

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 626 836**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/36**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.07.2012 PCT/US2012/046996**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.01.2013 WO13012831**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.07.2012 E 12815425 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.03.2017 EP 2735070**

54 Título: **Método y aparato para controlar un sistema de potencia híbrido**

30 Prioridad:

**19.07.2011 US 201113185862**

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

**26.07.2017**

73 Titular/es:

**ENSYNC, INC. (100.0%)  
N93 W14475 Whittaker Way  
Menomonee Falls, WI 53051, US**

72 Inventor/es:

**DENNIS, KEVIN;  
RAASCH, MICHAEL y  
VANG, DER**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 626 836 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**

Método y aparato para controlar un sistema de potencia híbrido

## 5 Antecedentes de la invención

## 1. Campo de la invención

10 La invención se refiere a un sistema de control de un sistema de potencia híbrido. Específicamente, la presente invención gestiona la transferencia de energía y el flujo de potencia entre una o más fuentes de generación de potencia, dispositivos de almacenamiento, cargas, la red de suministro eléctrico, un sistema de potencia aislado de la red, o una combinación de los mismos, estando cada uno de los cuales acoplado a una barra colectora de CC común.

## 15 2. Análisis de la técnica relacionada

En los últimos años, el aumento de la demanda de energía y el aumento de las preocupaciones acerca del suministro de combustibles fósiles, y su correspondiente contaminación, han llevado a un mayor interés en las fuentes de energía renovables. Dos de las fuentes de energía renovables más comunes y mejor desarrolladas son la energía fotovoltaica y la energía eólica. Otras fuentes de energía renovables pueden incluir celdas de combustible, energía hidroeléctrica, energía mareomotriz y generadores de biomasa o de biocombustible. Sin embargo, el uso de fuentes de energía renovables para generar energía eléctrica presenta una serie de nuevos desafíos.

25 Uno de los mayores desafíos para conectar fuentes de energía renovables a redes de CA existentes, tanto si es la red de suministro eléctrico como un sistema aislado de la red, es que las fuentes de energía renovables a menudo proporcionan un suministro variable de energía. El suministro puede variar, por ejemplo, de acuerdo con la cantidad de viento, la nubosidad, o la hora del día. Además, las diferentes fuentes de energía proporcionan diferentes tipos de energía eléctrica. Una turbina eólica, por ejemplo, resulta más adecuada para proporcionar energía de corriente alterna (CA) con tensión y frecuencia variables, mientras que una célula fotovoltaica resulta más adecuada para proporcionar energía de corriente continua (CC). Como resultado, la combinación de múltiples fuentes de energía renovables con otros sistemas de generación, tales como la red de suministro eléctrico, micro turbinas y generadores independientes, o celdas de combustible en un único sistema con una salida de CA y/o de CC requiere integrar cada una de estas diferentes fuentes de energía.

35 La naturaleza variable de la energía suministrada por algunas fuentes renovables también puede hacer que resulte deseable integrar un dispositivo de almacenamiento de energía en el sistema de potencia. El dispositivo de almacenamiento de energía puede cargarse durante los períodos de pico de producción mediante la fuente renovable o, alternativamente, mediante la red de suministro eléctrico u otra fuente de generación. El dispositivo de almacenamiento de energía puede suministrar entonces la energía almacenada para complementar la fuente renovable, cuando la fuente renovable esté generando menos energía de la requerida por las cargas en un sistema.

45 Los intentos anteriores para integrar múltiples fuentes de energía renovables normalmente han precisado conectar individualmente cada fuente de energía, así como el dispositivo de almacenamiento a una red eléctrica, pudiendo ser la red una red aislada o la red de suministro eléctrico. Cada fabricante de una fuente de generación, por ejemplo la turbina eólica o el conjunto fotovoltaico, o carga, proporciona un convertidor de potencia para conectar la fuente o la carga a la red. Este acercamiento normalmente da lugar a una doble conversión de potencia poco deseable, al convertir primero la fuente de generación a una tensión de CA compatible con la red de servicio, y luego de nuevo a una tensión compatible con el dispositivo de almacenamiento.

50 Adicionalmente, los intentos de integrar múltiples fuentes normalmente requieren un controlador de alto nivel que gestione el flujo de energía para cada uno de los dispositivos. El controlador deberá gestionar múltiples protocolos de comunicaciones, y coordinar el control de potencia activa y reactiva entre los diferentes dispositivos. Por ejemplo, múltiples fuentes de CA que funcionen en paralelo en un sistema independiente de la red eléctrica normalmente requerirán conmutadores de transferencia, y un esquema de control para seleccionar fuentes de generación deseadas, sincronizar las salidas, y/o equilibrar las cargas. Tales sistemas de integración normalmente requieren un software complejo, a medida para cada sistema. Añadir al sistema otras fuentes de generación o cargas requiere la subsiguiente modificación del software de integración y el hardware de conexión. Por consiguiente, este complejo esquema de control limita la flexibilidad de la integración de futuras fuentes de generación, u otras modificaciones, en un sistema de potencia.

60 La solicitud de patente de Estados Unidos US 2010/181837, que se considera representativa de la técnica anterior más cercana, describe un sistema en el que las fuentes de generación de potencia están conectadas a una barra colectora de CC común, a través de un convertidor, y un dispositivo de almacenamiento de CC está conectado a la barra colectora a través de un regulador de potencia.

65

La Solicitud de Patente Japonesa JP2003-339118 describe un sistema de suministro de potencia distribuida, que comprende varias unidades de generación de potencia conectadas mutuamente a través de una barra colectora de CC.

## 5 Breve descripción de la invención

Consistentemente con lo anterior y de acuerdo con la invención de acuerdo con se realiza y describe ampliamente en el presente documento, se describe un sistema de acuerdo con lo definido en las reivindicaciones adjuntas.

10 La presente invención proporciona un método simplificado de control de potencia y energía entre las diversas fuentes y cargas de un sistema de potencia. Cada una de las fuentes de generación de potencia están conectadas a una barra colectora de CC común, a través de un convertor. El convertor puede suministrar selectivamente una máxima transferencia de energía a la barra colectora de CC, o transferir energía a una tasa reducida de acuerdo con el nivel de la tensión de CC presente en la barra colectora de CC. Preferentemente, al menos un dispositivo de almacenamiento está conectado a la barra colectora de CC común, a través de un regulador de potencia. El regulador de potencia transfiere selectivamente energía hacia o desde la barra colectora de CC, como una función del nivel de la tensión de CC presente en la barra colectora de CC. Puede proporcionarse un convertor de CC a CC para suministrar tensión de CC a una carga con un nivel de tensión de CC diferente al nivel de tensión de CC de la barra colectora de CC. Adicionalmente, puede proporcionarse un inversor para convertir la tensión de CC a una tensión de CA, para la carga de un cliente o para la conexión a la red de suministro eléctrico. Cada uno de los dispositivos de conversión de potencia puede proporcionarse en muchas configuraciones, de acuerdo a los requisitos de la aplicación, y controlarse independientemente para proporcionar un sistema de control de potencia modular y simplificado.

25 Se proporciona un dispositivo de conversión de potencia entre cada fuente de generación y una barra colectora de CC común. Cada dispositivo de conversión de potencia transforma la energía eléctrica, generada por la fuente de generación, de acuerdo con un algoritmo de control optimizado para la fuente de generación particular, independiente de otras fuentes o cargas. Por ejemplo, puede utilizarse el seguimiento de un punto de máxima energía (MPP), como se conoce en la técnica, en un convertor conectado a un conjunto fotovoltaico para proporcionar una transferencia máxima de potencia o de energía, desde la fuente de generación hasta la barra colectora de CC común. También se proporcionan un dispositivo de almacenamiento y un regulador de potencia, que conectan el dispositivo de almacenamiento a la barra colectora de CC común. Cuando se está generando un exceso de potencia con respecto a la requerida por las cargas conectadas al sistema, el dispositivo de almacenamiento se carga hasta que alcanza su capacidad máxima. Si la demanda de potencia por parte de las cargas excede la potencia generada en el sistema, el dispositivo de almacenamiento se descarga para satisfacer la demanda adicional. El regulador de potencia monitoriza el nivel de tensión en la barra colectora de CC, como un indicador para determinar si el suministro supera la demanda o si la demanda supera el suministro. Adicionalmente, si el sistema de alimentación incluye una carga de CA independiente de la red, o si está conectado a la red de suministro eléctrico, se proporciona un inversor entre la barra colectora de CC común y el sistema de CA. El controlador del inversor puede proporcionar un flujo de energía bidireccional de tal manera que, cuando la potencia generada supere la potencia demandada, el exceso de energía generada por las fuentes pueda suministrarse a la red eléctrica. Del mismo modo, puede extraerse energía de la red de suministro eléctrico cuando la potencia generada por las fuentes no cumpla con la potencia demandada por el sistema de potencia.

45 Un controlador para un sistema de energía híbrido incluye al menos un convertor de energía. Cada convertor de energía está acoplado eléctricamente a un dispositivo de generación de energía eléctrica. El aparato incluye al menos un dispositivo de almacenamiento de energía. Un regulador de energía está acoplado eléctricamente a los dispositivos de almacenamiento de energía. Una barra colectora de CC está acoplada eléctricamente a cada uno de los convertidores de energía y al regulador de energía. El regulador de energía incluye una primera señal de tensión, que indica el valor de una tensión de CC presente en la barra colectora de CC, y una primera unidad de control que mantiene la tensión de CC dentro de un intervalo prefijado, que tiene un valor establecido bajo de tensión y un valor establecido alto de tensión.

55 El controlador de potencia puede utilizar adicionalmente una señal de tensión indicativa del valor de la tensión de CC presente en la barra colectora de CC, y una segunda unidad de control configurada para desactivar el flujo de potencia desde los dispositivos de generación de energía eléctrica, cuando la tensión de CC alcance un valor máximo predeterminado. Un inversor puede estar acoplado eléctricamente con la barra colectora de CC, para convertir la tensión de CC a una tensión de AC. El inversor puede suministrar potencia a una carga de CA independiente de una red de suministro eléctrico, o en cooperación con la red de suministro eléctrico. La tensión de CA generada desde el inversor puede conectarse a la red de suministro eléctrico, a una carga de CA, o a una combinación de la red de suministro eléctrico y la carga de CA. El inversor puede proporcionar adicionalmente un flujo de potencia bidireccional entre la barra colectora de CC y la red de suministro eléctrico, o una carga de CA. Opcionalmente, pueden proporcionarse varios inversores, que se conecten por separado a una carga de CA y a la red de suministro eléctrico.

65

Los convertidores y reguladores de potencia son modulares. La naturaleza independiente de los dispositivos de conversión de potencia permite añadir o retirar convertidores sin que sea necesario modificar las unidades de control de otros convertidores o del regulador. Por ejemplo, una carga de CC puede estar acoplada a la barra colectora de CC común de manera que el sistema de potencia pueda suministrar potencia a cualquiera de una carga de CC o de CA. La carga de CC puede acoplarse directamente o utilizando un convertidor de CC a CC, si se desea una tensión diferente a la tensión de la barra colectora de CC. Puede acoplarse a la barra colectora de CC común al menos un convertidor de energía adicional, acoplado a un dispositivo de generación de energía eléctrica adicional, sin modificar ninguno de los convertidores de energía existentes o el regulador de energía.

Un sistema de control de potencia para gestionar la transferencia de energía incluye una barra colectora de CC común, una pluralidad de dispositivos de almacenamiento de energía, y una pluralidad de reguladores de energía. Cada regulador de energía tiene una primera conexión, eléctricamente acoplada a al menos uno de los dispositivos de almacenamiento de energía, y una segunda conexión eléctricamente acoplada a la barra colectora de CC común. Cada regulador de energía incluye adicionalmente una pluralidad de conmutadores, una señal de tensión correspondiente a una amplitud de una tensión de CC presente en la barra colectora de CC, un dispositivo de memoria, y un procesador. Cada conmutador se energiza selectivamente de acuerdo con una señal de conmutación, para controlar la transferencia de energía entre la primera y la segunda conexiones. El dispositivo de memoria almacena al menos un programa de control, un valor establecido bajo de tensión y un valor establecido alto de tensión. El procesador ejecuta el programa de control para generar las señales de conmutación, para cada uno de la pluralidad de conmutadores, en función de la señal de tensión, el valor establecido bajo de tensión, y el valor establecido alto de tensión. Si la señal de tensión es mayor que el valor establecido alto de tensión, se transfiere energía desde la barra colectora de CC común a los dispositivos de almacenamiento de energía, y si la señal de tensión es menor que el valor establecido bajo de tensión, se transfiere energía desde los dispositivos de almacenamiento de energía a la barra colectora de CC común.

El sistema de control de potencia puede incluir al menos un primer y un segundo dispositivos de almacenamiento de energía, y al menos un primer y un segundo reguladores de energía correspondientes a cada uno del primer y el segundo dispositivos de almacenamiento de energía, respectivamente. Uno de los valores establecidos bajo y alto de tensión del primer regulador de energía puede ajustarse a un valor diferente al respectivo valor establecido bajo o alto de tensión del segundo regulador de energía. El primer dispositivo de almacenamiento de energía puede tener una construcción diferente a la del segundo dispositivo de almacenamiento de energía, y cada uno de los valores establecidos bajo y alto de tensión, tanto para el primer regulador de energía como para el segundo regulador de energía es una función de la construcción del primer dispositivo de almacenamiento de energía y el segundo dispositivo de almacenamiento de energía, respectivamente.

Un controlador central está en comunicación con cada uno de los reguladores de energía. El controlador central tiene un procesador configurado para ejecutar un programa almacenado, y un dispositivo de memoria que almacena al menos el programa y una copia de cada uno de los valores establecidos de tensión para los reguladores de energía. El controlador central está configurado para ejecutar periódicamente el programa almacenado en el procesador, para intercambiar el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión, de un primer regulador de energía, con el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión de un segundo regulador de energía. El controlador central está configurado adicionalmente para ejecutar periódicamente el programa almacenado en el procesador, para descargar uno o más de los dispositivos de almacenamiento de energía. Se carga un nuevo valor en cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión de un primero de los reguladores de energía, de tal manera que cada uno de los nuevos valores sea mayor que el valor establecido alto de tensión de cada uno de los otros reguladores de energía. El controlador central recibe una señal que corresponde a la descarga del dispositivo de almacenamiento de energía, y restablece el valor de cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del primer regulador de energía a su valor operativo original. Adicionalmente, puede establecerse un programa para descargar periódicamente cada uno de los dispositivos de almacenamiento de energía, de forma rotativa. Así, solo se descarga uno de los dispositivos de almacenamiento de energía, mientras que los dispositivos restantes pueden continuar transfiriendo energía a la barra colectora de CC o desde la misma.

El sistema de control de energía puede incluir adicionalmente al menos un convertidor de energía, que tenga una entrada acoplada eléctricamente a una fuente de generación de energía y una salida acoplada eléctricamente a la barra colectora de CC común. Cada convertidor de energía incluye una pluralidad de conmutadores, una señal de tensión correspondiente a la amplitud de la tensión de CC presente en la barra colectora de CC, un dispositivo de memoria, y un procesador. Cada conmutador se energiza selectivamente de acuerdo con una señal de conmutación, para controlar la transferencia de energía entre la entrada y la salida. El dispositivo de memoria almacena al menos un programa de control y un valor establecido de selección de modo, y el procesador ejecuta el programa de control para generar las señales de conmutación como una función de la señal de tensión y del valor establecido de selección de modo. En el primer modo de funcionamiento, la señal de tensión de CC es menor que el valor establecido de selección de modo, y se transfiere a la barra colectora de CC una cantidad máxima de energía generada por la fuente. En el segundo modo de funcionamiento, la señal de tensión de CC es mayor que el valor establecido de selección de modo, y la energía generada por la fuente se transfiere a la barra colectora de CC a una

velocidad reducida. La velocidad a la que se transfiere la energía a la barra colectora de CC es una función de la diferencia entre la señal de tensión y el valor establecido de selección de modo.

Un método para gestionar la transferencia de energía entre una pluralidad de dispositivos de almacenamiento de energía, conectados por una barra colectora de CC común, incluye conectar una pluralidad de reguladores de energía a la barra colectora de CC común. Cada regulador de energía tiene una primera conexión eléctricamente acoplada a al menos uno de los dispositivos de almacenamiento de energía, y una segunda conexión eléctricamente acoplada a la barra colectora de CC común. Se recibe una señal correspondiente a la amplitud de una tensión de CC presente en la barra colectora de CC común, en un procesador de ejecución en cada regulador de energía, y se compara la señal de tensión de CC con un valor establecido bajo de tensión y un valor establecido alto de tensión almacenados en un dispositivo de memoria del regulador de energía. La energía se transfiere entre cada regulador de energía y la barra colectora de CC independientemente de los demás reguladores de energía. Cada regulador de energía transfiere energía desde la barra colectora de CC común al dispositivo de almacenamiento de energía conectado, si la señal de tensión de CC es mayor que el valor establecido alto de tensión, y desde el dispositivo de almacenamiento de energía conectado a la barra colectora de CC común si la señal de tensión es menor que el valor establecido bajo de tensión.

Un sistema de control de potencia para gestionar la transferencia de energía entre al menos una fuente de energía y al menos una carga incluye una barra colectora de CC común, y al menos un convertor de energía. El convertor de energía incluye una entrada eléctricamente acoplada con una de las fuentes de energía, una salida eléctricamente acoplada con la barra colectora de CC común, y una señal de tensión correspondiente a la amplitud de la tensión presente en la barra colectora de CC común. Cada convertor de energía está configurado para transferir energía desde la fuente de energía hasta la barra colectora de CC común, en función de la señal de tensión. El sistema de control de energía también incluye un inversor, que incluye una primera conexión eléctricamente acoplada a la barra colectora de CC común, una segunda conexión conectada a una red de suministro eléctrico, y una señal de tensión correspondiente a la amplitud de la tensión presente en la barra colectora de CC común. El inversor está configurado para transferir selectivamente energía, de manera bidireccional, entre la barra colectora común de CC y la red de suministro eléctrico como una función de la señal de tensión, un valor establecido alto de tensión, y un valor establecido bajo de tensión.

El sistema de control de potencia puede incluir al menos un dispositivo de almacenamiento de energía, y al menos un regulador de energía. El regulador de energía incluye una primera conexión, eléctricamente acoplada con al menos uno de los dispositivos de almacenamiento de energía, una segunda conexión eléctricamente acoplada con la barra colectora de CC común, y una señal de tensión correspondiente a la amplitud de la tensión presente en la barra colectora de CC común. El regulador de energía está configurado para transferir selectivamente energía, de manera bidireccional, entre la barra colectora de CC común y el dispositivo de almacenamiento de energía como una función de la señal de tensión, un valor establecido bajo de tensión, y un valor establecido alto de tensión. El sistema de control de energía puede incluir también una interfaz central, que almacene una copia de cada uno de los valores establecidos, que tenga una interfaz de usuario para permitir a un operador configurar cada uno de los valores establecidos. La interfaz central incluye un procesador configurado para ejecutar un programa almacenado, para reconfigurar periódicamente al menos uno de los valores establecidos.

Estos y otros objetos, ventajas y características de la invención resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de la descripción detallada, y de los dibujos adjuntos.

Breve descripción de los dibujos

En los dibujos adjuntos se ilustran realizaciones ejemplares preferidas de la invención, en los que los mismos números de referencia representan las mismas partes en todos ellos, y en los que:

- la FIG. 1 es una representación esquemática de una primera realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares;
- la FIG. 2 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares, y que ilustra adicionalmente una conexión a una carga de cliente o red de suministro eléctrico de CA;
- la FIG. 3 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares, y que ilustra adicionalmente una conexión a una carga de cliente de CC con una tensión de CC diferente de la barra colectora de CC;
- la FIG. 4 es una representación esquemática de un convertor ejemplar;
- la FIG. 5 es una representación esquemática de un regulador ejemplar;
- la FIG. 6 es una representación esquemática de un inversor ejemplar;
- la FIG. 7 es un diagrama de flujo del funcionamiento de un convertor;
- la FIG. 8 es un diagrama de flujo del funcionamiento de un regulador;
- la FIG. 9 es una representación esquemática, que ilustra una implementación de bastidor modular;
- la FIG. 10 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares conectadas a una única barra colectora de potencial de CC;

la FIG. 11 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares conectadas a una barra colectora de potencial de CC dividida;  
 la FIG. 12 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares distribuidas a lo largo de la barra colectora de CC;  
 5 la FIG. 13 es una representación esquemática de otra realización, que ilustra fuentes de generación y cargas ejemplares conectadas a una carga y red de suministro eléctrico de CA;  
 la FIG. 14 es una ilustración de valores establecidos de control del convertidor y el regulador durante el funcionamiento, de acuerdo con una realización;  
 la FIG. 15 es una ilustración de valores establecidos de control del convertidor y el regulador durante un ciclo de  
 10 descarga, de acuerdo con la realización de la Fig. 14;  
 la FIG. 16 es una ilustración de valores establecidos de control del convertidor y el regulador, que ilustran el retorno del convertidor de acuerdo con la realización de la Fig. 14;  
 la FIG. 17 es una ilustración de valores establecidos de control del convertidor y el regulador, durante el funcionamiento de acuerdo con otra realización, y  
 15 la FIG. 18 es una ilustración de valores establecidos de control del convertidor y el regulador, durante el funcionamiento de acuerdo con otra realización.

En la descripción de las realizaciones preferidas de la invención, que se ilustran en los dibujos, se recurrirá a terminología específica en pos de la claridad. Sin embargo, no se pretende que la invención esté limitada a los  
 20 términos específicos así seleccionados, y debe comprenderse que cada término específico incluye todos los equivalentes técnicos que funcionen de manera similar para lograr un propósito similar. Por ejemplo, se utilizan a menudo las palabras "conectado/a", "unido/a", o términos similares a las mismas. No se limitan a la conexión directa, sino que incluyen la conexión a través de otros elementos, estando reconocida tal conexión como equivalente por los expertos en la materia.

25 Descripción detallada de las realizaciones preferidas

La presente invención proporciona un sistema de control de un sistema 10 de potencia híbrido. Específicamente, la presente invención administra el flujo de potencia o la transferencia de energía entre una o más fuentes de  
 30 generación de potencia, dispositivos de almacenamiento, cargas, y la red de suministro eléctrico, estando acoplado cada uno de los cuales con una barra colectora 50 de CC común, ya sea directamente o mediante un dispositivo de conversión de potencia.

A lo largo de la presente descripción, se usarán diversos términos para describir los dispositivos de conversión de potencia utilizados para acoplar con la barra colectora 50 de CC común una fuente de generación o carga, incluyendo: un convertidor 20, un regulador 30, y un inversor 60. Con referencia a las Figs. 4-6, cada uno del  
 35 convertidor 20, el regulador 30, y el inversor 60 incluye tanto una señal 26, 36, 66 de tensión como una unidad de control 25, 35, 65. La señal 26, 36, 66 de tensión indica el nivel de tensión presente en la barra colectora 50 de CC, y puede generarse mediante sensores de tensión individuales situados dentro de cada dispositivo de conversión de potencia, un sensor de tensión individual que proporcione la señal a múltiples dispositivos de conversión de potencia, o una combinación de sensores de tensión que proporcionen una señal a dispositivos de conversión de potencia individuales y a múltiples dispositivos de conversión de potencia. La unidad de control 25, 35, 65 de cada dispositivo de conversión de potencia incluye preferentemente una sección de conversión de potencia, que consta de uno o más dispositivos electrónicos 28, 38, 68 de potencia, un procesador 22, 32, 62 que puede ejecutar un programa para enviar señales de control a los dispositivos electrónicos 28, 38, 68 de potencia, y una memoria 24, 34, 64 para almacenar el programa que puede ejecutarse en el procesador 22, 32, 62. El programa en ejecución en el procesador 22, 32, 62 lee la señal 26, 36, 66 de tensión. El programa emite señales de control a los dispositivos electrónicos 28, 38, 68 de potencia para regular el flujo de potencia a través del dispositivo, como se describe en más detalle a continuación. Alternativamente, la unidad de control 25, 35, 65 puede estar compuesta únicamente por los dispositivos electrónicos 28, 38, 68 de potencia y controlar un hardware conectado directamente a la señal 26, 36, 66 de tensión, para regular el flujo de potencia a través del dispositivo. Por ejemplo, puede utilizarse un convertidor elevador, como se conoce en la técnica, para convertir un primer nivel de tensión de CC a un segundo nivel superior de tensión de CC.

55 Con referencia a la Fig. 1, se ilustra una primera realización del sistema 10 de potencia híbrido. El sistema 10 de potencia incluye al menos un convertidor 20, estando conectado cada convertidor 20 a una fuente de generación. El sistema 10 de potencia incluye adicionalmente al menos un regulador 30, estando conectado cada regulador 30 con al menos un dispositivo de almacenamiento 40. Una barra colectora 50 de CC común enlaza entre sí cada uno de los convertidores 20 y los reguladores 30.

60 Cada convertidor 20 está eléctricamente acoplado entre una fuente de generación y la barra colectora 50 de CC común. La fuente de generación puede ser de cualquier tipo conocido en la técnica, incluyendo, pero sin limitación, fuentes de generación eólicas, fotovoltaicas, hidroeléctricas, celdas de combustible, maremotrices, o de biocombustible o de biomasa. Cada una de estas fuentes genera potencia que se emite como una tensión de CA o de CC, con una amplitud adecuada para el tipo de fuente de generación. La tensión emitida desde la fuente de generación se proporciona como una tensión de entrada a la electrónica 28 de potencia del convertidor 20. La  
 65

electrónica 28 de potencia está configurada para convertir la tensión de la fuente a un nivel de tensión de CC deseado, como una tensión de salida a la barra colectora 50 de CC. Por ejemplo, el nivel de tensión de CC deseado puede ser 650 voltios si el sistema de potencia está conectado a una red de suministro eléctrico de 460 voltios. Alternativamente, el nivel de tensión de CC puede ser cualquier tensión de CC deseada, tal como 48 voltios, que pueda requerir una carga específica de CC. El nivel de tensión de CC puede variar dentro de un intervalo preestablecido, y seleccionarse para que proporcione una conversión de energía óptima entre una fuente de generación y la barra colectora 50 de CC.

Con referencia también a las Figs. 10 y 11, la barra colectora 50 de CC común puede ser una barra colectora de CC un único nivel o bien de múltiples niveles. Una barra colectora de un solo nivel incluye un primer carril 52 de CC y un segundo carril 54 de CC. Cada carril de CC puede ser, pero no se limita a, un solo terminal, múltiples terminales conectados por conductores eléctricos adecuados, o una barra colectora. La barra colectora de un solo nivel establece un potencial de tensión entre el primer y segundo carriles 52 y 54 de CC, respectivamente. Una barra colectora de CC de múltiples niveles incluye el primer y segundo carriles 52 y 54 de CC, respectivamente, e incluye adicionalmente al menos un tercer carril 56 de CC. La barra colectora de CC de múltiples niveles establece al menos dos potenciales de tensión diferentes entre los carriles de CC. Por ejemplo, una barra colectora de CC de múltiples niveles puede incluir un primer carril 52 de CC con un potencial de tensión positiva, tal como 325 voltios, un segundo carril 54 de CC con un potencial de tensión neutra, y un tercer carril 56 de CC con un potencial de tensión negativa, tal como -325 voltios. El potencial neto de tensión entre el primer y tercer carriles 52 y 56 de CC, respectivamente, es dos veces el potencial de tensión, o 650 voltios, como el potencial entre cualquiera del primer o tercer carriles 52 y 56 de CC, respectivamente, y el segundo carril 54 de CC neutral. Por lo tanto, existen tres potenciales de tensión diferentes en la barra colectora 50 de CC ilustrada en la Fig. 11. Como se ilustra adicionalmente en la Fig. 11, cada uno del convertidor 20, el regulador 30, y el inversor 60 puede conectarse a cualquiera de los tres potenciales de tensión de acuerdo con los requisitos de la fuente, el dispositivo de almacenamiento 40, o la carga conectados al respectivo dispositivo de conversión de potencia.

Cada regulador 30 está eléctricamente acoplado entre al menos un dispositivo de almacenamiento 40 y la barra colectora 50 de CC común. El sistema 10 de potencia híbrido puede incluir uno o más dispositivos de almacenamiento 40, de acuerdo con los requisitos de la aplicación. El dispositivo de almacenamiento 40 almacena energía, y puede proporcionar una tensión de CC o de CA. Por ejemplo, el dispositivo de almacenamiento 40 puede ser, pero no se limita a, una batería, una celda de combustible, una batería de flujo, o un volante de inercia. Se contempla que cada dispositivo de almacenamiento 40 pueda estar compuesto ya sea por un solo dispositivo o por múltiples dispositivos, conectados en serie, en paralelo, o por una combinación de los mismos como se conoce en la técnica. La electrónica 38 de potencia de cada regulador 30 está configurada para permitir el flujo bidireccional de potencia entre la barra colectora 50 de CC y el dispositivo de almacenamiento 40. La barra colectora 50 de CC funciona a un primer nivel de tensión de CC, y el dispositivo de almacenamiento 40 funciona a un segundo nivel de tensión de CC. Alternativamente, la barra colectora 50 de CC y el dispositivo 40 de almacenamiento pueden operar al mismo nivel de tensión de CC.

Con referencia a las Figs. 2 y 3, el sistema 10 de potencia híbrido puede incluir adicionalmente un dispositivo de conversión de potencia de salida, por ejemplo un inversor 60 u otro convertidor 45 de CC a CC. Con referencia también a la Fig. 10-13, el inversor 60 puede estar acoplado eléctricamente entre la barra colectora 50 de CC y una conexión eléctrica 69 a la red de suministro eléctrico, una carga de CA, o tanto a una carga de CA y a la red de suministro eléctrico. La electrónica 68 de potencia de cada inversor 60 puede estar configurada para permitir el flujo bidireccional de potencia entre la barra colectora 50 de CC y la carga de CA, o la red de suministro eléctrico. El flujo de potencia bidireccional permite que la red de suministro eléctrico, cuando está conectada, suministre potencia a la barra colectora 50 de CC, complementando la potencia proporcionada por las fuentes de generación en caso de que la demanda, de las cargas conectadas al sistema de potencia, exceda la energía suministrada por las fuentes de generación. El convertidor 45 de CC a CC está eléctricamente acoplado entre la barra colectora 50 de CC y una carga de CC que opere a un nivel de tensión diferente de la tensión en la barra colectora 50 de CC. Se contempla que puedan conectarse al sistema cualquier número y combinación de cargas, de manera que una carga pueda conectarse a la barra colectora 50 de CC ya sea directamente, a través del inversor 60, a través del convertidor 45 de CC a CC, o a través de cualquier combinación o múltiplo de los mismos.

Con referencia a la Fig. 13, puede incluirse un conmutador 70 de desconexión de la red de suministro eléctrico, para desconectar el sistema 10 de potencia híbrido de la red de suministro eléctrico, por ejemplo durante un corte de potencia, y para permitir que el sistema 10 de potencia híbrido continúe operando en modo autónomo. Uno o más sensores pueden monitorizar el funcionamiento de la red de suministro eléctrico, y proporcionar al convertidor 60 una señal 67 que corresponda al estado de la red de suministro eléctrico. La señal 67 puede corresponder, por ejemplo, a la tensión en una o más fases de la red de suministro eléctrico. La monitorización de la señal 67 de entrada procedente de la red de suministro eléctrico permite al inversor controlar la señal 71 de salida en un primer estado, encendido o apagado, si se pierde la tensión de la red de suministro eléctrico o si la misma es inestable, y controlar la señal 71 de salida en el otro estado, apagado o encendido, cuando la potencia haya regresado y se haya estabilizado en la red de suministro eléctrico. Al conectarse a la red de suministro eléctrico, el inversor 60 sincroniza gradualmente la tensión en la conexión eléctrica 69 con una carga que tenga la magnitud y la frecuencia de tensión

presentes en la red de suministro eléctrico, y controla la señal 71 para cerrar el conmutador 70 de desconexión una vez que está sincronizada con la red de suministro eléctrico.

En funcionamiento, cada uno de los dispositivos de conversión de potencia está configurado para operar independientemente de un controlador de nivel de sistema. De acuerdo con una realización, cada uno de los convertidores 20, los reguladores 30, e inversores 60 regulan la transferencia de energía entre la barra colectora 50 de CC común y la fuente, dispositivo de almacenamiento 40, o la carga a la que estén conectados, como una función de la amplitud de la tensión presente en la barra colectora 50 de CC y de uno o más valores establecidos, almacenados en la memoria.

De acuerdo con una realización pueden utilizarse una serie de valores establecidos, como se ilustra en la Fig. 14, en cooperación con uno de los sistemas 10 ilustrados en las Figs. 11-13. El sistema 10 de potencia incluye al menos una fuente de energía conectada a la barra colectora 50 de CC, a través de un convertidor 20, al menos dos dispositivos 40 de almacenamiento de energía conectados a la barra colectora 50 de CC a través de unos reguladores 30 separados, y una carga que recibe energía desde la barra colectora 50 de CC y/o la red de suministro eléctrico. Un valor establecido 302 de referencia define un nivel de tensión deseado para la barra colectora 50 de CC. Cada uno de los reguladores 30 incluye un valor establecido bajo 306 o 316 de tensión, y un valor establecido alto 308 o 318 de tensión, que definen una banda 304 o 314 aceptable para el nivel de tensión. Si la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC se mantiene dentro de esta banda, el regulador 30 no transfiere energía hacia la barra colectora 50 de CC o desde la misma. Uno de los reguladores 30 incluye un primer valor establecido bajo 306 de tensión y un primer valor establecido alto 308 de tensión, que definen una primera banda 304 de tensión. Otro de los reguladores 30 incluye un segundo valor establecido bajo 316 de tensión y un segundo valor establecido alto 318 de tensión, que define una segunda banda 314 de tensión.

Cada uno de los reguladores 30 se ejecuta independientemente de los otros reguladores 30, para mantener el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC en el valor establecido 302 de referencia. Con referencia también a la Fig. 8, cada regulador 30 controla el nivel de carga en el correspondiente dispositivo 40 de almacenamiento, en la etapa 202. En la etapa 204, el regulador 30 determina si el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente cargado. Si el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente cargado, no podrá aceptar más energía desde la barra colectora 50 de CC. Si el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC supera el valor establecido alto de tensión mientras el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente cargado, se deshabilita la electrónica 38 de potencia para evitar el flujo de potencia adicional al dispositivo 40 de almacenamiento, como se ilustra en las etapas 206, 208 y 210. Sin embargo, si el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC es menor que el valor establecido alto de tensión y el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente cargado, se habilita la electrónica 38 de potencia para permitir la transferencia de energía desde el dispositivo 40 de almacenamiento a la barra colectora 50 de CC, de acuerdo con se requiera, como se muestra en las etapas 208, 212, y 214.

Si el dispositivo 40 de almacenamiento no está completamente cargado, el regulador 30 determina si el dispositivo 40 de almacenamiento está totalmente descargado, en la etapa 216. Si el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC cae por debajo del valor establecido bajo de tensión, mientras el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente descargado, se deshabilita la electrónica 38 de potencia porque el dispositivo 40 de almacenamiento no puede suministrar energía a la barra colectora 50 de CC, como se ilustra en las etapas 218, 220 y 222. Sin embargo, si el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC es mayor que el valor establecido bajo de tensión y el dispositivo 40 de almacenamiento está completamente descargado, se habilita la electrónica 38 de potencia para permitir la transferencia de energía desde la barra colectora 50 de CC, de acuerdo con se requiera, como se muestra en las etapas 220, 212, y 214.

Si el dispositivo 40 de almacenamiento no está completamente cargado ni completamente descargado, se habilita el regulador 30 para gestionar la transferencia de energía entre el dispositivo 40 de almacenamiento y la barra colectora 50 de CC, como se muestra en las etapas 212 y 214. Cada regulador 30 se ejecuta para mantener el nivel de tensión de CC dentro de la banda de tensión almacenada en la memoria 34, como una función de la señal 36 de tensión de barra colectora de CC. Con referencia de nuevo a la Fig. 14, un primer regulador 30 tiene una primera banda 304 de tensión, y un segundo regulador 30 tiene una segunda banda 314 de tensión. Si la señal 36 de tensión de barra colectora de CC se eleva por encima del valor establecido alto 308 o 318 de tensión, de uno de los reguladores 30, y si el correspondiente dispositivo 40 de almacenamiento de energía cuenta con capacidad, se ejecuta el regulador 30 para transferir energía desde la barra colectora 50 de CC común hasta el correspondiente dispositivo 40 de almacenamiento de energía. Si la señal 36 de tensión de barra colectora de CC cae por debajo del valor establecido bajo 306 o 316 de tensión, de uno de los reguladores 30, y si el correspondiente dispositivo 40 de almacenamiento de energía cuenta con energía almacenada, se ejecuta el regulador 30 para transferir energía desde el dispositivo 40 de almacenamiento de energía hasta la barra colectora 50 de CC común. Al ajustar el tamaño de una de las bandas 304 o 314 de tensión a un tamaño mayor que el tamaño de la otra banda 304 o 314 de tensión, el sistema 10 de potencia trata de mantener la amplitud de la tensión de la barra colectora de CC dentro de la primera banda 304 de tensión, utilizando el primer regulador 30 y su dispositivo 40 de almacenamiento asociado. Si la energía generada por las fuentes, o extraída por las cargas, excede la capacidad del primer dispositivo 40 de almacenamiento, entonces se utilizarán el segundo regulador 30 y su dispositivo 40 de almacenamiento de energía asociado. Ajustar las bandas 304 y 314 de tensión de esta manera permite, por ejemplo, utilizar dispositivos 40 de



almacenamiento de energía que tengan diferentes ciclos de carga/descarga o para dispositivos 40 de almacenamiento de energía idénticos, las diferentes bandas pueden garantizar el uso de un dispositivo 40 de almacenamiento de energía específico. Ajustar periódicamente las bandas 304 y 314 de tensión puede variar el dispositivo 40 de almacenamiento primario y secundario.

5 Las etapas de la Fig. 8 se repiten de manera que el regulador 30 pueda monitorizar continuamente la tensión en la barra colectora 50 de CC, y responder adecuadamente. De esta manera, el regulador 30 y el dispositivo 40 de almacenamiento operan para regular la amplitud de la barra colectora 50 de CC, dentro de una banda deseada. Preferentemente, el dispositivo 40 de almacenamiento está dimensionado de tal manera que permanezca generalmente en un estado parcialmente cargado, recibiendo energía desde la barra colectora 50 de CC cuando la energía generada supere las demandas de las cargas, y suministrando energía a la barra colectora 50 de CC cuando las carga soliciten más energía de la proporcionada por las fuentes de generación.

15 Cada convertidor 20 opera independientemente de los otros convertidores 20 y los reguladores 30, para suministrar potencia a la barra colectora 50 de CC. Con referencia a las Figs. 7 y 16, se ilustra el funcionamiento de los convertidores 20 de acuerdo con una realización. En la etapa 102, el convertidor 20 monitoriza la señal 26 de tensión para determinar la amplitud de la tensión de CC presente en la barra colectora 50 de CC. En la etapa 104, se compara la señal 26 de tensión con un valor establecido máximo 322 de tensión predeterminado, por ejemplo el 120 % del valor establecido 302 de tensión de referencia para la tensión de la barra colectora de CC. Si la tensión en la barra colectora 50 de CC se eleva por encima de este valor establecido máximo 322 de tensión, el convertidor 20 deshabilitará la electrónica 28 de potencia, de acuerdo con la etapa 106, a fin de evitar que se introduzca más potencia en el sistema. Si la tensión en la barra colectora 50 de CC está por debajo del valor establecido máximo 322 de tensión, el convertidor 20 estará listo para transferir energía desde la fuente de generación hasta la barra colectora 50 de CC. En la etapa 108, el convertidor 20 monitoriza la fuente de generación para determinar si está generando potencia. Si no se está generando potencia, se deshabilita la electrónica 28 de potencia, de acuerdo con la etapa 106, porque no hay necesidad de transferir potencia a la barra colectora 50 de CC. Si se está generando potencia, el convertidor 20 habilita la electrónica 28 de potencia para que transfiera la energía desde la fuente hasta la barra colectora 50 de CC, de acuerdo con la etapa 110. En la etapa 111, el convertidor 20 compara la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC con el nivel 326 de retorno. Si la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC es menor que el nivel 326 de retorno, se transfiere energía con una eficiencia máxima de funcionamiento, de acuerdo con la etapa 113. Por ejemplo, el procesador 22 de la unidad de control 25 puede ejecutar un algoritmo de seguimiento de punto máximo de potencia, como se conoce en la técnica, para proporcionar la máxima transferencia de potencia desde la fuente hasta la barra colectora 50 de CC. Sin embargo, si la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC es mayor que el nivel 326 de retorno, se transfiere energía con una eficiencia reducida de acuerdo con la etapa 115. La eficiencia puede reducirse como una función de cuánto mayor sea la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC con respecto al nivel 326 de retorno. Las etapas de la Fig. 7 se repiten de manera que el convertidor 20 monitorice continuamente la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC, y responda adecuadamente.

40 De manera similar, el inversor 60 opera independientemente del resto de dispositivos de conversión de potencia. Cuando el sistema 10 de potencia está conectado a una carga de CA independiente de la red, el inversor 60 transfiere energía desde la barra colectora 50 de CC a la carga de CA, a una tensión y frecuencia definidas de acuerdo con los requisitos de la carga de CA. Cuando el sistema 10 de potencia está conectado a la red de suministro eléctrico, el inversor 60 sincroniza su salida con la tensión y la frecuencia del suministro eléctrico. El inversor 60 controla la transferencia de potencia, ya sea hacia la red de suministro eléctrico o desde la misma, en respuesta al nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC. Con referencia también a la Fig. 17, el inversor 60 incluye valores establecidos para habilitar y deshabilitar la transferencia de energía entre la red de suministro eléctrico y la barra colectora 50 de CC. Por ejemplo, un valor establecido alto 332 de tensión y un valor establecido bajo 330 de tensión en el inversor pueden establecer una tercera banda de tensión, para la interacción con la red de suministro eléctrico. Si la señal de tensión 66 de la barra colectora de CC está dentro de esta banda, no se requerirá la transferencia de energía, ni hacia la red de suministro eléctrico ni desde la misma. Si la señal 66 de tensión de la barra colectora de CC es mayor que el valor establecido alto 332 de tensión, el inversor 60 transferirá energía desde la barra colectora 50 de CC a la red de suministro eléctrico. Si la señal 66 de tensión de la barra colectora de CC es menor que el valor establecido bajo 330 de tensión, el inversor 60 transferirá energía desde la red de suministro eléctrico a la barra colectora 50 de CC. Alternativamente, el inversor 60 puede permanecer habilitado y transferir energía entre la red de suministro eléctrico y la barra colectora 50 de CC, como una función de la señal 66 de tensión de la barra colectora de CC con respecto a la señal 302 de tensión de referencia. Se contempla adicionalmente que el sistema 10 de potencia pueda configurarse para que opere sin dispositivos 40 de almacenamiento de energía. En tal modo de operación, puede utilizarse la banda de tensión del inversor para mantener el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC. De este modo, la conexión a la red puede ayudar a mantener la barra colectora 50 de CC en el nivel de tensión de CC deseado, y también puede proporcionar otra fuente de energía para cargar los dispositivos 40 de almacenamiento proporcionados en el sistema 10 de potencia.

65 Pueden utilizarse aún más valores establecidos para llevar a cabo otras funciones dentro del sistema 10 de potencia. Un valor establecido mínimo 320 de tensión identifica la amplitud mínima de la tensión, presente en la barra colectora de CC, a la que el sistema 10 de potencia puede continuar operando. Del mismo modo, un valor

establecido máximo 322 de tensión identifica la amplitud máxima de la tensión, presente en la barra colectora de CC, a la que el sistema 10 de potencia puede continuar operando. Si la amplitud de la tensión es menor que el valor establecido mínimo 320 de tensión, o bien mayor que el valor establecido máximo 322 de tensión, se deshabilitará el dispositivo de conversión de potencia y se detendrá la operación. Un valor establecido alto 324 de tensión identifica, por ejemplo, un nivel de tensión por encima del cual deberá emitirse un mensaje de aviso. Pueden configurarse numerosas combinaciones de valores establecidos. Por ejemplo, diferentes dispositivos de conversión de potencia del sistema 10 de potencia pueden tener diferentes valores establecidos mínimos o máximos 320 y 322 de tensión, respectivamente. Cada uno de los convertidores 20 puede tener un valor establecido máximo 322 de tensión inferior, de tal manera que dejen de suministrar electricidad generada a la barra colectora 50 de CC y permitan que los reguladores 30 continúen extrayendo energía desde la barra colectora 50 de CC, y reduzcan el nivel de tensión de la misma. Opcionalmente, un convertidor 20 puede tener un valor establecido máximo 322 de tensión inferior al de otro convertidor 20, de tal manera que uno de los convertidores detenga la transferencia de energía a la barra colectora 50 de CC en un primer nivel, y evite un mayor aumento de la amplitud de la tensión en la barra colectora 50 de CC. Con referencia también a la Fig. 18, puede proporcionarse un valor establecido 334 de arranque de generador en un convertidor 20, conectado a un generador alimentado por combustible. Si la señal 26 de tensión de la barra colectora de CC es menor que el valor establecido 334 de arranque de generador, puede enviarse una señal al generador para iniciar el funcionamiento del mismo. Cuando el generador alcance un punto de funcionamiento estable, el convertidor 20 transfiere energía desde el generador a la barra colectora 50 de CC común. Puede utilizarse un segundo valor establecido, que no se muestra, u otra señal dentro del convertidor 20, para deshabilitar el generador.

La operación independiente de cada uno de los convertidores 20, y de los reguladores 30, facilita una construcción modular del sistema 10 de potencia. Por ejemplo, cada uno de los convertidores 20 y los reguladores 30 puede construirse como un módulo individual, como se ilustra en la Fig. 9. Cada módulo puede tener un tamaño variable dependiendo, por ejemplo, de la capacidad de conversión de potencia del módulo y de los requisitos de la electrónica de potencia para el tipo de fuente de generación. Preferentemente, cada módulo está configurado para su montaje en un bastidor común con cualquier disposición, pero preferentemente en una serie de columnas. La barra colectora 50 de CC se extiende entre los módulos. Los convertidores 20 y los reguladores 30 están configurados para conectar con la barra colectora 50 de CC a lo largo de una de las derivaciones. De manera similar, el inversor 60 es otro módulo configurado para su montaje en el bastidor común y su conexión con una derivación de la barra colectora 50 de CC. Pueden incluirse otros módulos, según sea necesario (por ejemplo, disyuntores de CA entre el inversor y la red de suministro eléctrico o un panel de visualización), para montarlos de manera similar en el bastidor común, y pueden conectarse o no con la barra colectora 50 de CC, según sea necesario. Cada uno de los dispositivos de conversión de potencia incluye valores establecidos y un programa almacenado, para controlar independientemente la transferencia de energía entre el dispositivo de conversión de potencia y la barra colectora 50 de CC, de acuerdo con los requisitos de la aplicación.

Con referencia ahora a las Figs. 10, 11 y 13, el sistema 10 de potencia híbrido puede incluir adicionalmente una interfaz central 80. De acuerdo con una realización, la interfaz central 80 incluye un dispositivo de visualización y una interfaz de usuario, incluyendo, pero sin limitación, un teclado, un ratón, un panel táctil, o una pantalla táctil. La interfaz central 80 puede estar situada próxima al sistema 10 de potencia híbrido, o incorporada dentro del mismo. Opcionalmente, la interfaz central 80 puede estar ubicada de forma remota al sistema 10 de potencia híbrido, y conectada a través de cualquier red cableada o inalámbrica adecuada. La interfaz central 80 también está en comunicación con cada uno de los dispositivos de conversión de potencia del sistema 10 de potencia híbrido, a través de una red 82 adecuada que puede incluir, por ejemplo, Ethernet, Ethernet/IP, o cualquier otra red de comunicaciones industrial. La interfaz central 80 incluye un dispositivo de memoria, que almacena una copia de cada uno de los valores establecidos dentro de los dispositivos de conversión de potencia. La interfaz de usuario y el dispositivo de visualización permiten a un usuario configurar los valores establecidos, y transmitir nuevos valores para cualquiera de los valores establecidos a los dispositivos de conversión de potencia, a través de la red 82. Si se añade un nuevo dispositivo de conversión de potencia al sistema 10 de potencia, un usuario puede introducir en la interfaz central 80 valores para cualquiera de los valores establecidos, utilizados por el dispositivo de conversión de potencia. Opcionalmente, puede almacenarse un conjunto predeterminado de valores en el dispositivo de conversión de potencia, y pueden configurarse la interfaz central 80 para que detecte automáticamente el dispositivo y cargue los valores almacenados.

La interfaz central 80 puede incluir adicionalmente un programa, configurado para ejecutarse periódicamente en un procesador de la interfaz central 80. Con referencia a la Fig. 14, el programa puede estar configurado, por ejemplo, para intercambiar periódicamente los valores establecidos de tensión de múltiples reguladores 30. Si un sistema 10 de potencia incluye dos o más reguladores 30 y dispositivos 40 de almacenamiento de energía, es posible que uno de los reguladores 30 y su dispositivo 40 de almacenamiento asociado pueda tener una tasa de uso más alta que otro regulador 30, y su dispositivo 40 de almacenamiento asociado. Incluso si los valores establecidos de cada regulador 30 son idénticos, las tolerancias y las compensaciones de fabricación pueden causar que uno de los reguladores 30 comience la transferencia de energía, entre la barra colectora 50 de CC común y el dispositivo 40 de almacenamiento, antes que otro de los reguladores. Por lo tanto, para proporcionar un uso más uniforme de los dispositivos 40 de almacenamiento de energía, la interfaz central 80 puede configurarse para que intercambie periódicamente el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión, de un primer regulador de energía, con el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión de un segundo regulador de

energía. Cada dispositivo 40 de almacenamiento de energía será alternativamente un dispositivo primario o secundario, para mantener el nivel de tensión en la barra colectora 50 de CC.

5 Con referencia también a la Fig. 15, puede resultar deseable cargar o descargar totalmente los dispositivos 40 de almacenamiento de energía de manera periódica. Para descargar uno de los dispositivos 40 de almacenamiento de energía, puede configurarse el programa de la interfaz central 80 para que cargue un nuevo valor en cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión de un primero de los reguladores de energía, que sea mayor que el valor establecido alto de tensión de al menos uno de los otros reguladores de energía. El regulador 30 reconfigurado comenzará entonces la transferencia de energía, a la barra colectora 50 de CC, desde su dispositivo 40 de almacenamiento de energía asociado. Una carga conectada puede consumir la energía o, si la energía transferida supera los requisitos de la carga, los reguladores 30 restantes transferirán energía desde la barra colectora 50 de CC a sus dispositivos 40 de almacenamiento de energía asociados. Cuando la interfaz central 80 recibe una señal correspondiente a la descarga del dispositivo 40 de almacenamiento de energía, el valor de cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del primer regulador de energía se restablecerá a sus valores operativos originales. De manera similar, el programa que se ejecuta en la interfaz central 80 puede configurarse para que descargue secuencialmente un regulador 30 en un momento en el que el sistema 10 de potencia permanezca operativo, mientras lleva a cabo ciclos de descarga en cada uno de los dispositivos 40 de almacenamiento de energía. Aunque se han analizado dos ejemplos específicos del uso de las bandas de tensión, a saber, para garantizar un uso uniforme de los dispositivos 40 de almacenamiento de energía y para cargar/descargar secuencialmente los dispositivos 40 de almacenamiento de energía, debe comprenderse que pueden configurarse numerosas otras configuraciones de las bandas de tensión para lograr otras condiciones de funcionamiento deseadas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema (10) de control de potencia para gestionar la transferencia de energía, comprendiendo el sistema de control de potencia:

5 una barra colectora (50) de CC común;  
 una pluralidad de dispositivos (40) de almacenamiento de energía; y  
 una pluralidad de reguladores (30) de energía, teniendo cada regulador (30) de energía una primera conexión que está eléctricamente acoplada con al menos uno de los dispositivos (40) de almacenamiento de energía, y  
 10 una segunda conexión eléctricamente acoplada con la barra colectora (50) de CC común, de modo que cada regulador (30) de energía comprende adicionalmente:

15 una pluralidad de conmutadores, activándose selectivamente cada conmutador de acuerdo con una señal de conmutación, en el que la pluralidad de conmutadores controla la transferencia de energía entre la primera y la segunda conexión;

una señal de tensión, correspondiente a la amplitud de una tensión de CC presente en la barra colectora (50) de CC;

20 un dispositivo (34) de memoria que almacena al menos un programa de control, un valor establecido bajo de tensión y un valor establecido alto de tensión; y

un procesador (32) que ejecuta el programa de control, para generar las señales de conmutación para cada uno de la pluralidad de conmutadores en función de la señal de tensión, el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión, en el que:

25 si la señal de tensión es mayor que el valor establecido alto de tensión, se transfiere energía desde la barra colectora (50) de CC común a los dispositivos (40) de almacenamiento de energía,  
 si la señal de tensión es menor que el valor establecido bajo de tensión, se transfiere energía desde los dispositivos (40) de almacenamiento de energía a la barra colectora (50) de CC común, caracterizado por que:

30 al menos uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión de un primer regulador de energía, seleccionado de la pluralidad de reguladores de energía y que corresponde a un primer dispositivo de almacenamiento de energía de la pluralidad de dispositivos de almacenamiento de energía, es diferente que el respectivo valor establecido bajo de tensión o valor establecido alto de tensión de un segundo regulador de energía, seleccionado de entre la pluralidad de reguladores de energía y que corresponde a un segundo dispositivo de almacenamiento de energía de la pluralidad de dispositivos de almacenamiento de energía.

40 2. El sistema de control de potencia de la reivindicación 1, en el que el primer dispositivo de almacenamiento de energía tiene una construcción diferente que el segundo dispositivo de almacenamiento de energía, y cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión, tanto para el primer regulador de energía como para el segundo regulador de energía, es una función de la construcción del primer dispositivo de almacenamiento de energía y del segundo dispositivo de almacenamiento de energía, respectivamente.

45 3. El sistema de control de potencia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un controlador central (80) en comunicación con cada uno de los reguladores (30) de energía, que tiene un procesador configurado para ejecutar un programa almacenado, y un dispositivo de memoria que almacena al menos el programa y una copia de cada uno de los valores establecidos de tensión para los reguladores (30) de energía.

50 4. El sistema de control de potencia de la reivindicación 3, en el que el controlador central (80) está configurado para ejecutar periódicamente el programa almacenado en el procesador, para que intercambie el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del primer regulador de energía con el valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del segundo regulador de energía.

55 5. El sistema de control de potencia de la reivindicación 3, en el que el controlador central (80) está configurado para ejecutar periódicamente el programa almacenado en el procesador, para:

cargar un nuevo valor en cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del primer regulador de energía, en el que cada uno de los nuevos valores es mayor que el valor establecido alto de tensión de cada uno de los otros reguladores de energía;

60 recibir una señal correspondiente a la descarga de un primer dispositivo de almacenamiento de energía, conectado al primer regulador de energía; y

restablecer el valor de cada uno del valor establecido bajo de tensión y el valor establecido alto de tensión del primer regulador de energía, a su valor operativo original.

65

6. El sistema de control de potencia de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:

al menos un convertor (20) de energía, que tiene una entrada eléctricamente acoplada con una fuente de generación de potencia, y una salida eléctricamente acoplada con la barra colectora (50) de CC común, comprendiendo cada convertor de energía adicionalmente:

una pluralidad de conmutadores, activándose selectivamente cada conmutador de acuerdo con una señal de conmutación, en el que la pluralidad de conmutadores controla la transferencia de energía entre la entrada y la salida;

una señal de tensión correspondiente a la amplitud de la tensión de CC, presente en la barra colectora (50) de CC;

un dispositivo de memoria, que almacena al menos un programa de control y un valor establecido de selección de modo; y

un procesador que ejecuta el programa de control para generar las señales de conmutación, para transferir energía desde la entrada a la salida como una función de la señal de tensión y del valor establecido de selección de modo.

7. El sistema de control de energía de la reivindicación 6, en el que el procesador ejecuta el programa de control en un primer modo operativo, para transferir a la barra colectora (50) de CC una cantidad máxima de energía generada por la fuente si la señal de tensión de CC es menor que el valor establecido de selección de modo, y el procesador ejecuta el programa de control en un segundo modo operativo para transferir a la barra colectora (50) de CC la energía generada por la fuente, a una velocidad reducida, si la señal de tensión de CC es mayor que el valor establecido de selección de modo.

8. El sistema de control de potencia de la reivindicación 7, en el que la velocidad a la que se transfiere a la barra colectora (50) de CC la energía generada por la fuente es una función de la diferencia entre la señal de tensión y el valor establecido de selección de modo.

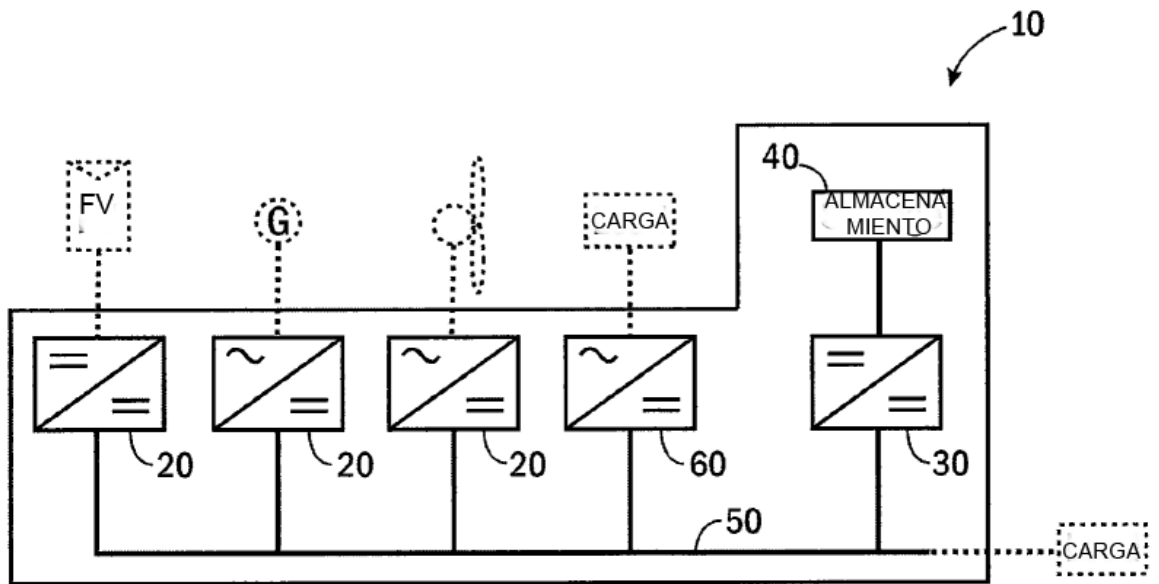


Fig. 1

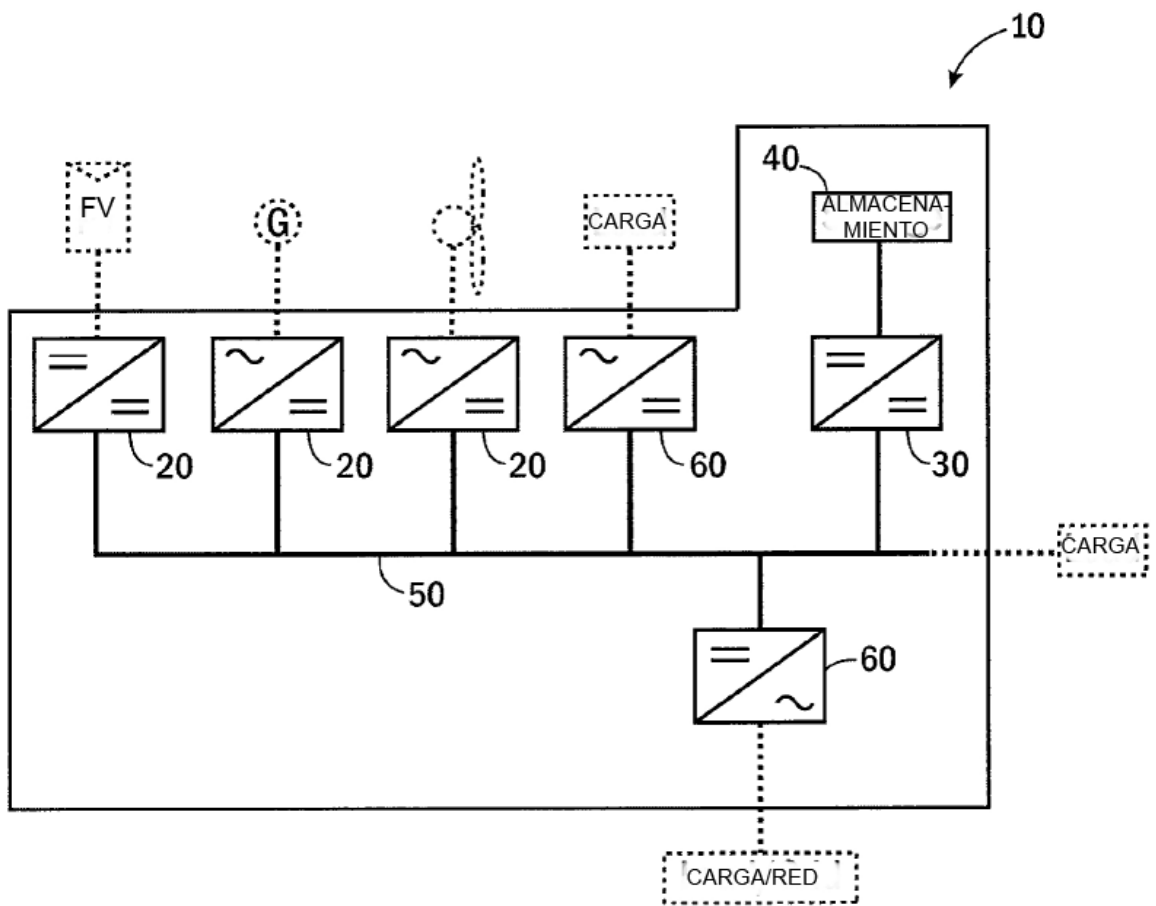


Fig. 2

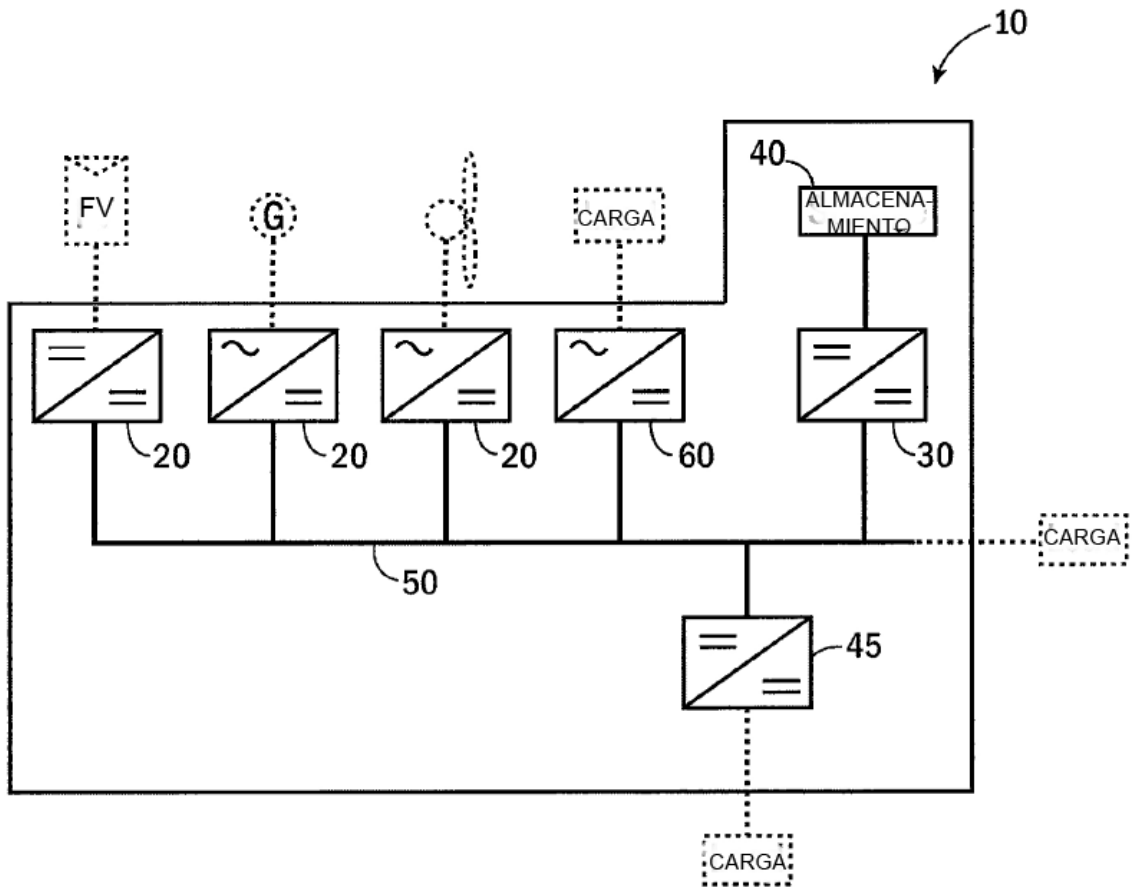


Fig. 3

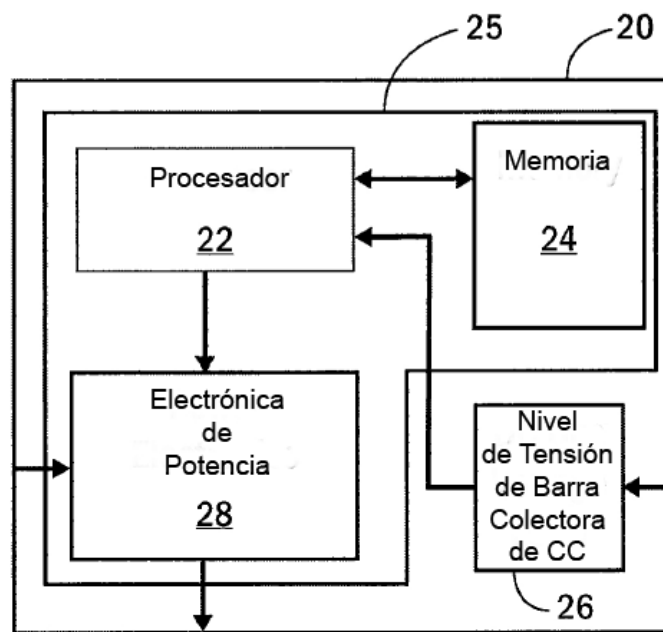


Fig. 4

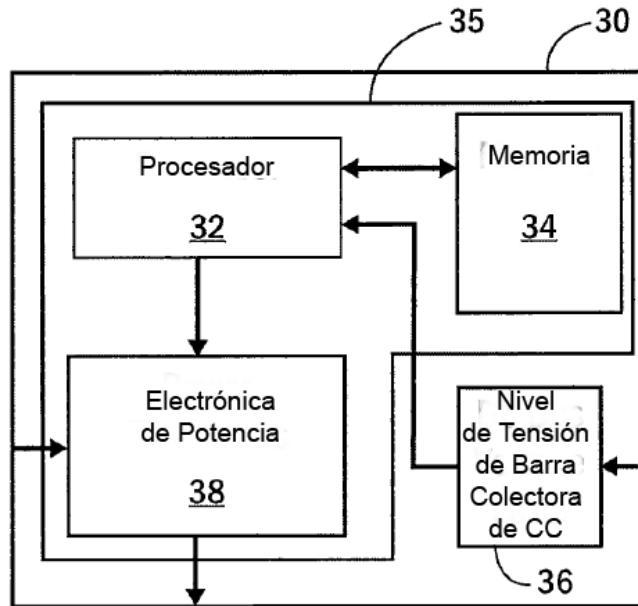


Fig. 5

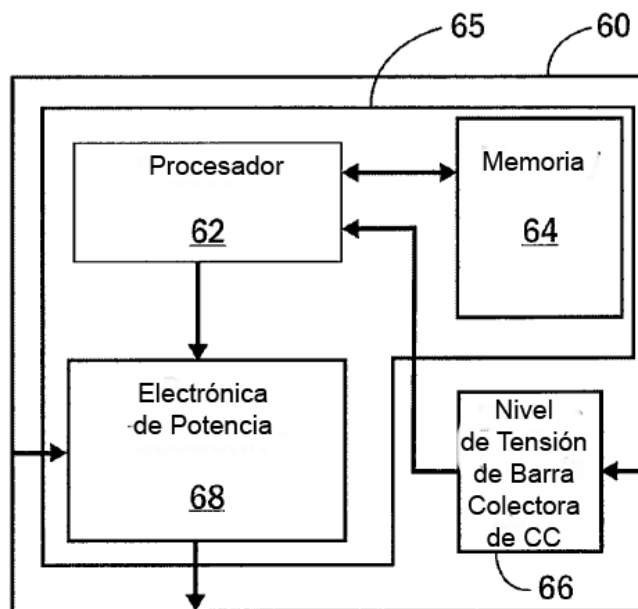


Fig. 6



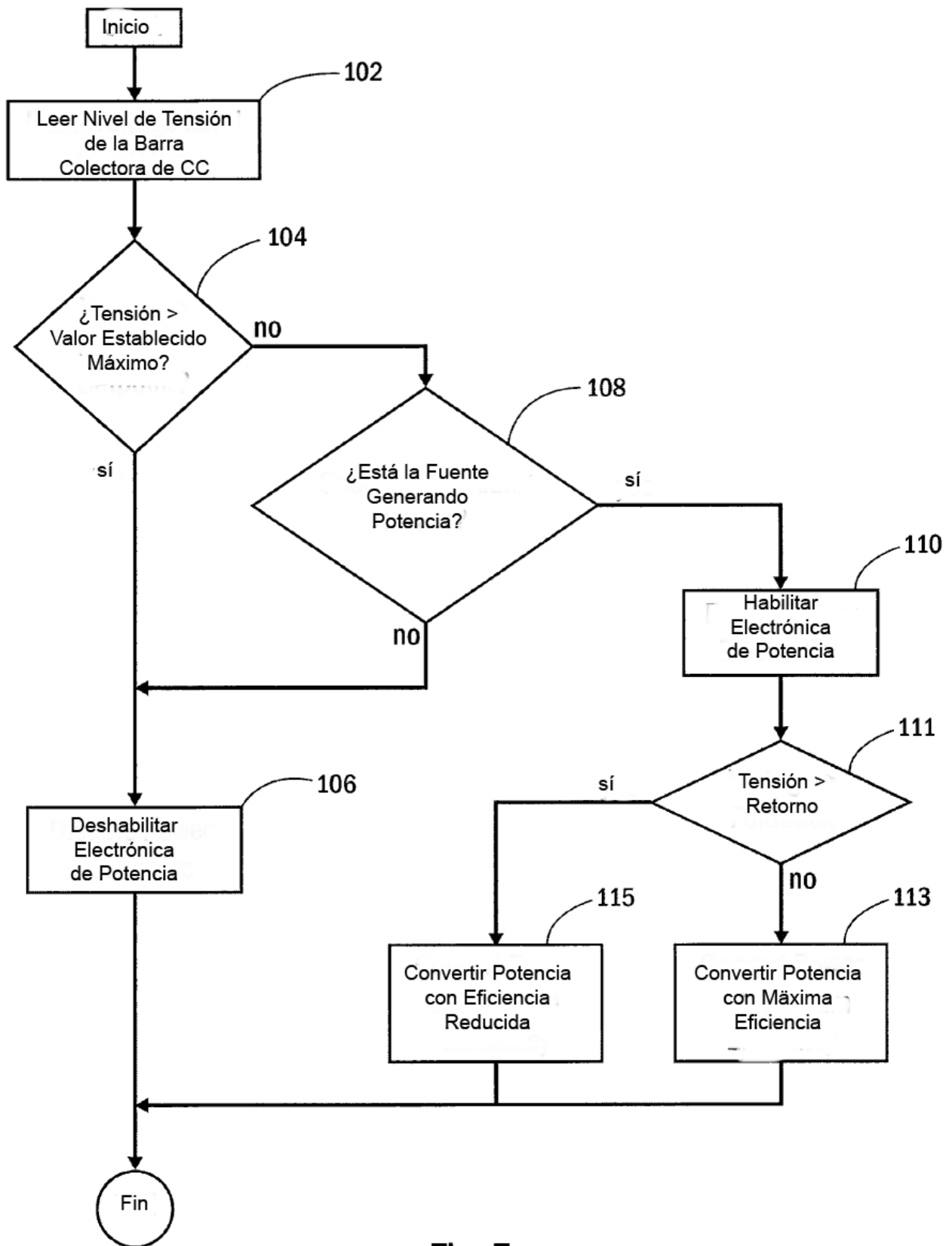


Fig. 7

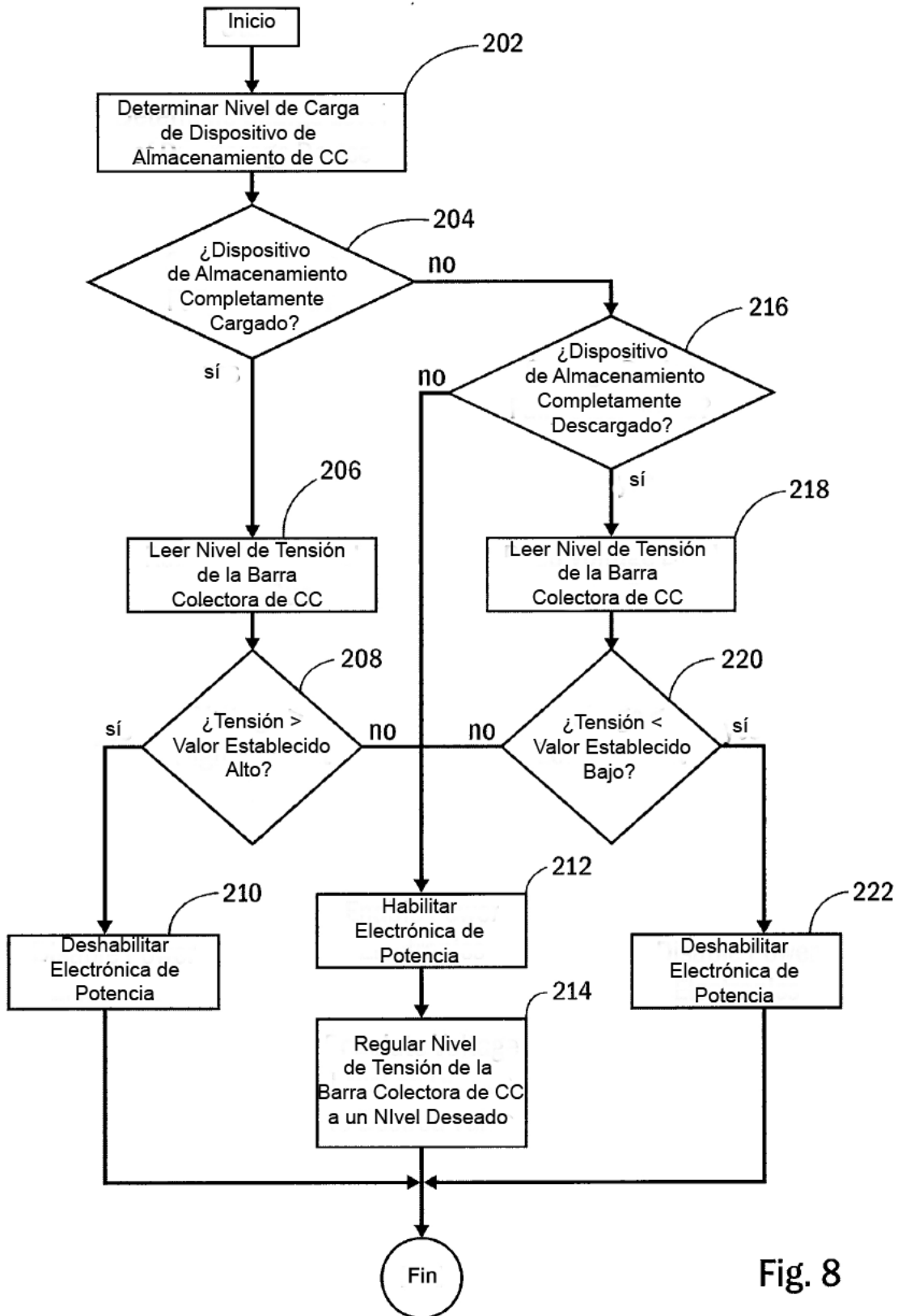


Fig. 8

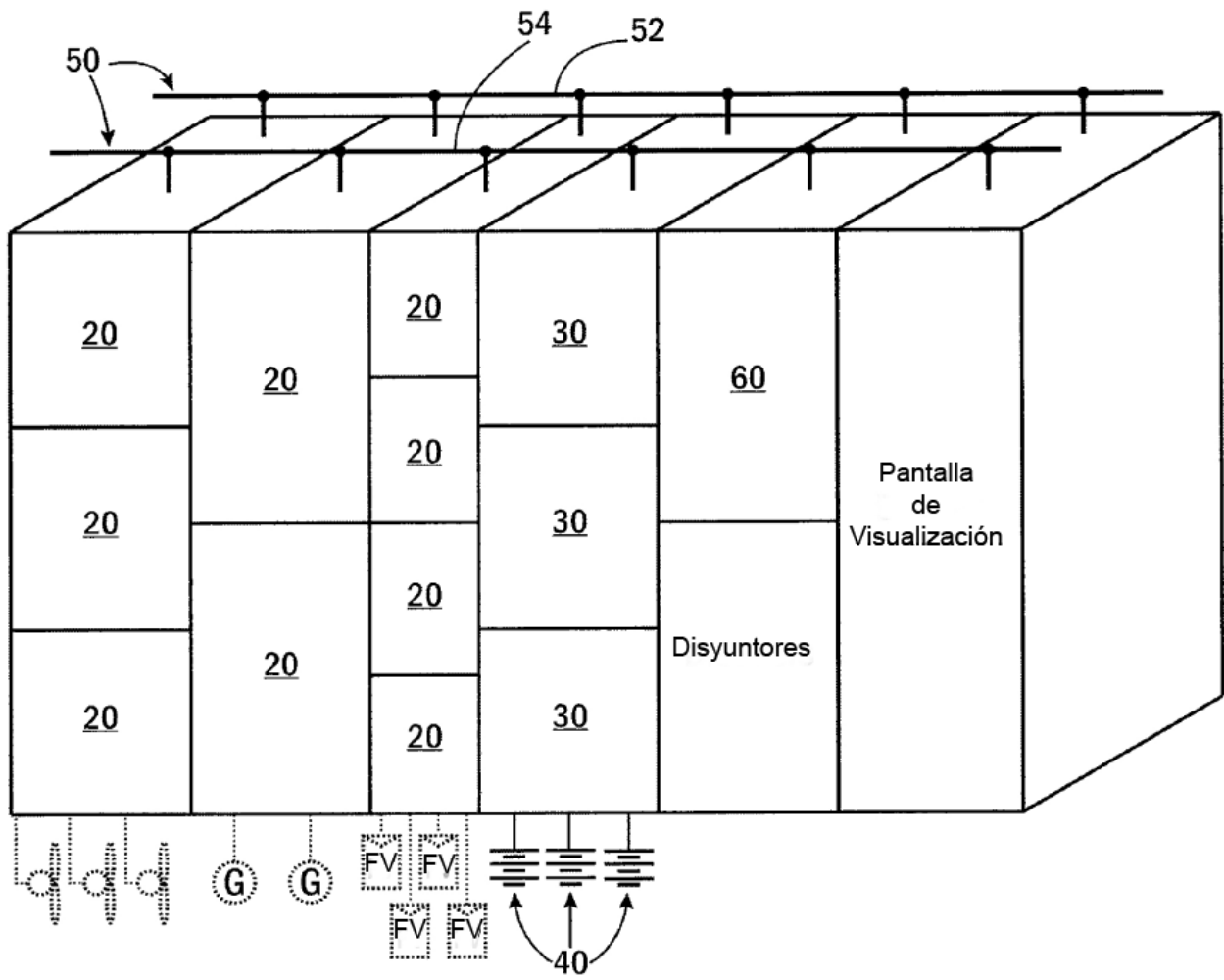


Fig. 9

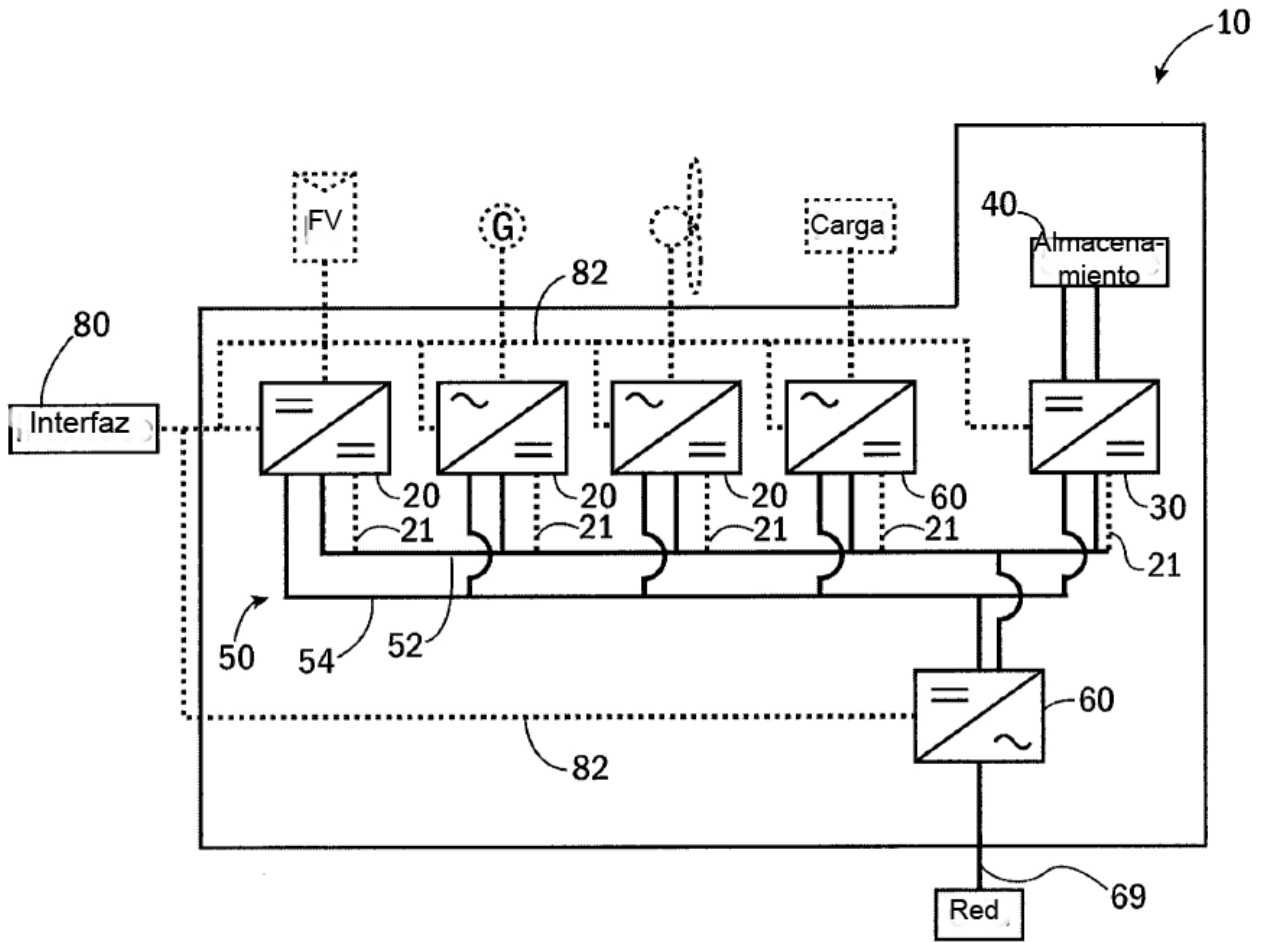


Fig. 10

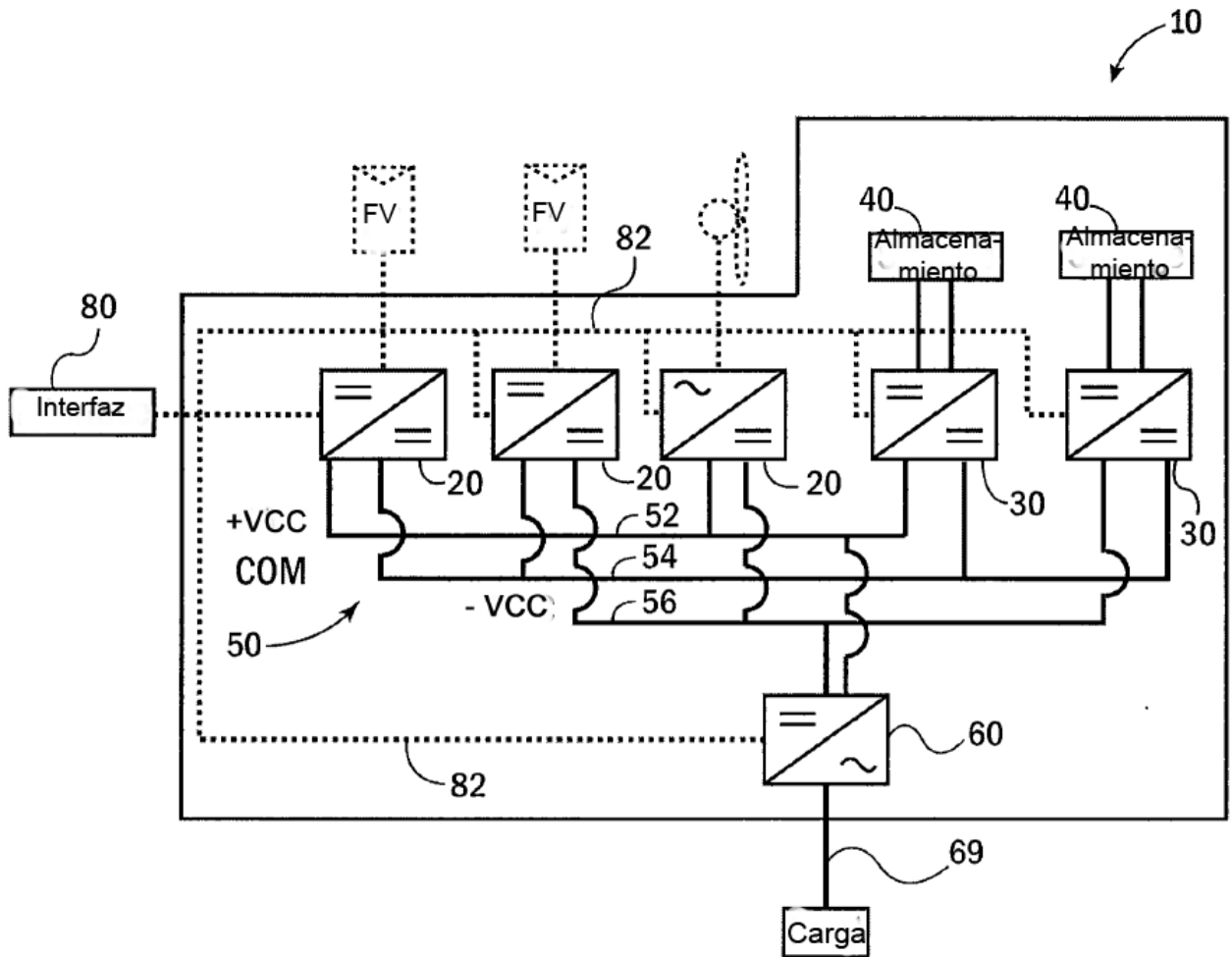


Fig. 11

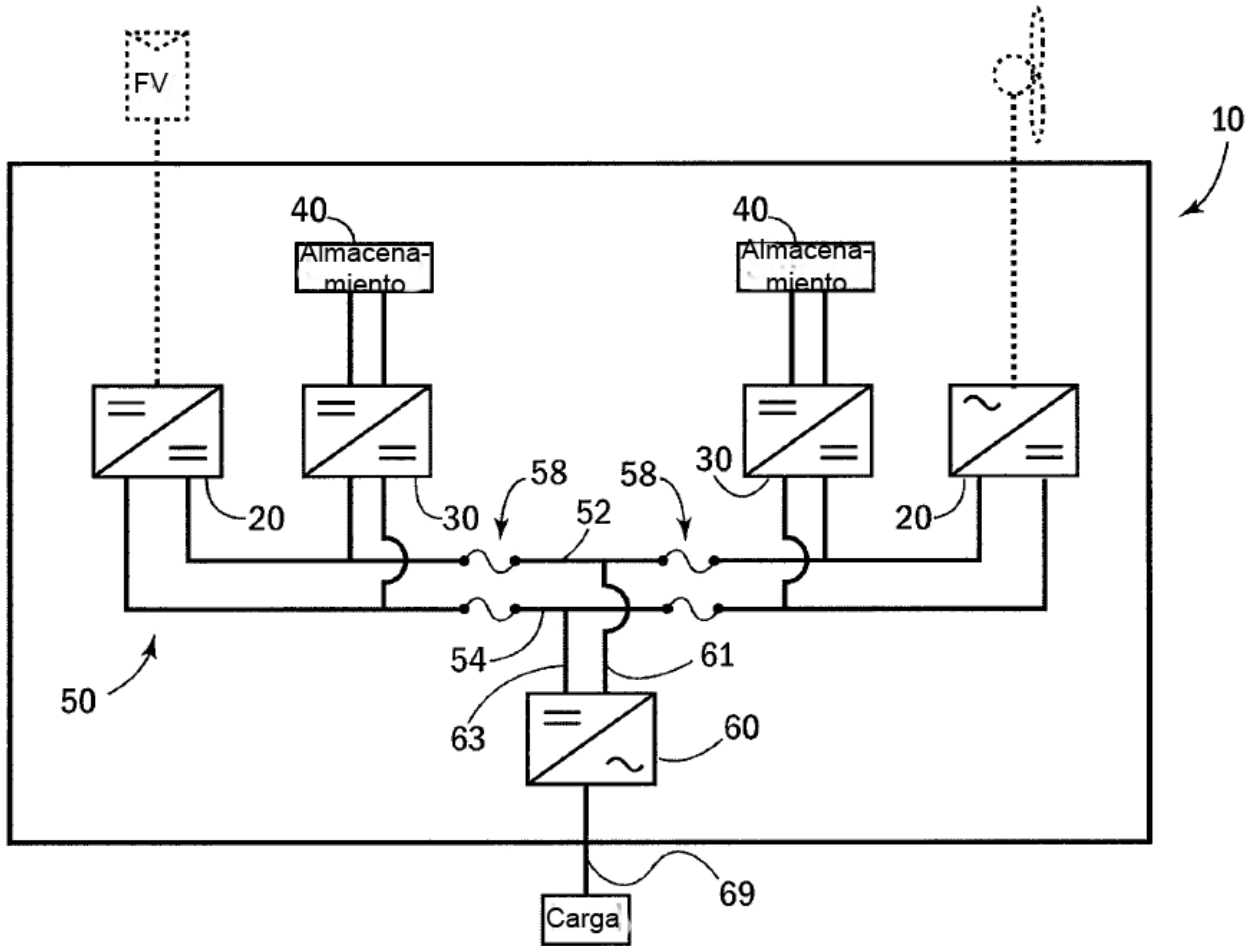


Fig. 12

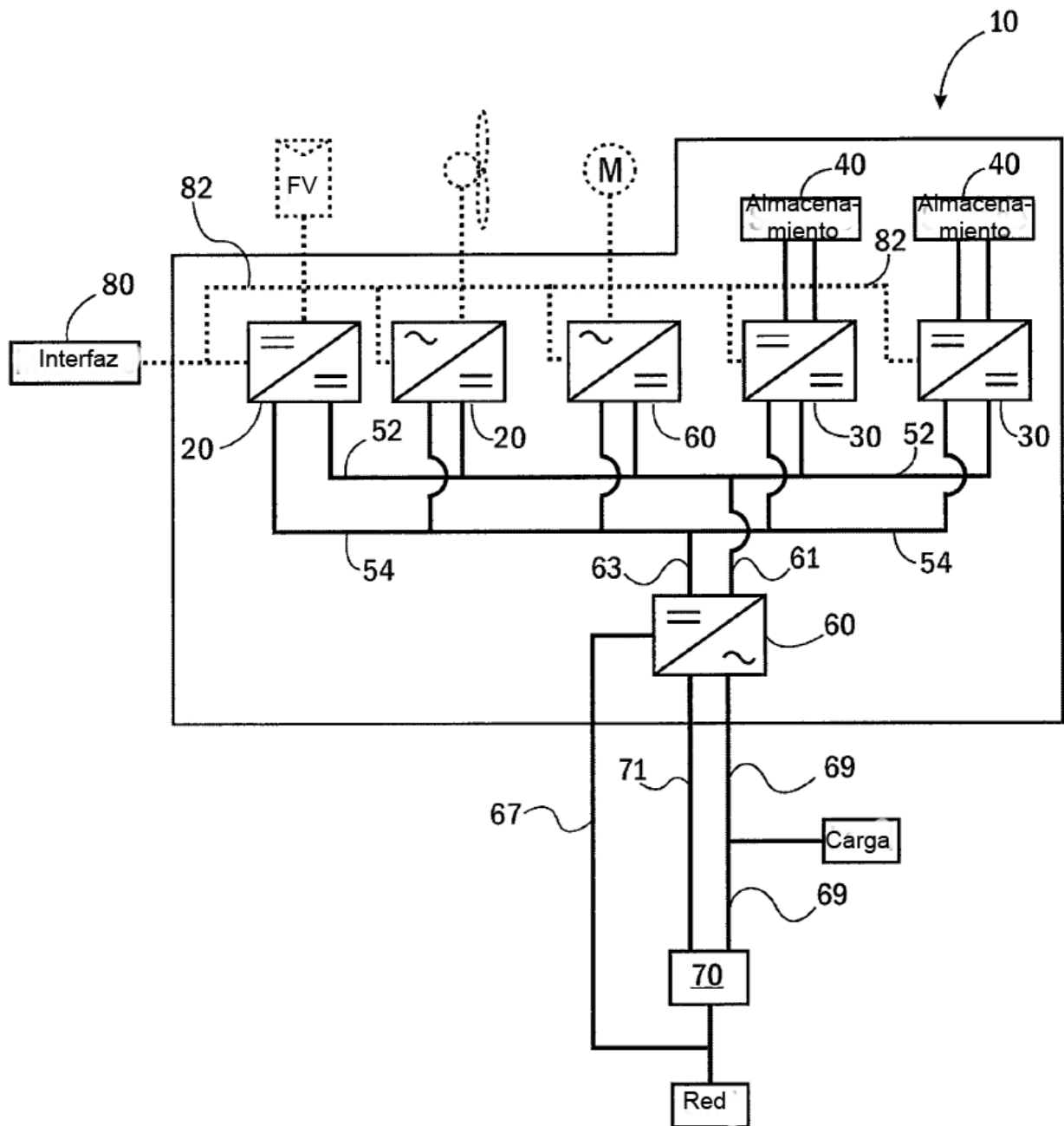


Fig. 13

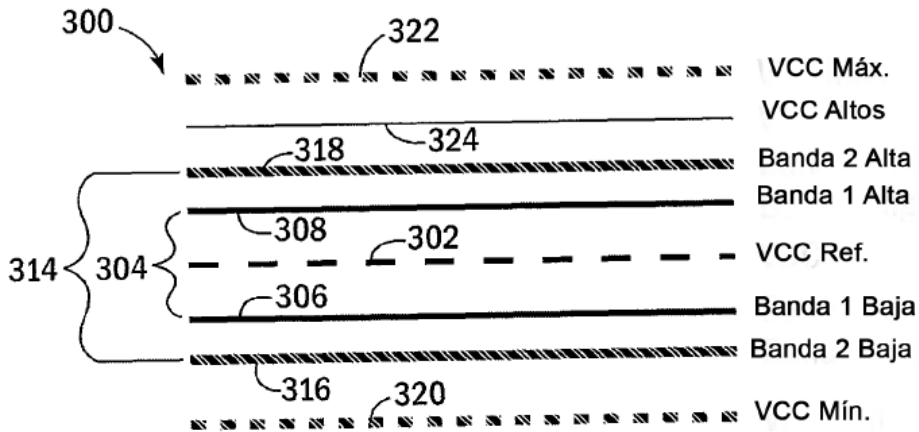


Fig. 14

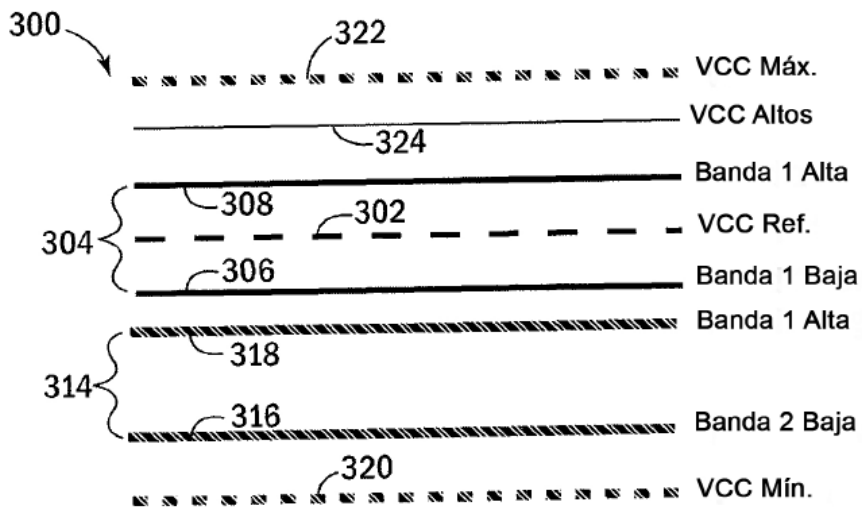


Fig. 15

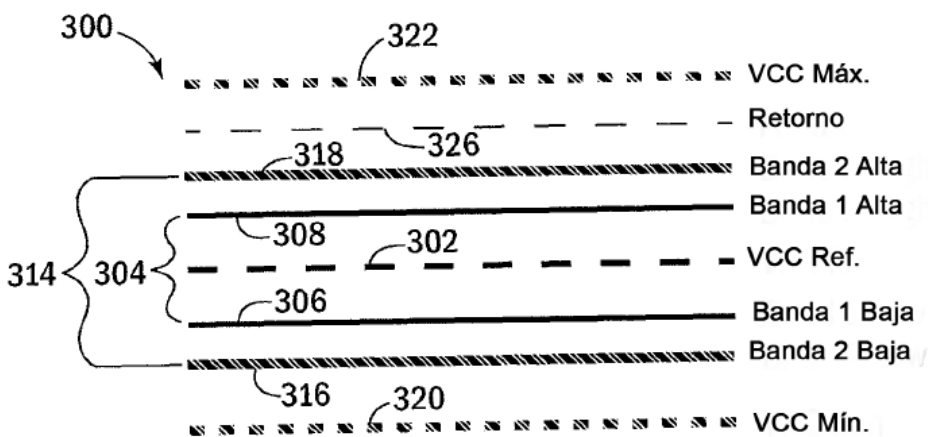


Fig. 16



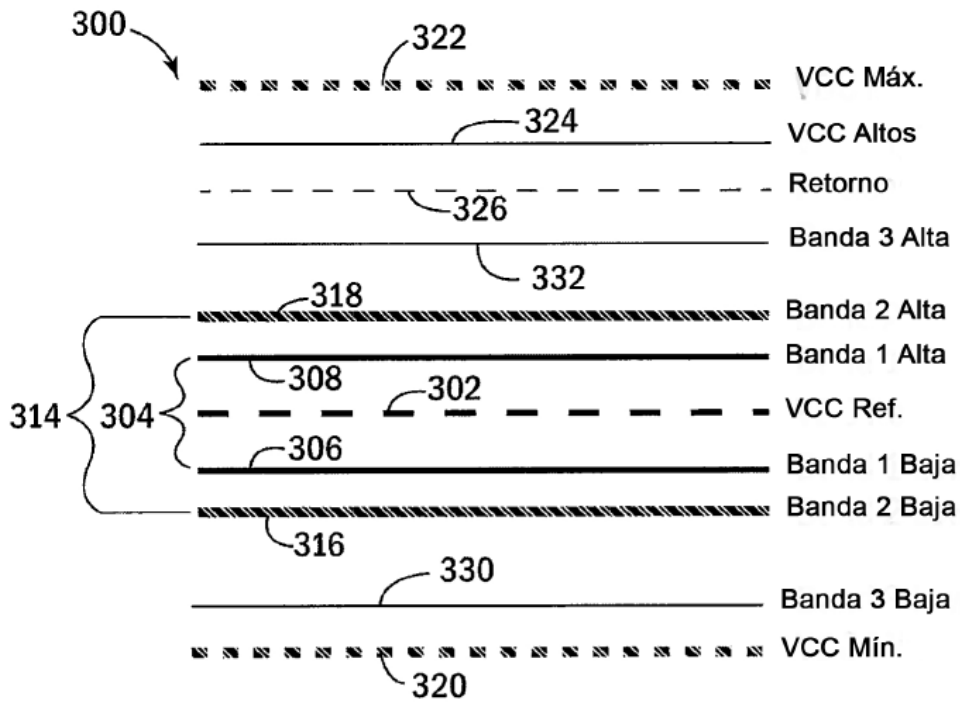


Fig. 17

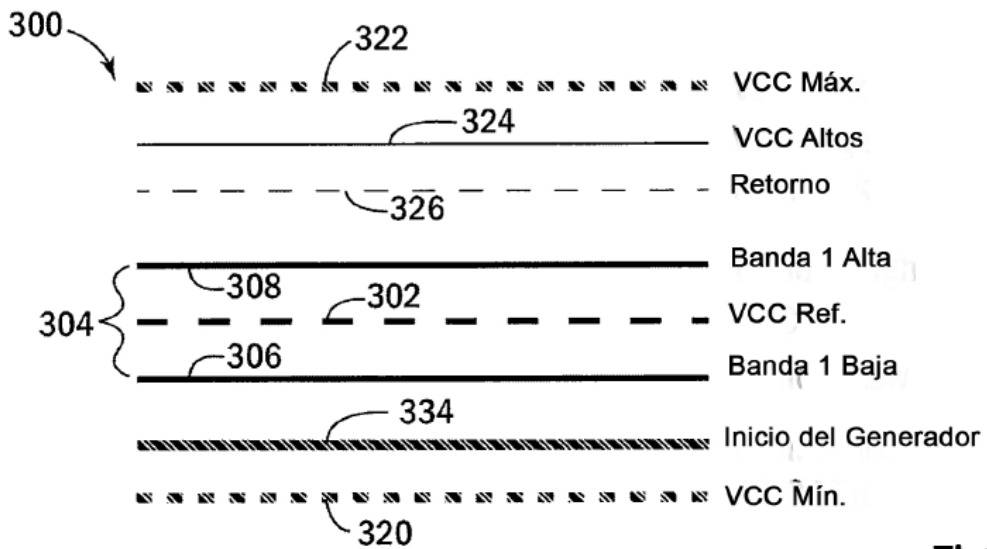


Fig. 18