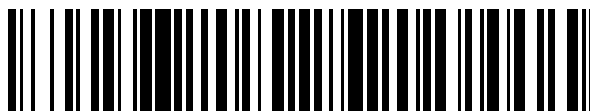


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 547 272**

51 Int. Cl.:

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/04 (2006.01)

H02J 3/46 (2006.01)

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.12.2009 E 09838553 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 2387815**

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

30 Prioridad:

16.01.2009 US 355169

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

05.10.2015

73 Titular/es:

**ZBB ENERGY CORPORATION (100.0%)
N93 W14475 Whittaker Way
Menomonee Falls, WI 53051, US**

72 Inventor/es:

**SEEKER, STEVEN;
DENNIS, KEVIN y
HUGHES, MIKE**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 547 272 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 híbrido de alimentación

ANTECEDENTES DEL INVENTO

1. Campo del Invento

5 El invento se refiere a un método y aparato para controlar un sistema híbrido de alimentación. Específicamente, este invento gestiona un flujo de energía y potencia entre una o más fuentes generadoras de alimentación energética, dispositivos de almacenamiento, cargas, y la red de servicio público o un sistema de alimentación fuera de la red, cada uno de los cuales está acoplado a un bus común de CC.

2. Descripción de la Técnica Relacionada

10 En los últimos años, las crecientes demandas de energía y los crecientes problemas acerca de los suministros de combustibles fósiles y su contaminación correspondiente han conducido a un interés acrecentado en fuentes de energía renovables. Dos de las fuentes de energía renovable más comunes y mejor desarrolladas son la energía fotovoltaica y la energía eólica. Otras fuentes de energía renovable pueden incluir pilas o celdas de combustible, energía hidroeléctrica, energía de las mareas, y generadores de biocombustibles o biomasas. Sin embargo, utilizar fuentes de energía renovable para generar energía eléctrica presenta un nuevo conjunto de desafíos.

15 Uno de los mayores desafíos para conectar fuentes de energía renovable a redes de CA existentes, ya sea la red de servicio público o un sistema situado fuera de la red, es que las fuentes de energía renovable proporcionan un suministro de energía variable. El suministro puede variar, por ejemplo, de acuerdo con la cantidad de viento, la cobertura de nubes, o el momento del día. Además, las diferentes fuentes de energía proporcionan diferentes tipos de energía eléctrica. Una turbina eólica, por ejemplo está mejor adecuada para proporcionar energía de Corriente Alterna (CA) mientras que una célula fotovoltaica están mejor adecuada para proporcionar energía de Corriente Continua (CC). Como resultado, combinar múltiples fuentes de energía renovable con otros sistemas generadores, tales como la red de servicio público o microturbinas y generadores independientes, en un único sistema con una salida de CA requiere integrar cada una de estas diferentes fuentes de energía. Debido a la naturaleza variable de la energía suministrada por las fuentes renovables, puede ser deseable integrar un dispositivo de almacenamiento en el sistema de alimentación. El dispositivo de almacenamiento de energía puede ser cargado durante periodos de producción de pico por la fuente renovable o, alternativamente por la red de servicio público u otra fuente generadora. El dispositivo de almacenamiento de energía puede entonces suministrar energía de nuevo a la red cuando la fuente renovable está generando menos energía de la requerida por las cargas en un sistema independiente de la red o menos de la que es solicitada por la instalación en un sistema unido a la red.

20 Los intentos anteriores para integrar múltiples fuentes de energía renovable requieren típicamente conectar individualmente cada fuente de energía así como el dispositivo de almacenamiento a una red, en que la red puede ser o bien una red autónoma o la red de servicio público. Cada fabricante de una fuente generadora, por ejemplo la turbina eólica o la agrupación fotovoltaica, o carga proporciona un convertidor de potencia para conectar la fuente o carga a la red. Esta aproximación da como resultado típicamente una indeseable doble conversión de potencia, primero convirtiendo la fuente generadora a una tensión de CA compatible con la red de servicio público y a continuación de nuevo a una tensión de CC compatible con el dispositivo de almacenamiento.

25 Otros intentos de integrar múltiples fuentes han utilizado un controlador de alto nivel que gestiona el flujo de energía por cada uno de los dispositivos. Por ejemplo, múltiples fuentes de CA que operan en paralelo en un sistema independiente de la red requieren típicamente conmutadores de transferencia y un esquema de control para seleccionar las fuentes generadoras deseadas. Tales sistemas de integración requieren típicamente software complejo concebido a medida para cada sistema. Además de otras fuentes generadoras o cargas al sistema requieren una modificación subsiguiente del software de integración y del hardware de conexión. Consecuentemente, este esquema de control complejo limita la flexibilidad de integrar fuentes generadoras futuras u otras modificaciones a un sistema de alimentación.

30 Las solicitudes de patentes Norteamericana US2003/227276 y US2005/200133 y las solicitudes de patente Japonesa JP2006129585 y JP2004088900 describen sistemas en los que hay previsto un único controlador para gestionar la entrada/salida de potencia de distintos componentes dentro de un sistema. Las reivindicaciones independientes están delimitadas contra el documento US2005/200133.

RESUMEN Y OBJETOS DEL INVENTO

35 Consistente con lo anterior y de acuerdo con el invento como ha sido realizado y ampliamente descrito aquí, se ha descrito un método y aparato para controlar un sistema híbrido de alimentación de energía en detalle adecuados para permitir que un experto en la técnica haga uso del invento.

40 El presente invento proporciona un método simplificado de controlar potencia entre las distintas fuentes y cargas en un sistema de alimentación. Un dispositivo de conversión de potencia está previsto entre cada fuente generadora y un bus de CC común. Cada dispositivo de conversión de potencia convierte cualquier energía eléctrica generada por la fuente

generadora de acuerdo a un algoritmo de control optimizado para la fuente generadora particular independiente de otras fuentes o cargas. Por ejemplo, el seguimiento del Punto de Máxima Potencia (MPP), como es conocido en la técnica, puede ser utilizado sobre un convertidor conectado a una agrupación fotovoltaica para proporcionar máxima transferencia de potencia o de energía desde la fuente generadora al bus de CC común. Un dispositivo de almacenamiento de CC y un regulador de potencia, que conecta el dispositivo de almacenamiento de CC al bus común de CC, están también previstos. Cuando el exceso de potencia de la requerida por las cargas conectadas al sistema está siendo generado, el dispositivo de almacenamiento de CC carga hasta que alcanza la máxima capacidad. Si la demanda de potencia por las cargas excede de la potencia que es generada en el sistema, el dispositivo de almacenamiento de CC descarga para satisfacer la demanda extra. El regulador de potencia vigila el nivel de tensión en el bus de CC como un indicador para determinar si el suministro excede de la demanda o si la demanda excede del suministro. Además, si el sistema de alimentación incluye una carga de CA independiente de la red o está conectado a la red de servicio público, hay previsto un inversor entre el bus común de CC y el sistema de CA. El controlador inversor es capaz de proporcionar un flujo de potencia bidireccional de tal modo que la energía en exceso generada por las fuentes puede ser suministrada a la red de servicio público cuando la potencia generada excede de la potencia demandada. De manera similar, puede ser extraída energía de la red de servicio público cuando la potencia generada por las fuentes cae para satisfacer la potencia demandada por el sistema de alimentación.

Específicamente entonces, el presente invento es un controlador para un sistema híbrido de alimentación que incluye al menos un convertidor de energía. Cada convertidor de energía está eléctricamente acoplado a un dispositivo generador de energía eléctrica. El aparato incluye al menos un dispositivo de almacenamiento de energía de CC. Un regulador de energía está acoplado eléctricamente a los dispositivos de almacenamiento de energía de CC. Un bus de CC es entonces acoplado 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 el bus de CC con una primera unidad de control que mantiene la tensión de CC en un valor sustancialmente constante.

Así es un primer objeto del invento proporcionar un aparato para regular el flujo de potencia en un sistema híbrido de alimentación con un sistema de control simplificado que utiliza un bus común de CC. El sistema de control permite que cada convertidor funcione en un punto operativo deseable para el tipo particular del dispositivo generador acoplado al convertidor y generalmente independiente de los otros convertidores.

El controlador de potencia puede además incluir una segunda señal de tensión que indica el valor de la tensión de CC presente en el bus de CC y una segunda unidad de control configurada para inhabilitar el flujo de potencia desde los dispositivos generadores de energía eléctrica cuando la tensión de CC alcanza un máximo valor predeterminado.

Así es otro aspecto del invento que cada uno de los convertidores pueda funcionar para impedir un flujo de potencia adicional al sistema si el regulador es incapaz de mantener la tensión de CC constante por debajo de un valor máximo.

El controlador de potencia puede incluir además un inversor acoplado eléctricamente al bus de CC para convertir la tensión de CC en una tensión de CA. La tensión de CA puede o bien suministrar potencia a una carga de CA independiente de una red de servicio público o la tensión de CA puede ser conectada a la red de servicio público de manera que el inversor suministre potencia a la red, a una carga de CA, o a una combinación de la red y de la carga de CA.

Así es otro objeto del invento que la potencia generada por el sistema pueda alimentar cargas de CA y pueda alternativamente ser realimentada sobre la red de servicio público.

El inversor puede también proporcionar selectivamente flujo de potencia bidireccional entre el bus de CC y la red de servicio público.

Así es otro objeto del invento el dispositivo de almacenamiento de CC pueda ser cargado desde la red de servicio público si las otras fuentes generadoras eléctricas proporcionan una potencia insuficiente para cargar el dispositivo.

Además, una carga de CC continua puede ser acoplada al bus común de CC, bien directamente o bien utilizando un convertidor de CC a CC si se desea una tensión distinta de la tensión de bus de CC, de tal modo que el sistema de alimentación puede suministrar potencia bien a una carga de CC o bien a una carga de CA.

Es otro aspecto del controlador de potencia que al menos un convertidor de energía adicional acoplado a un dispositivo generador de energía eléctrica adicional puede ser acoplado al bus común de CC sin modificar ninguno de los convertidores de energía existentes o el regulador de energía.

Así es aún otro aspecto del invento que los convertidores son modulares. La naturaleza independiente de los convertidores permite que los convertidores sean añadidos o retirados sin requerir modificaciones en las unidades de control de otros convertidores o del regulador.

Éstos y otros objetos, ventajas y características del invento resultarán evidentes para los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada y de los dibujos adjuntos. Debería comprenderse, sin embargo, que la descripción detallada y los dibujos adjuntos, aunque indican realizaciones preferidas del presente invento, son dados a modo de ilustración y no de limitación.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se han ilustrado realizaciones ejemplares preferidas del invento en los dibujos adjuntos en los que números de referencia similares representan partes similares en todos ellos, y en los que:

5 La fig. 1 es una representación esquemática de una primera realización del presente invento que ilustra fuentes generadoras y cargas ejemplares.

La fig. 2 es una representación esquemática de otra realización del presente invento que ilustra fuentes generadoras y cargas ejemplares y que ilustra además una conexión a una carga de cliente de CA o red de servicio público.

10 La fig. 3 es una representación esquemática de otra realización del presente invento que ilustra fuentes generadoras y cargas ejemplares y que ilustra además una conexión a una carga de cliente de CC, a una tensión de CC, diferente que el bus de CC.

La fig. 4 es una representación esquemática de un convertidor 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 de la operación de un convertidor.

15 La fig. 8 es un diagrama de flujo de la operación de un regulador y

La fig. 9 es una representación esquemática que ilustra una implementación de un armario modular del presente invento.

20 En la descripción de las realizaciones preferidas del invento que están ilustradas en los dibujos, se resaltarán la terminología específica con propósitos de claridad. Sin embargo, no se pretende que el invento esté limitado a los términos específicos así seleccionados y se comprende que cada término específico incluye todos los equivalentes técnicos que operan de una manera similar para conseguir un propósito similar. Por ejemplo, la palabra "conectado", "unido" o términos similares a ellos son utilizados a menudo. No están limitados a la conexión directa sino que incluyen la conexión a través de otros elementos donde tal conexión es reconocida como equivalente por los expertos en la técnica.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

25 El presente invento proporciona un método y aparato para controlar un sistema híbrido 10 de alimentación. Específicamente, este invento gestiona un flujo de potencia entre una o más fuentes generadoras de potencia, dispositivos de almacenamiento, cargas, y la red de servicio público, cada uno de los cuales está acoplado a un bus 50 de CC, bien directamente o bien mediante un dispositivo de conversión de potencia.

30 A lo largo de esta descripción, se utilizarán varios términos para describir los dispositivos de conversión de potencia utilizados para acoplar una fuente generadora o carga al bus 50 común de CC, incluyendo: un convertidor 20, un regulador 30, y un inversor 60. Con referencia a las figs. 4-6, cada uno del convertidor 20, del regulador 30, del inversor 60 incluyen tanto una señal de tensión 26, 36, 66 como una unidad de control 25, 35, 65. La señal de tensión 26, 36, 66 indica el nivel de tensión presente en el bus 50 de CC y puede ser generada por sensores de tensión individuales dentro de cada dispositivo de conversión de potencia, proporcionando la señal un único sensor de tensión a múltiples dispositivos de conversión de potencia, o proporcionan una señal una combinación de sensores de tensión a dispositivos individuales de conversión de potencia y a múltiples dispositivos de conversión de potencia. La unidad de control 25, 35, 65 de cada dispositivo de conversión de potencia incluye preferiblemente una sección de conversión de potencia, consistente de dispositivos electrónicos de potencia 28, 38, 68, un procesador 22, 32, 62 capaz de ejecutar un programa para enviar señales de control a los dispositivos electrónicos de potencia 28, 38, 68, y a la memoria 24, 34, 64 para almacenar el programa capaz de ser ejecutado sobre el procesador 22, 32, 62. La señal de tensión 26, 36, 66 es leída por el programa que se ejecuta en el procesador 22, 32, 62. El programa emite señales de control a los dispositivos electrónicos de potencia 28, 38, 68 para regular el flujo de potencia a través del dispositivo como se ha descrito con más detalle a continuación. Alternativamente, la unidad de control 25, 35, 65 puede estar formada solamente de los dispositivos electrónicos de potencia 28, 38, 68 y un hardware de control conectado directamente a la señal de tensión 26, 36, 66 para regular el flujo de potencia a través del dispositivo. Por ejemplo, un convertidor elevador, como es conocido en la técnica, puede ser utilizado para convertir un primer nivel de tensión de CC a un segundo nivel de tensión de CC más elevado.

40 Con referencia a la fig. 1, se ha ilustrado una primera realización del sistema híbrido 10 de alimentación. El sistema 10 de alimentación incluye al menos un convertidor 20, cada convertidor 20 está conectado a una fuente generadora. El sistema 10 de alimentación incluye además al menos un regulador 30, cada regulador 30 está conectado al menos a un dispositivo de almacenamiento 40. Un bus 50 común de CC enlaza cada uno de los convertidores 20 y de los reguladores 30 juntos.

50 Cada convertidor 20 está acoplado eléctricamente entre una fuente generadora y el bus 50 común de CC. La fuente generadora puede ser de cualquier tipo conocido en la técnica, incluyendo pero no estando limitado a fuentes

- 5 generadoras eólicas, fotovoltaicas, hidroeléctricas, de mareas, de biocombustible o de biomasa. Cada una de estas fuentes emite o bien una tensión de CA o bien una tensión de CC con una amplitud adecuada al tipo de fuente generadora. La fuente generadora proporciona una tensión de entrada a los dispositivos electrónicos de potencia 28 del convertidor 20. Los dispositivos electrónicos de potencia 28 están configurados para convertir esta tensión de entrada a un nivel de tensión de CC deseado como una tensión de salida al bus 50 de CC. Por ejemplo, el nivel de tensión de CC deseado puede ser de 650 V si el sistema de alimentación se conecta a una red de servicio público de 460 V. Alternativamente, el nivel de tensión de CC puede ser cualquier tensión de CC deseada, tal como 48 V, que pueden ser requeridos por una carga de CC específica. El nivel de tensión de CC puede ser seleccionado de modo similar para proporcionar una conversión de energía óptima entre una fuente generadora y el bus 50 de CC.
- 10 Cada regulador 30 está acoplada eléctricamente entre un dispositivo de almacenamiento 40 y el bus 50 común de CC. El dispositivo de almacenamiento 40 puede, por ejemplo, incluir una batería, una pila de combustible, o una pila de combustible regeneradora. Se ha contemplado que cada dispositivo de almacenamiento 40 puede estar hecho o bien de un único dispositivo o bien de múltiples dispositivos conectados en serie, en paralelo, o en una combinación de ellos como es conocido en la técnica. Los dispositivos electrónicos de potencia 38 de cada regulador 30 están configurados para permitir un flujo de potencia bidireccional entre el bus 50 de CC y el dispositivo de almacenamiento 40. El bus 50 de CC opera a un primer nivel de tensión de CC y el dispositivo de almacenamiento 40 opera a un segundo nivel de tensión de CC. Alternativamente, el bus 50 de CC y el dispositivo de almacenamiento 40 pueden operar al mismo nivel de tensión de CC.
- 15 Con referencia a continuación a las figs. 2 y 3, el sistema híbrido 10 de alimentación puede incluir además un dispositivo convertidor de potencia de salida, por ejemplo un inversor 60 u otro convertidor 45 de CC a CC. El inversor 60 está acoplado eléctricamente entre el bus 50 de CC y una carga de CA. La carga de CA puede ser o bien independiente o bien estar conectada a la red de servicio público. Los dispositivos electrónicos de potencia 68 de cada inversor 60 pueden estar configurados para permitir un flujo de potencia bidireccional entre el bus 50 de CC y la carga de CA. El flujo de potencia bidireccional permite que la red de servicio público, cuando está conectada, suministre potencia al bus 50 de CC, suplementando la potencia proporcionada por las fuentes generadoras si la demanda procedente de las cargas conectadas al sistema de potencia excede de la potencia suministrada por las fuentes generadoras. El convertidor 45 de CC a CC está acoplado eléctricamente entre el bus 50 de CC y una carga que opera a un nivel de tensión diferente de la tensión en el bus 50 de CC. Se ha contemplado que cualquier número y combinación de cargas pueden ser conectadas al sistema, de tal modo que una carga puede ser conectada al bus 50 de CC bien directamente, a través del inversor 60, a través del convertidor de CC a CC, o bien de cualquier combinación o múltiplo de los mismos.
- 20 En funcionamiento, cada convertidor 20 opera independientemente de los otros convertidores 20 y reguladores 30 para suministrar potencia al bus 50 de CC de acuerdo con las operaciones ilustradas en la fig. 7. En la operación 102, el convertidor 20 vigila la señal de tensión 26 para determinar qué tensión de CC está presente en el bus 50 de CC. En la operación 104, la señal de tensión 26 es comparada contra un valor máximo predeterminado, por ejemplo un 120% del nivel de tensión del bus de CC deseado. Si la tensión en el bus 50 de CC asciende por encima de este valor máximo, el convertidor 20 inhabilitará los dispositivos electrónicos de potencia 28, de acuerdo con la operación 106, con el fin de impedir que se introduzca más potencia al sistema. Si la tensión en el bus 50 de CC está por debajo del valor máximo, el convertidor 20 está listo para convertir energía cuando es proporcionada por la fuente generadora. En la operación 108, el convertidor 20 vigila la fuente generadora para determinar si está generando potencia. Si no se está generando potencia, los dispositivos electrónicos de potencia 28, serán inhabilitados, de acuerdo con la operación 106, debido a que no hay necesidad de transferir potencia al bus 50 de CC. Si se está generando potencia, los dispositivos electrónicos de potencia 28 son habilitados para convertir la tensión de entrada a la tensión del bus de CC deseada, de acuerdo con las operaciones 110 y 112. Las operaciones de la fig. 7 son repetidas de tal modo que el convertidor 20 está vigilando continuamente la tensión en el bus 50 de CC y respondiendo de manera apropiada.
- 25 Haciendo funcionar cada convertidor 20 de manera independiente de los otros convertidores 20 y reguladores 30, puede conseguirse la máxima eficiencia operativa. En primer lugar, convirtiendo la energía generada por cada fuente sobre un bus común 50 de CC, el sistema de alimentación 10 elimina el proceso de doble conversión corrientemente requerido para convertir la energía generada a una tensión de CA para conexión a la red. Además, el nivel de tensión en el bus 50 de CC es regulado a un valor constante, como se ha descrito a continuación. Esto permite que los convertidores 20 sean configurados para operar a la máxima eficiencia. Por ejemplo, un algoritmo de seguimiento del punto de potencia máxima, como es conocido en la técnica, puede ser ejecutado por el procesador 22 en la unidad de control 25 para proporcionar la máxima transferencia de potencia al bus 50 de CC.
- 30 El regulador 30 opera independientemente de cada uno de los convertidores 20 para regular el nivel de tensión en el bus 50 de CC de acuerdo con las operaciones ilustradas en la fig. 8. En la operación 202, el regulador 30 vigila el nivel de carga en el dispositivo de almacenamiento 40. En la operación 204, el regulador 30 determina si el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente cargado. Si el dispositivo de almacenamiento 40 está totalmente cargado, es incapaz de aceptar más energía procedente del bus 50 de CC. Si el nivel de tensión en el bus 50 de CC excede del nivel de tensión deseado mientras el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente cargado, los dispositivos electrónicos de potencia 38 son inhabilitados para impedir un flujo de potencia adicional bien al dispositivo de almacenamiento 40 o bien desde el mismo, como se ha ilustrado en las operaciones 206, 208 y 210. Sin embargo, si el nivel de tensión en el bus 50 de CC comienza a caer por debajo del nivel de tensión deseado y el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente cargado, los dispositivos electrónicos de potencia 38 son habilitados para

transmitir energía desde el dispositivo de almacenamiento 40 al bus 50 de CC para mantener una tensión constante sobre el bus 50 de CC, como se ha mostrado en las operaciones 212 y 214.

5 En la operación 216, el regulador 30, después de determinar que el dispositivo de almacenamiento 40 no está completamente cargado, determina si el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente descargado. Si el nivel de tensión en el bus 50 de CC cae por debajo del nivel de tensión deseado mientras el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente descargado, los dispositivos electrónicos de potencia 38 son inhabilitados debido a que el dispositivo de almacenamiento es incapaz de suministrar energía al bus 50 de CC, como se ha ilustrado en las operaciones 218, 220 y 222. Sin embargo, si el nivel de tensión en el bus 50 de CC comienza a ascender por encima del nivel de tensión deseada y el dispositivo de almacenamiento 40 está completamente descargado, los dispositivos electrónicos de potencia 38 son habilitados para transmitir energía desde el bus 50 de CC para cargar el dispositivo de almacenamiento 40 y mantener una tensión constante sobre el bus 50 de CC, como se ha mostrado en las operaciones 212 y 214.

15 Si el regulador 30 determina que el dispositivo de almacenamiento está parcialmente cargado, los dispositivos electrónicos de potencia 38 son habilitados y el regulador opera para mantener un nivel de tensión constante sobre el bus 50 de CC, como se ha mostrado en las operaciones 212 y 214. El nivel de tensión constante es mantenido cargando el dispositivo de almacenamiento 40 si el nivel de tensión en el bus 50 de CC comienza a ascender y descargando el dispositivo de almacenamiento 40 si el nivel de tensión en el bus 50 de CC comienza a caer. Las operaciones de la fig. 8 son repetidas de tal modo que el regulador 20 está vigilando continuamente la tensión en el bus 50 de CC y respondiendo apropiadamente. De esta manera, el regulador 30 y el dispositivo de almacenamiento 40 operan para mantener una tensión constante sobre el bus 50 de CC. El dispositivo de almacenamiento 40 está dimensionado preferiblemente de tal modo que generalmente permanece en un estado parcialmente cargado, recibiendo energía procedente del bus 50 de CC cuando la potencia generada excede de las demandas de las cargas y suministrando energía al bus 50 de CC cuando las cargas demandan más energía de la que es proporcionada por las fuentes generadoras.

25 El inversor 60 opera similarmente de manera independiente de los otros dispositivos de conversión de potencia. Cuando el sistema 10 de alimentación está conectado a una carga de CA independiente de la red, el inversor 60 reacciona a la potencia requerida desde la carga y suministra la potencia apropiada a la salida de CA del inversor 60. Cuando el sistema 10 de alimentación está conectado a la red de servicio público, el inversor 60 mantiene una tensión y frecuencia constantes en el lado de CA del inversor 60. Manteniendo una tensión y frecuencia constantes en el lado de CA del inversor 60 cuando está conectado a la red de servicio público, los cambios en el nivel de tensión en el bus 50 de CC darán como resultado transferencia de potencia bien a la red de servicio público o bien desde ella, según se requiera. Esta conexión a la red puede ayudar a mantener el bus 50 de CC al nivel de tensión de CC deseado y puede además proporcionar otra fuente de energía para cargar el dispositivo de almacenamiento 40.

35 El funcionamiento independiente de cada uno de los convertidores 20 y reguladores 30 facilita una construcción modular del sistema 10 de alimentación. Por ejemplo, cada uno de los convertidores 20 y reguladores 30 puede ser construido como un módulo individual como se ha ilustrado en la fig. 9. Cada módulo puede ser de tamaño variable dependiendo, por ejemplo, de la capacidad de conversión de potencia del módulo y de los requisitos de los dispositivos electrónicos de potencia para el tipo de fuente generadora. Preferiblemente, cada módulo está configurado para ser montado en un armario común en cualquier disposición, pero preferiblemente en una serie de columnas. El bus 50 de CC se extiende en un plano generalmente horizontal por encima de los módulos con derivaciones paralelas que se extiende en planos generalmente verticales hacia abajo a cada columna de módulos. Los convertidores 20 y los reguladores 30 están configurados para conectarse al bus 50 de CC a lo largo de una de las derivaciones verticales. Similarmente, el inversor 60 es otro módulo configurado para ser montado sobre el armario común y conectado a una derivación vertical del bus 50 de CC. Otros módulos pueden ser incluidos según sea necesario (por ejemplo, interruptores de CA entre el inversor y la red de servicio público o un panel de presentación) para montar similarmente al armario común y pueden o no conectarse a un bus 50 de CC según sea necesario.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador de potencia para un sistema híbrido de alimentación, comprendiendo el controlador de potencia:
un bus común (50) de CC que tiene una tensión de CC, al menos un convertidor de energía (20) acoplado eléctricamente entre un dispositivo generador de energía eléctrica y el bus común (50) de CC, incluyendo cada convertidor de energía (20):
- 5 una señal de tensión (26) correspondiente a la tensión de CC presente en el bus (50) de CC, al menos un dispositivo (40) de almacenamiento de energía; y
- un regulador (30) de energía acoplado eléctricamente entre el dispositivo (40) de almacenamiento de energía de CC y el bus común (50) de CC, en el que el regulador de energía (30) incluye:
- 10 una señal de tensión (36) correspondiente a la tensión de CC presente en el bus (50) de CC,
- caracterizado por que el o cada convertidor (20) de energía incluye una unidad de control (25) configurada para controlar la conversión de energía entre el dispositivo generador de energía eléctrica y el bus común de CC independientemente de cualquier otro convertidor (20), y
- 15 el regulador de energía incluye una unidad de control (35) configurada para controlar la conversión de energía entre el dispositivo de almacenamiento de energía de CC y el bus común de CC independientemente del o de cada convertidor (20) y para mantener la tensión de CC a un valor sustancialmente constante.
2. El controlador de potencia según la reivindicación 1, en el que al menos un dispositivo (40) de almacenamiento de energía de CC es una pila de combustible regenerativa.
- 20 3. El controlador de potencia según la reivindicación 1 que comprende además un inversor (60) acoplado eléctricamente al bus (50) de CC para convertir la tensión de CC a una tensión de CA.
4. El controlador de potencia según la reivindicación 3 en el que el inversor (60) suministra potencia a una carga de CA independiente de una red de servicio público.
5. El controlador de potencia según la reivindicación 3 en el que el inversor (60) está conectado a la red de servicio público y suministra potencia a una de la red, de una carga de CA, o a una combinación de las mismas.
- 25 6. El controlador de potencia según la reivindicación 5 en el que el inversor (60) proporciona un flujo de potencia bidireccional.
7. El controlador de potencia según la reivindicación 1 en el que el dispositivo generador de energía eléctrica es uno de entre una fuente generadora eólica, fotovoltaica, hidroeléctrica, de biocombustible, de mareas, o de biomasa.
- 30 8. El controlador de potencia según la reivindicación 1 en el que la unidad de control (35) del regulador (30) comprende además:
- un procesador (32) configurado para proporcionar una pluralidad de señales de control;
- un dispositivo de memoria (34) para almacenar un programa capaz de ser ejecutado en el procesador;
- 35 una sección (38) de conversión de potencia que recibe las señales de control procedentes del procesador para transferir energía bien desde el dispositivo de almacenamiento (40) al bus (50) de CC o bien desde el bus (50) de CC al dispositivo de almacenamiento (40) para mantener la tensión de CC en un valor sustancialmente constante.
9. El controlador de potencia según la reivindicación 1 en el que la unidad de control (25) del convertidor (20) comprende además:
- un procesador (22) configurado para proporcionar una pluralidad de señales de control;
- 40 un dispositivo de memoria (24) para almacenar un programa capaz de ser ejecutado en el procesador;
- una sección (28) de conversión de potencia que recibe las señales de control procedentes del procesador para convertir energía eléctrica procedente del dispositivo generador a la tensión de CC sobre el bus (50) de CC.
10. El controlador de potencia según la reivindicación 1 en el que al menos un convertidor (20) de energía suplementario acoplado a un generador de energía eléctrica suplementario puede ser acoplado al bus (50) de CC sin modificar ninguno de los convertidores (20) de energía existentes ni el regulador (30) de energía.
- 45 11. El controlador de potencia según la reivindicación 1, en el que la unidad de control (25) del convertidor de energía (20) está configurada para regular el flujo de potencia procedente del dispositivo generador de energía al bus (50) de CC

- 5 mientras la tensión de CC en el bus (50) de CC está por debajo de un valor máximo predeterminado y para inhabilitar el flujo de potencia procedente del dispositivo generador de energía cuando la tensión de CC en el bus (50) de CC está por encima de un valor máximo predeterminado, y en el que la unidad de control (35) del regulador de energía (30) está configurada para mantener la tensión de CC en un valor sustancialmente constante independientemente de la primera unidad de control (25).
- 10 12. El controlador de potencia según la reivindicación 11 que comprende además un inversor (60) acoplado eléctricamente entre el bus (50) de CC y una red de CA para convertir la tensión de CC a una tensión de CA, en el que el inversor (60) incluye una señal de tensión (66) correspondiente al nivel de tensión de CC presente en el bus (50) de CC y una unidad de control (65) configurada para proporcionar un flujo de potencia bidireccional entre el bus (50) de CC y la red de CA.
13. El controlador de potencia según la reivindicación 12 en el que un único sensor de tensión proporciona cada una de las señales de tensión (26, 36, 66) para el convertidor de energía (20), el regulador de energía (30) y el inversor (60).
14. Un método para regular el flujo de potencia entre una pluralidad de componentes conectados por un bus común (50) de CC en un sistema híbrido de alimentación que comprende las operaciones de:
- 15 prever al menos un convertidor de energía (20), teniendo cada convertidor de energía (20) una primera señal (26) de tensión de CC y una primera unidad de control (25) configurada para acoplar una fuente generadora de energía eléctrica al bus (50) de CC;
- vigilar una tensión de CC presente en el bus (50) de CC con la primera señal (26) de tensión de CC;
- 20 prever un regulador de energía (30) que tiene una segunda señal (36) de tensión de CC y una segunda unidad de control (35) configurada para acoplar un dispositivo (40) de almacenamiento de energía eléctrica al bus (50) de CC;
- vigilar la tensión de CC presente en el bus (50) de CC con la segunda señal de tensión (36);
- 25 caracterizado por que el método comprende además convertir la energía eléctrica generada por cada fuente generadora a una tensión de CC y una corriente de CA para conexión al bus (50) de CC con el convertidor (20) de energía correspondiente independientemente de cualquier otro convertidor (20) cuando la tensión de CC vigilada es menor que un valor máximo predeterminado; y
- regular la tensión de CC a un valor sustancialmente constante con la segunda unidad de control (35) independientemente de la operación del o de cada convertidor de energía (20).
15. El método según la reivindicación 14 que comprende además las operaciones de:
- 30 prever un inversor (60), teniendo el inversor (60) una tercera señal (66) de tensión de CC y una tercera unidad (65) de control configurada para acoplar el bus (50) de CC a una red de tensión de CA;
- vigilar la tensión de CC presente en el bus (50) de corriente continua con la tercera señal (66) de tensión de CC; y
- convertir tensión bien de CC a CA o bien de CA a CC con el inversor (60).

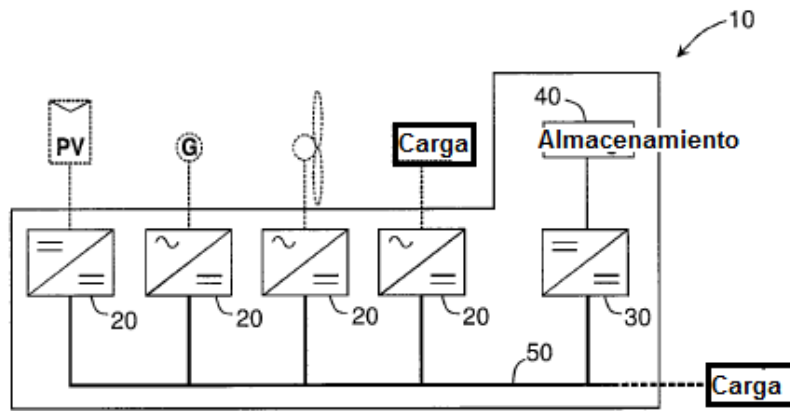


FIG. 1

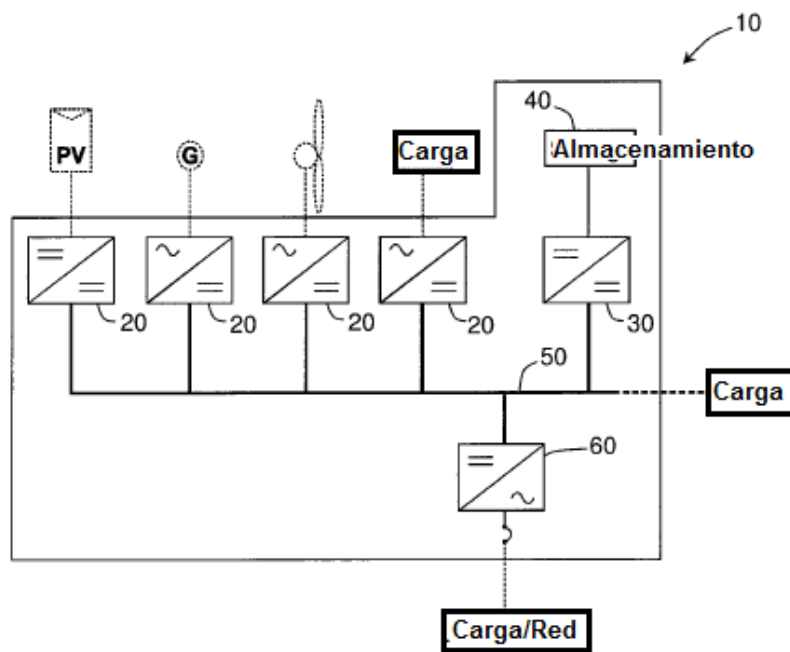


FIG. 2

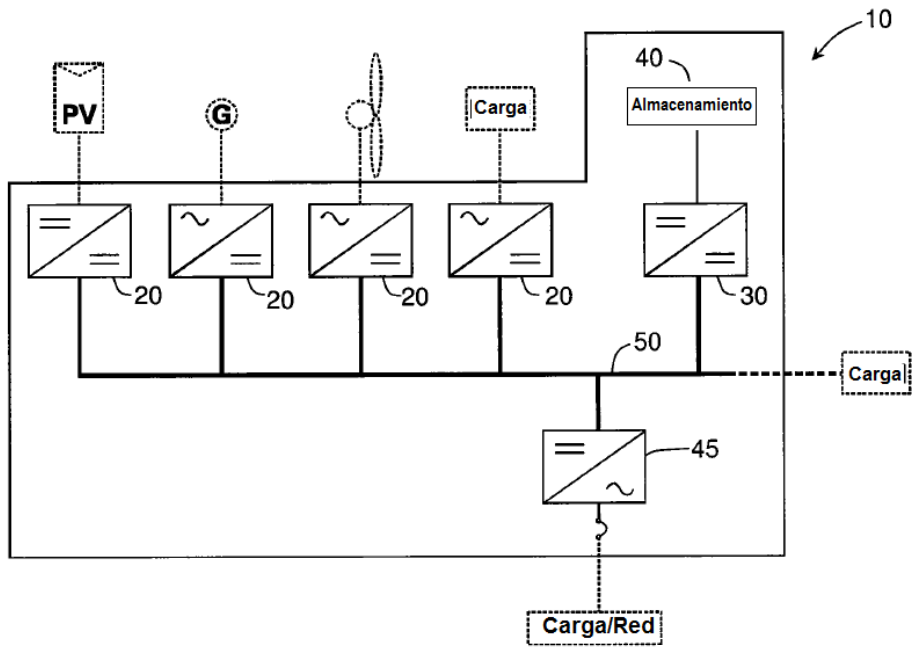


FIG. 3

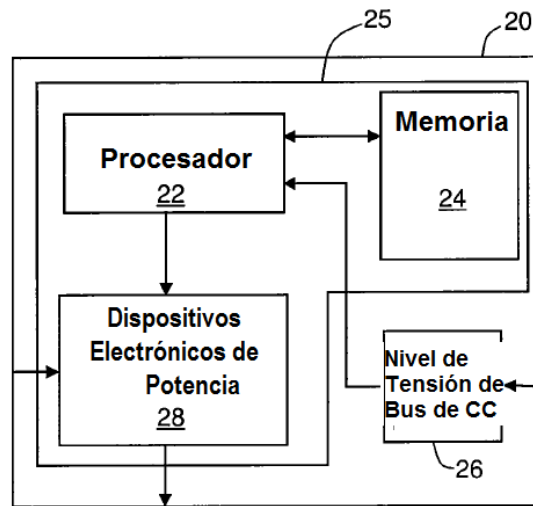


FIG. 4

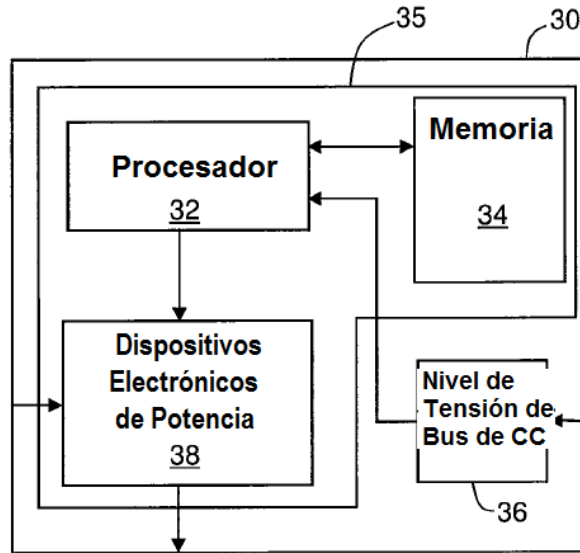


FIG. 5

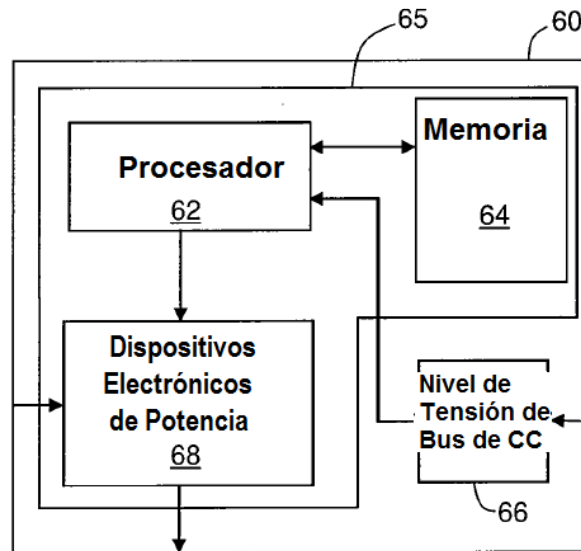


FIG. 6

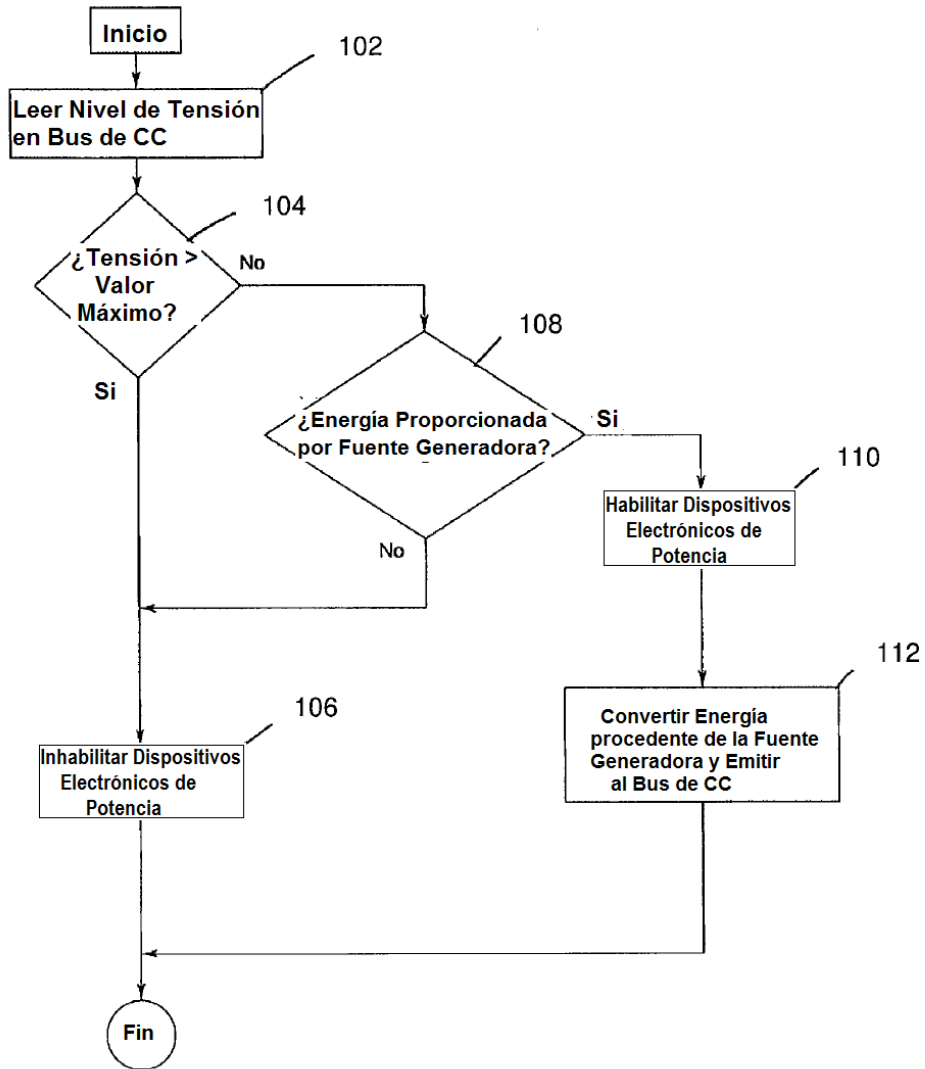


FIG. 7

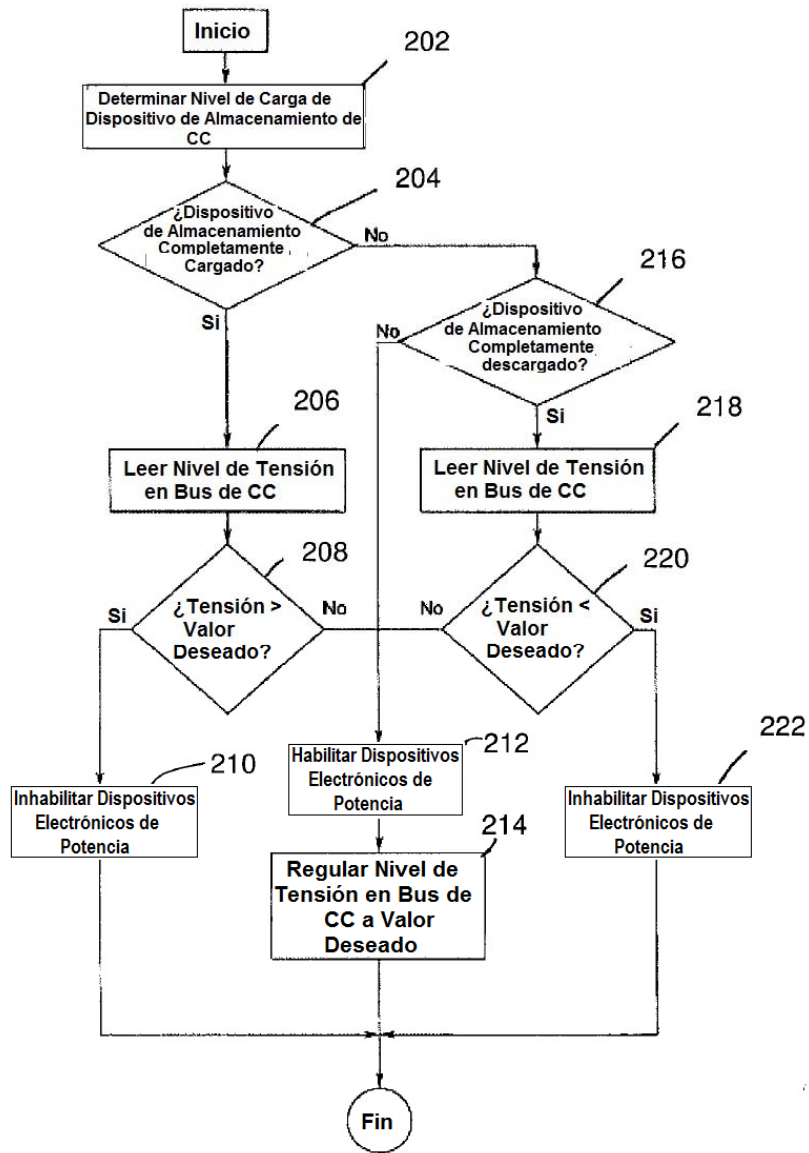


FIG. 8

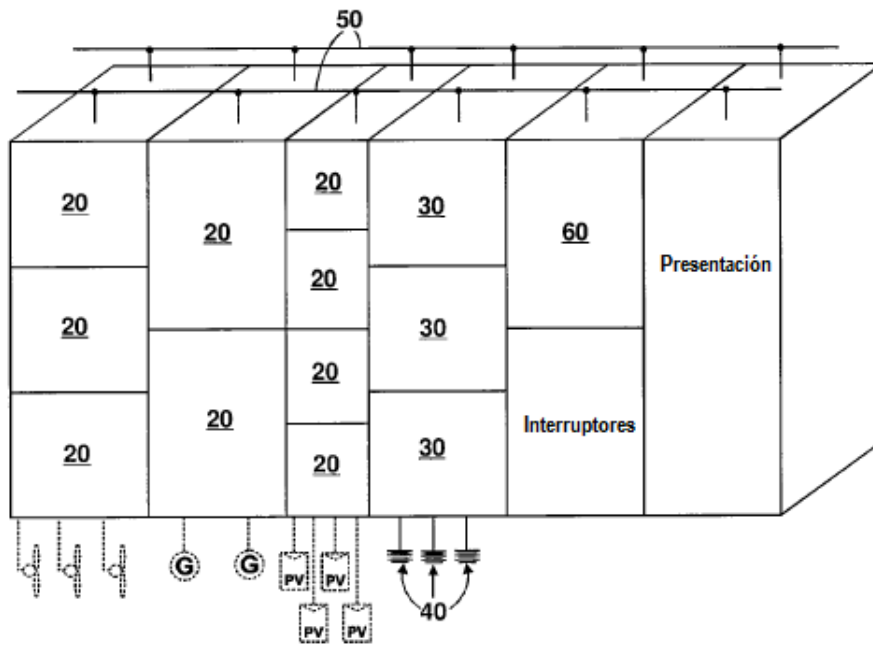


FIG. 9