

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 881 531**

(51) Int. Cl.:

H02J 3/38

(2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.12.2011 E 11194665 (3)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.06.2021 EP 2472694**

(54) Título: **Métodos y sistemas para controlar un sistema de conversión de potencia**

(30) Prioridad:

29.12.2010 US 981093

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

29.11.2021

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

**TEICHMANN, RALPH;
O'BRIEN, KATHLEEN ANN y
FREER, JOHN**

(74) Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 881 531 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

Métodos y sistemas para controlar un sistema de conversión de potencia

Las realizaciones descritas en el presente documento se refieren, en general, a la generación de potencia eléctrica y, más específicamente, a métodos y sistemas para gestionar la potencia aplicada a una red eléctrica.

- 5 La energía solar y la energía eólica se han convertido cada vez más en fuentes de energía atractivas y han sido reconocidas como formas alternativas de energía limpia y renovable. Los sistemas de generación de energía eólica y solar penetran en las redes eléctricas establecidas tanto a nivel de transmisión como de distribución. Las instalaciones pueden estar muy dispersas por la red de servicios públicos y, a menudo, requieren líneas de alimentación largas para una integración correcta dentro de la red de servicios públicos.
- 10 Una red distribuida de generación de potencia incluye una pluralidad de sistemas de generación de potencia, cada uno de ellos acoplado a la red eléctrica en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, una planta convencional de generación de potencia de vapor puede estar conectada a la red en un primer punto de interconexión (POI – Point of Interconnection, en inglés), un parque eólico puede estar conectado a la red en un segundo POI, y un sistema de generación de energía solar puede estar conectado a la red en un tercer POI. La electricidad aplicada a la red eléctrica es necesaria para cumplir con las expectativas de conectividad de la red. Estos requisitos abordan problemas de seguridad, problemas de estabilidad de la red, gestión de pérdidas de transmisión, así como problemas de calidad de la potencia. Por ejemplo, una expectativa de conectividad de la red es que la potencia generada sea acondicionada para garantizar que la potencia coincida con la tensión y la frecuencia de la electricidad que circula a través de la red. Habitualmente, los sistemas de generación de potencia son controlados de manera separada, reaccionando cada uno a las condiciones de la red.

El documento US 2009/079267 A1 se refiere a una unidad de control de convertidor o una unidad de estabilización del sistema de potencia para contrarrestar las oscilaciones en los sistemas de potencia eléctrica, que está equipada y se emplea para proporcionar y procesar información para la supervisión, protección, control y medición de todo el sistema. Comprende medios para el muestreo sincronizado (por ejemplo, a través de GPS o de otra referencia de tiempo absoluta / global) de tensiones y/o corrientes, medios para el submuestreo, con el fin de disminuir el número de muestras, y medios para calcular fasores, es decir, amplitud con marca de tiempo y ángulo de fase de las tensiones y/o corrientes.

La invención está definida por el conjunto de reivindicaciones adjuntas. En la siguiente descripción, cualquier aparato y/o método que quede fuera del alcance del conjunto de reivindicaciones adjunto debe ser entendido como un ejemplo útil para comprender la invención.

A continuación, se describirán diversos aspectos y realizaciones de la presente invención junto con los dibujos adjuntos, en los que:

la Figura 1 es un diagrama de bloques de una realización a modo de ejemplo de una red distribuida de sistemas de conversión de energía;

35 la Figura 2 es un diagrama de bloques de una realización a modo de ejemplo del primer convertidor de potencia y el segundo convertidor de potencia mostrados en la Figura 1;

la Figura 3 es un diagrama de bloques de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de procesamiento mostrado en la Figura 2;

40 la Figura 4 es un diagrama de flujo de un método a modo de ejemplo para gestionar la red distribuida de sistemas de conversión de potencia que se muestra en la Figura 1.

Varios de los métodos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la gestión de una red distribuida de servicios que incluye, al menos, uno de un sistema de conversión de potencia y una carga acoplada a través de un convertidor de potencia. El convertidor de potencia proporciona información de ubicación, información de potencia, información de tiempo e información de ángulo de fase. Por ejemplo, el convertidor de potencia puede incluir un receptor de sistema de posicionamiento global (GPS – Global Positioning System, en inglés) configurado para recibir información de ubicación e información temporal. La información de ubicación y la información temporal pueden ser utilizadas junto con la información de potencia y de ángulo de fase para determinar los parámetros de funcionamiento para el convertidor de potencia, que están basados, al menos parcialmente, en una ubicación del convertidor de potencia y/o una hora del día en esa ubicación.

50 La información de ubicación y la información temporal, junto con la información de potencia correspondiente a la potencia de salida real del convertidor de potencia, la potencia disponible para ser emitida por el convertidor de potencia, la tensión, la corriente y/o el ángulo de fase en el POI con la red eléctrica pueden ser transmitidas a un dispositivo central de procesamiento, que se puede denominar en el presente documento un Sistema de Gestión de la Energía (EMS – Energy Management System, en inglés). Esta información puede ser combinada con información de otros sistemas de conversión de potencia y tensión, corriente, ángulo de fase u otros tipos de información de

potencia derivada de otros activos de la empresa de servicios públicos. Esta información se puede utilizar a nivel de operador regional y/o de servicios públicos para supervisar el balance de potencia, la estabilidad de la red y los patrones climáticos y su efecto sobre la generación de energía solar / eólica. La información también se puede utilizar como insumos para herramientas de pronóstico. Además, el dispositivo central de procesamiento puede determinar instrucciones de funcionamiento para los sistemas de conversión de potencia con base, al menos parcialmente, en la información recibida.

Diversos efectos técnicos de los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden incluir, al menos, uno de: (a) recibir una primera señal de potencia y una primera señal de ubicación de un primer sistema de conversión de potencia; (b) recibir una segunda señal de potencia y una segunda señal de ubicación de un segundo sistema de conversión de potencia; y (c) controlar el funcionamiento de, al menos, uno del primer sistema de conversión de potencia y el segundo sistema de conversión de potencia con base, al menos parcialmente, en la primera señal de potencia, la primera señal de ubicación, la segunda señal de potencia y la segunda señal de ubicación.

La Figura 1 es un diagrama de bloques de una red distribuida 10, a modo de ejemplo, de sistemas de conversión de potencia. En la realización a modo de ejemplo, la red distribuida 10 incluye un primer sistema de conversión de potencia 20, un segundo sistema de conversión de potencia 22 y un tercer sistema de conversión de potencia 24 que están cada uno acoplado a una red eléctrica 26. La red eléctrica 26 puede incluir una red de distribución eléctrica, una red de transmisión eléctrica, o cualquier otro tipo de red eléctrica configurada para el suministro de electricidad. Además, aunque se describe que incluye tres sistemas de conversión de potencia, la red distribuida 10 puede incluir cualquier número de sistemas de conversión de potencia. En algunas realizaciones, la red distribuida 10 también incluye un dispositivo central de procesamiento 28. El dispositivo central de procesamiento 28 también se puede denominar Sistema de gestión central de la energía (EMS) y está configurado para proporcionar control a nivel de red (es decir, a nivel de servicio público) sobre la red 10.

En la realización a modo de ejemplo, la red distribuida 10 incluye una pluralidad de sistemas de conversión de potencia, cada uno de ellos acoplado a la red eléctrica en diferentes ubicaciones. Por ejemplo, el primer sistema de conversión de potencia 20 está acoplado a la red eléctrica 26 en un primer punto de interconexión (POI) 30, el segundo sistema de conversión de potencia 22 está acoplado a la red eléctrica 26 en un segundo POI 32 y el tercer sistema de conversión de potencia 24 está acoplado a la red eléctrica 26 en un tercer POI 34. Los sistemas de conversión de potencia 20, 22 y 24 pueden ser del mismo tipo de instalación de conversión de potencia, o pueden ser diferentes tipos de instalaciones de conversión de potencia. Ejemplos de sistemas de conversión de potencia incluyen, entre otros, sistemas de generación de potencia eólica, sistemas de generación de potencia solar, sistemas de generación de potencia mareomotriz, sistemas de potencia de baterías y/o sistemas convencionales de generación de potencia (por ejemplo, plantas de potencia que queman carbón, plantas de potencia nuclear, y/o centrales eléctricas de gas natural). Por ejemplo, el tercer sistema de conversión de potencia 24 puede ser una planta convencional de generación de potencia de vapor, mientras que el primer sistema de conversión de potencia 20 y el segundo sistema de conversión de potencia 22 son instalaciones de generación de energía solar. Los métodos y sistemas descritos en el presente documento pueden ser aplicados a cualquier convertidor conectado a la red que vincule el equipo de transmisión o conversión de potencia a la red eléctrica 26. Los ejemplos incluyen, entre otros, equipos de generación de potencia solar, eólica y mareomotriz, así como sistemas de compensación de VAR estático (voltamperios reactivos), sistemas flexibles de transmisión de CA, sistemas de almacenamiento de potencia de batería y/o inversores de red.

En la realización a modo de ejemplo, el primer sistema de conversión de potencia 20 incluye un primer aparato de recogida 40 y un primer convertidor 42. El primer convertidor 42 también se denomina en el presente documento primer convertidor de potencia 42. De manera similar, el segundo sistema de conversión de potencia 22 incluye un segundo aparato de recogida 44 y un segundo convertidor 46. El segundo convertidor de potencia 46 también se denomina en el presente documento segundo convertidor de potencia 46. Los aparatos de recogida 40 y 44 incluyen cada uno, al menos, una célula fotovoltaica (PV – PhotoVoltaic, en inglés) (no mostrada en la Figura 1), por ejemplo, al menos, una célula solar. Habitualmente, se acoplan una pluralidad de células solares para formar un módulo solar, y se acoplan múltiples módulos solares para formar una cadena de módulos. Las células solares están dispuestas de esta manera para aumentar la tensión y la corriente generadas. Una primera tensión de corriente continua (CC) 48 sale por el aparato de recogida 40 y es proporcionada al convertidor 42. Una segunda tensión de CC 50 sale por el aparato de recogida 44 y es proporcionada al convertidor 46.

En la realización a modo de ejemplo, el EMS 28 recibe información del primer convertidor 42, del segundo convertidor 46 y de un sensor 52. El sensor 52 puede incluir, pero no está limitado a incluir, un sensor térmico de transformador, un sensor térmico de línea y/o cualquier otro tipo de sensor que proporcione información de estado al EMS 28. Además, en la realización a modo de ejemplo, el EMS 28 determina las instrucciones de funcionamiento para el primer convertidor 42, el segundo convertidor 46 y otros activos dentro de la red distribuida 10. Otros activos dentro de la red distribuida 10 pueden incluir un dispositivo eléctrico inteligente (IED – Intelligent Electrical Device, en inglés) 54, por ejemplo, pero no limitado a, un dispositivo de relé de protección, un controlador de cambiador de tomas de carga, un controlador de disyuntor y/o un interruptor de banco de condensadores.

La Figura 2 es un diagrama de bloques de una realización a modo de ejemplo del primer convertidor de potencia 42 (mostrado en la Figura 1) y el segundo convertidor de potencia 46 (mostrado en la Figura 1). El primer convertidor 42 está configurado para acondicionar la tensión de CC 48. En la realización a modo de ejemplo, el primer convertidor 42

incluye un primer inversor 60, un primer dispositivo de procesamiento 62 y un primer receptor 64 del sistema de posicionamiento global (GPS). Por ejemplo, el primer convertidor 42 puede incluir un inversor de tensión de CC/CA configurado para convertir la tensión de CC 48 en potencia lista para ser inyectada en la red eléctrica 26. El primer dispositivo de procesamiento 62 está configurado para controlar el funcionamiento del primer inversor 60. El primer dispositivo de procesamiento 62 controla una carga eléctrica que presenta el primer inversor 60 al primer aparato de recogida 40 (mostrado en la Figura 1). El control de la carga eléctrica facilita el control de la salida de potencia mediante el primer convertidor 42. Por ejemplo, el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) puede utilizarse para presentar una carga eléctrica óptima al primer aparato de recogida 40. La carga eléctrica óptima coincide con una inductancia del primer aparato de recogida 40, permitiendo que el primer convertidor 42 emita una potencia máxima.

La toma de corriente también puede ser ajustada para reducir el primer aparato de recogida 40 (es decir, producir menos energía real que la disponible). El primer aparato de recogida 40 se puede acortar para reducir la potencia proporcionada a la red eléctrica 26 en respuesta, por ejemplo, a una demanda reducida de energía.

Para controlar el funcionamiento del primer inversor 60, el primer dispositivo de procesamiento 62 recibe información de diversos sensores. Por ejemplo, el primer dispositivo de procesamiento 62 puede recibir información de potencia, incluyendo amplitudes de salida de tensión y corriente de CC por el primer aparato de recogida 40. El primer dispositivo de procesamiento 62 utiliza esta información para controlar el primer inversor 60, que incluye, pero no se limita a, realizar MPPT. Más específicamente, se proporcionan señales de potencia al dispositivo de procesamiento 62. Se proporciona, al menos, una señal al dispositivo de procesamiento 62 que incluye datos utilizados por el dispositivo de procesamiento 62 para determinar una salida de potencia del primer aparato de recogida 40. Por ejemplo, un medidor de potencia (no mostrado en la Figura 2) puede estar incluido en el interior del primer aparato de recogida 40 y estar configurado para proporcionar una señal de potencia al dispositivo de procesamiento 62 que sea proporcional a la potencia de salida del aparato de recogida 40. Alternativamente, un sensor de tensión (no mostrado en la Figura 2) y un sensor de corriente (no mostrado en la Figura 2) puede incluirse dentro del aparato colector 40. El sensor de tensión y el sensor de corriente miden una tensión y una corriente generadas por el aparato de recogida 40 y proporcionan señales al primer dispositivo de procesamiento 62 que corresponden a la tensión y corriente medidos. El dispositivo de procesamiento 62 utiliza la tensión y la corriente medidos para determinar la salida de potencia del aparato de recogida 40.

Además, el primer receptor de GPS 64 está configurado para recibir información de ubicación correspondiente a una ubicación del primer inversor 60 e información temporal correspondiente a un tiempo en la ubicación. El primer receptor de GPS 64 proporciona una primera señal de GPS 66 al dispositivo de procesamiento 62. La primera señal de GPS 66 incluye la información de ubicación y la información temporal correspondiente a la ubicación del primer inversor 60 y la hora en esa ubicación. El primer receptor de GPS 64 está acoplado o incluido dentro del primer inversor 60. Esto garantiza que la información de ubicación y la información temporal recibida corresponden a la ubicación del primer inversor 60. La información temporal también se puede denominar en el presente documento "marca de tiempo". Una marca de tiempo es recogida, almacenada y/o transmitida con un fragmento de información correspondiente. Por ejemplo, una marca de tiempo puede ser almacenada con información de potencia para registrar la hora en que se recogió la información de potencia. La marca de tiempo también puede ser transmitida, con la información de potencia correspondiente, al dispositivo central de procesamiento 28 para su utilización por parte del dispositivo central de procesamiento 28. Más específicamente, una marca de tiempo puede ser almacenada con una medición de corriente, y un dispositivo de procesamiento y medición de tensión 62 puede almacenar la marca de tiempo con una potencia determinada a partir de las mediciones de corriente y tensión. Por lo tanto, la potencia y el momento en que se midió la potencia son conocidos. La determinación de la información temporal a partir de una señal de GPS facilita la obtención de marcas de tiempo coordinadas en ubicaciones distribuidas.

En la realización a modo de ejemplo, el segundo convertidor 46 está configurado para acondicionar la tensión de CC 50. En la realización a modo de ejemplo, el segundo convertidor 46 incluye un segundo inversor 68, un segundo dispositivo de procesamiento 70 y un segundo receptor 72 de GPS. Los componentes incluidos dentro del segundo convertidor 46 son sustancialmente similares a los componentes incluidos dentro del primer convertidor 42.

La Figura 3 es un diagrama de bloques de una realización a modo de ejemplo del dispositivo de procesamiento 62 (mostrado en la Figura 2). El dispositivo de procesamiento 62 también se puede denominar controlador de sistema y/o sistema de control de supervisión y obtención de datos (SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition, en inglés). En algunas realizaciones, el dispositivo de procesamiento 62 incluye un bus 80 u otro dispositivo de comunicaciones para comunicar información. Uno o más procesadores 82 están acoplados al bus 80 para procesar información, incluida la información de los sensores incluidos en el aparato de recogida 40 (mostrado en la Figura 1). Los procesadores 82 pueden incluir, al menos, un ordenador. Tal como se utiliza en el presente documento, el término ordenador no está limitado a los circuitos integrados a los que se hace referencia en el sector como ordenador, sino que se refiere, de manera amplia, a un procesador, a un microcontrolador, a un microordenador, a un controlador lógico programable (PLC – Programmable Logic Controller, en inglés), a un circuito integrado específico para una aplicación y a otros circuitos programables, y estos términos se utilizan indistintamente en el presente documento.

El dispositivo de procesamiento 62 también puede incluir una o más memorias de acceso aleatorio (RAM – (Random Access Memory, en inglés) 84 y/u otros dispositivos de almacenamiento 86. La o las RAM 84 y los dispositivos de almacenamiento 86 están acoplados al bus 80 para almacenar y transferir información e instrucciones para ser ejecutadas por uno o varios procesadores 82. La o las RAM 84 (y/o el o los dispositivos de almacenamiento 86, si es

- que están incluidos) también pueden ser utilizados para almacenar variables temporales u otra información intermedia durante la ejecución de instrucciones por parte del o los procesadores) 82. El dispositivo de procesamiento 62 también puede incluir una o más memorias de solo lectura (ROM – Read Only Memory, en inglés) 88 y/u otros dispositivos de almacenamiento estáticos acoplados al bus 80, para almacenar y proporcionar información e instrucciones estáticas (es decir, que no cambian) al o a los procesadores) 82. Los procesadores 82 procesan la información transmitida desde una pluralidad de dispositivos eléctricos y electrónicos que pueden incluir, sin limitación, un receptor de GPS, un sensor de irradiancia y un medidor de potencia. Las instrucciones que se ejecutan incluyen, sin limitación, la conversión residente y/o algoritmos de comparación. La ejecución de secuencias de instrucciones no está limitada a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software.
- El dispositivo de procesamiento 62 también puede incluir, o puede estar acoplado a un dispositivo o dispositivos de entrada / salida 90. Los dispositivos de entrada / salida 90 pueden incluir cualquier dispositivo conocido en el sector, para proporcionar datos de entrada al dispositivo de procesamiento 62, y/o para proporcionar datos de salida, por ejemplo, a un EMS, a un dispositivo de posicionamiento de panel solar y/o a un sistema de control de inversor. Se pueden proporcionar instrucciones a la RAM 84 desde el dispositivo de almacenamiento 86, incluyendo, por ejemplo, un disco magnético, un circuito integrado de memoria de solo lectura (ROM), CD-ROM y/o DVD, a través de una conexión remota que sea cableada o inalámbrica que proporciona acceso a uno o más medios accesibles electrónicamente. En algunas realizaciones, se pueden utilizar circuitos cableados en lugar de con, instrucciones de software o en combinación con las mismas. Por tanto, la ejecución de secuencias de instrucciones no está limitada a ninguna combinación específica de circuitos de hardware e instrucciones de software, ya sea que se describan y/o se muestren en el presente documento. Asimismo, en la realización a modo de ejemplo, el o los dispositivos de entrada / salida 90 pueden incluir, sin limitación, periféricos informáticos asociados con una interfaz de operador (por ejemplo, una interfaz hombre-máquina (HMI – Human Machine Interface, en inglés)) tales como un mouse y un teclado (ninguno mostrado en la Figura 3). Además, en la realización a modo de ejemplo, los canales de salida adicionales pueden incluir, por ejemplo, un monitor de interfaz de operador y/o un dispositivo de alarma (ninguno de los cuales se muestra en la Figura 3). El dispositivo de procesamiento 62 también puede incluir una interfaz de sensor 92 que permite que el dispositivo de procesamiento 62 se comunique con los sensores. La interfaz de sensor 92 puede incluir uno o más convertidores de analógico a digital, que convierten señales analógicas en señales digitales que pueden ser utilizadas por los procesadores 82.
- En la realización a modo de ejemplo, las instrucciones de funcionamiento dependientes de la ubicación y/o las instrucciones de funcionamiento dependientes del tiempo se almacenan en la ROM 88. El receptor de GPS 64 proporciona al dispositivo de procesamiento 62 una señal de GPS 66. El dispositivo de procesamiento 62 recibe información de ubicación del receptor de GPS 64, accede a las instrucciones de funcionamiento dependientes de la ubicación almacenadas en la ROM 88, y genera una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento del inversor 60 basándose, al menos parcialmente, en la ubicación del inversor 60. Además, el dispositivo de procesamiento 62 recibe información temporal del receptor de GPS 64, accede a las instrucciones de funcionamiento dependientes del tiempo almacenadas en la ROM 88, y genera una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento del inversor 60 basándose, al menos parcialmente, en el tiempo en la ubicación. La información de ubicación permite al dispositivo de procesamiento 62 determinar dónde está ubicado el inversor 60 dentro de la red eléctrica 26, por ejemplo, accediendo a un mapa de red almacenado. Las instrucciones de funcionamiento que dependen de la ubicación almacenada pueden incluir instrucciones para reducir el funcionamiento del inversor 60 después de las 5:00 p.m. hasta las 6:00 a.m. Este período de tiempo puede corresponder a un período de baja demanda de potencia conocida.
- Los convertidores 42 y 46 también pueden incluir unidades de medida fasorial (PMU – Phasor Measurement Units, en inglés) configuradas para medir fasores en el primer POI 30 y el segundo POI 32. Más específicamente, el convertidor 42 puede incluir una primera PMU 94. El dispositivo de procesamiento 62 ensambla una primera señal fasorial sincronizada asignando una marca de tiempo con base en la información temporal del receptor de GPS 64 a un fasor medido por la primera PMU 94. De manera similar, el convertidor 46 puede incluir una segunda PMU 96. El dispositivo de procesamiento 70 ensambla una segunda señal fasorial sincronizada asignando una marca de tiempo con base en la información temporal desde el segundo receptor de GPS 72 a un fasor medido por la segunda PMU 96.
- El dispositivo de procesamiento central 28 (mostrado en la Figura 1) está acoplado comunicativamente al primer dispositivo de procesamiento 62 y al segundo dispositivo de procesamiento 70. El dispositivo de procesamiento central 28 está configurado para recibir la primera señal fasorial sincronizada y la segunda señal fasorial sincronizada de los sistemas de conversión de potencia 22 y 24, y generar una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento de, al menos, uno de entre el inversor 60 y el inversor 68 basándose, al menos parcialmente, en la primera señal fasorial sincronizada y en la segunda señal fasorial sincronizada. Además, el dispositivo de procesamiento central 28 puede controlar otros activos de la red, por ejemplo, el IED 54 (mostrado en la Figura 1) basándose, al menos parcialmente, en la señal de GPS 66 y/o en las señales fasoriales recibidas. Controlar la operación de múltiples sistemas de conversión de potencia dentro de la red 10 con base en la información recogida de cada sistema de conversión de potencia dentro de la red 10 facilita un funcionamiento eficiente de la red 10 que excede la eficiencia de una red que tiene sistemas de conversión de potencia aislados utilizando información local solo para controlar su funcionamiento.

Además, el sistema de conversión de potencia 20 está configurado para transmitir una primera señal de potencia limitada correspondiente a la potencia limitada por el primer inversor 60 al dispositivo de procesamiento central 28. El segundo dispositivo de procesamiento 70 también transmite una segunda señal de potencia limitada correspondiente a la potencia limitada por el segundo inversor 96 al dispositivo central de procesamiento 28. Por ejemplo, puede ser necesario que las plantas solares se reduzcan a petición de las empresas de servicios públicos o de los operadores del sistema. También se les puede solicitar que proporcionen información acerca de la cantidad total de potencia disponible. Por ejemplo, una empresa de servicios públicos puede solicitar que una planta de 30 MW que proporciona 20 MW se reduzca para proporcionar solo 15 MW. Cuando la planta solar reciba este comando, reducirá 5 MW, llevando la potencia de salida a los 15 MW solicitados. Mientras tanto, el clima puede cambiar y la planta solar puede tener una potencia disponible de 25 MW, lo que significa que la planta ahora está reduciendo 10 MW para proporcionar los 15 MW solicitados. La empresa de servicios públicos o el proveedor de potencia se pueden beneficiar de conocer tanto la ubicación como la cantidad de potencia disponible que puede ser proporcionada si cambian las condiciones de la red. Esto se hace de manera dinámica ya que se pueden producir cambios rápidamente. Esta funcionalidad adicional proporciona a un operador de servicios públicos información de todo el sistema acerca de la estabilidad de la red y las condiciones de la red (por ejemplo, fallos, separación de la red, etc.).

La Figura 4 es un diagrama de flujo 150 de un método a modo de ejemplo 152 para gestionar una red distribuida de sistemas de conversión de potencia, por ejemplo, la red 10 (mostrada en la Figura 1). La red distribuida 10 incluye un primer sistema de conversión de potencia, por ejemplo, un primer sistema de conversión de potencia 20 (mostrado en la Figura 1), y un segundo sistema de conversión de potencia, por ejemplo, un segundo sistema de conversión de potencia 22. El primer sistema de conversión de potencia 20 incluye un primer convertidor de potencia 42 acoplado en el primer POI 30 a la red eléctrica 26. El segundo sistema de conversión de potencia 22 incluye un segundo convertidor de potencia 46 acoplado en el segundo POI 32 a la red eléctrica 26.

En la realización a modo de ejemplo, el método 152 incluye recibir 154 una primera señal de potencia y una primera señal de ubicación del primer sistema de conversión de potencia 20. La primera señal de ubicación incluye, por ejemplo, una señal de ubicación generada por GPS que identifica la ubicación del primer inversor 60 y/o el primer sistema de conversión de potencia 20. La primera señal de ubicación puede ser utilizada en combinación con un mapa de la red almacenado para ser utilizado por el primer dispositivo de procesamiento 62.

Recibir 154 la primera señal de potencia incluye recibir una primera señal de conversión de potencia real y una primera señal de potencia de salida potencial. Por ejemplo, la primera señal de potencia puede incluir información correspondiente a una potencia de salida potencial del primer inversor 60, una potencia de salida real del primer inversor 60 y/o una primera potencia reducida por el primer inversor 60. El método 152 también incluye recibir 156 una segunda señal de potencia y una segunda señal de ubicación del segundo sistema de conversión de potencia 22. Recibir 156 la segunda señal de potencia incluye recibir una segunda señal de conversión de potencia real y una segunda señal de capacidad de conversión de potencia. El primer dispositivo de procesamiento 62 recoge información, por ejemplo, pero sin limitarse a, información acerca de la potencia real producida por el primer sistema de conversión de potencia 20, la potencia disponible en el sistema de conversión de potencia 20, la tensión, la corriente y/o el ángulo de fase en el primer POI 30. De manera similar, el segundo dispositivo de procesamiento 70 recoge información, por ejemplo, pero sin limitarse a, información sobre la potencia real producida por el segundo sistema de conversión de potencia 22, la potencia disponible en el sistema de conversión de potencia 22, la tensión, la corriente y/o el ángulo de fase en el segundo POI 32. El primer dispositivo de procesamiento 62 y el segundo dispositivo de procesamiento 70 transmiten esta información a un sistema de control de servicios públicos, por ejemplo, el dispositivo central de procesamiento 28.

La recepción 154 y 156 puede incluir la recepción de mediciones de tensión y corriente de una primera PMU y una segunda PMU, por ejemplo, de la primera PMU 94 y la segunda PMU 96, respectivamente. Recibir 154 una primera señal de ubicación incluye recibir una señal de ubicación generada por GPS, por ejemplo, una señal de GPS 66, indicativa de la ubicación del primer convertidor de potencia 42. Recibir 156 una segunda señal de ubicación incluye recibir una señal de ubicación generada por GPS indicativa de la ubicación del segundo convertidor de potencia 46.

En otras palabras, las PMU 94 y 96, u otros dispositivos similares utilizados para medir con precisión corrientes y tensiones y con una marca de tiempo, están integradas dentro o colocadas cerca de un inversor solar o planta solar, con el fin de ayudar en la gestión de la estabilidad de la red. Si se coloca una PMU en el primer sistema de conversión de potencia 20 y en el segundo sistema de conversión de potencia 22, entonces los datos (tensión, corriente, marca de tiempo de GPS) se pueden utilizar para participar en un análisis general de la estabilidad de la red a nivel de distribución y transmisión.

La marca de tiempo de GPS en la PMU se puede utilizar junto con las mediciones de tensión y corriente en el POI, con datos de potencia reducidos, o con otros datos para proporcionar información en toda la red sobre el comportamiento de una sola planta solar, de un grupo de plantas solares, o de la propia red.

El método 152 también incluye controlar 158 el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia 42 y el segundo convertidor de potencia 46 basándose, al menos parcialmente, en la primera señal de potencia, la primera señal de ubicación, la segunda señal de potencia y la segunda señal de ubicación. Controlar 158 el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia 42 y el segundo convertidor de potencia 46

incluye ajustar el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia 42 y el segundo convertidor de potencia 46, para aumentar la estabilidad de la red eléctrica 26. Controlar 158 el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia 42 y el segundo convertidor de potencia 46 también puede incluir la operación de coordinación del primer convertidor de potencia 42 y el segundo convertidor de potencia 46 para proporcionar equilibrio de potencia en la red distribuida 10.

Tal como se describió anteriormente, es posible que se requiera que las plantas solares se reduzcan a petición de los operadores de servicios públicos o de sistemas. También se les puede solicitar que proporcionen información acerca de la cantidad total de potencia disponible. La empresa de servicios públicos o el proveedor de potencia se pueden beneficiar de conocer tanto la ubicación como la cantidad de potencia disponible que se puede proporcionar en caso de que cambien las condiciones de la red. Esto se hace de manera dinámica, ya que se pueden producir cambios muy rápidamente. Esta funcionalidad adicional proporciona al operador de la red pública información de todo el sistema sobre la estabilidad de la red y las condiciones de la red (fallos, separación de la red, etc.).

El método 152 también puede incluir determinar 160 un pronóstico de generación de energía basado, al menos parcialmente, en la primera señal de potencia, la primera señal de ubicación, la segunda señal de potencia y la segunda señal de ubicación. Determinar 160 un pronóstico de generación de potencia incluye determinar un efecto de los patrones climáticos en el rendimiento de la red distribuida 10, y más específicamente, en cada uno de los sistemas de conversión de potencia 20, 22 y 24. Las instrucciones de operación almacenadas en, por ejemplo, la ROM 88 (mostrada en la Figura 3), pueden ser editadas de manera que el funcionamiento de los sistemas de conversión de potencia 22 y 24 se determine basándose, al menos parcialmente, en los patrones climáticos que afectan al sistema de conversión de potencia 20. De manera similar, el funcionamiento de los sistemas de conversión de potencia 20 y 24 se determina basándose, al menos parcialmente, en los patrones climáticos que afectan al sistema de conversión de potencia 22.

El método 152 también puede incluir determinar 162 un conjunto de parámetros de funcionamiento de la red para conseguir un equilibrio de potencia y una gestión de transitorios estable. También se puede determinar un equivalente que representa el primer sistema de conversión de potencia y el segundo sistema de conversión de potencia como un sistema único con una salida de potencia fluctuante estadísticamente determinable. Los datos agregados de producción de potencia asociados con la ubicación física de los activos de generación minimizarán la reserva de rotación dentro de una zona de regulación, maximizarán la utilización de los activos de generación de energía y minimizarán el riesgo de un fallo en la estabilidad de la red. A medida que la generación de potencia fluctúa en una ubicación específica dentro de la zona de regulación (es decir, la generación máxima de potencia se extiende a través de la zona de regulación junto con los movimientos de la nube), el equipo de administración de la red puede ser preparado adecuadamente y puesto en línea para garantizar la calidad y estabilidad de la potencia.

Las comunicaciones que permiten el intercambio de información con la empresa de servicios públicos y/o el operador del sistema en toda la red pueden reducir el margen operativo y, por lo tanto, reducir los costes de la energía. Las comunicaciones proporcionan un inversor solar, por ejemplo, el inversor 60, una forma de integrarse y participar en una "red inteligente". Se puede evitar la necesidad de equipos adicionales de transmisión y medición de fasores.

Además, uno o más medios legibles por ordenador que tienen componentes ejecutables mediante un ordenador, pueden ser configurados para capturar información de conversión de potencia e información de ubicación, y para agregar información capturada de múltiples ubicaciones. Los componentes ejecutables por ordenador pueden incluir: un componente de interfaz que, cuando es ejecutado por, al menos, un procesador, hace que el, al menos, un procesador reciba una primera señal de alimentación / ubicación y una segunda señal de alimentación / ubicación; un componente de memoria que, cuando es ejecutado por, al menos, un procesador, hace que el, al menos, un procesador almacene, al menos, un algoritmo para determinar los comandos de funcionamiento para el primer convertidor de potencia y el segundo convertidor de potencia; y un componente de análisis que, cuando es ejecutado por, al menos, un procesador, hace que el, al menos, un procesador genere señales de funcionamiento que controlan el funcionamiento del primer convertidor de potencia y del segundo convertidor de potencia.

Las realizaciones descritas en el presente documento abarcan uno o más medios legibles por ordenador, en los que cada medio puede ser configurado para incluir, o incluye, datos o instrucciones ejecutables por un ordenador para manipular datos. Las instrucciones ejecutables por un ordenador incluyen estructuras de datos, objetos, programas, rutinas u otros módulos de programa a los que puede acceder un sistema de procesamiento, tal como uno asociado con un ordenador de propósito general capaz de realizar diversas funciones diferentes, o uno asociado con un ordenador de propósito especial capaz de realizar un número limitado de funciones. Los aspectos de la divulgación transforman un ordenador de uso general en un dispositivo informático de propósito especial cuando se configura para ejecutar las instrucciones descritas en el presente documento. Las instrucciones ejecutables por un ordenador hacen que el sistema de procesamiento realice una función o grupo de funciones concretas y son ejemplos de medios de código de programa para implementar etapas para los métodos descritos en el presente documento. Además, una secuencia particular de las instrucciones ejecutables proporciona un ejemplo de actos correspondientes que pueden ser utilizados para implementar dichas etapas. Ejemplos de medios legibles por ordenador incluyen una memoria de acceso aleatorio ("RAM"), una memoria de solo lectura ("ROM"), una memoria de solo lectura programable ("PROM" – Programmable Read Only Memory, en inglés), una memoria de solo lectura programable borrable eléctricamente ("EPROM" – Erasable Programmable Read Only Memory, en inglés), una memoria de solo lectura programable y

borrable ("EEPROM"—Electrically Erasable Programmable Read Only Memory, en inglés), una memoria de solo lectura de disco compacto ("CD-ROM"—Compact Disc Read Only Memory, en inglés) o cualquier otro dispositivo o componente que sea capaz de proporcionar datos o instrucciones ejecutables a las que pueda acceder un sistema de procesamiento.

5 Los métodos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la captura y transmisión de información de ubicación de un convertidor de potencia. La información de ubicación se combina con datos que representan la capacidad de conversión de potencia y la potencia real convertida, y es transmitida a un sistema de supervisión. El sistema de supervisión agrega datos de múltiples convertidores de potencia, o datos de, al menos, un convertidor de energía y datos de, al menos, otro activo de la red que proporciona información de tensión, potencia y/o ángulo de fase con marca de tiempo, combina esa inteligencia con un mapa de la red y utiliza la información para administrar el equilibrio y la estabilidad de la potencia instantáneos para una red eléctrica.

10 Los métodos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la gestión de una red distribuida de sistemas de transmisión y generación de potencia, que incluyen, al menos, un convertidor de potencia y un EMS. El convertidor de potencia puede conectar un sistema de generación de potencia, un sistema de control de la transmisión y/o un sistema de utilización de potencia a la red eléctrica. El EMS puede controlar otros activos de generación, transmisión y utilización de potencia que no estén conectados a la red eléctrica a través de un convertidor de potencia, por ejemplo, un IED. El convertidor de potencia está acoplado en un primer punto de interconexión (POI) a una red eléctrica. El EMS gestiona el flujo de potencia y la estabilidad de la red para una zona de regulación específica que también incluye el primer PDI. El EMS utiliza diversas señales para la gestión de la red eléctrica. El método incluye recibir una primera señal de potencia, una primera señal de ubicación e información de ángulo de fase del primer convertidor de potencia, recibir, al menos, una segunda señal de potencia, una segunda señal de ubicación e información de ángulo de fase de otro activo dentro de la zona de regulación, y controlar el funcionamiento de, al menos, uno del convertidor de potencia y los activos conectados al EMS basándose, al menos parcialmente, en cualquier combinación de la primera señal de potencia, la primera señal de ubicación, la primera información del ángulo de fase, la segunda señal de potencia, la segunda señal de ubicación, y la segunda información de ángulo de fase.

15 Además, los métodos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la gestión de un sistema de generación de potencia que tiene un control limitado sobre la fuente de potencia, por ejemplo, pero no limitado a, sistemas de generación de potencia solar, eólica o mareomotriz. La información de ubicación geográfica y la información de producción de potencia se utilizan para predecir y controlar un equilibrio de la potencia en una red distribuida de servicios públicos y un perfil de tensión en la zona de regulación.

20 Las realizaciones descritas anteriormente facilitan el funcionamiento eficiente y rentable de una red distribuida de sistemas de conversión de potencia. El sistema de control descrito en el presente documento controla el funcionamiento de una pluralidad de convertidores de potencia distribuidos en base a la información recogida y agregada en un dispositivo central de procesamiento.

25 35 Realizaciones a modo de ejemplo de una red distribuida de sistemas de conversión de potencia han sido descritos anteriormente en detalle. Los métodos y sistemas no están limitados a las realizaciones específicas descritas en el presente documento, sino que los componentes de los sistemas y/o las etapas de los métodos se pueden utilizar de manera independiente y separada de otros componentes y/o etapas descritos en el presente documento.

30 40 Aunque se pueden mostrar características específicas de diversas realizaciones de la invención en algunos dibujos y no en otros, esto es solo por conveniencia. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede estar referenciada y/o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

45 45 Esta descripción escrita utiliza ejemplos para dar a conocer la invención, incluido el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluida la fabricación y la utilización de cualquier dispositivo o sistema y la realización de cualquier método incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Dichos ejemplos adicionales pretenden estar dentro del alcance de las reivindicaciones si tienen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de conversión de potencia (20) que comprende:
un primer convertidor de potencia (42), acoplado a una red eléctrica (26) en un primer punto de interconexión (POI) (30);
 5 un primer dispositivo de procesamiento (62), acoplado al primer convertidor de potencia, y configurado para controlar el funcionamiento del primer convertidor de potencia; y
 un primer receptor (64) del sistema de posicionamiento global (GPS), acoplado al primer dispositivo de procesamiento, y configurado para recibir información de ubicación correspondiente a una ubicación del primer convertidor de potencia e información temporal correspondiente a un tiempo en la ubicación;
 10 un primer dispositivo de medición de potencia (94), acoplado al primer dispositivo de procesamiento y configurado para recoger datos asociados con la salida de potencia del primer convertidor de potencia;
 caracterizado por,
 un dispositivo central de procesamiento (28), acoplado comunicativamente al primer dispositivo de procesamiento (62), en el que el primer dispositivo de procesamiento (62) está configurado para limitar el funcionamiento del primer convertidor de potencia (42) para dar salida a una primera potencia de CA y transmitir al dispositivo central de procesamiento (28) una primera señal de potencia reducida.
 15 2. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, un dispositivo de memoria (88), acoplado al primer dispositivo de procesamiento (62), y configurado para almacenar, al menos, una de las instrucciones de funcionamiento dependientes de la ubicación y las instrucciones de funcionamiento dependientes del tiempo.
 20 3. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer dispositivo de procesamiento (62) recibe información de ubicación del primer receptor de GPS (64), accede a las instrucciones de funcionamiento dependientes de la ubicación almacenadas en el dispositivo de memoria (88), y genera una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento del primer convertidor de potencia (42) basándose, al menos parcialmente, en, al menos, uno de la ubicación del primer convertidor de potencia y el tiempo en la ubicación.
 25 4. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer receptor de GPS (64) está, al menos, acoplado e incluido dentro del primer convertidor de potencia (42).
 30 5. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, estando, además, el dispositivo de procesamiento central (28) acoplado comunicativamente a un segundo dispositivo de procesamiento (70) asociado con un segundo sistema de conversión de potencia (22), comprendiendo el segundo sistema de conversión de potencia:
 un segundo convertidor de potencia (46), acoplado a la red eléctrica (26) en un segundo POI (32);
 35 un segundo dispositivo de procesamiento (70), acoplado al segundo convertidor de potencia, y configurado para controlar el funcionamiento del segundo convertidor de potencia;
 un segundo dispositivo de medición de potencia (96), acoplado al segundo dispositivo de procesamiento, y configurado para recoger datos asociados con la salida de potencia mediante el segundo convertidor de potencia; y
 un segundo receptor de GPS (72), acoplado al segundo dispositivo de procesamiento, y configurado para recibir información de ubicación correspondiente a una ubicación del segundo convertidor de potencia e información temporal correspondiente a un tiempo en la ubicación.
 40 6. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer dispositivo de medición de potencia (94) comprende una primera unidad de medición fasorial (PMU), y el segundo dispositivo de medición de potencia (96) comprende una segunda PMU, estando configuradas la primera PMU y la segunda PMU para medir un fasor en el primer POI (30) y el segundo POI (32), respectivamente.
 45 7. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer dispositivo de procesamiento (62) ensambla una primera señal fasorial sincronizada asignando una marca de tiempo basada en información temporal del primer receptor de GPS (64) a un fasor medido por la primera PMU, y el segundo dispositivo de procesamiento (70) ensambla una segunda señal fasorial sincronizada asignando una marca de tiempo basada en información temporal del segundo receptor de GPS (72) a un fasor medido por la segunda PMU.
 50 8. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo central de procesamiento (28) está configurado para recibir la primera señal fasorial sincronizada y la segunda señal

fasorial sincronizada, y para generar una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia (42) y el segundo convertidor de potencia (46) basándose, al menos parcialmente, en la primera señal fasorial sincronizada y la segunda señal fasorial sincronizada.

9. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el primer dispositivo de procesamiento (62) está configurado, además, para:

determinar una potencia de salida potencial correspondiente a una potencia que se podría producir si no se redujera el primer convertidor de potencia; y

determinar una primera potencia limitada en función de la primera potencia de CA y de la potencia de salida potencial, en el que la primera señal de potencia reducida corresponde a la primera potencia reducida.

10 10. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el dispositivo central de procesamiento (28) está configurado para generar una señal de funcionamiento para controlar el funcionamiento de, al menos, uno de entre un disyuntor, un cambiador de tomas y un banco de condensadores incluido en la red eléctrica (26) basándose, al menos parcialmente, en, al menos, una de la información de ubicación y la información temporal proporcionada por, al menos, uno del primer receptor de GPS (64) y el segundo receptor de GPS (72).

11. Un sistema de conversión de potencia (20) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende, además, un primer aparato de recogida (40) acoplado al primer convertidor de potencia (42), y en el que el primer dispositivo de procesamiento (62) está configurado para controlar una carga eléctrica que el primer convertidor de potencia (42) presenta al primer aparato de recogida (40).

20 12. Un método (152) para gestionar una red distribuida de sistemas de conversión de potencia (20, 22), incluyendo la red distribuida de sistemas de conversión de potencia (20) un primer sistema de conversión de potencia (20) y un segundo sistema de conversión de potencia (22), incluyendo el primer sistema de conversión de potencia (20) un primer convertidor de potencia (42) acoplado en un primer punto de interconexión (POI) (30) a una red eléctrica (26), e incluyendo el segundo sistema de conversión de potencia (22) un segundo convertidor de potencia (46) acoplado en un segundo POI (32) a la red eléctrica (26), comprendiendo dicho método:

recibir (154), en un dispositivo central de procesamiento (28), una primera señal de potencia del primer convertidor de potencia (42), comprendiendo la primera señal de potencia, al menos, una de una primera señal de conversión de potencia real, una primera señal de potencia de salida potencial, y una primera señal de potencia reducida;

30 recibir (154), en el dispositivo central de procesamiento (28), una primera señal de ubicación del primer convertidor de potencia (42);

recibir (156), en el dispositivo central de procesamiento (28), una segunda señal de potencia y una segunda señal de ubicación del segundo convertidor de potencia (46); y

35 controlar el funcionamiento (158) de, al menos, un dispositivo incluido en la red distribuida basándose, al menos parcialmente, en la primera señal de potencia, la primera señal de ubicación, la segunda señal de potencia y la segunda señal de ubicación.

13. Un método (152) de acuerdo con la reivindicación 12, que comprende, además, recibir, en, al menos, un dispositivo, información que comprende, al menos, una de una potencia real producida por un primer sistema de conversión de potencia (20), una potencia potencial disponible en el primer sistema de conversión de potencia (20), una tensión, una corriente y un ángulo de fase en un primer punto de interconexión del, al menos, un dispositivo.

40 14. Un método (152) de acuerdo con la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en el que controlar el funcionamiento de, al menos, un dispositivo incluido dentro de la red distribuida comprende controlar el funcionamiento de, al menos, uno del primer convertidor de potencia (42), el segundo convertidor de potencia (46), un disyuntor, un cambiador de tomas y un banco de condensadores.

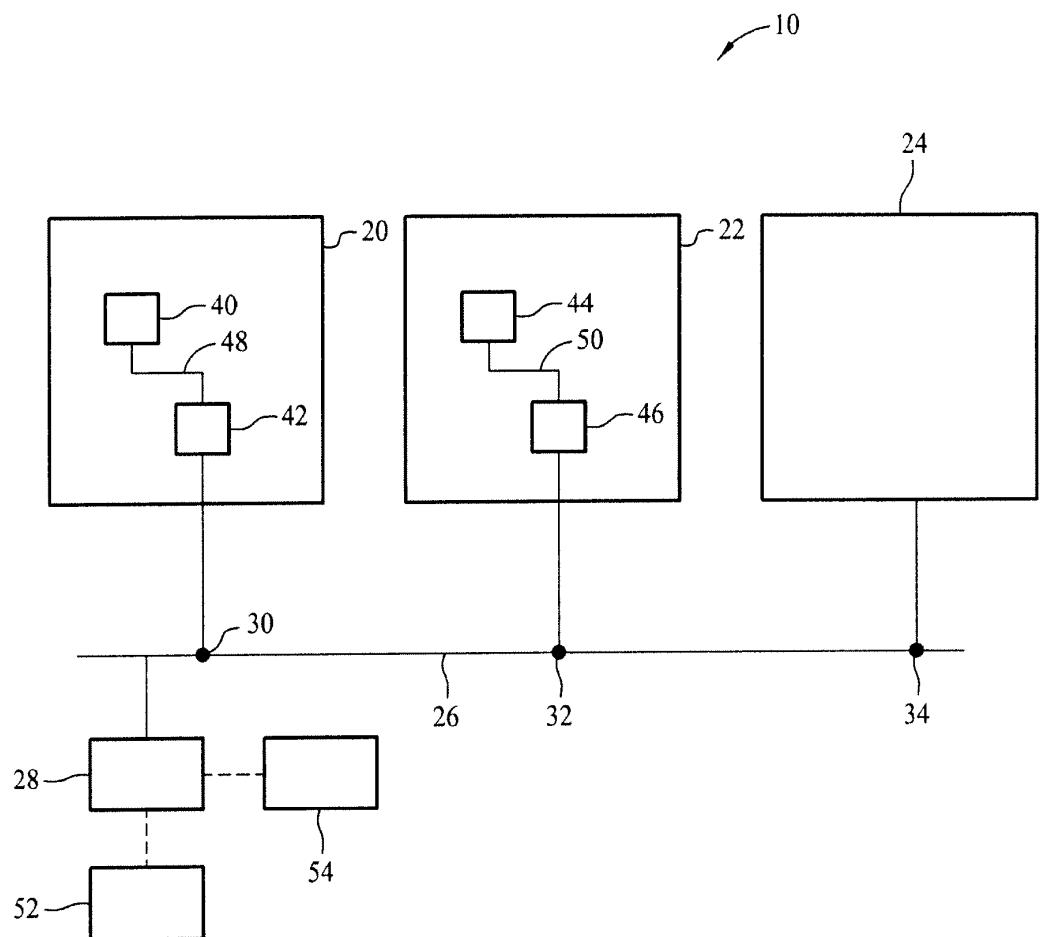


FIG. 1

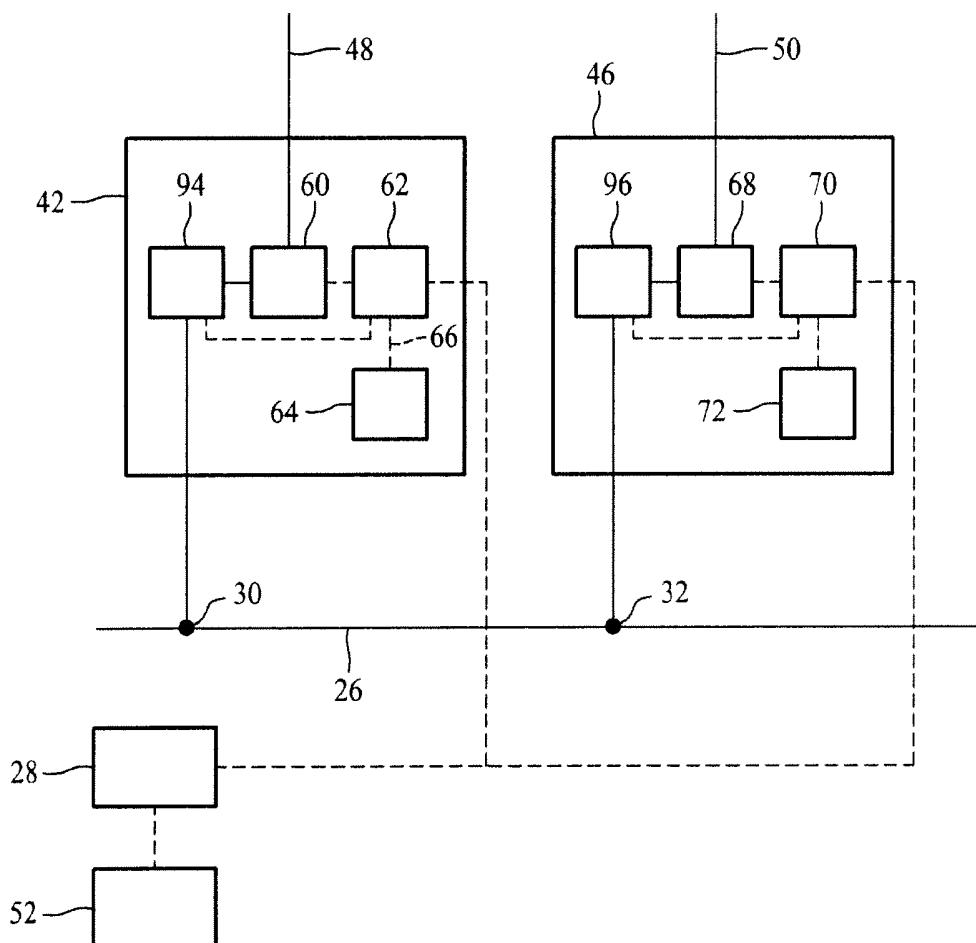


FIG. 2

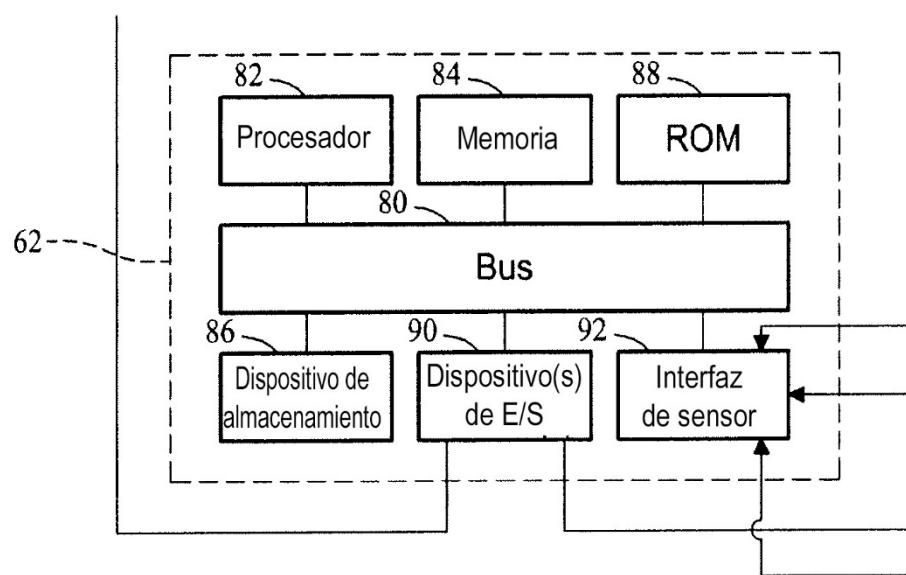


FIG. 3

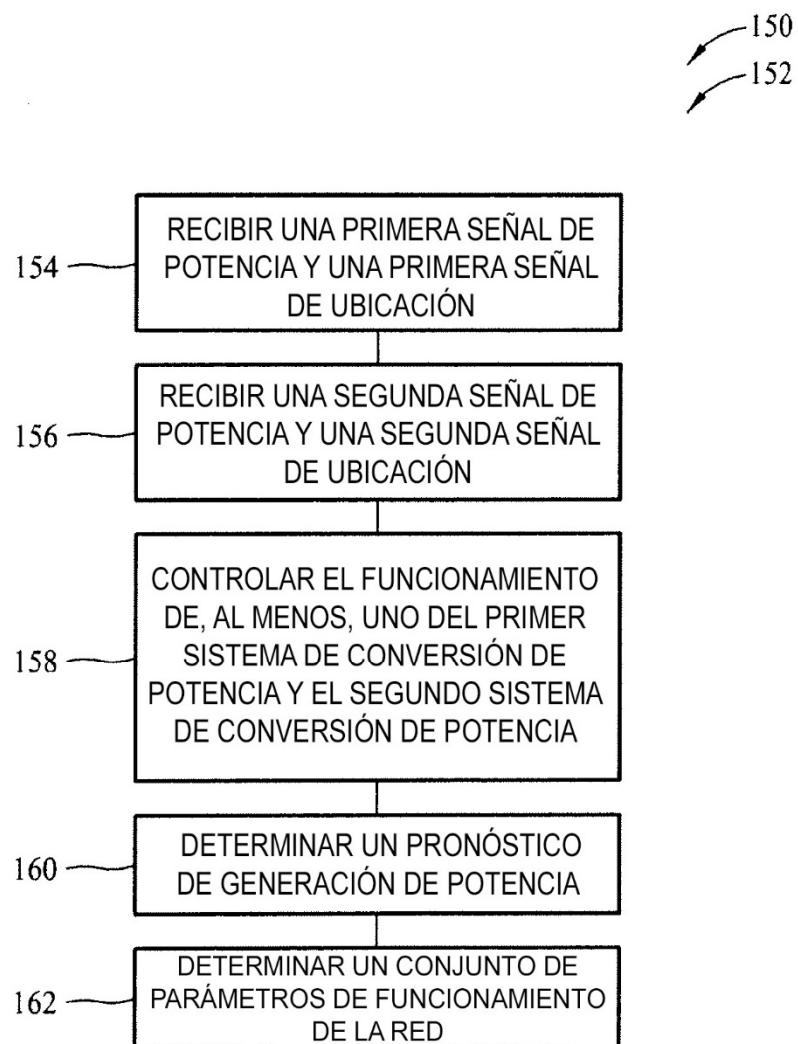


FIG. 4