

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 593 079**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.10.2010** E 10187679 (5)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016** EP 2315331

54 Título: **Sistema de control integrado en tiempo real de granjas de generación de energía y solares**

30 Prioridad:

26.10.2009 US 606134

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

05.12.2016

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**CARDINAL, MARK E.;
SHAH, MINESH A.;
KIRCHNER, ANDREAS;
CRIBBS, TIMOTHY B.;
GALBRAITH, ANTHONY y
UBBEN, ENNO**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 593 079 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

Sistema de control integrado en tiempo real de granjas de generación de energía y solares

La invención se refiere en general a fuentes de energía renovables y, más particularmente, a sistemas y procedimientos para el control de la potencia en fuentes de energía solar renovables.

5 Las granjas solares se clasifican en general como sistemas de generación de energía renovable variable debido a que la energía se recoge de la luz solar: una fuente de energía abundante y que tiene lugar naturalmente. Sin embargo, la cantidad de energía producida por la granja solar puede variar en función de la cobertura de nubes y posición del sol en el cielo. Cada granja solar puede tener una pluralidad de paneles de recogida de energía con
10 células fotovoltaicas asociadas e inversores que pueden requerir la supervisión y control de la potencia para la coordinación y suministro de la potencia a la red eléctrica. Por ejemplo, una compañía eléctrica puede supervisar la demanda de potencia de la red y puede necesitar comunicar con la granja solar para determinar si la granja solar tiene la capacidad para satisfacer algunas o todas las demandas de potencia.

Es común conectar muchos pequeños inversores solares a la red eléctrica, haciendo parecer a la colección de inversores como una planta de generación. Cuando el número de inversores en la planta se incrementa, es
15 importante que la colección de inversores parezca a la red como si fuera lo mismo que otras plantas de generación. Debido a que una granja solar puede incluir muchos paneles solares e inversores, existe la necesidad de un control centralizado para gestionar colectivamente los inversores junto con todos los datos de la planta de soporte como un sistema cohesivo. Cuando se conectan muchas granjas solares, la comunicación, coordinación y control entre la pluralidad de granjas se convierte en más y más crítico. Sin embargo, la coordinación también se hace más difícil
20 cuando múltiples granjas solares (con sus múltiples controladores asociados) se conectan juntas en sistemas ad-hoc. Por lo tanto, existe una necesidad de sistemas y procedimientos para el control de la potencia en las fuentes de energía solar renovables.

El documento EP 1841036 describe un procedimiento para el control de la operación de un sistema de generación de energía eléctrica, teniendo el sistema de generación de energía eléctrica una pluralidad de generadores
25 eléctricos conectados eléctricamente a una red eléctrica en un punto de interconexión. El procedimiento comprende la obtención de un primer valor de parámetro de salida asociado con el sistema de generación de energía eléctrica, la determinación de un valor de error indicativo de la diferencia entre el primer valor del parámetro de salida y un valor del parámetro de salida deseado, la determinación de un primer valor de ganancia basándose en al menos uno del primer valor del parámetro de salida y un parámetro operacional variable en el tiempo del sistema de generación
30 de energía eléctrica, la determinación de un primer valor de potencia basándose en el valor de error y el primer valor de ganancia y la determinación de un segundo valor de ganancia basándose en al menos uno de entre el primer valor del parámetro de salida, el parámetro operativo variable en el tiempo y un valor de referencia. El procedimiento comprende adicionalmente la determinación de un segundo valor de potencia basándose en el valor de error y el segundo valor de ganancia y la generación de una señal de control de potencia deseada para el sistema de
35 generación de energía eléctrica basándose en el primer y segundo valores de potencia.

El documento US 2008/147335 describe el sistema de supervisión y procedimiento para la supervisión del rendimiento de fuentes de energía individuales en un sistema distribuido de fuentes de energía. Se conecta un
40 módulo de supervisión a cada una de las fuentes de energía, o a cada cadena de fuentes de energía conectadas en serie, para supervisar y recopilar datos en relación a la corriente, tensión, temperatura y otros factores medioambientales en la fuente de energía. Los datos recopilados se transmiten a través de una línea de potencia a una estación de análisis central para su análisis.

Algunas o todas las necesidades anteriores pueden contemplarse mediante ciertas realizaciones de la invención. Ciertas realizaciones de la invención pueden incluir sistemas y procedimientos para el control de la potencia en
45 fuentes de energía solar renovable, por ejemplo, un control integrado en tiempo real de una granja de generación y solar.

La presente invención reside en un procedimiento para el control de una granja de energía solar renovable y un sistema para proporcionar la energía solar renovable tal como se define por las reivindicaciones independientes 1 y 5.

Se hará referencia ahora a los diagramas adjuntos, que no están dibujados necesariamente a escala, y en los que:

50 la FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de control ilustrativo de una granja de energía, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

La FIG. 2 es un diagrama de bloques de un ejemplo ilustrativo de regulador de tensión integrado de la granja de energía, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

55 La FIG. 3 es un diagrama de bloques de un ejemplo ilustrativo de regulador de potencia activa o aparente, de acuerdo con una realización ejemplar no cubierta por el alcance de la invención.

La FIG. 4 es un diagrama de flujo de un procedimiento de ejemplo para el control de la potencia, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención.

La FIG. 5 es un gráfico de ejemplo que indica una curva de control de frecuencia, de acuerdo con una realización ejemplar no cubierta por el alcance de la invención.

5 Se describirán más completamente en el presente documento a continuación realizaciones de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las realizaciones de la invención. La presente invención puede, sin embargo, realizarse en muchas formas diferentes y solo está limitada por las reivindicaciones adjuntas. Estas realizaciones se proporcionan de modo que la presente divulgación sea global y completa. El término "ejemplar" tal como se usa a todo lo largo del presente documento se define para indicar "de ejemplo".

10 Ciertas realizaciones de la invención pueden permitir el control de la potencia en granjas de energía solar renovable. De acuerdo con ciertas realizaciones ejemplares de la invención, puede utilizarse un controlador integrado en tiempo real para facilitar una interoperabilidad y control incrementados dentro de la granja solar renovable. Pueden utilizarse otras realizaciones para facilitar una interoperabilidad y control incrementados entre múltiples granjas.

15 Se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas varios controladores, procesadores, módulos, interfaces, enlaces de comunicación y sensores para el control de la potencia en granjas solares renovables, de acuerdo con realizaciones de la invención.

20 La FIG. 1 ilustra un diagrama de bloques ejemplar de un sistema 100 de control de una granja de energía. El sistema 100 puede incluir un controlador 102 integrado en tiempo real. El sistema 100 puede incluir también otros elementos 103 asociados en comunicación con el controlador 102 integrado en tiempo real, que incluye una pluralidad de canales 128, 140 de comunicación, fuentes de energía 130 renovable, sensores, supervisores 138, 142 de potencia, sensores 146 del tiempo atmosférico, subestaciones 150 y estaciones 148 de supervisión y control remoto. El controlador 102 integrado en tiempo real puede comunicar con, controlar, ser controlado por y/o coordinar las diversas funciones asociadas con los otros elementos 103 asociados con el sistema 100.

25 De acuerdo con una realización ejemplar, el controlador 102 integrado en tiempo real puede incluir uno o más procesadores 108. El controlador 102 integrado en tiempo real puede incluir una memoria 104, interfaces 110 de entrada/salida (E/S), e interfaces 112 de red, cada uno en comunicación con uno o más procesadores. De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, la memoria 104 puede comprender un sistema operativo 114 (OS) y una región para datos 116. Un número de módulos puede residir en la memoria 104 para el control de las diversas funciones asociadas con el controlador 102 integrado en tiempo real. De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, la memoria puede incluir un módulo 118 de control de la granja que puede ser operable para proporcionar uno o más de lo siguiente: regulación de tensión, regulación de potencia reactiva, regulación de potencia real, control de la rampa de elevación, control de arranque, control de parada, compensación de caída de tensión, compensación de caída de frecuencia, compensación de caída de línea y medición.

35 De acuerdo con realizaciones de ejemplo de la invención, la memoria 104 del controlador 102 integrado en tiempo real puede soportar también otros módulos para la coordinación con otros elementos 103, incluyendo diagnóstico 120, secuenciamiento/restauración 122, operaciones 124 de enchufar y usar, y autodescubrimiento 126. El módulo 126 de autodescubrimiento puede trabajar en conjunto con el módulo 124 de enchufar y usar para la interfaz con otros elementos 103.

40 De acuerdo con una realización de ejemplo de la invención, las interfaces 110 de E/S son operables para proporcionar comunicaciones analógicas o digitales. Los canales de comunicación analógica pueden incluir funciones de escalado, limitación, inversión de polaridad y/o filtrado para el acondicionamiento de las señales de entrada y salida analógicas a través de la interfaz 110 de E/S. Los canales de comunicación digital pueden incluir provisiones escalables de profundidad de bits, velocidades de comunicación y/o tasas de muestra para facilitar las comunicaciones y protocolos flexibles.

45 De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, el controlador 102 integrado en tiempo real puede estar en comunicación con una o más estaciones 148 de supervisión y control remotos a través de la interfaz 110 de E/S, interfaces 112 de red, o a través de comunicación inalámbrica, línea portadora, Internet, intranet o cualquier otro medio adecuado de comunicación. De acuerdo con realizaciones ejemplares, la estación 148 de supervisión y control remotos puede ser operable, entre otras funciones, para proporcionar puntos de consigna para el uso por el módulo 118 de control de la granja, para control de arranque/parada, para comunicación con cualquiera de los otros elementos 103 en comunicación con el controlador 102 integrado en tiempo real y para recibir información de supervisión.

55 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, los sensores 146 de las condiciones atmosféricas pueden proporcionar información al controlador 102 integrado en tiempo real. Los sensores 146 de las condiciones atmosféricas pueden ser locales a, o remotos respecto a, las fuentes 130 de energía renovable y pueden proporcionar información que incluye temperatura, humedad, presión barométrica, velocidad del viento, cobertura de nubes esperada, etc. al controlador 102 integrado en tiempo real.

De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, las fuentes 130 de energía renovable pueden estar en comunicación con el controlador 102 integrado en tiempo real. Las fuentes 130 de energía renovable pueden incluir dispositivos de recogida de la energía solar, incluyendo células fotovoltaicas, inversores tales como 134, y/o concentradores solares. Las fuentes 130 de energía renovable pueden incluir también dispositivos de almacenamiento de energía tales como 132, que incluyen baterías, condensadores y/o dispositivos de almacenamiento térmico.

De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, la salida 136 de la fuente de energía individual desde las fuentes 130 de energía renovable puede supervisarse mediante el supervisor 138 de potencia, y las señales de supervisión individuales pueden comunicarse al controlador 102 integrado en tiempo real para realimentación y control. El controlador 102 integrado en tiempo real puede proporcionar señales de control a las fuentes 130 de energía renovable a través de comunicaciones 128 de una o dos vías, y pueden ajustar los diversos parámetros de las fuentes 130 de energía renovable de acuerdo con las señales 140 de supervisión para realimentación de la fuente individual y en respuesta a los requisitos de la red 158.

De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, la salida 156 agregada de energía de la granja puede supervisarse también mediante un supervisor 142 de potencia para proporcionar señales 144 de supervisión/medición agregadas que pueden usarse también como realimentación para el controlador 102 para el control de la salida de potencia individual y/o colectiva desde las fuentes 130 de energía renovable.

De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el controlador 102 integrado en tiempo real puede estar en comunicación con una o más subestaciones 150. Las subestaciones pueden incluir uno o más bancos 152 de VAR y/o uno o más transformadores 154 con cambio de tomas en carga. Las señales 144 de supervisión/medición agregadas pueden comunicarse a la subestación 150 y, de acuerdo con una realización ejemplar, la subestación 150 puede supervisar su propia salida a través de la señal 145 de supervisión de salida de la subestación. Las señales 144, 145 de supervisión, procesadas o sin procesar, pueden comunicarse al controlador 102 integrado en tiempo real y las señales de control pueden, a su vez, comunicarse de vuelta a la subestación 150 para el control de los bancos 152 de VAR y/o los cambiadores de tomas 154.

La FIG. 2 representa un ejemplo de regulador 200 integrado de tensión de la granja de energía con control del banco de VAR e histéresis, de acuerdo con una realización ejemplar de la invención. El regulador 200 puede determinar y proporcionar una señal de control 238 de punto de consigna de potencia para cada inversor, basándose en puntos de consigna (202, 212) de entrada, mediciones de la granja, red, o inversor (204, 220, 236), y capacidades (224, 226, 234) del inversor. Los puntos de consigna de entrada pueden proporcionarse al módulo 118 de control de la granja (FIG. 1) a través de las interfaces 110 de E/S o las interfaces 112 de red. De acuerdo con realizaciones ejemplares, los puntos de consigna de entrada pueden proporcionarse por las estaciones 148 de supervisión y control remotos. De acuerdo con realizaciones ejemplares, las mediciones de la granja, red o inversor pueden proporcionarse por la supervisión 138 de la fuente individual, supervisión 142 agregada, y/o supervisión 145 de salida de la subestación. De acuerdo con realizaciones ejemplares, el regulador 200 integrado de tensión de la granja de energía puede ser operable también para determinar y proporcionar señales de control al banco de VAR para la subestación 150, basándose al menos en una señal 228 de control de la VAR neta determinada.

De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, y con referencia continuada a la FIG. 2, el regulador 200 integrado de tensión de la granja de energía de ejemplo puede recibir un punto de consigna 202 de factor de potencia (o VAR) como una entrada. El factor de potencia 204 (o VAR) de la red puede restarse del punto de consigna 202 del factor de potencia (o VAR) y la señal resultante puede introducirse a un primer regulador 208 PI. El regulador 208 PI puede incluir un limitador 206 de potencia aparente, y puede tener una entrada de referencia de potencia reactiva (Q) opcional con control de prioridad de la potencia activa (P). En una realización ejemplar, el primer regulador 208 PI puede incluir un limitador 210 de tensión. De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el regulador 200 integrado de tensión de la granja de energía puede configurarse para regular basándose en las entradas de o bien el punto de consigna 202 del factor de potencia (o VAR) o bien el punto de consigna 212 de tensión. El conmutador 214 puede utilizarse para seleccionar el modo de regulación.

De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la señal del punto de consigna de regulación seleccionada (es decir, o bien el punto de consigna 212 de tensión o bien la señal derivada del punto de consigna 202 del factor de potencia (o VAR) regulada con PI) puede procesarse adicionalmente por un limitador 216 de tensión y/o un limitador 218 de velocidad de respuesta. De acuerdo con una realización ejemplar, una tensión 220 de la red medida puede restarse de la salida del limitador 218 de velocidad de respuesta, y el resultado puede introducirse a un segundo regulador 222 PI. El segundo regulador 222 PI puede incluir un limitador 226 de Q mínima que puede limitar la señal 228 de control de VAR neta a un valor mínimo aproximadamente igual a la suma de la capacidad de VAR negativa de los inversores 134. El segundo regulador 222 PI puede incluir también un limitador 224 de Q máxima que puede limitar la señal 228 de control de la VAR neta a un valor máximo aproximadamente igual a la suma de la capacidad de VAR positiva de los inversores 134.

De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, el segundo regulador 222 PI puede producir una señal de control 228 de VAR neta, y este control puede utilizarse por la lógica 230 de conmutación del banco de VAR para controlar la subestación 150 a través de las señales de control 151 de la subestación para conmutar los bancos 152

de VAR a conexión o desconexión, dependiendo de una comparación de la señal de control 228 de VAR neta y las VAR medidas, que de acuerdo con una realización ejemplar, puede comunicarse al regulador 200 a través de la señal de supervisión 145 de salida de la subestación. Una realización ejemplar de la lógica 230 de conmutación del banco de VAR se representa en la FIG. 2.

5 De acuerdo con una realización ejemplar de la invención, la señal de control 228 de VAR puede convertirse a puntos de consigna 238 de potencia para los inversores 134 individuales (N) mediante la multiplicación de la señal de control 228 de VAR por la potencia nominal reactiva 234 del inversor (N) y dividiendo por la potencia reactiva 236 de la granja. Los puntos de consigna 238 de potencia individuales pueden comunicarse a continuación a los inversores 134 individuales asociados con cada fuente 130 de energía renovable.

10 La FIG. 3 representa otro sistema de regulador 300 de potencia de ejemplo que puede utilizarse para regular la salida de potencia de las fuentes 130 de energía renovable individual o colectiva en una realización no cubierta por el alcance de la invención. Sin embargo, en esta realización, la regulación de potencia puede basarse en una entrada de punto de consigna 306 de potencia aparente o en un punto de consigna 302 de potencia activa, a diferencia del ejemplo del sistema de regulador 200 de tensión de la granja de energía tal como se muestra en la FIG. 2, que puede realizar la regulación basándose en un punto de consigna 202 del factor de potencia (o VAR) o en un punto de consigna 212 de tensión.

De acuerdo con una realización ejemplar que no es parte de la invención, el regulador 300 de potencia activa (o aparente) de ejemplo puede utilizar una entrada de selector 310 del modo de potencia activa/aparente, a través de un conmutador 308 de selección de modo, entre o bien el punto de consigna 302 de potencia activa o bien un punto de consigna 306 de potencia aparente. La entrada del punto de consigna 306 de potencia aparente puede convertirse en un valor de potencia activa a través de un convertidor 304 de S a P antes de alcanzar el conmutador 308 de selección de modo. De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, el punto de consigna de entrada seleccionado puede limitarse mediante un limitador 312 de potencia de régimen para limitar la potencia máxima a la potencia de régimen de la granja. La salida del limitador 312 de potencia de régimen puede procesarse adicionalmente mediante un limitador 314 de rampa, que puede limitar la velocidad de cambio o velocidad de rampa de la señal 315 de control.

En una realización ejemplar que no es parte de la invención, la potencia real (activa) de la granja puede medirse y el valor de la potencia real 316 puede restarse de la señal 315 de control para producir una señal de error que puede introducirse dentro de un controlador 320 PID. El controlador 320 PID puede limitar la salida, o la señal de control 324 de potencia neta de la granja, dentro de los límites de potencia de régimen de la granja. En una realización ejemplar que no es parte de la invención, el controlador 320 PID puede incluir uno o más de entre: un integrador, un controlador en congelación de la velocidad de rampa, un control de caída de frecuencia, un controlador de caída de tensión y otros reguladores. En una realización opcional que no es parte de la invención, una señal 315 de control de anticipación puede anular el controlador 320 PID a través del cierre del conmutador 318 de anticipación y apertura del conmutador 322 de habilitación/inhabilitación del controlador PID para producir la señal de control 324 de potencia neta de la granja. La acción de anticipación puede utilizarse en algunas realizaciones para incrementar la capacidad de respuesta o ancho de banda del sistema del regulador 300 de potencia. De acuerdo con realizaciones ejemplares que no son parte de la invención, y usando un enfoque similar al descrito anteriormente con referencia al regulador 200 integrado de la de la granja de energía de ejemplo, la señal de control 324 de potencia neta de la granja puede convertirse a señales de control o puntos de consigna 334 de potencia individuales para los inversores 134 individuales mediante la multiplicación de la señal de control 324 de potencia neta de la granja por la potencia de régimen 326 del inversor del inversor 134 individual, y mediante la división del resultado por la potencia de régimen 328 en línea de la granja. De acuerdo con una realización ejemplar que no es parte del alcance de la invención, el punto de consigna de potencia resultante para la fuente N 334 de potencia puede limitarse a la potencia 330 de inversor máxima por el limitador 332 previamente a ser comunicada al inversor 134 individual.

Se describe ahora un procedimiento 400 de ejemplo para el control de una granja solar de energía renovable, que incluye una o más fuentes de energía renovable, con referencia al diagrama de flujo de la FIG. 4. El procedimiento 400 se inicia en el bloque 402. En el bloque 404 y de acuerdo con una realización de ejemplo de la invención, se mide la salida de energía agregada de la granja solar de energía renovable. En el bloque 406, y de acuerdo con una realización de ejemplo, se mide la salida de la energía de la fuente individual de una o más de las fuentes de energía renovable. En el bloque 408, y de acuerdo con una realización de ejemplo se controla la producción de energía de las una o más fuentes de energía renovable en base al menos en la salida de energía agregada medida y la fuente individual medida a través de un controlador basándose al menos en parte en la salida de energía agregada medida y la salida de energía de la fuente individual medida, en la que el controlador facilita las comunicaciones con las una o más fuentes de energía renovable.

El procedimiento 400 acaba en el bloque 410.

De acuerdo con realizaciones ejemplares que no son parte del alcance de la invención, el sistema 100 de control de la granja de energía puede realizar un número de funciones de compensación a través del módulo 118 de control de la granja, incluyendo compensación de caída de frecuencia, compensación de caída de tensión y compensación de caída de línea. El sistema 100 de control integrado de la granja de energía puede implementar la lógica de

compensación de caída de línea para corregir las caídas de tensión, potencia y pérdidas de VAR en la línea. La compensación puede incluir la consideración de la carga de la línea, que es típicamente inusual para circuitos de compensación. La compensación puede construirse también en la lógica de modo que cualquier límite (es decir, tensión) en el punto de conexión común y en la subestación 150 también puede controlarse e imponerse.

- 5 De acuerdo con realizaciones ejemplares que no son parte del alcance de la invención, el módulo 118 de control de la granja puede incluir un regulador de tensión que puede configurarse como compensación de caída de tensión. La compensación de caída de tensión puede usarse para permitir que reguladores de tensión adyacentes estrechamente acoplados compartan la regulación de tensión de un punto que puede ser común a todos los reguladores adyacentes.
- 10 De acuerdo con realizaciones ejemplares que no son parte del alcance de la invención, el módulo 118 de control de la granja puede incluir una compensación de caída de frecuencia y función de control que puede configurarse para controlar la salida de potencia basándose en la frecuencia de la red. Esta función de caída de frecuencia puede ser operable para incrementar la salida de potencia si la frecuencia de la red disminuye por debajo de la nominal y en la que la salida de potencia puede disminuirse si la frecuencia de la red se incrementa por encima de la nominal.
- 15 La FIG. 5 representa un gráfico ejemplar del concepto de compensación de caída de frecuencia que está fuera del alcance de la invención. En ciertas realizaciones, el compensador de caída de frecuencia puede comprender conjuntos de parámetros y curvas para el control de la salida de potencia de las fuentes de energía renovable basándose en la frecuencia medida. De acuerdo con una realización ejemplar, el control de salida de potencia puede basarse en un porcentaje de la potencia de salida de planta posible, y puede ajustarse un punto de operación nominal (entre las letras B y C en la FIG. 5) de modo que se consiga la frecuencia deseada con una salida de potencia de planta ligeramente reducida. Este procedimiento puede permitir que la salida de potencia se ajuste más alta (hacia la letra A) si la frecuencia de planta disminuye por debajo de la nominal. Alternativamente, la salida de potencia puede ajustarse más baja (hacia la letra D) si la frecuencia de la planta se incrementa por encima de la nominal. De acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención, las curvas de control de frecuencia pueden comunicarse desde el controlador 102 integrado en tiempo real a los inversores 134 de las fuentes 130 de energía renovable mediante un cierto número de procedimientos, incluyendo señales de control digital o analógica simples, modulación de ancho de impulsos o mediante la comunicación de parámetros de la curva de control.
- 20
- 25

En consecuencia, realizaciones de ejemplo de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos de creación de ciertos sistemas y procedimientos que proporcionan control centralizado de los diversos elementos 103 asociados con la producción de energía a partir de fuentes de energía renovables. Realizaciones de ejemplo de la invención pueden proporcionar los efectos técnicos adicionales de proporcionar sistemas y procedimientos para facilitar y coordinar una comunicación y control eficiente entre y compartido por los diversos elementos 103 asociados con el sistema 100 de control de la granja de energía.

30

En ciertas realizaciones de la invención, el sistema 100 de control de la granja de energía puede incluir cualquier número de aplicaciones de software que se ejecuten para facilitar cualquiera de las operaciones.

35

En ciertas realizaciones el controlador 102 integrado en tiempo real puede comunicar con cualquiera de los componentes asociados en el sistema 100 de control de la granja de energía a través de comunicación inalámbrica, línea portadora, Internet, intranet o cualquier otro medio adecuado de comunicación.

En ciertas realizaciones, una o más interfaces de E/S pueden facilitar la comunicación entre el sistema 100 de control de la granja de energía y uno o más dispositivos de E/S. Por ejemplo, un puerto del bus serie universal, un puerto serie, una unidad de disco, una unidad de CD-ROM y/o uno o más dispositivos de interfaz de usuario tal como una pantalla, teclado, teclado numérico, ratón, panel de control, pantalla táctil, micrófono, etc., pueden facilitar la interacción del usuario con el sistema 100 de control de la granja de energía. Las 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 procesarse mediante uno o más procesadores del ordenador según se desee en diversas realizaciones de la invención y/o almacenarse en uno o más dispositivos de memoria.

40

45

Una o más interfaces de red pueden facilitar la conexión de las entradas y salidas del sistema 100 de control de la granja de energía a una o más redes y/o conexiones adecuadas; por ejemplo, las conexiones que facilitan la comunicación con cualquier número de sensores asociados con el sistema. Las una o más interfaces de red pueden facilitar adicionalmente la conexión a una o más redes adecuadas; por ejemplo, una red de área local, una red de área grande, la Internet, una red celular, una red de frecuencia de radio, una red habilitada para Bluetooth™, una vez habilitada para Wi-Fi™, una red basada en satélite, cualquier red cableada, cualquier red inalámbrica, etc., para comunicación con dispositivos y/o sistemas externos.

50

Según se desee, otras realizaciones fuera del alcance de la invención pueden incluir el sistema 100 de control de la granja de energía con más o menos de los componentes ilustrados en las FIGS. 1, 2 y 3.

55

La invención se ha descrito anteriormente con referencia a diagramas de bloques y de flujo de sistemas, procedimientos, aparatos y/o productos de programa informático de acuerdo con realizaciones ejemplares de la invención. Se entenderá que el uno o más bloques de los diagramas de bloques y diagramas de flujo, y

combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y diagramas de flujo, respectivamente, pueden implementarse mediante instrucciones de programas ejecutables por ordenador. De la misma manera, algunos bloques de los diagramas de bloque y diagramas de flujo pueden no necesitar ser realizados necesariamente en el orden presentado, o pueden no necesitar ser realizados necesariamente en absoluto, de acuerdo con algunas realizaciones de la invención.

Estas instrucciones de programa ejecutable por ordenador pueden cargarse sobre un ordenador de finalidad general, un ordenador de finalidad especial, un procesador, u otro aparato de procesamiento de datos programable para producir una máquina particular, de modo que las instrucciones que se ejecutan sobre el ordenador, procesador, u otro aparato de procesamiento de datos programable creen medios para la implementación de una o más funciones especificadas en el bloque o bloques de diagramas de flujo. Estas instrucciones de programa informático pueden almacenarse también en una memoria legible por ordenador que puede dirigir a un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para funcionar en una manera particular, de modo que las instrucciones almacenadas en la memoria legible por ordenador producen un artículo de fabricación que incluye medios de instrucción que implementan una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Como un ejemplo, realizaciones de la invención pueden proporcionar un producto de programa informático, que comprende un medio utilizable por ordenador que tiene un código del programa legible por ordenador o instrucciones de programa integradas en él, adaptado dicho código de programa legible por ordenador para ejecutarse para implementar una o más funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo. Las instrucciones del programa informático pueden cargarse también sobre un ordenador u otro aparato de procesamiento de datos programable para provocar que se realicen una serie de elementos operativos o etapas sobre el ordenador u otro aparato programable para producir un proceso implementado en ordenador de modo que las instrucciones que se ejecutan sobre el ordenador u otro aparato programable proporcionen elementos o etapas para la implementación de las funciones especificadas en el bloque o bloques del diagrama de flujo.

En consecuencia, los bloques de los diagramas de bloque y diagramas de flujo soportan combinaciones de medios para la realización de funciones especificadas, combinaciones de elementos o etapas para la realización de las funciones especificadas y medios de instrucción de programas para la realización de las funciones especificadas. Se entenderá también que cada bloque de los diagramas de bloques y diagramas de flujo, y combinaciones de bloques en los diagramas de bloques y diagramas de flujo, pueden implementarse mediante sistemas de ordenador de finalidad especial, basados en hardware que realizan las funciones especificadas, elementos o etapas, o combinaciones de hardware de finalidad especial e instrucciones de ordenador.

Aunque la invención se ha descrito en conexión con lo que se considera actualmente son las realizaciones más prácticas y variadas, se debe entender que la invención se ha de limitar al alcance de las reivindicaciones adjuntas.

La descripción escrita usa ejemplos para desvelar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier experto en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la realización y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de control de una granja solar de energía renovable que incluye una o más fuentes de energía renovable, comprendiendo el procedimiento:

5 medición del factor de potencia (205) agregado y de la potencia (236) reactiva de la granja solar de energía renovable;
 medición de la potencia nominal reactiva de cada inversor de los inversores (134) asociados con las una o más fuentes (130) de energía renovable; y
 control de la producción de energía a partir de la una o más fuentes (130) de energía renovable a través de un controlador (102), en el que el controlador (102) está configurado para

10 recibir un punto de consigna (202) del factor de potencia como una entrada desde una estación (148) de supervisión remota;
 restar el factor de potencia (204) de la red medido del punto de consigna (202) del factor de potencia y aplicar el resultado a un primer regulador (208) PI que incluye un limitador (210) de tensión, para generar un factor de potencia regulado;

15 introducir el factor de potencia regulado a un conmutador (214) para seleccionar el modo de operación, y generar una primera salida basándose en un punto de consigna (212) de tensión o en el factor de potencia regulado;
 aplicar la primera salida a un segundo regulador (222) PI para generar una señal de control (228) de VAR neta, incluyendo el segundo regulador (222) PI un limitador (226) de Q-mín;

20 convertir la señal de control (228) de VAR en un punto de consigna (238) de potencia para cada inversor (134) individual multiplicando la señal de control (228) de VAR por la potencia nominal reactiva (234) del inversor y dividiendo por la potencia reactiva (236) de la granja; y
 comunicar el punto de consigna (238) de potencia a cada inversor (134) individual asociado con cada fuente (130) de energía renovable.

25 2. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente la supervisión y control de la granja solar de energía renovable mediante una o más estaciones (148) de supervisión y control remotos.

3. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, que comprende adicionalmente la comunicación con, y el control de componentes (150) de la subestación, en el que los componentes de la subestación comprenden al menos un banco (152) de VAR y un transformador (154) con cambiador de tomas en carga.

30 4. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que el controlador (102) es operable para transmitir señales (128) de control a, y para recibir señales (140) de supervisión desde, las una o más fuentes (130) de energía renovable.

5. Un sistema para proporcionar energía solar renovable, comprendiendo el sistema:

35 una granja de energía solar que tiene una o más fuentes (130) de energía renovable;
 una o más estaciones (148) de supervisión y control remotos;
 uno o más dispositivos para la medición del factor de potencia (205) agregado y de la potencia (236) reactiva de la granja solar de energía renovable;
 uno o más dispositivos para la medición de la potencia nominal reactiva de cada inversor de los inversores (134) asociados con la una o más fuentes (130) de energía renovable; y

40 un controlador (102) en tiempo real para el control de la producción de energía de las una o más fuentes (130) de energía renovable en el que el controlador (102) está configurado para:

recibir un punto de consigna (202) del factor de potencia como una entrada desde una estación (148) de supervisión remota;
 restar el factor de potencia (204) de la red medido del punto de consigna (202) del factor de potencia y aplicar el resultado a un primer regulador (208) PI que incluye un limitador (210) de tensión, para generar un factor de potencia regulado;

45 introducir el factor de potencia regulado a un conmutador (214) para seleccionar el modo de operación, y generar una primera salida basándose en un punto de consigna (212) de tensión o el factor de potencia regulado;

50 aplicar la primera salida a un segundo regulador (222) PI para generar una señal de control (228) de VAR neta, incluyendo el segundo regulador (222) PI un limitador (226) de Q-mín;
 convertir la señal de control (228) de VAR en un punto de consigna (238) de potencia para cada inversor (134) individual mediante la multiplicación de la señal de control (228) de VAR por la potencia nominal reactiva (234) del inversor y dividir por la potencia reactiva (236) de la granja; y

55 comunicar el punto de consigna (238) de potencia a cada inversor (134) individual asociado con cada fuente (130) de energía renovable.

6. El sistema de la reivindicación 5, en el que el controlador (102) integrado en tiempo real comprende adicionalmente:

uno o más procesadores (108) de ordenador;
una memoria (104) en comunicación con el uno o más procesadores (108) de ordenador;
interfaces (110, 112) de entrada y salida en comunicación con el uno o más procesadores (108) de ordenador y operables para recibir y transmitir señales analógicas o digitales, y
5 un módulo (118) de control de la granja en comunicación con el uno o más procesadores (108) de ordenador.

7. El sistema de la reivindicación 5 o 6, que comprende adicionalmente una o más estaciones (148) de supervisión y control remotos para la supervisión y el control de la granja de energía solar renovable.

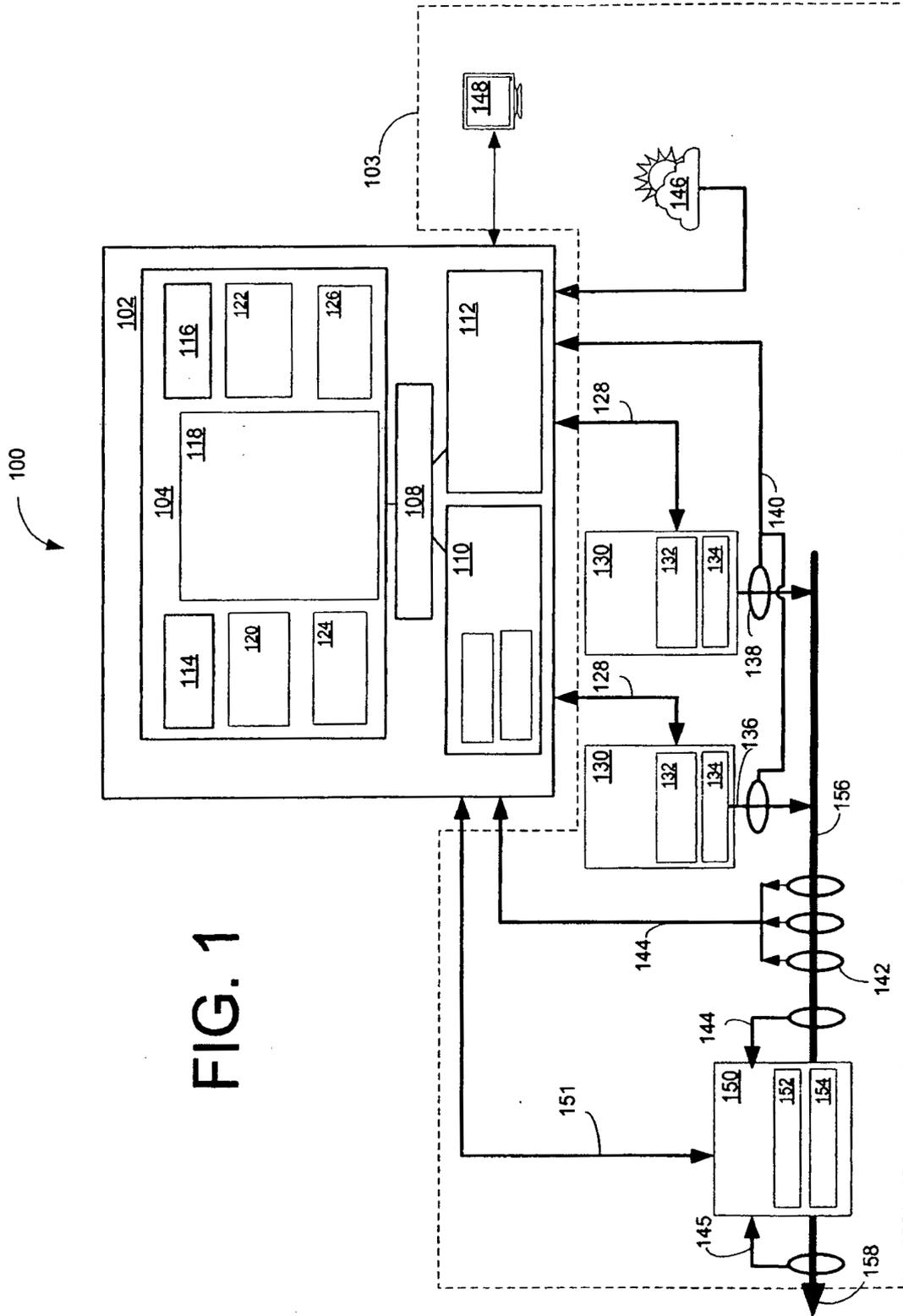


FIG. 1

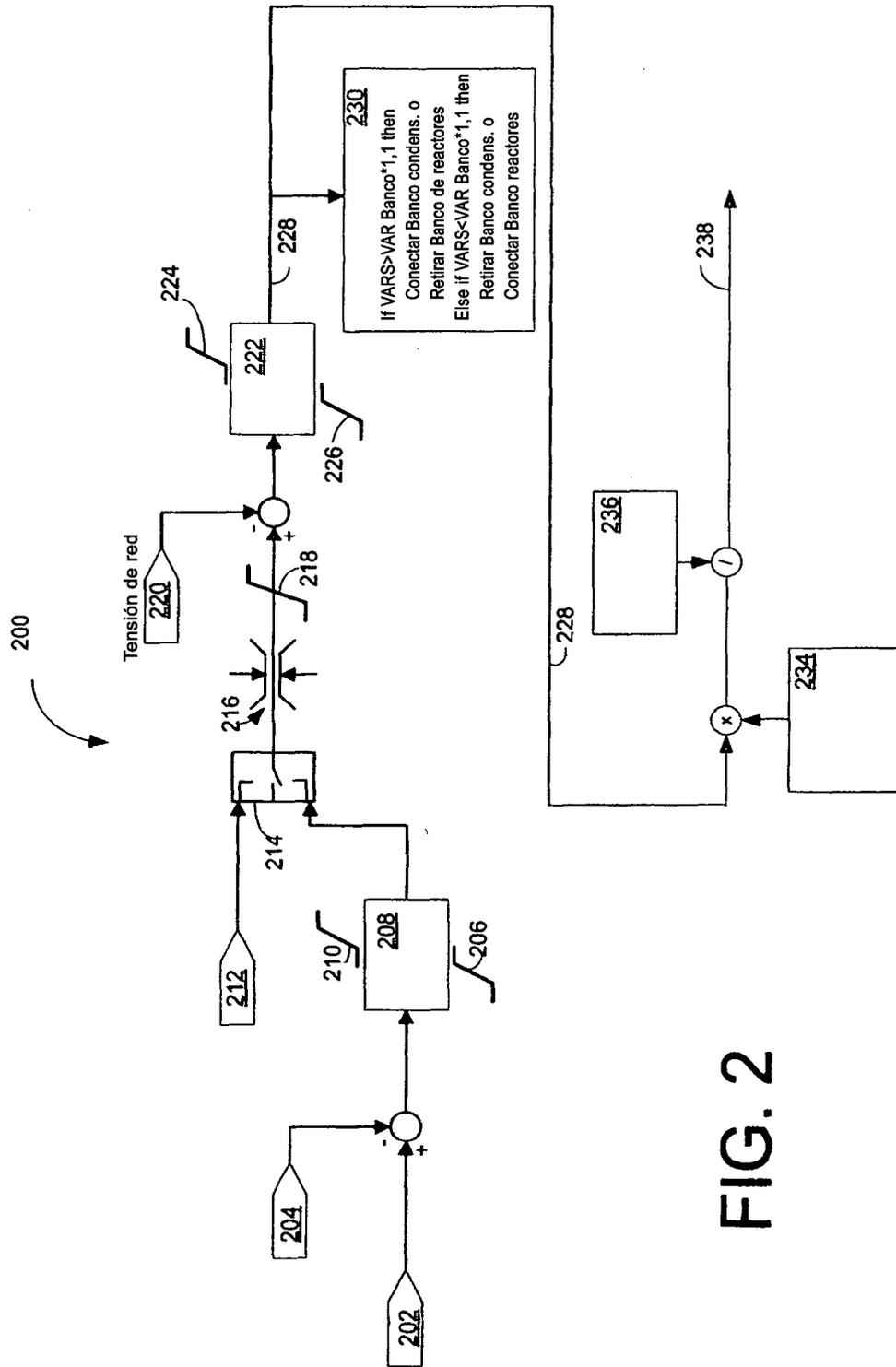


FIG. 2

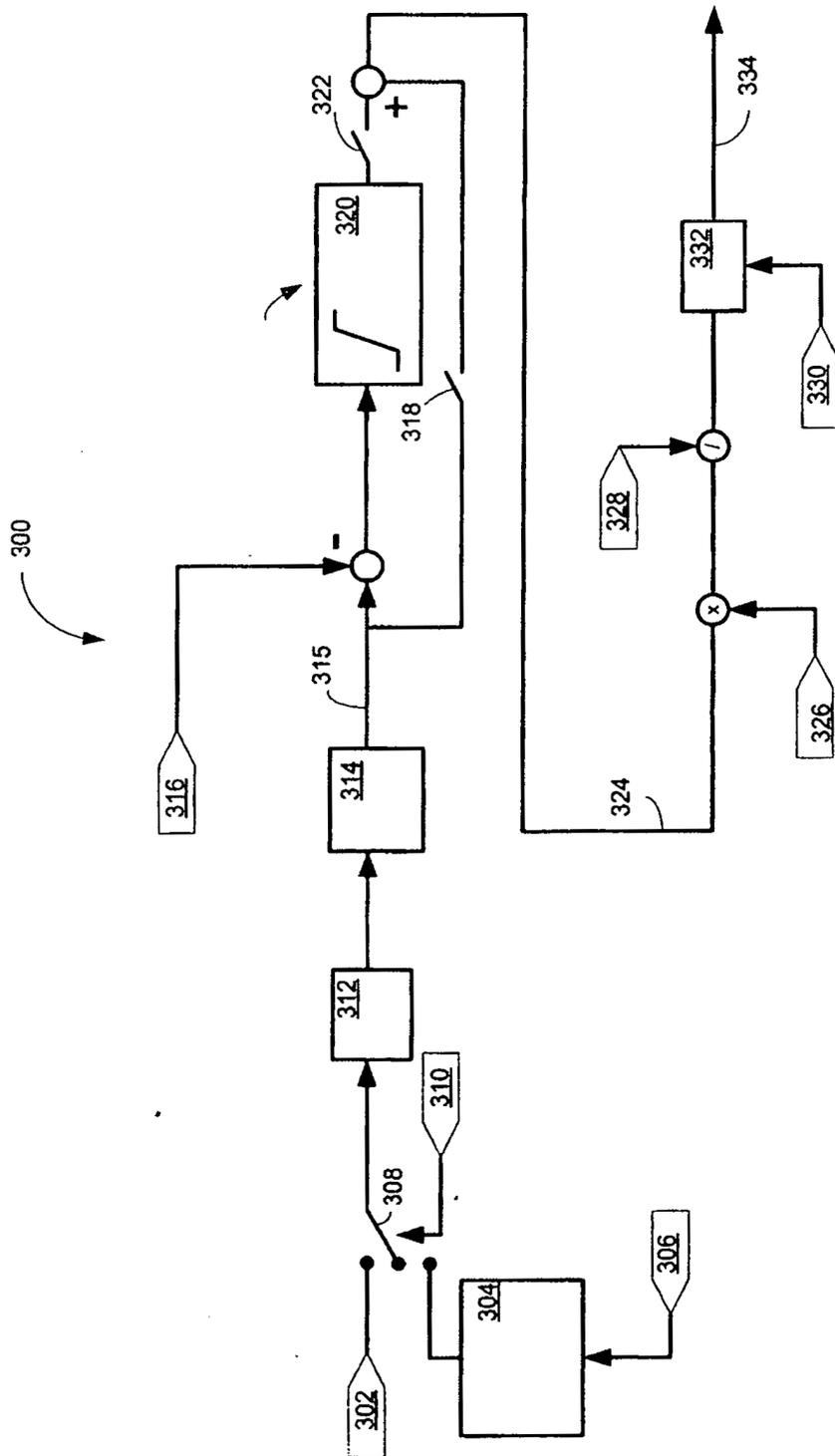


FIG. 3

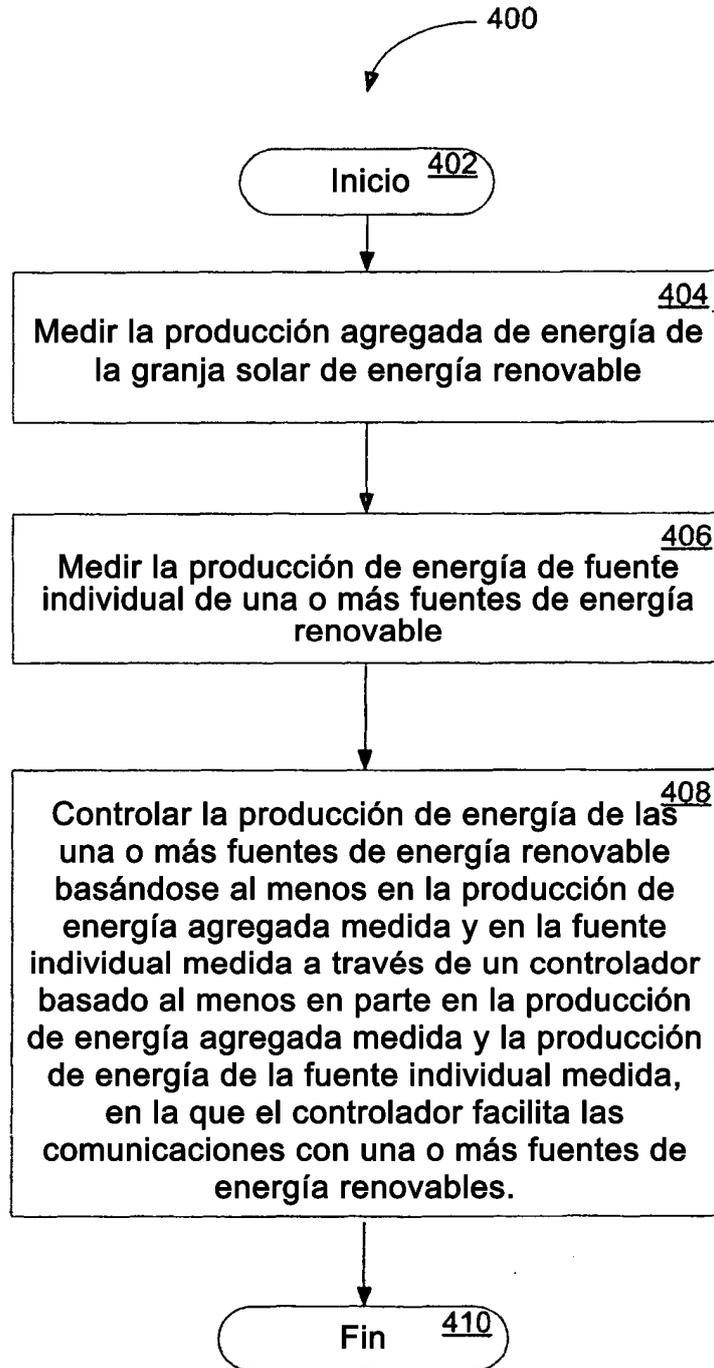


FIG. 4

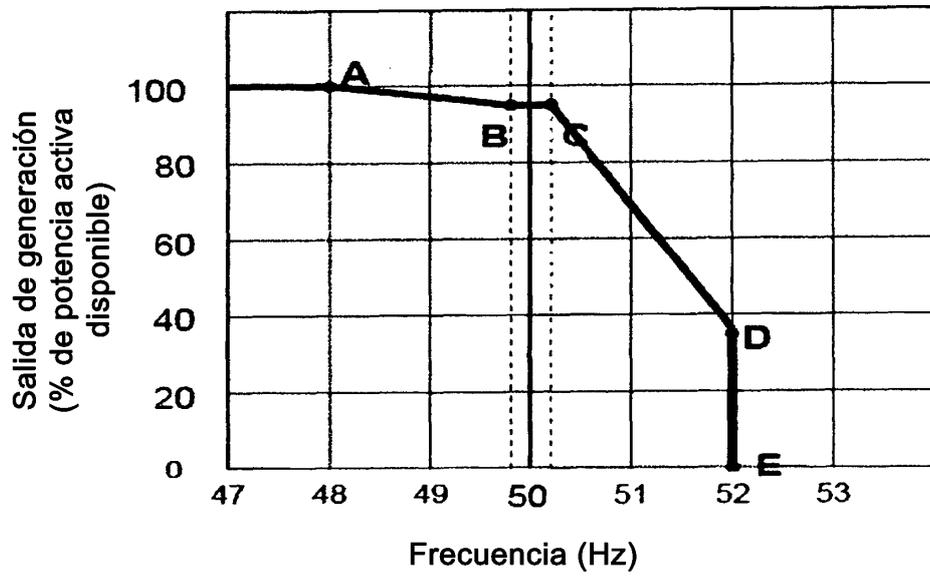


FIG. 5