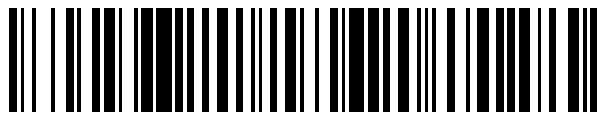


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 914 352**

(21) Número de solicitud: 202031226

(51) Int. Cl.:

H02J 1/10 (2006.01)
H02M 1/00 (2006.01)

(12)

SOLICITUD DE PATENTE

A1

(22) Fecha de presentación:

09.12.2020

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

09.06.2022

(71) Solicitantes:

UNIVERSIDAD DE JAÉN (100.0%)
Campus Las Lagunillas, s/n
23071 Jaén (Jaén) ES

(72) Inventor/es:

ORTEGA ARMENTEROS, Manuel;
LANAGRÁN VARGAS, Enrique Javier;
ORTEGA GARRIDO, María Victoria y
JURADO MELGUIZO, Francisco

(54) Título: **Convertidores de corriente continua y rama generadora de corriente continua que incluye dichos convertidores**

(57) Resumen:

Sistema de generación y almacenaje de energía eléctrica en corriente continua basado en el acoplamiento en serie de fuentes de energía (2) y sistemas de almacenaje (3) a través de convertidores CC/CC de fuente de impedancia configurables para ser conectados en serie entre sí, esto es, de manera que la desconexión de la entrada del convertidor (4, 5) no impide la circulación de corriente a su salida. Dicho sistema o rama generadora (1) permite el acoplamiento en serie de diversas fuentes de energía (2) renovables con distintas condiciones de potencia y de tensión. Una vez acoplada la rama generadora (1) a una barra de corriente continua (12) que abastece una carga (9), un sistema de control mantiene la tensión en los terminales de acoplamiento constante a pesar de las variaciones aleatorias que se producen en las fuentes de energía (2) renovable, teniendo también la capacidad de almacenar energía cuando hay excedentes.

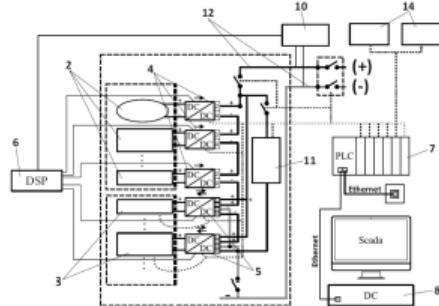


FIG. 3

DESCRIPCIÓN

Convertidores de corriente continua y rama generadora de corriente continua que incluye dichos convertidores

5

SECTOR DE LA TÉCNICA

La presente invención se refiere a un sistema de generación y almacenaje de energía eléctrica en corriente continua. Más concretamente, dicho sistema está basado en la 10 conexión en serie de diversas fuentes de energía para alimentar una microred a través de unos convertidores de corriente continua que permiten su conexión en serie.

ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN

15 Dentro de las energías renovables que menos contaminan se encuentran, las que se extraen del aire (mediante aerogeneradores) y del sol (mediante placas solares), además de que son las más accesibles para la población en todo el mundo, pero presentan un grave inconveniente, que es su gran aleatoriedad.

20 Las placas solares fotovoltaicas producen su energía en forma de corriente continua, tanto en grandes plantas como en pequeñas plantas. Por otro lado, los aerogeneradores siempre producen su energía en forma de corriente alterna, cuando, se trata de aerogeneradores de gran potencia, estos se acoplan a la red directamente en corriente alterna y requieren de sistemas de control para controlar la velocidad de 25 giro de su alternador (manteniendo constante la frecuencia de la tensión producida).

El control de velocidad del generador se hace teniendo en cuenta la demanda y la velocidad del viento. Pero en aerogeneradores de pequeña potencia, la extracción de energía del aerogenerador se puede hacer usando convertidores. Aunque la energía 30 en su interior se produce en forma de corriente alterna, esta se puede rectificar a corriente continua, de modo que las exigencias para el acoplamiento con otras fuentes se simplifican mucho, ya que no es necesario regular la velocidad de giro del generador para su acoplamiento a red.

En el caso de aerogeneradores de corriente continua para potencias bajas (usados en 35 el mercado residencial doméstico), las tensiones de trabajo son en corriente continua

(CC) y de valores bajos.

Gran parte de las fuentes de energías renovables generan su energía en forma de corriente continua (CC) y después su corriente se pasa a corriente alterna (CA) (con 5 las correspondientes perdidas que ello conlleva), para luego acoplarla a las redes de CA o alimentar las cargas en CA, esto actualmente se hace para cada fuente, de modo que las fuentes se acoplan en paralelo, tanto si son de CA como si son de CC.

Los acoplamientos de fuentes de energía de distinto tipo para sumar sus potencias 10 siempre se hacen en paralelo, de modo que cada una de las fuentes dispone de su propio control. Para conseguir dicho acoplamiento, la tensión de salida de las fuentes tiene que ser la misma, tanto si es salida directa de la fuente como si lo hace a través de convertidor.

15 Para la utilización de estas energías es necesario el desarrollo de convertidores y de sistemas que sean capaces de adecuar las variables de la energía (tensión y corriente) producida en las fuentes, a las variables necesarias para el consumo o para la distribución de esta energía, de modo que, la energía producida, pueda ser utilizada por otros usuarios de la microred.

20

Por ejemplo, en los sistemas domésticos de energías renovables, el nivel de tensión lo marcan los acumuladores, de modo que la tensión de las fuentes hay que adaptarla a la de los acumuladores para poder cargarlos, trabajando a una tensión muy baja, además de que todas las fuentes siempre se conectan en paralelo sobre los 25 acumuladores.

Con número de publicación ES2561841 T3 se encuentra la patente de “Instalación de producción y de almacenaje de energía renovable”, prevista para alimentar conjuntamente una unidad consumidora de electricidad conectada a la red. En este 30 documento no se acoplan diversas fuentes entre sí, sino que se dispone de una única fuente generadora.

Con número de publicación ES2543317 T3 se encuentra la patente “Sistema de gestión de energía eléctrica que incluye una fuente de alimentación eléctrica, de una 35 fuente de energía renovable y de un convertidor de potencia”. De acuerdo a este

documento, dicho sistema se caracteriza por que la fuente de alimentación eléctrica y la fuente de energía renovable están conectadas en paralelo a la entrada del convertidor de potencia.

- 5 Cuando se trabaja en paralelo, aumentos de potencia y de ganancia en los convertidores, conllevan aumentando de corriente, esto implica un aumento en las pérdidas por efecto Joule, además, para una misma potencia, a medida que se construyen convertidores con ganancias más elevadas, aumentan los costes, debido a la exigencia de corrientes más elevadas en el lado de tensión más baja.

10

Estos problemas se resuelven con el acoplamiento en serie, donde se puede elevar la tensión - que es reducida en fuentes renovables pequeñas - y la potencia hasta el nivel que se necesite, sin tener que aumentar la corriente y por tanto las perdidas por efecto Joule, de modo que se suman tanto las potencias como la tensión de dichas fuentes en serie.

15

En la publicación de Y. Liu, H. Abu-Rub and B. Ge. "Front-End Isolated Quasi-Z-Source DC-DC Converter Modules in Series for High-Power Photovoltaic Systems—Part I: Configuration, Operation, and Evaluation", publicado en enero de 2017 en la IEEE

20

Transactions on Industrial Electronics, se presenta una elevación de tensión para transportar energía mediante una línea de corriente continua, con una conexión en serie de conjuntos de paneles fotovoltaicos, esto es, de fuentes iguales y con la misma tensión. Para ello, se utilizan convertidores de fuente de q-impedancia con aislamiento galvánico. Este sistema es unidireccional, pues solo acopla placas solares en serie a través de convertidores.

25

SolarEdge tiene un sistema de acoplamiento de placas solares en serie, donde en caso de fallo en una placa no afecta al resto, además de que cada placa puede trabajar en el punto de máxima potencia gracias a un convertidor de corriente continua.

30

Por otro lado, los autores M. Ortega, M.V. Ortega, F. Jurado, J. Carpio, D. Vera presentan un convertidor bidireccional en el artículo "Bidirectional DC-DC, converter with high gain based on impedance source" publicado en la revista IET Power Electron en 2019. Dicho convertidor, basado en red de impedancia, permite hacer de enlace bidireccional entre dos niveles de tensión de corriente continua, consiguiendo una

ganancia lineal que puede alcanzar valores muy elevados con respecto a otros convertidores de la técnica. Sin embargo, dicho convertidor no está adaptado para conectar sus terminales de salida en serie con otros elementos.

- 5 En vista del estado de la técnica, no existen sistemas de generación que permitan la conexión en serie de fuentes de energía de distinto tipo, siendo una de sus mayores limitaciones que los convertidores actuales utilizan valores fijos y estándar y no están adaptados para su acoplamiento en serie, sino en paralelo.

10

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

La presente solicitud de patente soluciona los problemas del estado de la técnica antes citado pues proporciona un sistema de generación y almacenaje de energía eléctrica

- 15 basado en el acoplamiento en serie de fuentes de energía renovable - que utilizan recursos energéticos diferentes y aleatorios - y sistemas de almacenamiento, con el objeto de sumar sus potencias y tensiones, consiguiendo así niveles de tensión elevados, en torno a miles de voltios por ejemplo, partiendo de fuentes que producen muy baja tensión, por ejemplo de menos de 50V, todo ello sin producirse problemas
- 20 de estrés de tensión en la electrónica utilizada y paliando las oscilaciones transitorias de las fuentes renovables, evitando las perturbaciones y los huecos en la tensión.

Dicho sistema formado por varias fuentes y acumuladores en serie se comportan como una sola fuente con tensión estable, a la que se hará referencia en este documento

- 25 como la rama generadora. De este modo, se consigue un acoplamiento de las fuentes en corriente continua en serie y no en paralelo, como hasta ahora.

Asimismo, se proponen unos convertidores basados en fuente de impedancia que posibilitan la conexión en serie de otros elementos a sus terminales de salida, esto es,

- 30 permiten que la desconexión de la entrada del convertidor no interrumpa la circulación de corriente por los terminales de salida. De este modo, todas las fuentes aportan su energía a la rama generadora a través de dichos convertidores, estando la salida de los convertidores en serie.

- 35 Cuando se hace un acoplamiento de fuentes en paralelo, la tensión del acoplamiento

es la misma, y la potencia depende de la corriente que aporta cada fuente al acoplamiento. En el caso de la presente invención donde el acoplamiento es en serie, la corriente en la salida de los convertidores es la misma en toda la rama y la potencia aportada por cada fuente al acoplamiento, depende de la tensión que su convertidor 5 aporte a la rama.

En serie se pueden acoplar fácilmente fuentes con ratios de potencia y de tensión muy distintos, sumando sus potencias y sus tensiones, pudiendo obtener una tensión final con el valor que se necesite, lo que es casi imposible en acoplamiento paralelo, donde 10 se aconsejan ratios de tensión y de potencia de las fuentes parecidos, además de que el nivel final de tensión está mucho más limitado. Por ejemplo, con la presente invención se podría elevar la tensión hasta valores de tensiones de distribución incluso de transporte sin problemas de estrés de tensión para sus convertidores (ya que es un sistema modular); todo esto se podría conseguir de una forma económica y con los 15 dispositivos electrónicos actuales gracias a la presente rama generadora, lo que, con acoplamiento en paralelo de fuentes de continua es prácticamente imposible.

La presente invención permite acoplar fuentes de distintos tipos (placas solares, aerogeneradores, pilas de combustible, etc) y con distintas tensiones y de distintas 20 potencias, aportando cada fuente lo que pueda en cada momento o distribuyendo la demanda entre todas las fuentes de forma proporcional. Además, también permite acoplar en serie con las fuentes, sistemas de almacenaje de energía (baterías, supercondensadores), que sirven para paliar las deficiencias transitorias de energía 25 propias de las energías renovables.

Por ejemplo, si disminuye la irradiancia solar sobre las placas fotovoltaicas (un nublado temporal), esto se traduce en una disminución transitoria de la potencia generada por esta fuente, pero esta situación transitoria no afecta a la carga, ya que el sistema aportará potencia de otra fuente de las que están conectadas en serie (si alguna de 30 ellas no está al máximo y puede cubrir la deficiencia de la placas), o la rama tomará energía de los sistemas de almacenaje, que siempre debe de haber alguno en vigilancia, para cubrir las deficiencias transitorias.

Por otro lado, si se produce una parada de las fuentes renovables durante periodos de 35 largos de tiempo (no hay sol ni aire o ambas cosas), esto pueden ser resuelto si se

dispone de almacenaje suficiente o se disponen de fuentes secundarias, como pilas de combustible. En situaciones excepcionales se pueden integrar fuentes no renovables. O también, la propia red eléctrica rectificada, puede ser integrada como una de las fuentes, ya que el sistema lo admite.

5

De todo lo anterior se concluye que la presente invención puede ser utilizada para microredes eléctricas de corriente continua, de modo que se puedan integrar varias fuentes de corriente continua (aerogeneradores, placas solares, pila de combustible, producción eléctrica con biomasa, etc.) y acumuladores (baterías,

10

supercondensadores), en serie en una misma rama, para alimentar cargas propias y ceder energía a otras ramas de la microred. Esto sería muy útil sobre todo en zonas alejadas con acceso pobre a la energía eléctrica, que mejoraría su independencia eléctrica.

15

Asimismo, podría ser utilizada en sistemas de energía domésticos, con acoplamientos de fuentes renovables (placas solares, aerogeneradores) en serie como fuentes, y baterías como sistemas de almacenaje. Se aprovecharía tanto el sol como el aire, y con el sistema de la presente invención se eliminarían las perturbaciones propias de las fuentes renovables, la rama generadora también puede ser interconectada con la red eléctrica para intercambio de energía en caso de necesidad.

20

Otro campo de aplicación de la invención sería en general cualquier lugar (industria, zonas urbanas, zonas agrícolas, zonas alejadas de la civilización, etc.), donde sea necesaria el uso de energía eléctrica y existan recursos renovables que puedan ser transformados en energía eléctrica en forma de corriente continua, incluso si se dispone de recursos no renovables que también puedan ser transformados en energía eléctrica en forma de corriente continua. Mediante esta invención la energía puede ser transformada, integrada y gestionada para su uso.

30

La rama generadora de la presente invención comprende los siguientes elementos: un convertidor para cada fuente, que serán diseñados específicamente para poder integrar cada fuente en la rama; un sistema de control, que envía la señal del ciclo principal a cada uno de los convertidores; y un sistema de gestión, que palia las situaciones transitorias de una forma fácil y eficiente, esto es, monitoriza todas las variables del sistema, estima la energía máxima que puede ser producida, mide el

consumo propio real de las cargas propias, evalúa la situación energética de la rama y recibe la evaluación de la situación energética de las otras ramas . Para ello, el sistema de gestión, mediante un algoritmo, toma las decisiones de las actuaciones en cada momento. Esto es, conecta y desconecta fuentes, toma decisiones sobre la 5 conexión de la rama con el resto de ramas conectadas a la barra de corriente continua, y envía la señal de control a los sistemas de almacenaje para que almacenen los excedentes.

De este modo, la distribución de potencia en cada fuente en el acoplamiento serie se 10 hace de forma muy sencilla (ajuste por tensión, un solo controlador para todas las fuentes), que en el acoplamiento paralelo era mucho más compleja (ajuste de corriente, un controlador para cada fuente).

Tanto las fuentes de energía como los sistemas de almacenaje se conectan a la rama 15 generadora a través de convertidores CC/CC configurables para poder realizar una conexión en serie entre ellos. Son necesarios dos tipos de convertidores: los convertidores unidireccionales, que se utilizan para acoplar a la rama generadora las fuentes de energía de corriente continua, y los convertidores bidireccionales que se utilizan para acoplar a la rama generadora los sistemas de almacenaje (baterías y 20 supercondensadores).

Todos los convertidores unidireccionales que integran las fuentes de energía en la rama generadora toman la potencia de la fuente a una tensión propia de cada fuente 25 de energía, siendo distintas las tensiones de las fuentes de energía entre sí. Los convertidores unidireccionales integran las fuentes de energía en una misma rama generadora, de modo que la rama generadora en su conjunto actúa respecto a la carga o la microred como un solo generador.

30

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una 35 mejor comprensión de las características de la invención, se acompaña a la presente memoria descriptiva, como parte integrante de la misma, de un juego de dibujos, en

los que con carácter ilustrativo y no limitativo se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra la rama generadora de la presente invención integrada para alimentar una microred.

5

Figuras 2a y 2b.- Muestran, respectivamente, el convertidor unidireccional CC/CC de fuente de impedancia y el convertidor bidireccional CC/CC de fuente de impedancia de la presente invención.

10 Figura 3.- Muestra la rama generadora de la presente invención y sus sistemas de control y gestión.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCIÓN

15 A la vista de las mencionadas figuras, y de acuerdo con la numeración adoptada, se puede observar en ellas un ejemplo de realización preferente de la invención, la cual comprende las partes y elementos que se indican y describen en detalle a continuación.

20 En la figura 1 se muestra la rama generadora (1) de la presente invención integrada en una microred, pudiendo diferenciar la zona de generación, donde se encuentran las fuentes de energía (2) primarias y secundarias, de la zona de almacenaje, donde se encuentran los sistemas de almacenaje (3), como pueden ser baterías y supercondensadores. Dicha rama generadora (1), puede alimentar cargas propias (11) 25 y también se puede acoplar a una barra de corriente continua (12), para intercambiar energía con otras ramas paralelo (13), o alimentar cargas (9) comunes a varias ramas o conectar una microred.

30 Las fuentes de energía (2) de la rama generadora (1) pueden comprender, entre otras, fuentes de corriente continua (placas solares o aerogeneradores de baja potencia), o bien fuentes de corriente alterna cuya tensión de salida se ha rectificado para poder integrarse en la rama generadora (1). Asimismo, la pila de combustible es otra fuente de energía (2) secundaria, que utiliza como combustible el hidrógeno y el oxígeno y produce energía eléctrica en forma de corriente continua. El combustible (oxígeno + 35 hidrógeno), puede ser obtenido haciendo la electrolisis al agua, cuando hay

excedentes de energía en las fuentes primarias, y ser utilizado por la rama a través de la pila de hidrógeno, cuando falte la energía de las fuentes principales y sea necesario para cubrir la demanda.

- 5 Por otro lado, los sistemas de almacenaje (3) de energía pueden consistir en baterías, de modo que cuando se produzcan excedentes de energía, estos puedan ser almacenados en las baterías, para su posterior utilización cuando la demanda lo requiera. Otra misión del almacenamiento en baterías es impedir que la aleatoriedad de las fuentes renovables principales, lleguen a las cargas (11,9) o a la distribución.

10

Tanto las fuentes de energía (2) como los sistemas de almacenaje (3) se conectan a la rama generadora (1) a través de convertidores (4,5) CC/CC de fuente de impedancia diseñados expresamente para poder realizar una conexión en serie (en su salida) entre ellos. Son necesarios dos tipos de convertidores (4,5): los convertidores

- 15 unidireccionales (4), que se utilizan para acoplar a la rama generadora (1) las fuentes de energía (2) de corriente continua, y los convertidores bidireccionales (5) que se utilizan para acoplar a la rama generadora los sistemas de almacenaje (3) (baterías y supercondensadores). Los convertidores unidireccionales (4) admiten un modo de trabajo (modo elevador), y los bidireccionales (5) admiten dos modos de trabajo (elevador y reductor).

Más concretamente, la rama generadora (1) comprende una subrama de generación y una subrama de almacenamiento, conectadas en serie a través de los terminales de salida de los convertidores unidireccionales (4) y los convertidores bidireccionales (5).

- 25 La subrama de generación comprende una o más fuentes de energía (2) conectadas a los terminales de entrada de uno o más convertidores unidireccionales (4), donde los convertidores unidireccionales (4) están conectados en serie entre sí a través de sus terminales de salida. Por otro lado, la subrama de almacenamiento comprende uno o más sistemas de almacenaje (3) conectados a los terminales de entrada de uno o más convertidores bidireccionales (5), donde los convertidores bidireccionales (5) están conectados entre sí en serie a través de sus terminales de salida.

30 Una realización preferente del convertidor unidireccional (4) de fuente de impedancia se muestra en la figura 2a, que tiene la misión de elevar la tensión de fuente V_s a un nivel V_{Hn} que es la aportación de tensión del convertidor a la rama generadora (1) (sólo

admiten el modo elevador). En este caso, la fuente de energía (2) se conecta a los bornes de entrada de un convertidor unidireccional (4).

- La tensión de salida del convertidor unidireccional (4) V_{Hn} , depende de la tensión de la fuente de energía (2) V_s , de la potencia generada por la fuente de energía (2) y trasmisida por el convertidor unidireccional (4) a la rama generadora (1) y del valor del ciclo de trabajo del convertidor unidireccional (4) denominado D_e . El convertidor unidireccional (4) conmuta a una frecuencia $f_c=1/T$, siendo T su periodo de commutación, el rango de valores entre los que se puede mover el ciclo de trabajo D_e en el convertidor será preferentemente 0.8T y cero; esto le da una gran capacidad de regulación en la potencia extraída de la fuente de energía (2) y trasportada a la rama generadora (1). Estos convertidores unidireccionales (4) tienen la capacidad de regular la potencia y la tensión que su fuente de energía (2) aporta a la rama generadora (1).
- Por otro lado, en la figura 2b se muestra una realización preferente del convertidor bidireccional (5) de fuente de impedancia. Se utilizan para conectar los sistemas de almacenaje (3) de energía en forma de CC a la rama generadora (1); estos admiten el modo elevador (transfieren energía del sistema de almacenaje (3) a la rama generadora (1)) y el modo reductor (transmiten energía de la barra de corriente continua (12) al sistema de almacenaje (3)), que se utiliza para el almacenaje de energía en baterías o supercondensadores, cuando hay excedentes de energía en las fuentes de energía (2) renovable o en la microred.

Los dos modos de trabajo no pueden estar conectados en un mismo convertidor bidireccional (5) y al mismo tiempo; un sistema de gestión (7) toma la decisión del modo que debe de trabajar, en función de la situación de cada momento, las operaciones del sistema de gestión son visualizadas a través de un scada (8). Los convertidores bidireccionales (5) llevan dos ciclos de trabajo, uno elevador y otro reductor, el ciclo elevador se mueve preferentemente en un rango de oscilación entre 0.8T y cero, el ciclo reductor admite valores entre 0 y T, pero en cada convertidor bidireccional (5) se restringirá en función de la ganancia de tensión reductora y de la potencia a transmitir en ese modo.

En las figuras 2a y 2b la fuente de impedancia comprende los dos convertidores C_1 y C_2 y las dos bobinas L_1 y L_2 , con sus respectivas conexiones eléctricas. Tanto el

convertidor unidireccional (4) como el convertidor bidireccional (5) consiguen una ganancia sustancialmente lineal dentro de un rango amplio de ciclos de trabajo. A medida que se aumenta el periodo del ciclo de trabajo la ganancia (relación entre la tensión de salida y la tensión de entrada del convertidor (4 o 5)) también aumenta. De 5 este modo, tanto la tensión a la salida de los convertidores (4,5) como la potencia entregada a la rama generadora (1) por las fuentes de energía (2) y el sistema de almacenaje (3) se regula modificando el ciclo de trabajo de los convertidores (4,5).

De acuerdo con la figura 2a la fuente de energía (2) se conecta a los terminales de 10 entrada del convertidor unidireccional (4). Un primer transistor S_e conectado entre los dos bornes de salida de la fuente de impedancia recibe una señal del valor del ciclo de trabajo elevador desde el controlador (6) y realiza sus conmutaciones de acuerdo con dicho valor. Por otro lado, un segundo transistor S_{ce} conectado a un borne de entrada de la fuente de impedancia actúa como interruptor que se activa o desactiva, cuando 15 recibe una orden de conexión o desconexión desde el sistema de gestión (7), por ejemplo, cuando se desea desconectar una fuente de energía (2) debido a operaciones de mantenimiento. Por último, el diodo D_a conectado entre los dos terminales de salida del convertidor unidireccional (4) permite el paso de la corriente a través de los terminales de salida 1,2 cuando el transistor S_{ce} está desactivado, de manera que la 20 desconexión de un convertidor unidireccional (4) no impide la circulación de corriente por la rama generadora (1).

Tanto en el convertidor unidireccional (4) como el convertidor bidireccional (5) comprenden un condensador C_s a su entrada, que almacena la energía entregada por 25 la fuente de energía (2) o el sistema de almacenaje (3) y actúa a modo de filtro, de modo que tanto la fuente de energía (2) como el sistema de almacenaje (3) no sufran las oscilaciones de tensión y corriente que se producen en el interior de los convertidores (4 o 5) propias de su conmutación. Asimismo, se dispone un condensador C_a a la salida de los convertidores (4 o 5) que almacena la energía que 30 se entrega a la rama generadora (1) paliando los efectos transitorios que se producen durante el funcionamiento de los convertidores (4 o 5).

De acuerdo con la figura 2b, el convertidor bidireccional (5) comprende cuatro terminales de salida, 1 y 3 que permiten la entrada de corriente al convertidor 35 bidireccional (5) cuando trabaja en modo reductor, y 2 y 4 que permiten la salida de

corriente cuando trabaja en modo elevador. Un primer transistor S_e conectado entre los dos bornes de salida de la fuente de impedancia recibe la señal del ciclo de trabajo elevador desde el controlador (6); mientras que un segundo transistor S_{rD} conectado al primer terminal de salida del convertidor bidireccional (5) recibe la señal del ciclo de trabajo reductor desde el sistema de gestión (7). Por otro lado, un tercer transistor S_{cr1} conectado a un borne de entrada de la fuente de impedancia permite cambiar del modo reductor al modo elevador y viceversa.

Para poder adaptar el convertidor bidireccional (5) a la rama generadora (1) se deben añadir un cuarto transistor S_{e1} y un quinto transistor S_{e2} conectados al terminal de salida 2 y al terminal de salida 4 del convertidor bidireccional (5) respectivamente. Estos transistores, junto con un sexto transistor S_{cr2} conectado al terminal de salida 3 del convertidor bidireccional (5), permiten la desconexión y conexión del modo elevador y el modo reductor de forma alternativa, sin que se trabaje simultáneamente en ambos modos.

Un primer diodo D_a conectado entre el primer terminal de salida y el tercer terminal de salida del convertidor bidireccional (5) permite el paso de corriente hacia el resto de convertidores (4,5) de la rama generadora (1) incluso cuando su entrada está desconectada; mientras que un segundo diodo D_3 conectado entre el segundo terminal de salida y el cuarto terminal de salida del convertidor bidireccional (5) permite el paso de corriente en el modo reductor.

Por otro lado, ambos convertidores (4,5) alcanzan ganancias altas gracias a la fuente de impedancia, pudiendo llegar a elevar la tensión de entrada hasta en 25 veces, por ejemplo. Esto es debido a que, durante una parte del ciclo de trabajo elevador en el que S_e permanece activo (cerrado), se produce una conexión en serie de la bobina L_1 con el condensador C_1 y, por otro lado, otra conexión en serie de la bobina L_2 con el condensador C_2 , de manera que toda la energía entregada desde el sistema de almacenaje (3) que había sido utilizada para cargar los condensadores C_1 y C_2 es descargada hacia las bobinas L_1 y L_2 .

Los condensadores C_1 y C_2 en el proceso de conmutación se cargan hasta una tensión:

$$V_{0C} = \frac{(V_{Hn} + V_{Sn})}{2}$$

- considerablemente mayor de la que se disponía en la entrada del convertidor bidireccional (5), por lo que la corriente descargada hacia las bobinas L_1 y L_2 es 5 también mayor. Cuando la tensión en los condensadores C_1 y C_2 disminuye por debajo de la tensión en la entrada V_s del convertidor bidireccional (5) se detiene la descarga; sin embargo, las bobinas L_1 y L_2 conservan la energía almacenada hasta el momento y continúan cargándose a través del sistema del almacenaje (3).
- 10 Durante la parte del ciclo de trabajo en el que S_e permanece desactivado (abierto) la energía almacenada en las bobinas L_1 y L_2 se descarga de vuelta a los condensadores, respectivamente sobre C_2 y C_1 , esto hace que las tensiones en los extremos de la bobinas y de los condensadores se eleven, hasta que se verifica que la suma de las tensiones $V_{C1}+V_{L1}$ y $V_{C2}+V_{L2}$ (iguales entre sí), se hacen algo mayores que la tensión existente en los terminales del condensador C_a , entonces se produce la descarga de 15 energía de L_1 y L_2 sobre el condensador C_a de cada convertidor, esta es la energía entregada de la fuente a la rama generadora (1) en un ciclo.

- 20 Por otro lado, en el modo reductor, la corriente entra desde el terminal de salida 1 del convertidor bidireccional (5) y ocurre el proceso inverso al descrito anteriormente, donde las bobinas L_4 y L_3 se incluyen para regular la cantidad de energía que se transmite a la red de impedancia así como para evitar saltos de tensión.

- 25 Los convertidores se diseñan para ser integrados en la rama generadora (1), para ello hay que tener en cuenta en primer lugar si el convertidor se pretende adaptar a la rama generadora (1) una fuente de energía (2) (requiere de un convertidor unidireccional (4)) o un sistema de almacenaje (3) (requiere de un convertidor bidireccional (5)). El diseño comienza por el modo elevador, y después el reductor (si es necesario).

- 30 El modo elevador consta de cinco etapas de proceso en la commutación:

- En la primera etapa se cumplen las ecuaciones

$$V_{in}(t) = V_C(t) + V_L(t) \quad V_C(t) = V_L(t)$$

donde V_{in} representa la tensión de entrada en la red de impedancia V_C y V_L son

las tensiones en los bornes de las bobinas y de los condensadores de la red de impedancia.

$$\left(V_{0C} - \frac{1}{C} \int I_L dt \right) + L \frac{dI_L}{dt} + R_{LC} I_L = 0 \quad V_c + LC \frac{d^2 V_c}{dt^2} + R_{LC} C \frac{dV_c}{dt} = 0$$

5

De la primera de las ecuaciones anteriores se obtiene la corriente que circula por la red de impedancia, mientras que con la segunda se obtiene la tensión en bornes de los condensadores de la red de impedancia.

10

- En la segunda etapa se verifican las ecuaciones siguientes:

$$V_s = V_C(t) + V_L(t) \quad V_s = 2V_L$$

Por otro lado, para obtener la función de corriente en esta etapa, que será usada para el cálculo y diseño de los inductores de la red de impedancia, se utiliza la ecuación:

15

$$I(t) = I_L(t_1) + \frac{V_{L_0}}{2L} \int_{t_1}^t dt \quad \forall t \in [t_1 - t_2]$$

- En la tercera etapa en la malla de entrada de la red de impedancia se cumple la ecuación:

$$V_s + V_L(t) = V_C(t) + V_{R_{LC}}(t)$$

Mientras que en la malla de salida se cumple:

20

$$V_s(t) = V_C(t) + V_L(t) \quad (4)$$

Siendo las ecuaciones de corriente de descarga de las bobinas y de carga de los condensadores en la red de impedancia las siguientes

$$-L \frac{dI_L}{dt} = I_L R_{LC} + \frac{1}{C} \int_{t_3}^{t_2} I_L dt$$

$$V_C(t) = \frac{V_s}{2} + \frac{1}{C} \int_{t_2}^{t_3} I_L(t) dt$$

25

Con las ecuaciones anteriores se obtiene el valor de la tensión V_{0C} , al que quedan cargados los condensadores de la red de impedancia al final de esta etapa. Este valor de tensión se conserva durante las etapas siguientes hasta que se inicia otra vez el siguiente ciclo de trabajo y viene determinado por:

$$V_{0C} = \frac{(V_{Hn} + V_{Sn})}{2}$$

30

- En la cuarta etapa se produce la elevación de tensión en los extremos de la red

de impedancia y supera a la tensión de salida del convertidor unidireccional (4) $V_{Se} \geq V_H$, de modo que parte de la energía almacenada en la red de impedancia, es transportada al condensador de salida del convertidor C_a .

- 5 - En la quinta etapa los inductores de la red de impedancia se han des-energizado por completo y la trasferencia de energía de los inductores (L_1, L_2) a C_a , ya ha terminado. Esta etapa es necesaria, para evitar que el convertidor aumente las pérdidas dentro de la red de impedancia, sin producir ningún beneficio.

10 Por otro lado, el modo reductor consta de dos etapas de proceso en la conmutación:

- Una primera etapa durante la cual se están energizando L_4 y la red de impedancia, la tensión de alimentación en modo reductor en esta etapa se expresa con la siguiente ecuación:

15

$$V_{Se}(t) = V_H - V_{L_4}(t)$$

La corriente en el inductor limitador L_4 cumple con la ecuación:

$$L_4 \frac{dI_{L_4}}{dt} + L \frac{d(I_{L_4}/2)}{dt} + V_{Lo} + \frac{1}{C} \int_0^D \frac{I_{L_4}}{2} dt + RI_{L_4} = V_H$$

- 20 - Una segunda etapa en la que la energía almacenada en L_4 y en la red de impedancia, en la etapa anterior, es cedida a C_s , y después, de C_s pasa a los elementos de almacenaje durante todo el ciclo.

25 Los convertidores unidireccionales (4) se diseñarán teniendo en cuenta solo el modo elevador. Los convertidores bidireccionales (5), se diseñarán primero teniendo en cuenta el modo elevador y después, tomando como base la red de impedancia diseñada para el modo elevador, se diseñará L_4 y L_3 para el modo reductor, así como sus componentes necesarios.

30 Los convertidores unidireccionales (4) y los convertidores bidireccionales (5) llevan el sistema de acoplamiento en rama generadora (1) que les permite conectar sus bornes de salida en serie con otros elementos. De este modo, si se conectan los terminales de salida de los distintos convertidores (4,5) entre sí, cuando alguno de ellos queda fuera de servicio por desconexión del convertidor - orden recibida desde sistema de gestión (7) - o está en vigilancia (está conectado esperando que la fuente genere

energía), la corriente producida por el resto de fuentes de energía (2) no se interrumpe, circulando a través de la rama generadora (1).

- Para el diseño de los convertidores (4,5) y de la rama generadora (1), deben de ser
- 5 definida la cantidad y tipo de fuentes de energía (2) que se integran en la rama generadora (fuentes primarias, secundarias y sistemas de almacenaje). También se debe conocer la potencia de cada fuente de energía (2) así como su tensión de salida, el número de sistemas de almacenaje (3) independientes por rama generadora (1). El valor de la tensión de la barra de corriente continua (12) condicionará preferentemente
- 10 con el número de fuentes de energía (2) máximas conectadas en la rama generadora (1). También se debe tener en cuenta el número de fuentes de energía (2) mínimas o sistemas de almacenaje (3) que podrán cubrir la demanda y cuál es la potencia máxima que puede ser demandada a la rama generadora (1).
- 15 Para cada fuente de energía (2) o sistema de almacenaje (3) se tendrá que diseñar el convertidor (4 o 5) de forma específica, para que cada elemento pueda ser integrado en la rama generadora (1) de modo que el convertidor esté adaptado a la potencia de la fuente de energía (2). La aportación de tensión a la rama generadora (1) estará limitada en un rango, que oscilará entre cero y un valor máximo. La potencia aportada
- 20 a la rama generadora (1) por cada fuente en cada momento, dependerá del valor de tensión de salida del convertidor (4 o 5) en ese momento.

El ciclo de trabajo elevador de cada convertidor (4 o 5) regula la potencia aportada a la rama en cada momento, pudiendo este variar por ejemplo para D_e entre 0-0.8T. La

25 señal de ciclo elevadora la reciben los convertidores (4,5) desde el controlador (6), por ejemplo una señal de ciclo de trabajo de 0-5 V. Esta señal es la misma para todos los convertidores (4,5) que existen en la rama generadora (1), pero luego en cada convertidor se le incluyen restricciones propias a esta señal, para actuar sobre el ciclo del convertidor (4 o 5); también la señal de ciclo puede recibir restricciones del sistema

30 de gestión (7).

La señal de ciclo de trabajo reductor, la reciben los convertidores bidireccionales (5) en su modo reductor (siempre es recibida desde el sistema de gestión (7) de la rama), esta señal solo se utiliza en cada convertidor bidireccional (5) cuando tiene que

35 almacenar energía el sistema de almacenaje (3), al que está conectado el convertidor

bidireccional (5). El ciclo de trabajo reductor, es gestionado directamente por el sistema de gestión (7) mediante una señal analógica, para ajustar el almacenaje al excedente de energía de las fuentes de energía (2) primarias.

- 5 Los convertidores (4,5) tienen ganancia lineal en la zona de trabajo del ciclo, tanto en el modo elevador como reductor, lo que facilita mucho su control. También tienen una respuesta muy rápida frente a variaciones en la tensión de entrada, cambios en el ciclo de trabajo o variaciones de la carga propia (11) de la rama generadora (1).
- 10 En cualquiera de las figuras 1 o 3 se muestra la rama de convertidores (4,5), que está configurada de modo que la salida de cada uno los convertidores (4,5) de la rama generadora (1) está en serie con la del resto, las tensiones de salida de todos los convertidores tanto de fuentes (tensión de salida V_{Hn} del convertidor unidireccional (4)) como de los sistemas de almacenaje (tensión de salida V_{HA} del convertidor bidireccional (5)) se suman, cumpliéndose en todo momento la siguiente ecuación:
- 15

$$V_{cc} = V_{Hn1} + V_{Hn2} + V_{Hn3} + \dots + V_{HA1} + V_{VHA2} + \dots$$

- De este modo, la tensión V_{cc} en los terminales de acoplamiento de la rama generadora (1) a través del cual se acopla a la barra de corriente continua (12) conserva un valor sensiblemente constante (esto es, dentro de un rango reducido de valores preestablecido) que es definido por el valor de referencia del controlador (6).
- 20

- Si por alguna causa, alguna de las fuentes de energía (2) queda fuera de servicio (transitoriamente o temporalmente) el resto de fuentes de energía (2) cubren la demanda y se sigue cumpliendo la ecuación anterior en la que V_{cc} permanece constante.
- 25

- Cuando se produce una disminución de potencia generada en alguna de las fuentes de energía (2) el resto de las fuentes de energía (2) pueden cubrir la demanda. Si por alguna causa, las fuentes de energías (2) principales no disponen de potencia suficiente para cubrir la demanda, la potencia restante la aportan los sistemas de almacenaje (3) de energía y siempre se cumple que V_{cc} permanece sensiblemente constante.
- 30

Los convertidores (4,5), en ambos modos, tienen una ganancia lineal en toda la zona de trabajo, además de que su respuesta es muy rápida, cualquier oscilación en la potencia generada es compensada por el resto de fuentes de energía (2) y sistemas de almacenaje (3) de modo que esta no afecta ni a las cargas propias (11) ni a las 5 cargas (9) comunes, no produciéndose oscilaciones considerables ni huecos en la tensión de los terminales de acoplamiento de la rama generadora (1) incluso cuando trabaja aislada.

- 10 Aunque las oscilaciones de potencia en las fuentes de energía (2) son permanentes, debido a la aleatoriedad de las fuentes renovables, estas no afectan a la tensión del terminal de acoplamiento V_{cc} de la rama generadora (1), debido a la compensación entre las propias fuentes de energía (2) o a la compensación con la intervención de los sistemas de almacenaje (3); ambas compensaciones las facilita el sistema en serie.
- 15 La rama generadora (1) también tiene capacidad para almacenar los excedentes de energía en sus acumuladores, sin dejar de atender a las cargas (9,11).

En modo elevador, existe un control general con una referencia y toma como realimentación la tensión en el terminal de acoplamiento V_{cc} de la rama generadora (1) 20 conectado a la barra de continua (12), de modo que, esta tensión siempre debe mantener el valor que se ha fijado en la referencia del controlador (6). La señal del controlador (6) principal de la rama generadora (1) llega a cada uno de los convertidores (4,5); posteriormente esta señal puede ser modificada en cada uno de los convertidores (4,5) mediante restricciones propias del convertidor (4 o 5) en 25 cuestión (limitación de corriente, seguimiento del máximo punto de potencia, etc.). Por tanto, todos los convertidores (4,5) pueden trabajar a la misma vez controlados por el mismo controlador (6), pero cada uno puede tener sus restricciones propias, para adaptar su fuente de energía (2) a la rama generadora (1) con la mayor seguridad posible.

- 30 En una realización preferente, la referencia del controlador (6) se toma de la barra de continua (12) con un transductor (10) de tensión en continua, por ejemplo con salida de 5V, para alimentar la entrada analógica de un DSP.
- 35 En el modo reductor, que solo lo tienen los convertidores que están conectados a

sistemas de almacenaje (3) de energía (Baterías o supercondensadores), tienen un segundo controlador (no mostrado en las figuras) para gestionar la carga de las baterías. La referencia del ciclo de trabajo llega desde el sistema de gestión (7) de modo que, cuando el sistema detecta excedente de energía en las fuentes de energía 5 (2) renovables principales adapta el ciclo de trabajo reductor de los convertidores bidireccionales (5) en modo reductor para almacenar el excedente, de forma que siempre se extraiga el máximo de energía a las fuentes de energía (2).

10 En la figura 3 se muestra el sistema de control de la rama generadora, que tiene la capacidad de transferir energía desde las fuentes de energía (2) a la cargas (9,11) y, cuando hay excedente de energía en las fuentes de energía (2) primarias y no está siendo consumida en la cargas (11), ésta puede ser almacenada en los sistemas de almacenaje (3).

15 La rama generadora (1) requiere de un sistema de gestión (7) que recibe información de todas las fuentes de energía (2), de la carga (11), mediante varios transductores adicionales de tensión y de corriente (no representados en las figuras), por ejemplo con salida 4 a 20 mA. También recibe información de los recursos energéticos disponibles, sol y aire, usando sensores (14) de irradiancia y de velocidad del viento 20 con señal entre 4 a 20 mA preferentemente. La carga de los sistemas de almacenaje (3) como baterías y supercondensadores, es estimada y la presión de hidrógeno está sensorizada. Este sistema de gestión (7) también da órdenes a los convertidores (4,5) e interruptores de la rama generadora (1)

25

En una realización preferente de la presente invención el sistema de gestión (7) está constituido por un sistema de monitorización de todas las señales de tensión y corrientes de todas las fuentes de energía (2); con este sistema monitorizamos la producción real de la rama generadora (1). Asimismo, se dispone de la medida de la 30 velocidad del viento y de la irradiancia solar; con estos datos se puede estimar la máxima potencia generada por los aerogeneradores P_{sAG} y la por las placas solares P_{sPV} , que son las fuentes de energía (2) primarias. El sistema de gestión (7) también recibe información de la presión de hidrógeno almacenado, con lo que puede estimar la energía almacenada en forma de hidrógeno.

35

Se monitoriza la información de la tensión V_{cc} en los terminales de acoplamiento de la rama generadora (1) (por donde se acopla a la barra de corriente continua (12)) y de la corriente de carga, lo que permite calcular la potencia instantánea consumida P_{Carga} . El sistema de gestión (7) de la rama generadora (1) recibe información del consumo eléctrico real producido en las cargas propias (11) de la rama. También hace estimación de la potencia máxima generada y del estado de carga de cada uno de los sistemas del almacenaje (3) de energía (baterías o supercondensadores). Con esta información, el algoritmo de gestión interna, integrado por ejemplo en un PLC, toma decisiones de las actuaciones que tiene que llevar a cabo en cada momento. También, con esta información recibida de los equipos propios de la rama generadora (1) y de los sensores (14), el algoritmo evalúa el estado actual de nuestra rama generadora (1), y dicha valoración es asociada a una variable analógica, que codifica la situación energética de la rama generadora (1). Esta variable se denomina variable de estado de la rama generadora (1), la cual se comunica al resto de ramas paralelo (13) externas conectadas a la misma barra de corriente continua (12) a través de una red de comunicación que conecta los distintos sistemas de gestión de las distintas ramas (1,13). El resto de ramas paralelo (13) actúan igual, de modo que la rama generadora (1) conoce el valor de la variable de estado del resto de ramas paralelo (13). Dichas ramas paralelo (13) pueden consistir en otras ramas generadoras (1) como la de la presente invención o bien cualquier otra fuente de generación en corriente continua.

También, el sistema de gestión de la rama generadora (1), promedia las variables de estado del resto de ramas paralelo (13) de la microred, siendo éste un dato significativo para la toma de decisiones respecto al intercambio de energía de la rama generadora (1) con el resto de ramas paralelo (13) interconectadas con la misma barra de corriente continua (12). Estas variables, que permiten el intercambio de información entre las distintas ramas (1,13) a través de la red profinet, pueden oscilar por ejemplo entre -10 y 10 (-10 indica una gran deficiencia energética, 0 un estado neutro, +10 un gran excedente de energía que no puede ser acumulado, debido a que los acumuladores de la rama generadora (1) están llenos y el sistema tiene capacidad de producir energía que no puede consumir).

El sistema de gestión (7) trabaja con un algoritmo basado en los siguientes criterios. Cuando se dispone de energía propia suficiente para cubrir la demanda, los excedentes son almacenados en alguno de los sistemas de almacenaje (3) o

convertidos en hidrógeno. Aunque tengamos energía suficiente para cubrir la demanda, debido a la aleatoriedad de las fuentes de energía (2) principales, siempre se pueden producir deficiencias de potencia, debido a falta transitoria de aire o nublado transitorio, esto nos obliga a tener un sistema de almacenaje (3) en vigilancia, de modo 5 que, siempre habrá como mínimo una batería o supercondensador o ambos, trabajando en modo elevador, y el resto pueden estar cargando el excedente de energía.

El sistema de carga de baterías y supercondensadores, se lleva a cabo de modo que 10 una de ellas siempre estará en vigilancia, para paliar las posibles deficiencias transitorias, solo se podrán todos los sistemas de almacenaje (1) en carga cuando no exista consumo en las cargas propias de nuestra rama y no sea necesario estabilizar la tensión en la barra de corriente continua (12).

15 En función de la variable de estado, el sistema de gestión (7) conectará la rama generadora (1) con el resto de ramas paralelo (13) o la mantendrá aislada. Luego, el sistema de gestión (7) gestiona el momento de conexión y desconexión de todos los convertidores (4,5), en función de demanda de energía en cargas propias (11), así como de la producción de las fuentes de energía (2) primarias, cuando las fuentes de 20 energía (2) primarias no cubren las necesidades de las cargas propias (11), se hace uso de la energía almacenada en los sistemas de almacenaje (3) (baterías y supercondensadores).

Cuando las fuentes de energía (2) primarias no tienen producción se hace uso de las 25 fuentes de energía (2) secundarias (pilas de hidrógeno); éstas serán conectadas cuando falten fuentes de energía (2) primarias, debido a su respuesta lenta frente a las variaciones en la carga (9,11), estas fuentes de energía (2) también requieren de al menos un sistema de almacenaje (3) trabajando en vigilancia apoyando a las fuentes de energía (2) secundarias, para paliar las variaciones en las cargas (9,11), sin 30 perturbaciones considerables en la tensión de la barra de corriente continua (12) y por tanto en la potencia demandada por la cargas (11,9) .

Con todo ello, el sistema de gestión (7) toma decisiones de la actuación de la rama generadora (1), decisiones que son materializadas en la rama generadora (1) a través 35 de los convertidores (4,5) e interruptores.

REIVINDICACIONES

1.- Convertidor unidireccional (4) CC/CC configurable para ser conectado en serie que comprende dos terminales de entrada y dos terminales de salida caracterizado por que 5 además comprende:

- una fuente de impedancia que comprende dos bornes de entrada y dos bornes de salida;
- un primer transistor conectado entre los dos bornes de salida de la fuente de 10 impedancia configurable para recibir una señal del ciclo de trabajo del convertidor unidireccional (4);
- un segundo transistor conectado a un borne de entrada de la fuente de impedancia configurable para recibir una señal de conexión o desconexión de la entrada del convertidor unidireccional (4); y
- 15 un diodo conectado entre los dos terminales de salida del convertidor unidireccional (4).

2.- Convertidor bidireccional (5) CC/CC configurable para ser conectado en serie que comprende un modo elevador y un modo reductor, donde dicho convertidor 20 bidireccional (5) comprende:

- dos terminales de entrada y cuatro terminales de salida;
- una fuente de impedancia que comprende dos bornes de entrada y dos bornes de salida;
- 25 un primer transistor conectado entre los dos bornes de salida de la fuente de impedancia configurable para recibir una señal del ciclo de trabajo elevador del convertidor bidireccional (5);
- un segundo transistor conectado al primer terminal de salida del convertidor bidireccional (5) configurable para recibir una señal del ciclo de trabajo reductor 30 del convertidor bidireccional (5); y
- un tercer transistor conectado a un borne de entrada de la fuente de impedancia configurable para recibir una señal de cambio de modo del convertidor,

caracterizado por que además comprende:

- un cuarto transistor y un quinto transistor conectados al segundo terminal de salida y al cuarto terminal de salida del convertidor bidireccional (5) configurables para recibir una señal de conexión o desconexión del modo elevador del convertidor bidireccional (5);
- 5 - un sexto transistor conectado al tercer terminal de salida del convertidor bidireccional (5) configurable para recibir una señal de conexión o desconexión del modo reductor del convertidor bidireccional (5);
- un primer diodo conectado entre el primer terminal de salida y el tercer terminal de salida del convertidor bidireccional (5); y
- 10 - un segundo diodo conectado entre el segundo terminal de salida y el cuarto terminal de salida del convertidor bidireccional (5);

3.- Rama generadora (1) de corriente continua que comprende:

- 15 - al menos una fuente de energía (2);
 - al menos un convertidor unidireccional (4) CC/CC de acuerdo con la reivindicación 1 conectado a través de sus terminales de entrada a la fuente de energía (2) donde, para el caso de comprender más de un convertidor unidireccional (4), los convertidores unidireccionales (4) se conectan entre sí en serie a través de sus terminales de salida;
 - al menos un sistema de almacenaje (3);
 - al menos un convertidor bidireccional (5) CC/CC de acuerdo con la reivindicación 2 conectado a través de sus bornes de entrada al sistema de almacenaje (3) donde, para el caso de comprender más de un convertidor bidireccional (5), los convertidores bidireccionales (5) están conectados entre sí en serie a través de sus terminales de salida;
 - un sistema de control;
 - un terminal de acoplamiento a una barra de corriente continua (12),
- 30 caracterizada por que los convertidores unidireccionales (4) se conectan en serie con los convertidores bidireccionales (5) a través de sus terminales de salida y por que la tensión en el terminal de acoplamiento se mantiene constante dentro de un rango pre establecido de valores a través de un sistema de control que envía una señal de ciclo de trabajo a los convertidores unidireccionales (4) y a los convertidores bidireccionales (5) regulando el valor de la tensión entre sus terminales de salida para
- 35

compensar las variaciones de tensión en el terminal de acoplamiento.

- 4.- Rama generadora (1) según la reivindicación 3 donde el sistema de control comprende un controlador (6) que envía una misma señal de ciclo de trabajo elevador 5 a los convertidores unidireccionales (4) y a los convertidores bidireccionales (5) y donde los convertidores unidireccionales (4) y los convertidores bidireccionales (5) comprenden medios adicionales para aplicar restricciones sobre dicha señal de ciclo de trabajo elevador.
- 10 5.- Rama generadora (1) según la reivindicación 3 o 4 caracterizada por que comprende un sistema de gestión (7) que ajusta la potencia aportada por la rama generadora (1) a la barra de corriente continua (12) con la potencia demandada por una carga (9) conectada a dicha barra de corriente continua (12) y, en base a dicha información, comanda al sistema de control que regula la potencia aportada por la 15 rama generadora (1) modificando el valor de la tensión entre los terminales de salida de los convertidores unidireccionales (4) y de los convertidores bidireccionales (5), o bien envía una señal de conexión o desconexión de sus terminales de entrada.
- 20 6.- Rama generadora (1) según la reivindicación 3 caracterizada por que el sistema de control comprende además una red de comunicación que conecta el sistema de gestión (7) con al menos un segundo sistema de gestión de una rama paralelo (13) acoplada a la barra de corriente continua (12), donde el sistema de gestión (7) comanda la desconexión o conexión de la rama generadora (1) a la barra de corriente continua (12) en función de la potencia demandada por la carga (9).

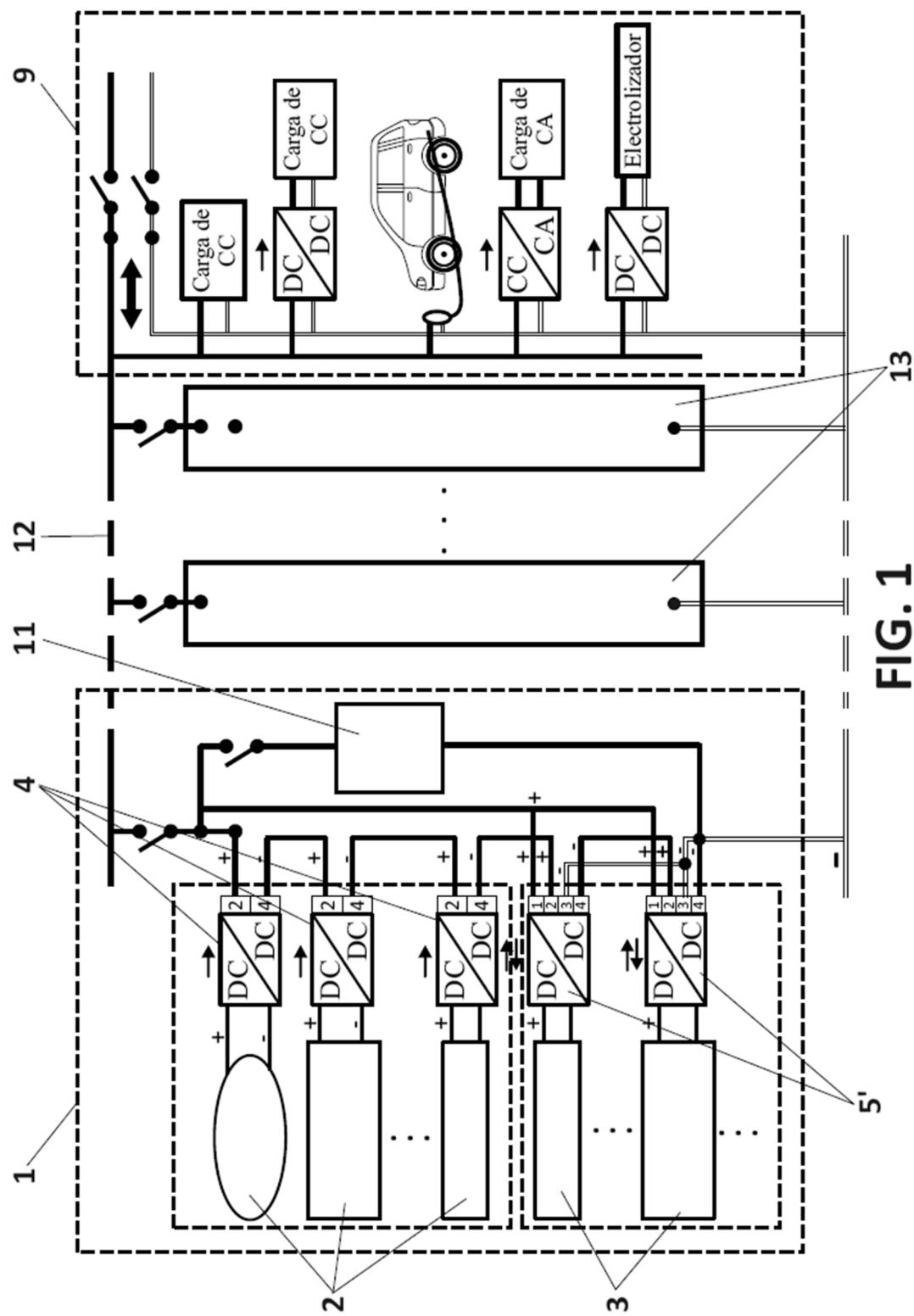


FIG. 1

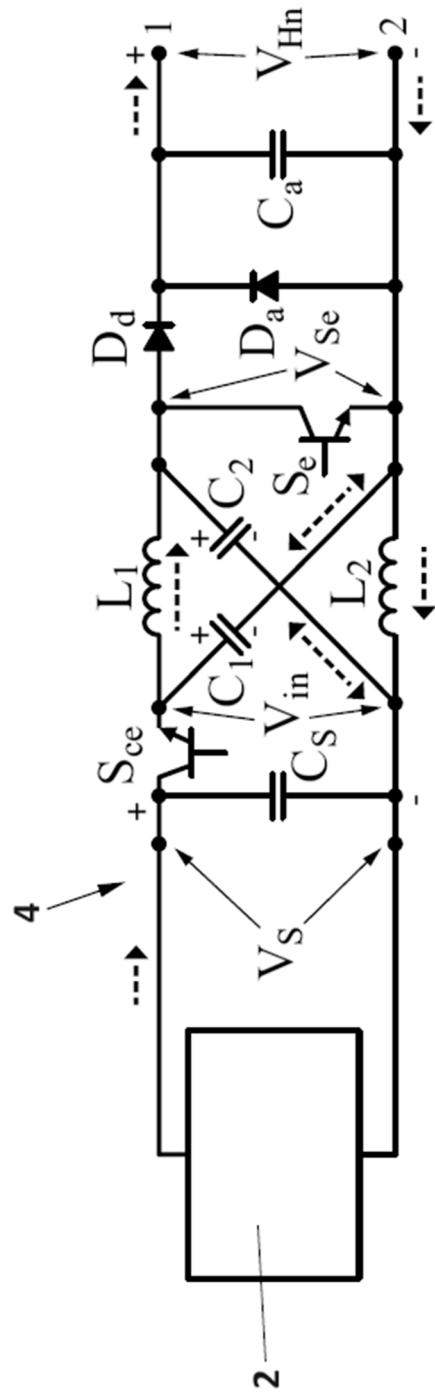


FIG. 2a

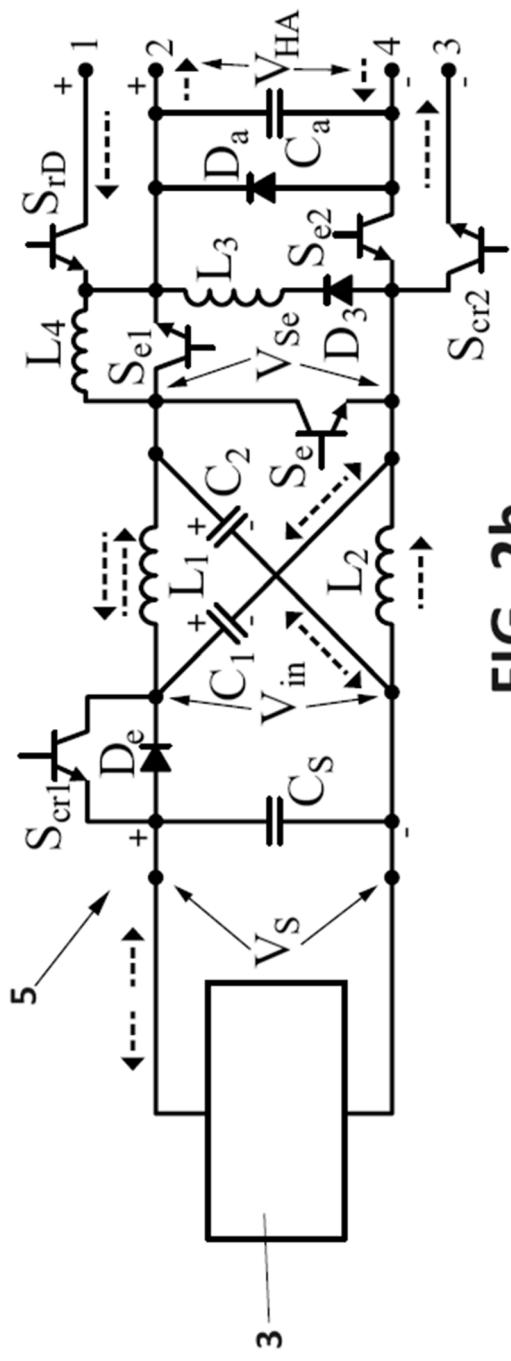


FIG. 2b

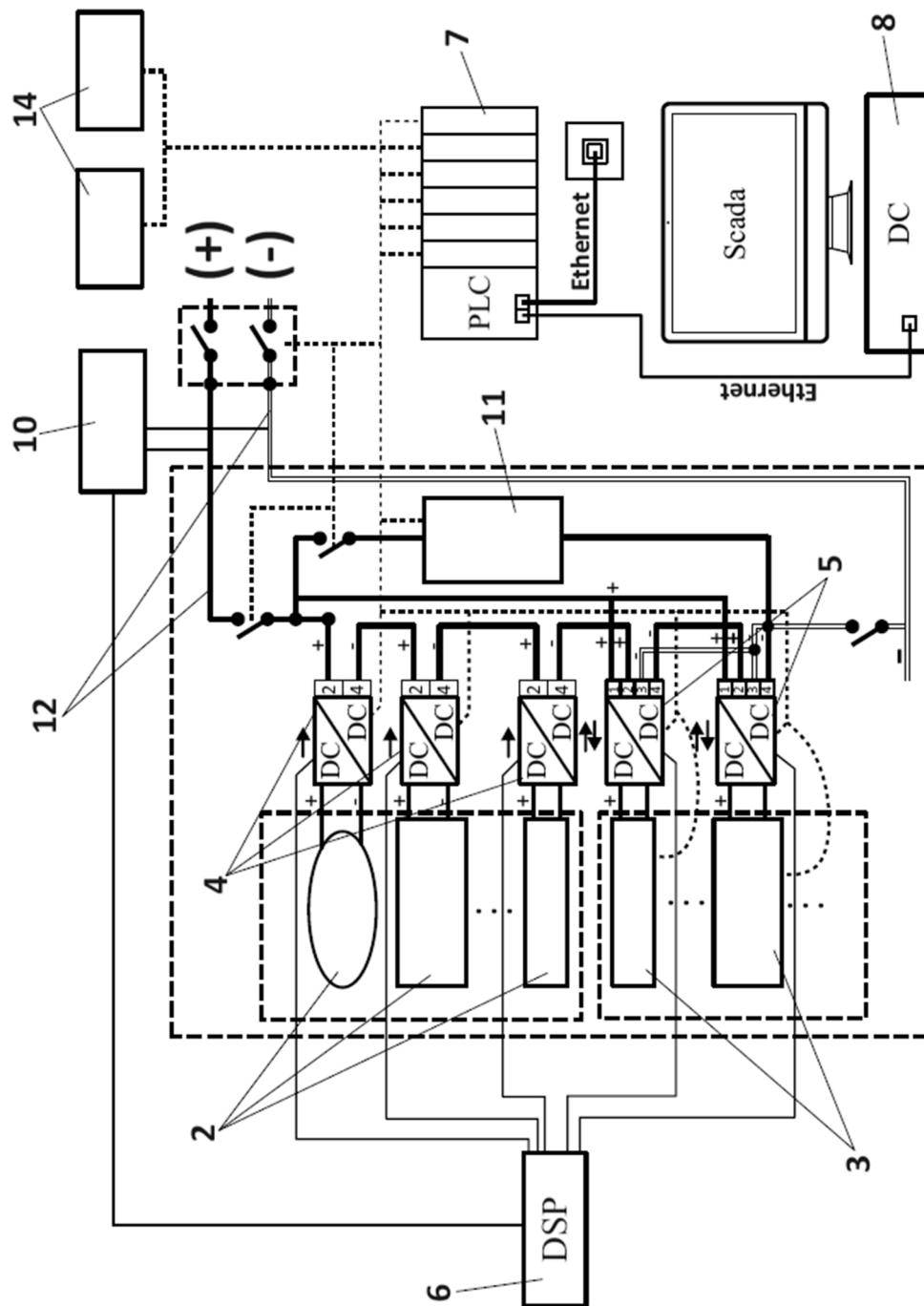


FIG. 3



②1 N.º solicitud: 202031226

②2 Fecha de presentación de la solicitud: 09.12.2020

③2 Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤1 Int. Cl.: **H02J1/10** (2006.01)
H02M1/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	66	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X A	XUPENG FANG. "A Novel Z-Source DC-DC Converter". Industrial Technology, 2008. ICIT 2008. IEEE International Conference on, 20080421 IEEE, Piscataway, NJ, USA. Hosseini S.M.; Ghanbari M, 21/04/2008, Páginas 1 - 4 [en línea] [recuperado el 16/06/2021]., ISSN ISBN 978-1-4244-1705-6 ; ISBN 1-4244-1705-8		1 2-6
X A	ORTEGA MANUEL et al. "Bidirectional DC-DC Converter with High Gain Based on Impedance Source". IET Power Electronics, 20190710 IET, UK., 10/07/2019, Vol. 12, Páginas 2069 - 2078 [en línea] [recuperado el 16/06/2021]., ISSN 1755-4535, <DOI: doi:10.1049/iet-pel.2018.5385>		2 1, 3-6
X A	ISHIGAKI MASANORI et al. "A Novel Soft Switching Bidirectional DC-DC Converter Using Magnetic and Capacitive Hybrid Power Transfer". IEEE Transactions on Power Electronics, 20170901 Institute of Electrical and Electronics Engineers, USA., 01/09/2017, Vol. 32, Páginas 6961 - 6970 [en línea] [recuperado el 16/06/2021]., ISSN 0885-8993, <DOI: doi:10.1109/TPEL.2016.2624024>		3 1,2,4-6
A	QIANG CHEN et al. "Control Strategy of Series DC Wind Farm Based on Z-Source DC/DC Converter". Power Electronics and Motion Control Conference (IPEMC), 2012 7th International, 20120602 IEEE., 02/06/2012, Páginas 153 - 157 [en línea][recuperado el 16/06/2021]., ISSN ISBN 978-1-4577-2085-7 ; ISBN 1-4577-2085-X, <DOI: doi:10.1109/IPEMC.2012.6258882>		1-6

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe 18.06.2021	Examinador M. P. López Sabater	Página 1/2
--	-----------------------------------	---------------

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

H02J, H02M

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, IEEE, IET, Elsevier, Internet