corto puede corregirse rápidamente 404 si la energía se vuelve disponible (es decir, la velocidad del viento puede aumentar o la cobertura de la nube puede disiparse). Por otro lado, el sistema 100 regulador de potencia de energía variable puede limitar la potencia de salida de la planta a una tasa 406 de crecimiento más lenta cuando la potencia disponible está aumentando. A este respecto, el sistema 100 regulador de potencia de energía variable puede permitir diferentes tasas de crecimiento de regulación en la salida de la planta de potencia, dependiendo de la dirección del cambio de potencia, y de los cambios previos que pueden ocurrir antes de la disminución 402 o aumento 406 en potencia disponible. El sistema 100 regulador de potencia de energía variable puede regular la potencia de salida a un estado 408 estable cuando las fuentes 104 de energía variable están produciendo energía de manera estable.

55 Se describe ahora un método 500 ejemplar para controlar la salida colectiva de una pluralidad de fuentes de energía variable con referencia al diagrama de flujo de la figura 5. El método 500 comienza en el bloque 502. En el bloque 504 y según una realización ejemplar de la invención, se puede monitorizar la potencia 102 de salida medida colectiva o total de una pluralidad de fuentes de energía variables tales como 104. En el bloque 506, los niveles de potencia colectiva disponibles de las fuentes 104 de energía variables pueden predecirse en base al menos en parte a los límites 108, 112 de tasa de aumento. En el bloque 508, los niveles de potencia colectiva disponibles previstos pueden modificarse en base al menos en parte a la limitación la tasa de cambio de los niveles de potencia colectiva disponibles previstos. En el bloque 510, se puede determinar un valor nominal de regulación de potencia. En el bloque 512, se puede generar una señal de comando 156 de potencia de parque neta basándose al menos en parte en el valor nominal de regulación de potencia o en los niveles de potencia colectiva disponibles previstos modificados. El método

500 continúa en el bloque 514 donde se puede generar una pluralidad de señales de control de potencia en base al menos en parte a la señal del comando 156 de potencia de red neto. En el bloque 516, la salida de potencia colectiva de la pluralidad de fuentes 104 de energía variable puede controlarse con la pluralidad de señales 166 de control de potencia. El método 500 termina con el bloque 518.

5 Por consiguiente, ciertas realizaciones ejemplares de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos de crear ciertos sistemas y métodos que controlan la potencia de salida individual y colectiva de una pluralidad de fuentes de energía variables. Ciertas realizaciones ejemplares de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos adicionales de proporcionar sistemas y métodos para controlar las tasas de aumento de potencia de las fuentes 104 de energía variables.

En ciertas realizaciones de la invención, un sistema regulador de potencia de energía variable tal como 100 puede incluir cualquier número de aplicaciones de software que se ejecutan para facilitar cualquiera de las operaciones.

15 En ciertas realizaciones, una o más interfaces de entrada/salida (E/S) pueden facilitar la comunicación entre el sistema 100 regulador de potencia de energía variable, los controladores externos y uno o más dispositivos de E/S. Por ejemplo, un puerto de bus serie universal (USB), un puerto de serie, una unidad de disco, una unidad de CD-ROM y/o uno o más dispositivos de interfaz de usuario, como una pantalla, teclado, teclado numérico, ratón, panel de control, pantalla táctil, micrófono, etc., pueden facilitar la interacción del usuario con el sistema 100 regulador de potencia de energía variable. Una o más interfaces de E/S pueden utilizarse para recibir o recopilar datos y/o instrucciones del usuario desde una amplia variedad de dispositivos de entrada. Los datos recibidos pueden ser procesados por uno o más procesadores de ordenador, como se desee en diversas realizaciones de la invención, y/o almacenados en uno o más dispositivos de memoria.

25 Una o más interfaces de red pueden facilitar la conexión de las entradas y salidas del sistema 100 regulador de energía de energía variable a una o más redes y/o conexiones adecuadas; por ejemplo, las conexiones que facilitan las comunicaciones con cualquier número de sensores asociados con el sistema. La una o más interfaces de red pueden facilitar aún más la conexión a una o más redes adecuadas; por ejemplo, una red de área local, una red de área amplia, Internet, una red celular, una red de radiofrecuencia, una red habilitada para Bluetooth™, una red habilitada para Wi-Fi™, una red satelital, cualquier red cableada, cualquier red inalámbrica, etc., para la comunicación con dispositivos y/o sistemas externos.

Como se desee, las realizaciones de la invención pueden incluir el sistema 100 regulador de potencia de energía variable con más o menos de los componentes ilustrados en las figuras 1, 2 y 3.

35 La invención se describe anteriormente con referencia a diagramas de bloque y flujo de sistemas, métodos, aparatos y/o productos de programas informáticos según realizaciones de ejemplo de la invención. Se entenderá que uno o más bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo, y las combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y diagramas de flujo, respectivamente, pueden implementarse mediante instrucciones de programa ejecutables por ordenador. Del mismo modo, algunos bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo pueden no necesariamente realizarse en el orden presentado o pueden no necesariamente realizarse, según algunas realizaciones de la invención.

45 Estas instrucciones de programa ejecutables por ordenador pueden cargarse en un ordenador de propósito general, un ordenador de propósito especial, un procesador u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina particular, de modo que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador, el procesador u otro aparato de procesamiento de datos programable crea medios para implementar una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Estas instrucciones de programa de ordenador también pueden almacenarse en una memoria legible por ordenador que puede hacer que un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable funcione de una manera particular, de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador produzcan un artículo de fabricación que incluya instrucciones significa que implementa una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Como ejemplo, las realizaciones de la invención pueden proporcionar un producto de programa informático, que comprende un medio utilizable por ordenador que tiene un código de programa legible por ordenador o instrucciones de programa incorporadas en el mismo, dicho código de programa legible por ordenador adaptado para ejecutarse para implementar uno o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Las instrucciones del programa de ordenador también pueden cargarse en un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para hacer que se realicen una serie de elementos operativos o pasos en el ordenador u otro aparato programable para producir un proceso implementado por ordenador de tal manera que las instrucciones que se ejecutan en el ordenador u otro aparato programable proporcionan elementos o pasos para implementar las funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo.

65 Por consiguiente, los bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo soportan combinaciones de medios para realizar las funciones especificadas, combinaciones de elementos o pasos para realizar las funciones especificadas y medios de instrucción de programa para realizar las funciones especificadas. También se entenderá

que cada bloque de los diagramas de bloque y diagramas de flujo, y las combinaciones de bloques en los diagramas de bloque y diagramas de flujo, pueden implementarse mediante sistemas informáticos de propósito especial, basados en hardware que realizan las funciones, elementos o pasos especificados o combinaciones de hardware especial e instrucciones de ordenador.

5

REIVINDICACIONES

1. Un método para regular la potencia de salida colectiva de una pluralidad de fuentes (104) de energía variable, el método que comprende:
- 5 seguimiento (102) de la potencia de salida colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable; previsión de los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable basadas al menos en parte en los límites (108, 112) de tasa de aumento;
- 10 modificar los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos basándose al menos en parte en la limitación (204, 310) de la tasa de cambio de los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos dependiendo de una dirección del cambio de potencia, en donde la modificación incluye permitir una tasa de cambio relativamente alta al disminuir la potencia, y una tasa de cambio relativamente baja al aumentar la potencia;
- 15 determinar un valor nominal (149) de regulación de potencia; generar una señal (156) de comando de potencia neta basada al menos en parte en el valor nominal (149) de regulación de potencia o los niveles (134) de potencia colectiva disponibles previstos modificados; generar una pluralidad de señales (166) de control de potencia basadas al menos en parte en la señal (156) de comando de potencia neta; y
- 20 controlar la salida de potencia colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable con la pluralidad de señales (166) de control de potencia.
2. El método de la reivindicación 1, en el que predecir los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles se basa al menos en parte en una primera tasa (108) de aumento de potencia colectiva deseada durante una primera duración (110) de tiempo y una segunda tasa (112) de aumento de potencia colectiva deseada durante una segunda duración (114) de tiempo.
- 25 3. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos son operables para controlar la potencia de salida colectiva de las fuentes (104) de energía variables en donde la tasa colectiva de cambio de potencia de salida de las fuentes (104) de energía variable no excede la primera tasa (108) de aumento de potencia colectiva deseada durante la primera duración (110) y no excede la segunda tasa (112) de aumento de potencia colectiva deseada durante la segunda duración (112).
- 30 4. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que la modificación de los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos se basa al menos en parte en una tasa (108, 112) de aumento de potencia colectiva deseada.
- 35 5. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que controlar la potencia de salida colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable comprende además comunicar una señal (150) de referencia de potencia a la pluralidad de fuentes (104) de energía variable en la que la señal (150) de referencia de potencia se determina como un mínimo de los niveles (134) de potencia colectiva disponibles previstos modificados y el valor nominal (149) del regulador de potencia.
- 40 6. El método de la reivindicación 5, en el que generar un valor nominal (149) de regulación de potencia comprende proporcionar un valor nominal (138) de potencia activa o un valor nominal (140) de potencia aparente.
- 45 7. El método de cualquier reivindicación precedente, en el que el control de la potencia de salida colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable se basan además en las potencias nominales de (158) de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable.
- 50 8. Un sistema (100) regulador de potencia de energía variable, que comprende: un controlador operable para:
- 55 seguimiento (102) de la potencia de salida colectiva de una pluralidad de fuentes (104) de energía variables; previsión de los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable basadas en al menos en parte en los límites (108, 112) de tasa de aumento;
- 60 modificar los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos basándose al menos en parte en la limitación (204, 310) la tasa de cambio de los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos dependiendo de la dirección del cambio de potencia, en donde la modificación incluye permitir una tasa de cambio relativamente alta al disminuir la potencia, y una tasa de cambio relativamente baja al aumentar la potencia;
- determinar un valor nominal (149) de regulación de potencia;
- generar una señal (156) de comando de potencia neta basada al menos en parte en el valor nominal (149) de regulación de potencia o en los niveles (134) de potencia colectiva disponibles previstos modificados;
- 65 generar una pluralidad de señales (166) de control de potencia basadas al menos en parte en la señal (156) de comando de potencia neta; y

controla la salida de potencia colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable con la pluralidad de señales (166) de control de potencia.

- 5 9. El sistema de la reivindicación 8, en el que el controlador es operable además para generar niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos basados en al menos en parte en una primera tasa (108) de aumento de potencia colectiva deseada durante una primera duración (110) de tiempo y una segunda tasa (112) de aumento de potencia colectiva deseada durante una segunda duración (114) de tiempo.
- 10 10. El sistema de la reivindicación 9, en el que los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos son operables para controlar la salida de potencia colectiva de las fuentes (104) de energía variables en donde la tasa colectiva de cambio de salida de potencia de las fuentes (104) de energía variable no supera la primera tasa (108) de aumento de potencia colectiva deseada durante la primera duración (110) de tiempo y no excede la segunda tasa (112) de aumento de potencia colectiva deseada durante la segunda duración (112) de tiempo.
- 15 11. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, en el que el controlador puede funcionar adicionalmente para modificar los niveles (116, 118) de potencia colectiva disponibles previstos basados al menos en parte en una tasa (108, 112) de aumento de potencia colectiva deseada.
- 20 12. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11, en el que el controlador puede funcionar además para:
controlar la salida de potencia colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable comunicando una señal (150) de referencia de potencia a la pluralidad de fuentes (104) de energía variable en donde la señal (150) de referencia de potencia se determina como el mínimo de la predicción modificada niveles (134) de potencia colectiva disponibles y el valor nominal (149) del regulador de potencia.
- 25 13. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 8 a 12, en el que el valor nominal (149) de regulación de potencia comprende un valor nominal (138) de potencia activo o un valor nominal (140) de potencia aparente.
- 30 14. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 13, en el que el controlador es operable además para controlar la potencia de salida colectiva de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable en base a las potencias nominales de (158) de la pluralidad de fuentes (104) de energía variable.
- 35 15. Un parque solar, que comprende:
una pluralidad de fuentes de energía variable e inversores (104) operables para suministrar colectivamente energía eléctrica a un sistema de servicios públicos; y un sistema (100) regulador de potencia de energía variable según cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14.

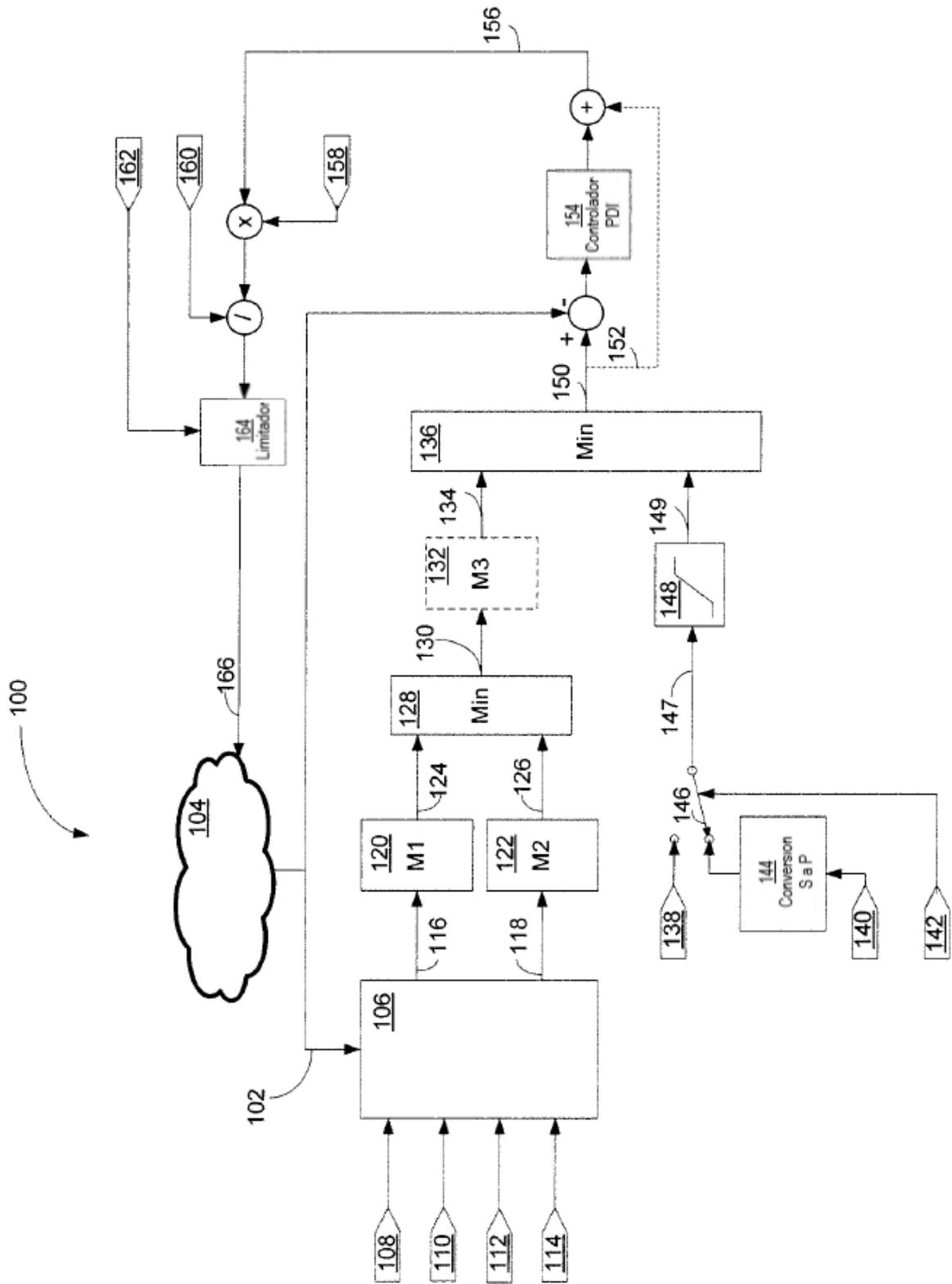


FIG. 1

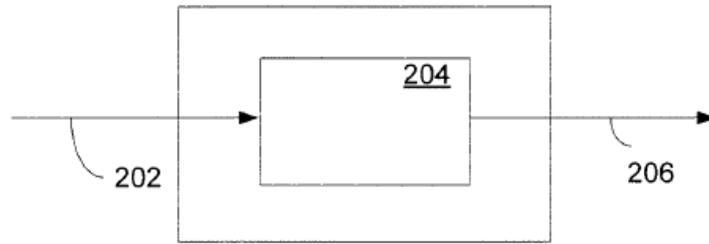


FIG. 2

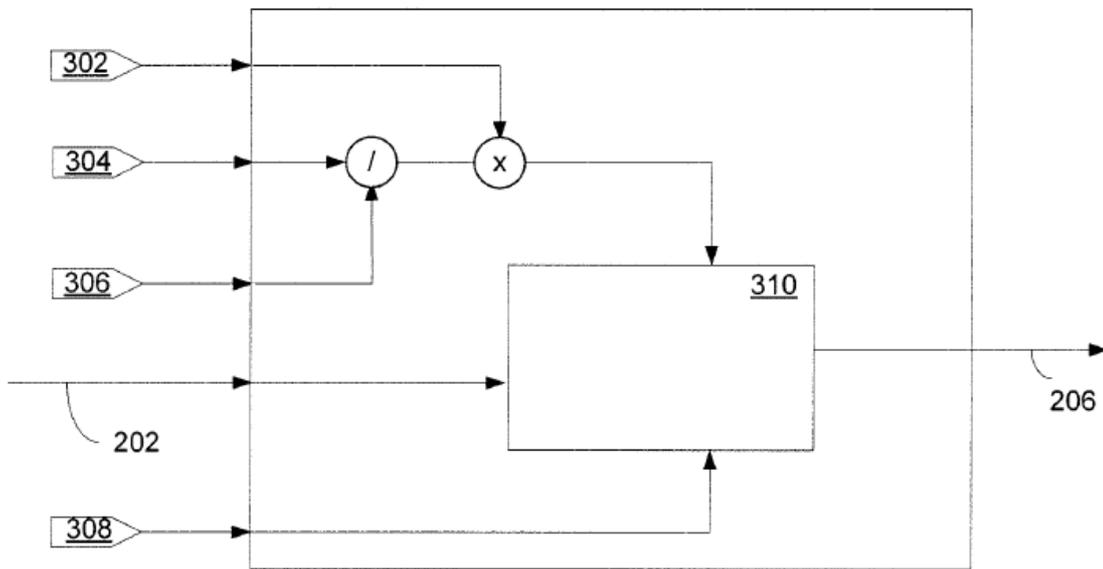


FIG. 3

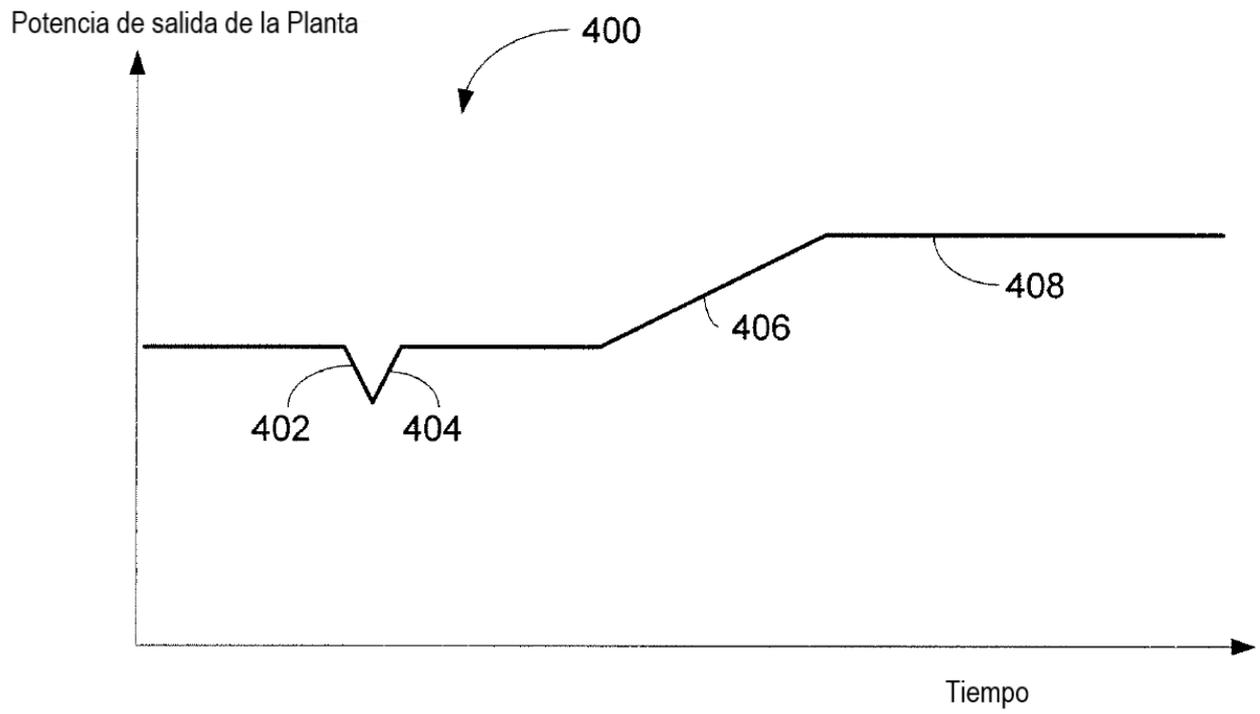


FIG. 4

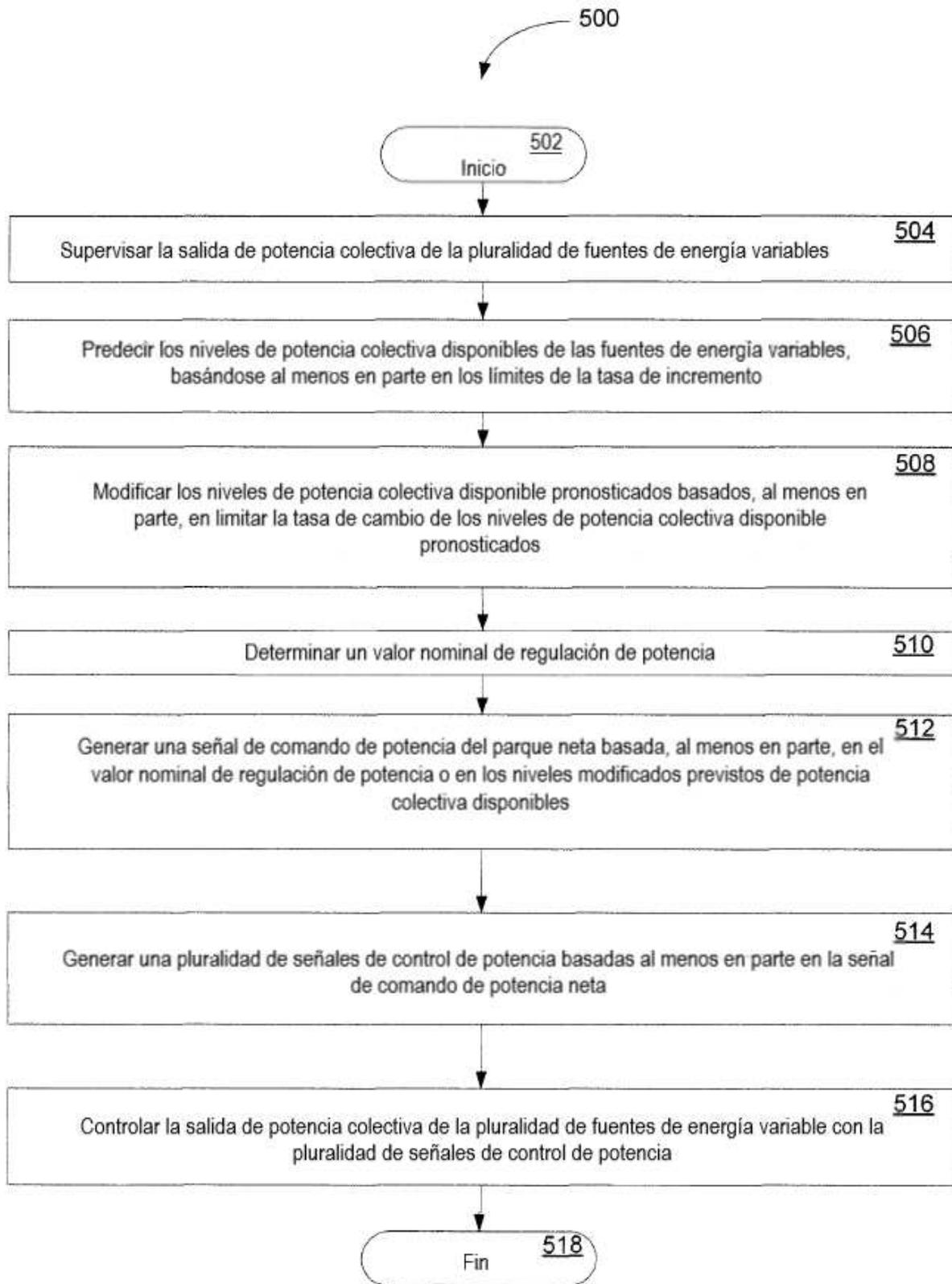


FIG. 5