

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 230**

51 Int. Cl.:

H02J 4/00 (2006.01)

H02J 1/08 (2006.01)

H02J 13/00 (2006.01)

H02J 7/35 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.01.2015 PCT/US2015/011770**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.07.2015 WO15109193**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.01.2015 E 15736956 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2019 EP 3095035**

54 Título: **Método y aparato de red de potencia digital**

30 Prioridad:

19.01.2014 US 201461929074 P

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

16.04.2020

73 Titular/es:

**VOLTSERVER INC. (100.0%)
9 General Stanton Drive
Charlestown, Rhode Island 02813, US**

72 Inventor/es:

**LOWE, HARRY DANIEL y
EAVES, STEPHEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 754 230 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 de red de potencia digital

5 Antecedentes

Un sistema de distribución de potencia eléctrica digital representativo que usa el protocolo PET se describe en la patente U.S. 8,781,637 (Eaves 2012).

10 El principal factor de discernimiento en un sistema de transmisión de potencia digital en comparación con los sistemas de potencia analógicos tradicionales es que la energía eléctrica se separa en unidades discretas, y las unidades de energía individuales se pueden asociar con información analógica y/o digital que se puede utilizar con el fin de optimizar la seguridad, la eficiencia, la resistencia, el control o el enrutamiento.

15 Según lo descrito por Eaves 2012, un controlador de fuente y un controlador de carga están conectados por conductores de distribución de potencia. El controlador de fuente de Eaves 2012 aísla periódicamente (desconecta) los conductores de distribución de potencia de la fuente de potencia y analiza, como mínimo, las características de voltaje presentes en los terminales del controlador de fuente directamente antes y después de que los conductores estén aislados. La tasa de aumento y disminución del voltaje en los conductores revela si existe una condición de falla
 20 en los conductores del sistema de distribución de potencia. Las fallas medibles incluyen, entre otras, cortocircuito, resistencia de línea alta o la presencia de un individuo que ha entrado en contacto incorrectamente con los conductores. Eaves 2012 también describe información digital que se puede enviar entre la fuente y los controladores de carga a través de los conductores de distribución de potencia para mejorar aún más la seguridad o proporcionar características generales de la transferencia de energía, tal como la energía total o el voltaje en los terminales del
 25 controlador de carga. Dado que la energía en un sistema PET se transfiere como cantidades discretas, o cuantos, se puede denominar "potencia digital".

30 Cuando Eaves 2012 se centró en la transferencia de potencia de una sola fuente a un dispositivo de carga, la discusión que sigue describe cómo los elementos de la red de potencia digital que incluyen múltiples cargas, fuentes, dispositivos de almacenamiento de energía y otras mallas de potencia convencionales se pueden coordinar de manera óptima para formar una red de potencia digital. La arquitectura de red de potencia digital divulgada proporciona una plataforma para la transferencia de potencia segura, resiliente, y eficiente y agrega estructuras prioritarias que optimizan estos atributos.

35 El documento JP 2011 142771 A divulga un sistema de paquetes de potencia para suministrar o recibir potencia mediante transmisión y recepción de paquetes.

El documento US 2013/138256 A1 divulga un aparato de control de potencia, un aparato de transmisión de potencia y un sistema de control de potencia.

40

Resumen

Una invención se expone en las reivindicaciones independientes.

45 Las redes de potencia digital y los métodos para enrutar la potencia eléctrica digital entre los elementos de control de potencia se describen en el presente documento, donde diversas realizaciones del aparato y los métodos pueden incluir algunos o todos los elementos, características y pasos descritos a continuación.

50 Una red de potencia digital comprende al menos un dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital para facilitar el enrutamiento de potencia entre los elementos de control de potencia. El dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital comprende (a) al menos un bus de potencia de DC; (b) al menos dos elementos de control de potencia, cada uno con al menos dos conjuntos de terminales de potencia, en donde al menos uno de los conjuntos de terminales de potencia acomoda la potencia eléctrica en formato de transferencia de paquetes de energía, y en donde cada elemento de control de potencia tiene conexiones eléctricas (por ejemplo, cable y/o un conmutador
 55 electrónico que conecta selectivamente los terminales al bus de potencia de DC) configurado para permitir que un conjunto de sus terminales de potencia se conecte al bus de potencia de DC; y (c) al menos un controlador de red operable para ejecutar funciones de control dentro de los elementos de control de potencia de la red para enrutar la potencia eléctrica de al menos un elemento de control de potencia a al menos otro elemento de control de potencia dentro de la red de potencia digital. La red de potencia digital incluye además al menos una fuente de potencia
 60 acoplada con al menos uno de los elementos de control de potencia y al menos una carga acoplada con al menos uno de los elementos de control de potencia. El enrutador de potencia digital incluye al menos un bus de potencia digital separado del bus de DC, donde el bus de potencia digital facilita el enrutamiento directo de la potencia en formato de transferencia de energía de paquetes desde un elemento de control de potencia a al menos otro elemento de control de potencia.

65

En realizaciones particulares, la funcionalidad del controlador de red reside en uno de los elementos de control de potencia de la red.

En realizaciones particulares, el controlador ejecuta un algoritmo que asigna un valor de ponderación a cada opción para enrutar la potencia desde un elemento de control de potencia a otro elemento de control de potencia, lo que permite optimizar las decisiones de enrutamiento con base en los atributos de seguridad, resiliencia y eficiencia. En realizaciones adicionales, el controlador de red reside en un primer dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital que intercambia información de enrutamiento con un controlador de red que reside en un segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital, permitiendo decisiones de enrutamiento entre los elementos de control de potencia de red conectados al primer dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital a realizar por el controlador de red que reside en el segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital.

En realizaciones particulares, un primer elemento de control de potencia está conectado al bus de potencia digital de un primer enrutador de potencia digital y proporciona potencia en formato de transferencia de energía de paquete a un segundo elemento de control de potencia conectado al mismo bus de potencia digital en el mismo enrutador de potencia digital, y el segundo elemento de control de potencia dirige la potencia digital a un tercer elemento de control de potencia que está conectado a un segundo enrutador de potencia digital.

Breve descripción de los dibujos

La figura ilustra esquemáticamente una red de potencia digital, como se describe en el presente documento.

En los dibujos adjuntos, los caracteres de referencia similares se refieren a partes iguales o similares en las diferentes vistas; y los apóstrofes se utilizan para diferenciar varias instancias de los mismos elementos o elementos similares que comparten el mismo numeral de referencia. Los dibujos no son necesariamente a escala; en cambio, se pone énfasis en ilustrar principios particulares en las ejemplificaciones discutidas a continuación.

Descripción detallada

Las características y ventajas anteriores y otras de diversos aspectos de las invenciones serán evidentes a partir de la siguiente descripción más particular de diversos conceptos y realizaciones específicas dentro de los límites más amplios de las invenciones. Diversos aspectos de la materia introducida anteriormente y discutidos con mayor detalle a continuación pueden implementarse de cualquiera de las numerosas maneras, ya que la materia no se limita a ninguna forma particular de implementación. Se proporcionan ejemplos de implementaciones y aplicaciones específicas principalmente con fines ilustrativos.

A menos que en este documento se defina, use o caracterice lo contrario, las expresiones que se usan en este documento (incluidas las expresiones técnicas y científicas) deben interpretarse como que tienen un significado que es consistente con su significado aceptado en el contexto de la técnica relevante y no deben interpretarse en un sentido idealizado o demasiado formal a menos que así se defina expresamente aquí. Por ejemplo, si se hace referencia a una composición particular, la composición puede ser sustancialmente, aunque no perfectamente pura, ya que pueden aplicarse realidades prácticas e imperfectas; por ejemplo, la presencia potencial de al menos trazas de impurezas (por ejemplo, en menos del 1 o 2%) puede entenderse dentro del alcance de la descripción; del mismo modo, si se hace referencia a una forma particular, la forma está destinada a incluir variaciones imperfectas de formas ideales, por ejemplo, debido a las tolerancias de fabricación. Los porcentajes o concentraciones expresados aquí pueden representar ya sea en peso o en volumen. Los procesos, procedimientos y fenómenos descritos a continuación pueden ocurrir a presión ambiente (por ejemplo, aproximadamente 50-120 kPa, por ejemplo, aproximadamente 90-110 kPa) y temperatura (por ejemplo, -20 a 50°C, por ejemplo, aproximadamente 10-35°C) a menos que se especifique lo contrario.

Aunque los términos, primero, segundo, tercero, etc., se pueden usar en el presente documento para describir diversos elementos, estos elementos no deben estar limitados por estos términos. Estos términos se usan simplemente para distinguir un elemento de otro. Por lo tanto, un primer elemento, discutido a continuación, podría denominarse un segundo elemento sin apartarse de las enseñanzas de las realizaciones de ejemplo.

Las expresiones espacialmente relativas, tales como "arriba", "abajo", "izquierda", "derecha", "delante", "detrás" y similares, pueden usarse aquí para facilitar la descripción para describir la relación de un elemento a otro elemento, como se ilustra en las figuras. Se entenderá que las expresiones espacialmente relativas, así como las configuraciones ilustradas, pretenden abarcar diferentes orientaciones del aparato en uso u operación además de las orientaciones descritas aquí y representadas en las figuras. Por ejemplo, si el aparato en las figuras se voltea, los elementos descritos como "abajo" o "debajo" de otros elementos o características se orientarían "por encima" de los otros elementos o características. Por lo tanto, el término de ejemplo, "arriba", puede abarcar tanto una orientación de arriba como de abajo. El aparato puede estar orientado de otra manera (por ejemplo, girado 90 grados o en otras orientaciones) y los descriptores espacialmente relativos utilizados en este documento pueden interpretarse en consecuencia.

Además, en esta divulgación, cuando se hace referencia a un elemento como "encendido", "conectado a", "acoplado a", "en contacto con", etc., otro elemento, puede estar directamente encendido, conectado a, acoplado a, o en contacto con el otro elemento o elementos intermedios pueden estar presentes a menos que se especifique lo contrario.

5 La terminología utilizada en el presente documento tiene el propósito de describir realizaciones particulares y no pretende ser limitante de realizaciones de ejemplo. Como se usa en el presente documento, las formas singulares, tales como "un" y "uno, una", también pretenden incluir las formas plurales, a menos que el contexto indique lo contrario. Además, las expresiones "incluye", "que incluye", "comprende" y "que comprende", especifican la presencia de los elementos o pasos establecidos, pero no excluyen la presencia o adición de uno o más elementos o pasos.

10 Un componente primario de la red de potencia digital divulgada, que se muestra en la figura, es un enrutador de potencia digital (también denominado dispositivo de enrutamiento) 1. El enrutador 1 sirve a un número de elementos 3a-3f de control de potencia. Un ejemplo de elemento 3d de control de potencia de fuente/carga se muestra en la figura que da servicio a un dispositivo de almacenamiento de energía, en este caso una batería 2. Otros elementos 15 3a"/3b" de control de potencia pueden dar servicio a un panel 8 solar, que es una fuente de energía, o una luz 9 LED, que es una carga. Los elementos de control de potencia pueden tener diferentes niveles de importancia dentro de una red de potencia digital. Por ejemplo, al elemento 3b' de control de potencia que da servicio a una carga 10 crítica, tal como un dispositivo de respiración médica o un radio celular que lleva el servicio de emergencia (911), se les asigna una prioridad más alta que otros elementos. El sistema no se limita a la fuente, la carga y los ejemplos de dispositivos de almacenamiento de energía descritos, ya que representan solo un pequeño subconjunto de una miríada de lo que 20 está disponible para conectarse a la red de potencia digital.

Los elementos 3a-3f de control de potencia realizan una o más de las siguientes funciones:

- 25
- verificar la transferencia segura de energía bajo el protocolo de transferencia de energía de paquetes (PET);
 - convertir de potencia analógica a potencia digital bajo el protocolo PET, o viceversa;
 - convertir y/o controlar voltaje y/o corriente; y
 - conmutar la potencia de un canal a otro canal dentro de la red.
- 30

Los elementos de control de potencia incluyen cada uno terminales de potencia. Al menos un conjunto de terminales de potencia puede acomodar potencia eléctrica en formato de transferencia de energía de paquetes a través de componentes electrónicos internos al elemento de control de potencia que convierte la potencia del formato de transferencia de energía de paquetes nuevamente a potencia de DC convencional. La excepción es un elemento de control de potencia diseñado como un conmutador de potencia digital, que dirige la potencia en el formato de transferencia de energía de paquetes existente a otro elemento de control de potencia sin convertir la potencia de nuevo a potencia de DC convencional.

35

40 Cuando las funciones implican transferencia de potencia digital, el protocolo PET se ejecuta y verifica continuamente para garantizar la seguridad. En la figura, mostrada en la leyenda del dibujo y dentro de los bloques funcionales del elemento representado, los elementos 3a-3f de control de potencia están etiquetados de acuerdo con su funcionalidad como S para la fuente 3a, L para la carga 3b, X para el conmutador 3c. Los elementos de control de potencia con funciones combinadas incluyen elementos 3d combinados de fuente/carga, un elemento 3e combinado de carga/conmutador, y un elemento 3f combinado de fuente/carga/ conmutador.

45

Un elemento 6 controlador de red, etiquetado C, proporciona comandos, ejecuta algoritmos de supervisión y recibe datos de otros dispositivos de procesamiento que pueden residir dentro de los elementos 3a-f de control de potencia o dentro de elementos controladores de red en otros enrutadores externos. En una realización, el controlador de red comprende un microprocesador que se comunica con los elementos de control de potencia dentro del enrutador de potencia digital a través del bus 7 de comunicación residente en el enrutador de potencia digital.

50

Con referencia a la figura, los elementos 3a de fuente están realizando funciones relacionadas con la fuente (S). Más específicamente para este ejemplo, el elemento 3a" de fuente está convirtiendo la potencia de DC analógica de un panel 8 solar a un voltaje analógico de DC más alto y luego convirtiendo ese voltaje analógico a potencia digital en formato PET. Cualquiera de las diversas arquitecturas de convertidor de potencia, bien conocidas por los expertos en la técnica, pueden usarse para convertir el voltaje más bajo del panel 8 solar a un voltaje más alto. Los voltajes representativos, pero no para limitar el alcance de esta invención, pueden ser 36-48Vdc para el voltaje de funcionamiento de un panel solar y 300-400Vdc para la amplitud de la potencia digital de PET. El método que el elemento de control de potencia emplea para convertir a formato PET se describe en Eaves 2012.

55

60

Los elementos 3b de control de potencia están actuando como elementos L de carga, convirtiendo la potencia digital de PET, utilizando los métodos de Eaves 2012, de vuelta al nivel de voltaje de DC analógico utilizado dentro del enrutador 1 de potencia digital. El voltaje de DC interno del enrutador de potencia digital típicamente, pero sin limitar el alcance de esta invención, tendría un nivel de 300-400Vdc.

65

El elemento 3e de control de potencia incluye una funcionalidad de conmutación (X) y de carga (L) que es útil cuando se da servicio a una fuente de energía (en este ejemplo, un panel 8 solar). Usando la función de conmutación, el elemento 3e de control de potencia puede evitar la conversión de potencia digital a potencia analógica y, en su lugar, enrutar la potencia digital directamente a otro elemento que también tenga funcionalidad de conmutación en lugar de convertir la potencia digital a la DC analógica interna al enrutador 1 en bus 11 de DC analógico. Por ejemplo, el elemento 3e de control de potencia puede conmutar la potencia al bus 4 de enrutamiento para enrutarse aún más al elemento 3f de control de potencia que tiene funcionalidad de fuente/carga/conmutador. El elemento 3f de control de potencia luego transfiere potencia digital a un elemento 3d''' de fuente/carga. El elemento 3d''' de control de potencia de fuente/carga convierte la potencia digital al nivel de potencia analógico apropiado necesario para cargar la batería 2. Al hacer que los elementos 3e y 3f de control de potencia realicen funciones de conmutación en lugar de conversión, hay menos pérdidas y, por lo tanto, más eficiencia en la transferencia.

Las decisiones sobre la conmutación y el enrutamiento son administradas por el controlador 6 de red. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que otra instancia del controlador 6 de red fuera del enrutador 1, también puede tomar decisiones, particularmente dado que el enrutamiento de potencia puede implicar el envío de potencia digital a una unidad de enrutamiento de potencia digital completamente diferente como se ilustra por la conexión al elemento 3c' de conmutación que puede enrutar la potencia digital a un segundo enrutador de potencia. Se muestra el bus 5 de enrutamiento interno adicional para permitir que se realicen múltiples rutas de enrutamiento y conexiones simultáneamente. Puede haber más de dos buses de enrutamiento internos instalados de acuerdo con las necesidades de la aplicación.

Toma de decisiones:

El sistema permite tomar decisiones sobre la conversión y el enrutamiento de la potencia sobre la base de optimizar la seguridad, la resiliencia y la eficiencia de la transferencia de potencia. Hay consideraciones adicionales que deben hacerse con base en la prioridad asignada a los elementos de control de potencia (por ejemplo, fuentes y cargas); tales como dar más prioridad a un dispositivo 10 de soporte vital médico que a la iluminación 9 general.

La información sobre los elementos de control de potencia disponibles en el sistema, su estado e instrucciones para el enrutamiento se gestionan mediante una tabla de enrutamiento; una herramienta bien conocida por los expertos en la industria de enrutadores de datos actuales (tal como un enrutador Ethernet utilizado en un hogar o centro de datos).

La tabla de enrutamiento incluye la capacidad de asignar un "coste" a varias decisiones de enrutamiento. En el ejemplo anterior, la potencia en formato PET digital desde un panel 8 solar se enrutaba directamente a una batería 2 en lugar de convertirse primero en potencia analógica dentro del enrutador 1 de potencia digital, ahorrando así pérdidas de conversión y mejorando la eficiencia. Esta decisión se toma asignando una variable de coste a la acción de conmutación que penaliza la decisión de conversión más que la decisión alternativa de conmutación y ruta. Sin embargo, si la batería 2 estaba completamente cargada y ya no podía aceptar energía, entonces la variable de coste se actualizaría y la decisión se cambiaría para enrutar la potencia del panel 8 solar a otra ubicación o convertir la potencia a la potencia de DC analógica interna utilizada por el enrutador 1 de potencia digital. La tabla de enrutamiento también puede incluir los costes de enrutamiento para enviar potencia a través de un segundo enrutador de potencia digital que ha comunicado sus variables de coste al primer enrutador 1 utilizando el enlace 11 de comunicación externo que se muestra conectado al controlador 6. De manera similar, el primer enrutador 1 de potencia digital comunica su variable de coste a otros enrutadores de potencia digital conectados y puede recibir y enviar potencia hacia/desde los enrutadores.

Como se describe en el ejemplo de coste de enrutamiento, arriba, los elementos de control de potencia externos, tal como el que da servicio a la batería, pueden necesitar comunicar su estado al enrutador 1 de potencia digital. En el ejemplo de la batería 2, fue necesario tener una variable de estado indicativa del estado de carga de la batería 2. La comunicación entre un elemento de control de potencia dentro del enrutador 1 de potencia digital y un elemento de control de potencia fuera del enrutador 1 de potencia digital se puede realizar con los mismos conductores que se utilizan para transmisión de potencia utilizando técnicas de modulación en línea descritas en Eaves 2012, o mediante comunicación externa por cable o inalámbrica entre el elemento de control de potencia y el controlador del enrutador 6 de potencia digital. Las comunicaciones también son útiles para permitir la configuración "conectar y usar" de la red de potencia digital donde el elemento de control de potencia puede comunicar datos que pueden incluir un código de identificación, estado, características y capacidades. Sin embargo, incluso sin una configuración automática, la tabla de enrutamiento de potencia digital permitiría la configuración manual de los elementos de control de potencia utilizando un operador o una interfaz de configuración de fábrica.

La capacidad de comunicación entre el controlador 6 del enrutador de potencia digital y los elementos de control de potencia también permiten actualizaciones dinámicas de un cambio en el tipo o estado del elemento de red y permite un cambio en la funcionalidad del elemento de red, tales como el cambio de la realización de una función de fuente frente a una función de carga o de conmutador.

Al describir las realizaciones de la invención, se usa terminología específica en aras de la claridad. A los fines de la descripción, los términos específicos pretenden al menos incluir equivalentes técnicos y funcionales que operan de manera similar para lograr un resultado similar. Además, en algunos casos en los que una realización particular de la invención incluye una pluralidad de elementos del sistema o pasos del método, esos elementos o pasos pueden reemplazarse con un solo elemento o paso; del mismo modo, un solo elemento o paso puede ser reemplazado por una pluralidad de elementos o pasos que tienen el mismo propósito. Además, cuando los parámetros para diversas propiedades u otros valores se especifican aquí para realizaciones de la invención, esos parámetros o valores se pueden ajustar hacia arriba o hacia abajo en $1/100$, $1/50$, $1/20$, $1/10$, $1/5$, $1/3^\circ$, $1/2$, $2/3^\circ$, $3/4^\circ$, $4/5^\circ$, $9/10^\circ$, $19/20^\circ$, $49/50^\circ$, $99/100^\circ$, etc., (o arriba por un factor de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 20, 50, 100, etc.), o por aproximaciones redondeadas de los mismos, a menos que se especifique lo contrario. Además, aunque esta invención se ha mostrado y descrito con referencias a realizaciones particulares de la misma, los expertos en la técnica comprenderán que pueden realizarse diversas sustituciones y alteraciones en la forma y detalles sin apartarse del alcance de la invención. Además, otros aspectos, funciones y ventajas también están dentro del alcance de la invención; y todas las realizaciones de la invención no necesitan necesariamente alcanzar todas las ventajas o poseer todas las características descritas anteriormente. Además, los pasos, elementos y características discutidos en el presente documento en relación con una realización también pueden usarse junto con otras realizaciones. Aún más, los componentes y pasos identificados en la sección de antecedentes son parte integral de esta divulgación y pueden usarse junto con o sustituidos por componentes y pasos descritos en otra parte de la divulgación dentro del alcance de la invención. En las reivindicaciones de métodos, donde las etapas se recitan en un orden particular, con o sin caracteres de prefacio secuenciados agregados para facilitar la referencia, las etapas no deben interpretarse como limitadas temporalmente al orden en que se recitan a menos que se especifique o implique otra cosa los términos y las frases.

REIVINDICACIONES

1. Una red de potencia digital, que comprende:

5 al menos un dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital configurado para facilitar el enrutamiento de potencia entre los elementos (3a-f) de control de potencia en donde el dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital comprende:

10 a) al menos un bus (11) de potencia de DC;

15 b) al menos dos elementos (3e-f) de control de potencia, cada uno con al menos dos conjuntos de terminales de potencia, en donde al menos uno de los conjuntos de terminales de potencia acomoda la potencia eléctrica en formato de transferencia de energía en paquetes, y en donde cada elemento de control de potencia tiene conexiones eléctricas configuradas para permitir que un conjunto de sus terminales de potencia se conecte al bus (11) de potencia de DC;

20 c) al menos un controlador (6) de red operable para ejecutar funciones de control dentro de los elementos de control de potencia para enrutar la potencia eléctrica de al menos un elemento de control de potencia a al menos otro elemento de control de potencia dentro de la red de potencia digital; y

25 d) al menos un bus (4,5) de potencia digital separado del bus (11) de DC, en donde el bus (4,5) de potencia digital está configurado para facilitar el enrutamiento directo de la potencia en el formato de transferencia de paquetes de energía desde un elemento de control de potencia a al menos otro elemento de control de potencia dentro de la red de potencia digital;

30 al menos una fuente (2,8) de potencia acoplada con al menos uno de los elementos (3d''', 3a''') de control de potencia, y

al menos una carga (9,10) acoplada con al menos uno de los elementos (3b'', 3b') de control de potencia.

35 2. La red de potencia digital de la reivindicación 1, en donde la funcionalidad del controlador (6) de red reside en uno de los elementos de control de potencia.

40 3. La red de potencia digital de la reivindicación 1, en donde un primer elemento (3e) de control de potencia conectado al bus (4,5) de potencia digital de un primer enrutador (1) de potencia digital está configurado para proporcionar potencia en formato de transferencia de energía de paquetes a un segundo elemento (3c') de control de potencia conectado al mismo bus (4,5) de potencia digital en el mismo enrutador (1) de potencia digital, y en donde el segundo elemento (3c') de control de potencia está configurado para dirigir la potencia digital a un tercer elemento de control de potencia que está conectado a un segundo enrutador de potencia digital.

45 4. La red de potencia digital de la reivindicación 1, en donde el controlador (6) de red está configurado para ejecutar un algoritmo que asigna un valor de ponderación a cada opción para enrutar la potencia de un elemento de control de potencia a otro elemento de control de potencia, lo que permite optimizar las decisiones de enrutamiento con base en atributos de seguridad, resiliencia y eficiencia.

50 5. La red de potencia digital de la reivindicación 1, en donde el controlador (6) de red incluido en un primer dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital está configurado para intercambiar información de enrutamiento con un segundo controlador de red que reside en un segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital, permitiendo que las decisiones de enrutamiento entre los elementos de control de potencia de la red conectados al primer dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital sean tomadas por el segundo controlador de red que reside en el segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital.

55 6. Un método para enrutar potencia eléctrica digital entre elementos (3a-3f) de control de potencia, el método comprende: usar al menos un dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital para enrutar potencia eléctrica digital entre una pluralidad de elementos (3a- 3f) de control de potencia, cada elemento de control de potencia tiene al menos dos conjuntos de terminales de potencia, y al menos un conjunto de terminales de potencia que transmiten potencia eléctrica en formato de transferencia de energía por paquetes, en donde el dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital comprende:

60 a) al menos un bus (11) de potencia de DC;

b) al menos dos elementos (3e-f) de control de potencia, en donde al menos un terminal de potencia de cada elemento de control de potencia está conectado al bus (11) de potencia de DC;

65 c) al menos un controlador (6) de red, en donde el controlador (6) de red ejecuta funciones de control dentro de los elementos de control de potencia para enrutar la potencia eléctrica de al menos un elemento de control de potencia a al menos otro elemento de control de potencia dentro de la red de potencia digital

d) al menos un bus (4,5) de potencia digital separado del bus (11) de DC, en donde el bus (4,5) de potencia digital enruta directamente la potencia en el formato de transferencia de paquetes de energía desde un elemento de control de potencia a al menos uno otro elemento de control de potencia dentro de la red de potencia digital.

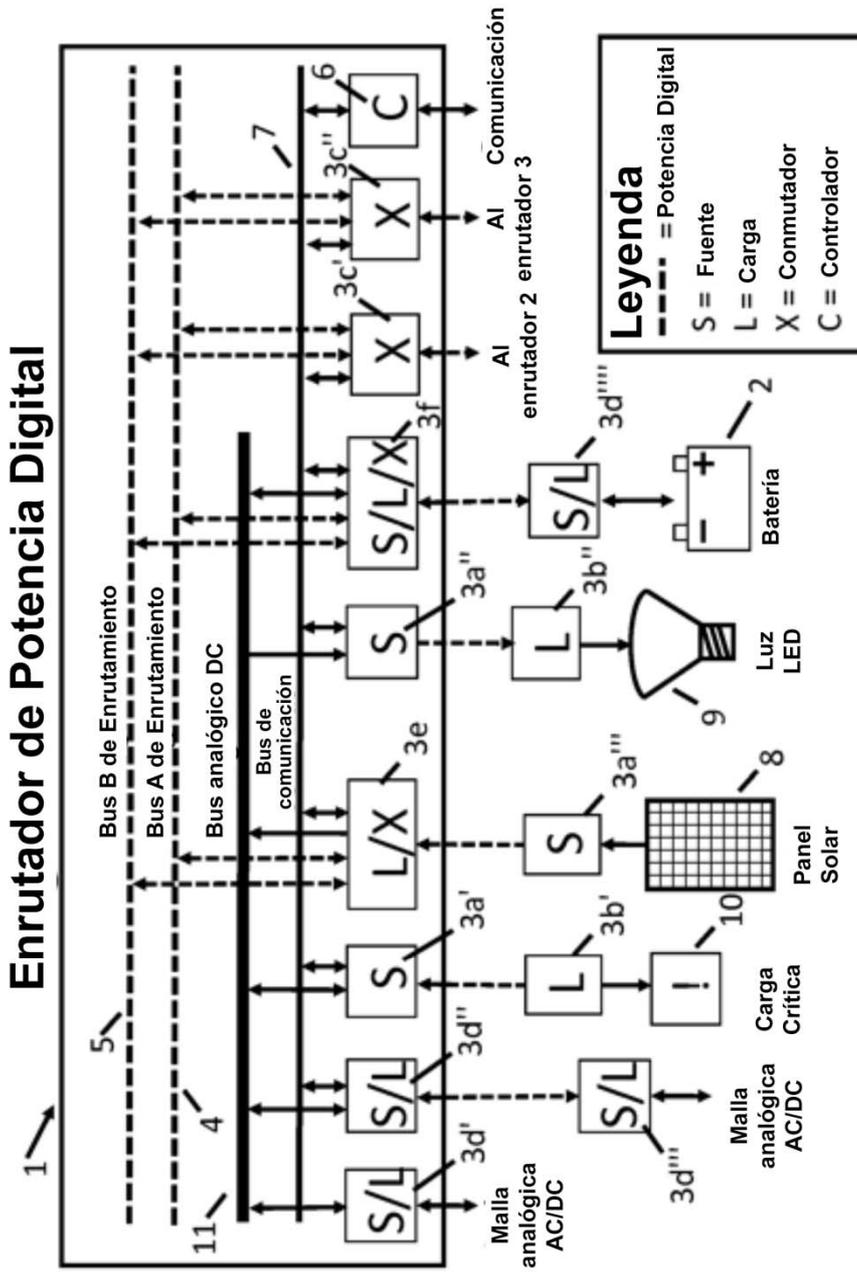
5 7. El método de la reivindicación 6, en donde la funcionalidad del controlador (6) de red reside en uno de los elementos de control de potencia.

10 8. Método según la reivindicación 6, en donde un primer elemento (3e) de control de potencia conectado al bus (4,5) de potencia digital de un primer enrutador (1) de potencia digital proporciona potencia en formato de transferencia de energía de paquete a un segundo elemento (3c') de control de potencia conectado al mismo bus (4,5) de potencia digital en el mismo enrutador (1) de potencia digital, y en donde el segundo elemento (3c') de control de potencia dirige la potencia digital a un tercer elemento de control de potencia que está conectado a un segundo enrutador de potencia digital.

15 9. El método de la reivindicación 6, en donde el controlador (6) de red ejecuta un algoritmo que asigna un valor de ponderación a cada opción para enrutar la potencia de un elemento de control de potencia a otro elemento de control de potencia, optimizando las decisiones de enrutamiento con base en atributos de seguridad, resiliencia y eficiencia.

20 10. El método de la reivindicación 6, en donde el controlador (6) de red que reside en un primer dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital intercambia información de enrutamiento con un segundo controlador de red que reside en un segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital, permitiendo decisiones de enrutamiento entre los elementos de control de potencia de red conectados al primer dispositivo (1) de enrutamiento de potencia eléctrica digital que debe realizar el segundo controlador de red que reside en el segundo dispositivo de enrutamiento de potencia eléctrica digital.

25



Figura