

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 911 509**

51 Int. Cl.:

B60L 50/75 (2009.01)

B60L 58/40 (2009.01)

H02J 1/10 (2006.01)

H02J 7/34 (2006.01)

H02M 3/335 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.01.2021 E 21150526 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.01.2022 EP 3849038**

54 Título: **Sistema de alimentación eléctrica para un vehículo eléctrico**

30 Prioridad:

07.01.2020 FR 2000088

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

19.05.2022

73 Titular/es:

**ALSTOM TRANSPORT TECHNOLOGIES (100.0%)
48 rue Albert Dhalenne
93400 Saint-Ouen-sur Seine, FR**

72 Inventor/es:

**BARLINI, DAVIDE y
POMES, JEAN-LUC**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 911 509 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

Sistema de alimentación eléctrica para un vehículo eléctrico

5 La presente invención se refiere a un sistema de alimentación eléctrica para un vehículo eléctrico, así como a un vehículo eléctrico que comprende dicho sistema de alimentación eléctrica.

10 Los vehículos eléctricos, y más particularmente los vehículos ferroviarios de tracción eléctrica, comprenden en determinados casos especiales, en particular cuando se desea poder hacerlos funcionar sin fuente externa de electricidad (catenaria, riel de alimentación) y sin utilizar un motor térmico, un sistema de almacenamiento de electricidad, tal como una o más baterías de acumuladores.

15 Para aumentar la autonomía energética de este tipo de vehículos, se puede asociar una celda de combustible al sistema de almacenamiento de electricidad. Dichos sistemas de suministro de alimentación eléctrica se conocen a partir de los siguientes documentos: H.TAO Y OTROS: "Family of multiport bidirectional DC-DC converters", IEE PROCEEDINGS: ELECTRIC POWER APPLICATIONS, vol. 153, núm. 3, 1 de enero de 2006 (01-01-2006); JYOTHEESWARA REDDY K Y OTROS: "Energy sources and multi-input DC-DC converters used in hybrid electric vehicle applications - A review", INTERNATIONAL JOURNAL OF HYDROGEN ENERGY, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., vol. 43, núm. 36, 13 de agosto de 2018 (13-08-2018).

20 Sin embargo, esto requiere modificar la cadena de tracción eléctrica del vehículo, en particular a nivel de las unidades de conversión de potencia.

25 Para ello, es posible utilizar convertidores de potencia independientes para la celda de combustible y para la batería. Sin embargo, esto no siempre es deseable, porque aumenta el coste y la complejidad de la cadena de tracción. Esto también tiende a degradar el rendimiento eléctrico del conjunto.

30 Por tanto, existe la necesidad de un único convertidor de potencia que facilite la integración tanto de una celda de combustible como de una batería eléctrica en un vehículo eléctrico. El documento DE 11 2015 004164 T5 describe convertidores de CC/CC reversibles multipuerto capaces de conectarse a múltiples fuentes de alimentación eléctrica.

35 Con este fin, la invención se refiere a un sistema de alimentación eléctrica para un vehículo eléctrico, tal como un vehículo ferroviario, el sistema de alimentación eléctrica es como se define en la reivindicación 1 y que comprende: una celda de combustible, una batería eléctrica, un primer elemento de conversión de potencia, un segundo elemento de conversión de potencia y un transformador,
 en donde una entrada del primer elemento de conversión está configurada para recibir una corriente de carga o entregar una corriente de tracción,
 en donde el transformador comprende un devanado primario, un primer devanado secundario y un segundo devanado secundario, el devanado primario está conectado a una salida del primer elemento de conversión
 40 y los devanados secundarios están conectados a una entrada del segundo elemento de conversión, en donde la batería está conectada a los terminales a través de una salida del segundo elemento de conversión,
 y en donde la celda de combustible está conectada en serie con una inductancia en un punto medio del transformador entre el primer devanado secundario y el segundo devanado secundario.

45 Gracias a la invención, es posible utilizar un único sistema de alimentación eléctrica que incluye un único convertidor de potencia (que comprende el primer y segundo elemento de conversión y el transformador), capaz de funcionar tanto para cargar la batería como para alimentar la cadena de tracción a partir de la corriente suministrada por la celda de combustible y la batería.

50 Por lo tanto, no es necesario utilizar convertidores de potencia separados para la batería y la celda de combustible, lo que tendría la desventaja de ser demasiado costoso y complicado de integrar, particularmente en términos de tamaño. Las dimensiones también se reducen, especialmente cuando el sistema funciona con altas frecuencias portadoras.

55 Las realizaciones particulares de la invención se definen en las reivindicaciones dependientes 2 a 7.

La invención se entenderá mejor y otras ventajas de la misma aparecerán más claramente a la luz de la siguiente descripción de una realización de un convertidor de potencia dada únicamente a modo de ejemplo y hecha con referencia a los dibujos, en los que:

60 [Fig. 1] La figura 1 es un diagrama de un sistema de alimentación eléctrica para un vehículo ferroviario que comprende un único convertidor de potencia de acuerdo con una realización de la invención;

65 [Fig. 2] La figura 2 es un diagrama que representa un ejemplo de una señal de control utilizada para controlar un segundo elemento de conversión del convertidor de potencia de la figura 1 para realizar un segundo modo de funcionamiento;

[Fig. 3] La figura 3 es un diagrama que representa un ejemplo de la ley de control del segundo elemento de conversión del convertidor de potencia de la figura 1 para realizar un tercer modo de funcionamiento.

En la figura 1 se representa un sistema de alimentación eléctrica 2 para un vehículo eléctrico 1, tal como un vehículo ferroviario de tracción eléctrica.

Según ejemplos no limitativos, el vehículo ferroviario puede ser un tren de pasajeros, o un tren de alta velocidad, o una locomotora, o un vehículo de servicio tal como una dresina o una locomotora de maniobras, o un vehículo de transporte urbano tal como el metro o el tranvía.

Como variante, el vehículo 1 puede ser un vehículo eléctrico de carretera, tal como un autobús eléctrico.

Según ejemplos, el vehículo 1 comprende una cadena de tracción eléctrica que comprende uno o más motores eléctricos configurados para accionar el vehículo en movimiento a lo largo de una vía. Como variante, la cadena de tracción puede comprender una o más cargas eléctricas de diferente naturaleza.

Según realizaciones, el vehículo 1 también comprende un sistema de captación de corriente, no mostrado, configurado para captar una corriente eléctrica suministrada por una fuente de alimentación externa y para alimentar la cadena de tracción la corriente eléctrica recogida.

Por ejemplo, el sistema de captación puede comprender un pantógrafo o una zapata configurada para cooperar, respectivamente, con una catenaria o un riel de alimentación.

Como variante, el sistema de captación puede comprender una toma capaz de cooperar con un terminal de carga eléctrica.

Según otras variantes, el sistema de captación puede comprender un sistema de acoplamiento por inducción o una antena de radio.

El sistema de alimentación eléctrica 2 comprende una celda de combustible FC, una batería eléctrica BAT, un primer elemento de conversión de potencia 4, un segundo elemento de conversión de potencia 6 y un transformador 8.

El primer elemento de conversión de potencia 4, el segundo elemento de conversión de potencia 6 y el transformador 8 están asociados para formar un único convertidor de potencia continua-continua.

Según realizaciones, la batería BAT es capaz de almacenar energía para alimentar eléctricamente al menos una parte del vehículo 1, y en particular la cadena de tracción del vehículo 1, cuando el vehículo 1 no está alimentado por una fuente de alimentación externa. Este es, por ejemplo, el caso de un vehículo ferroviario que circula por una parte de vía desprovista de una catenaria o riel de alimentación.

Por ejemplo, la batería BAT puede comprender una batería de acumuladores electroquímicos. Como variante, la batería BAT puede comprender un conjunto de condensadores o supercondensadores, o cualquier tecnología de almacenamiento de electricidad adecuada.

Según un ejemplo no limitativo, la batería BAT tiene una tensión mayor o igual a 750 V DC entre sus terminales cuando está cargada.

La celda de combustible FC es capaz de generar electricidad para recargar la batería BAT y/o para alimentar eléctricamente al menos parcialmente el vehículo 1, y en particular la cadena de tracción del vehículo 1, cuando el vehículo 1 no está alimentado por una fuente de alimentación externa. La celda de combustible FC proporciona una fuente de energía adicional a bordo del vehículo 1 cuando este último no está alimentado por una fuente de alimentación externa. Por ejemplo, la celda de combustible FC puede ser alimentada por un depósito de hidrógeno, no mostrado, a bordo del vehículo 1.

Según un ejemplo no limitativo, la tensión eléctrica en los terminales de la celda de combustible FC cuando está en funcionamiento es superior o igual a 400 V CC.

En muchas realizaciones, la tensión eléctrica entre los terminales de la batería BAT es mayor que la tensión eléctrica entre los terminales de la celda de combustible FC.

El primer elemento de conversión 4 comprende terminales de entrada que forman una entrada del sistema 2 y que permiten conectar el sistema 2 a una cadena de tracción eléctrica del vehículo 1. Así, el sistema 2 puede conectarse alternativamente a una fuente de alimentación eléctrica o a una carga eléctrica, según las circunstancias de uso del vehículo 1.

Por ejemplo, la tensión en los terminales de entrada del primer elemento de conversión 4 es mayor o igual a 1500 V o 3000 V. Así, el primer elemento de conversión 4 forma una etapa de alta tensión del sistema de alimentación 2.

El transformador 8 comprende un devanado primario 10, un primer devanado secundario 12 y un segundo devanado secundario 14 conectados entre sí por un punto medio 16.

Por ejemplo, el primer devanado 12 y el segundo devanado 14 tienen la misma longitud y el mismo número de vueltas.

El transformador 8 puede comprender un núcleo magnético, denominado TMF, alrededor del cual se enrollan los devanados 10, 12 y 14.

Según realizaciones, el devanado primario 10 está conectado a una salida del primer elemento de conversión y los devanados secundarios 12, 14 están conectados a una entrada del segundo elemento de conversión 6.

La batería BAT está conectada entre los terminales de salida del segundo elemento de conversión 6.

Según realizaciones ilustrativas, uno de los terminales de salida del segundo elemento de conversión 6 está conectado a una tierra eléctrica GND común.

De acuerdo con la invención, el primer y segundo elementos de conversión 4 y 6 son convertidores de "puente", cada uno de los cuales comprende una pluralidad de interruptores de potencia controlados por un dispositivo de control electrónico 3.

Por ejemplo, los interruptores de potencia son transistores, tales como transistores bipolares de rejilla aislada (IGBT) o transistores MOSFET, o cualquier otra tecnología adecuada de transistores de potencia.

De acuerdo con realizaciones ilustrativas, el primer elemento de conversión 4 proporciona conversión de tensión continua-alterna y el segundo elemento de conversión 6 proporciona conversión de tensión continua-alterna.

En el ejemplo ilustrado, el primer elemento de conversión 4 comprende cuatro interruptores de potencia Z1, Z2, Z3 y Z4 formados en particular por transistores.

Dos transistores Z1 y Z2 están conectados en serie en un primer brazo del primer elemento de conversión 4 entre los terminales de entrada. Otros dos transistores Z3 y Z4 están conectados en serie en un segundo brazo del primer elemento de conversión 4 en paralelo con el primer brazo.

Un primer terminal del devanado primario 10 está conectado a un punto del primer brazo entre los transistores Z1 y Z2.

Un segundo terminal del devanado primario 10 está conectado a un punto del segundo brazo entre los transistores Z3 y Z4.

Opcionalmente, se puede conectar un primer condensador de filtro CF entre los terminales de entrada.

Para cada uno de los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4, el primer elemento de conversión 4 comprende un diodo, conectados en paralelo con dicho transistor.

En el ejemplo ilustrado, dichos diodos asociados a los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4 se denominan DZ1, DZ2, DZ3 y DZ4, respectivamente.

Según realizaciones ilustrativas, el segundo elemento de conversión 6 comprende cuatro interruptores de potencia S1, S2, S3 y S4.

Dos transistores S1 y S2 están conectados en serie en un primer brazo del segundo elemento de conversión 6 entre los terminales de salida. Otros dos transistores S3 y S4 están conectados en serie en un segundo brazo del segundo elemento de conversión 6 en paralelo con el primer brazo.

Un primer terminal del primer devanado secundario 12 está conectado a un punto del primer brazo entre los transistores S1 y S2. El otro terminal del primer devanado secundario 12 está conectado al punto medio 16.

El primer terminal del segundo devanado secundario 14 está conectado al punto medio 16. Un segundo terminal del segundo devanado secundario 14 está conectado a un punto del segundo brazo entre los transistores S3 y S4.

En otras palabras, el primer transistor S2 está conectado a un primer brazo del convertidor entre el primer devanado secundario y una masa común, y el segundo transistor S4 está conectado a un segundo brazo del convertidor de potencia entre el segundo devanado secundario y la masa común.

Para cada uno de los transistores S1, S2, S3 y S4, el segundo elemento de conversión 6 comprende un diodo de

rueda libre conectado en paralelo con dicho transistor. En el ejemplo ilustrado, los diodos asociados a los transistores S1, S2, S3 y S4 se indican como D1, D2, D3 y D4, respectivamente.

5 Según la invención, la celda de combustible FC está conectada en serie con una inductancia LH (una bobina) y un diodo DD en el punto medio 16 del transformador. La celda de combustible FC también está conectada a uno de los terminales de salida del segundo elemento de conversión 6.

Alternativamente, se puede omitir el diodo DD.

10 Alternativamente, la inductancia LH se puede integrar en el transformador 8.

En el ejemplo mostrado, la inductancia LH y el diodo DD están conectados en una rama 18 del segundo elemento de conversión 6.

15 Por ejemplo, un primer terminal de la celda de combustible FC está conectado a la rama 18 y un segundo terminal de la celda de combustible FC está conectado a tierra eléctrica GND.

20 Según la invención, el diodo DD está configurado para permitir el flujo de corriente eléctrica desde la celda de combustible FC hasta el punto medio 16.

En la práctica, el valor de la inductancia LH se elige en función del uso que se hará del convertidor único y, en particular, de la frecuencia de conmutación, la tensión de la celda de combustible, la tensión entregada por la batería y la potencia que el sistema de alimentación tendrá que proporcionar 2.

25 Según un ejemplo no limitativo, el valor de la inductancia LH está entre 0,1 mH y 10 H, preferentemente entre 0,1 H y 10 H. Por ejemplo, para aplicaciones ferroviarias, con una potencia de 100 kW y una frecuencia de conmutación igual a 15 kHz, la inductancia LH puede elegirse igual a 300 µH.

30 En realizaciones ilustrativas, un condensador C8 está conectado en paralelo con la batería BAT en la salida del segundo elemento de conversión de potencia. Alternativamente, se puede omitir el condensador C8.

El dispositivo de control 3 está configurado para controlar los elementos de conversión 4 y 6, en particular para controlar la conmutación de los interruptores de potencia respectivos de estos elementos de conversión 4 y 6.

35 Por ejemplo, el dispositivo de control 3 controla los interruptores mediante el envío de señales de control que permiten ajustar su conmutación según una tasa predefinida. Las señales de control pueden ser señales moduladas por ancho de pulso (PMW para « pulsed width modulation » en inglés).

40 En muchas realizaciones, la unidad de control electrónico 3 comprende un procesador, tal como un microcontrolador programable o un microprocesador, y una memoria de ordenador que forma un medio de registro de datos legibles por ordenador.

45 Según ejemplos, la memoria es una memoria ROM, o una memoria RAM, o una memoria no volátil del tipo EPROM, o EEPROM, o FLASH, o cualquier tecnología de memoria adecuada, o cualquier combinación posible de estas tecnologías de memoria.

La memoria comprende instrucciones ejecutables y/o código de software para implementar un método de control de los transistores de los elementos de conversión 4 y 6 cuando estas instrucciones son ejecutadas por el procesador.

50 Como variante, el dispositivo de control 3 comprende un componente lógico programable (FPGA) o un circuito integrado dedicado configurado para implementar dichos procedimientos.

55 Según la invención, el dispositivo de control 3 está configurado para permitir que el sistema 2 funcione en uno de los modos de funcionamiento definidos a continuación, o en al menos dos de estos diferentes modos de funcionamiento, entre los cuales:

- un primer modo de funcionamiento en el que el sistema 2 es alimentado por una fuente externa al vehículo 1, por ejemplo a través del dispositivo de captación de corriente, para recargar la batería BAT. Ventajosamente en este primer modo de funcionamiento, la celda de combustible también es capaz de alimentar la batería o una carga eléctrica conectada a la entrada del primer elemento de conversión;
- un segundo modo de funcionamiento en el que la batería BAT es alimentada eléctricamente por una corriente eléctrica suministrada por la celda de combustible FC, para recargar la batería BAT; y
- un tercer modo de funcionamiento en el que la batería BAT se descarga para entregar una corriente eléctrica a una carga eléctrica conectada a la entrada del primer elemento de conversión de potencia, por ejemplo para alimentar la cadena de tracción del vehículo 1.

Opcionalmente, pero no obstante de manera ventajosa, la conmutación de los transistores se realiza en los instantes en los que la tensión alterna asume un valor cero (ZVS, para "zéro voltage switching" en inglés).

En el primer modo de funcionamiento, el dispositivo de captación aplica una tensión de alimentación eléctrica a los terminales de entrada del primer elemento de conversión 4. El dispositivo de control 3 controla los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4 del primer elemento de conversión 4 para convertir el tensión de entrada en una tensión alterna entregada a los terminales del transformador 8. Esta tensión alterna es luego rectificadora por el segundo elemento de conversión 6 y luego aplicada a los terminales de la batería BAT para recargarla.

En otras palabras, la batería BAT se carga eléctricamente a partir de un tensión eléctrica aplicada a la entrada del primer elemento de conversión de potencia.

Por ejemplo, los diodos D1, D2, D3 y D4 funcionan como un rectificador, y los transistores S1, S2, S3 y S4 se mantienen en su estado abierto.

El diodo DD conectado a la rama 18 evita que la corriente circule hacia la celda de combustible FC.

Opcionalmente, pero no obstante ventajosamente, el dispositivo de control 3 puede conmutar los transistores S2 y S4 del segundo elemento de conversión 6 entre sus estados cerrado y abierto de manera sincronizada con la conmutación de los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4 del primer elemento de conversión 4, para asegurar un funcionamiento continuo de la celda de combustible que luego alimenta la batería o la cadena de tracción al mismo tiempo que la fuente externa recarga la batería. Los otros transistores S1 y S3 del segundo elemento de conversión 6 se mantienen en estado abierto.

Se entiende por tanto que, en el primer modo de funcionamiento, la celda de combustible también es capaz de alimentar la batería o una carga conectada a la entrada del primer elemento de conversión.

En el segundo modo de funcionamiento, no se aplica tensión de alimentación eléctrica a los terminales de entrada del primer elemento de conversión 4, sino que se utiliza la celda de combustible FC para recargar la batería BAT.

Durante este tiempo, los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4 del primer elemento de conversión 4 se pueden dejar en estado abierto.

Por ejemplo, el dispositivo de control 3 mantiene los transistores S1 y S3 del segundo elemento de conversión 6 en un estado abierto, y conmuta regularmente los transistores S2 y S4 del segundo elemento de conversión 6 para que este último desempeñe el papel de chopper elevador de tensión de salida de la celda de combustible FC, con ayuda de los diodos D1 y D3, para poder cargar la batería BAT con la tensión suministrada por la celda de combustible FC.

Por ejemplo, como lo ilustra la ley de control de tipo PWM dada a modo de ejemplo no limitativo en la figura 2, la conmutación de los transistores S2 y S4 al estado abierto o al estado cerrado está sincronizada.

Haciendo referencia al circuito eléctrico ilustrado en la figura 1, se entiende que, cuando los transistores S2 y S4 están ambos en su estado cerrado, una primera corriente eléctrica entregada por la celda de combustible FC circule por el primer devanado 12 del secundario y por el transistor S2. Una segunda corriente eléctrica entregada por la celda de combustible FC circula por el segundo devanado 14 del secundario y por el transistor S4.

No se transfiere potencia al devanado primario 10 del transformador, ya que estas dos corrientes eléctricas tienen la misma intensidad, por lo que crean en el transformador 8 flujos magnéticos que se anulan entre sí.

Durante esta secuencia, la batería BAT no se recarga. La inductancia LH acumula energía suministrada por la celda de combustible FC.

Cuando los transistores S2 y S4 están simultáneamente abiertos y ambos permanecen en estado abierto, la energía previamente almacenada en la inductancia LH se descarga y carga el condensador C8 y la batería BAT, junto con la celda de combustible FC.

Por ejemplo, una primera corriente eléctrica circula por la rama 18, por el primer devanado 12 del secundario y por el diodo D1 del primer brazo en dirección a la batería BAT. Una segunda corriente eléctrica circula por la rama 18, por el segundo devanado 14 del secundario y por el diodo D3 del segundo brazo en dirección a la batería BAT.

A continuación, el ciclo de conmutación de los transistores S2 y S4 se repite periódicamente en el tiempo.

En un tercer modo de funcionamiento, la batería BAT y la celda de combustible FC entregan conjuntamente una tensión eléctrica a los terminales de entrada del primer elemento de conversión 4, con el fin de alimentar eléctricamente una carga eléctrica conectada a la entrada del primer elemento de conversión 4.

Por ejemplo, el dispositivo de control 3 controla los transistores S1, S2, S3 y S4 para hacer funcionar el segundo elemento de conversión 6 para transferir potencia eléctrica al primer elemento de conversión 4.

5 Un ejemplo de la secuencia de conmutación de los transistores S1, S2, S3 y S4 de acuerdo con las realizaciones se ilustra en el diagrama 30 de la figura 3.

10 Al comienzo de cada ciclo, los transistores S1 y S4 conmutan a su estado cerrado, mientras que los transistores S2 y S3 permanecen en su estado abierto. Esto permite que la batería BAT se descargue y, por lo tanto, se aplique una tensión eléctrica a los terminales de los devanados secundarios 12 y 14. Durante este tiempo, mientras el transistor S4 está cerrado, la inductancia LH almacena la energía suministrada por la celda de combustible FC.

Entonces, en un instante t1, el transistor S4 conmuta a su estado abierto, mientras que el transistor S1 permanece cerrado. En un instante t2 después del instante t1, el transistor S1 conmuta a su estado abierto.

15 Esta conmutación en dos instantes diferentes permite descargar la inductancia LH al pasar de la subsecuencia en la que intervienen los transistores S1 y S4 a la subsecuencia en la que intervienen los transistores S2 y S3.

20 Durante el intervalo de tiempo entre los instantes t2 y t1, identificado por el área sombreada 32 en la figura 3, el transistor S4 permanece en estado abierto, lo que permite que la inductancia LH se descargue alimentando la batería BAT y/o el condensador C8.

25 En el instante t2, los transistores S2 y S3 conmutan a su estado cerrado, mientras que los transistores S1 y S4 permanecen en su estado abierto. Esto permite que la batería BAT se descargue y, por lo tanto, se aplique una tensión eléctrica a los terminales de los devanados secundarios 12 y 14. Durante este tiempo, mientras el transistor S4 está cerrado, la inductancia LH almacena la energía suministrada por la celda de combustible FC.

Entonces, en un instante t3, el transistor S2 conmuta a su estado abierto, mientras que el transistor S3 permanece cerrado. En un instante t4 después del instante t3, el transistor S3 conmuta a su estado abierto.

30 Así, durante el intervalo de tiempo entre los instantes t4 y t3, identificado en la figura 3 por un área sombreada similar al área 32, el transistor S3 permanece cerrado, lo que permite que se descargue la inductancia LH.

El ciclo de conmutación de los transistores S1, S2, S3 y S4 se repite periódicamente en el tiempo.

35 En paralelo, los diodos DZ1, DZ2, DZ3, DZ4 rectifican el tensión a la salida del devanado primario para convertir la tensión eléctrica a través de los terminales del transformador 8 en una tensión continua que se utiliza para alimentar dicha carga eléctrica. Ventajosamente, el dispositivo de control 3 controla los transistores Z1, Z2, Z3 y Z4 del primer convertidor 4 para convertir la tensión eléctrica entre los terminales del transformador 8 en tensión continua.

40 Gracias a la invención es posible utilizar un único sistema de alimentación eléctrica capaz de funcionar tanto para cargar la batería como para alimentar la cadena de tracción a partir de la corriente suministrada por la celda de combustible.

45 En particular, integrando la celda de combustible FC al nivel del segundo elemento de conversión de potencia 6, no es necesario usar un interruptor dedicado para elevar la tensión suministrada por la celda de combustible FC a un nivel de tensión igual o similar a la tensión a través de los terminales de la batería BAT. Esto permite reducir el coste y la complejidad del sistema de tracción 2, preservando al mismo tiempo el rendimiento y la eficiencia del sistema.

50 En particular, los interruptores de potencia S2 y S4 ya presentes en el segundo elemento de conversión 6 son controlados por el dispositivo de control 3 para realizar una función de chopper elevador de tensión a la salida de la celda de combustible FC.

Cualquier característica de una de las realizaciones descritas anteriormente puede implementarse en las otras realizaciones y variantes descritas.

55

REIVINDICACIONES

1. Sistema de alimentación eléctrica (2) para un vehículo eléctrico, tal como un vehículo ferroviario, que comprende: una celda de combustible (FC), una batería eléctrica (BAT), un primer elemento de conversión de potencia (4), un segundo elemento de conversión de potencia (6) y un transformador (8), en donde una entrada del primer elemento de conversión de potencia (4) está configurada para recibir una corriente de carga o entregar una corriente de tracción, caracterizado porque el transformador (8) comprende un devanado primario (10), un primer devanado secundario (12) y un segundo devanado secundario (14), el devanado primario (10) está conectado a una salida del primer elemento de conversión de potencia y los devanados secundarios (12, 14) están conectados a una entrada del segundo elemento de conversión de potencia, y porque la batería (BAT) está conectada a los terminales de una salida del segundo elemento de conversión de potencia, y porque la celda de combustible (FC) está conectada en serie con una inductancia (LH) en un punto medio (16) del transformador entre el primer devanado secundario y el segundo devanado secundario, el sistema de alimentación eléctrica (2) que comprende además un diodo (DD) conectado en serie con la inductancia (LH) en una rama (18) del segundo elemento de conversión (6), dicho diodo (DD) evita que la corriente circule hacia la celda de combustible (FC); y porque el segundo elemento de conversión de potencia es un convertidor de puente que comprende un primer transistor (S2) conectado a un primer brazo del segundo elemento de conversión de potencia (6) entre el primer devanado secundario (12) y una tierra común (GND), y un segundo transistor (S4) conectado a un segundo brazo del segundo elemento de conversión de potencia (6) entre el segundo devanado secundario (14) y la tierra común, la inductancia (LH) está configurada para almacenar la energía suministrada por la celda de combustible (FC) cuando el primer y segundo transistores (S2, S4) están ambos en su estado cerrado, y porque el sistema de alimentación eléctrica (2) comprende un dispositivo de control (3) configurado para controlar el sistema de alimentación eléctrica para funcionar, al menos, en un primer modo de funcionamiento en el que la batería (BAT) se carga eléctricamente a partir de una tensión eléctrica aplicada a la entrada del primer elemento de conversión de potencia, o en un segundo modo de funcionamiento en donde la batería (BAT) es recargada por la celda de combustible (FC), el dispositivo de control (3) está configurado para conmutar simultáneamente el primer y segundo transistores en el segundo modo de funcionamiento para que estos últimos actúen como un chopper elevador de tensión a la salida de la celda de combustible (FC).
2. Sistema de alimentación eléctrica (2) según la reivindicación 1, en donde en el primer modo de funcionamiento, la celda de combustible también es capaz de alimentar la batería o una carga conectada a la entrada del primer elemento de conversión.
3. Sistema de alimentación eléctrica (2) según la reivindicación 1 o 2, en donde el primer elemento de conversión de potencia (4) es un convertidor de puente que comprende una pluralidad de transistores (Z1, Z2, Z3, Z4) y en donde, en el primer modo de funcionamiento, el dispositivo de control (3) está configurado para conmutar los transistores (Z1, Z2, Z3, Z4) del primer elemento de conversión de potencia.
4. Sistema de alimentación eléctrica (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el sistema comprende un dispositivo de control (3) configurado para controlar el sistema de alimentación eléctrica para funcionar en un tercer modo de funcionamiento en donde la batería (BAT) y/o la celda de combustible (FC) suministran una carga eléctrica conectada a la entrada del primer elemento de conversión de potencia.
5. Sistema de alimentación eléctrica según la reivindicación anterior, en donde en el tercer modo de funcionamiento, la batería (BAT) y la celda de combustible (FC) suministran conjuntamente una carga eléctrica conectada a la entrada del primer elemento de conversión de potencia.
6. Sistema de alimentación eléctrica (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer elemento de conversión (4) de potencia está adaptado para proporcionar una conversión de tensión continua-alterna y el segundo elemento de conversión de potencia (6) es adecuado para asegurar una conversión de tensión alterna-continua.
7. Vehículo eléctrico (1), en particular un vehículo ferroviario de tracción eléctrica, caracterizado porque comprende un sistema de alimentación eléctrica (2) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

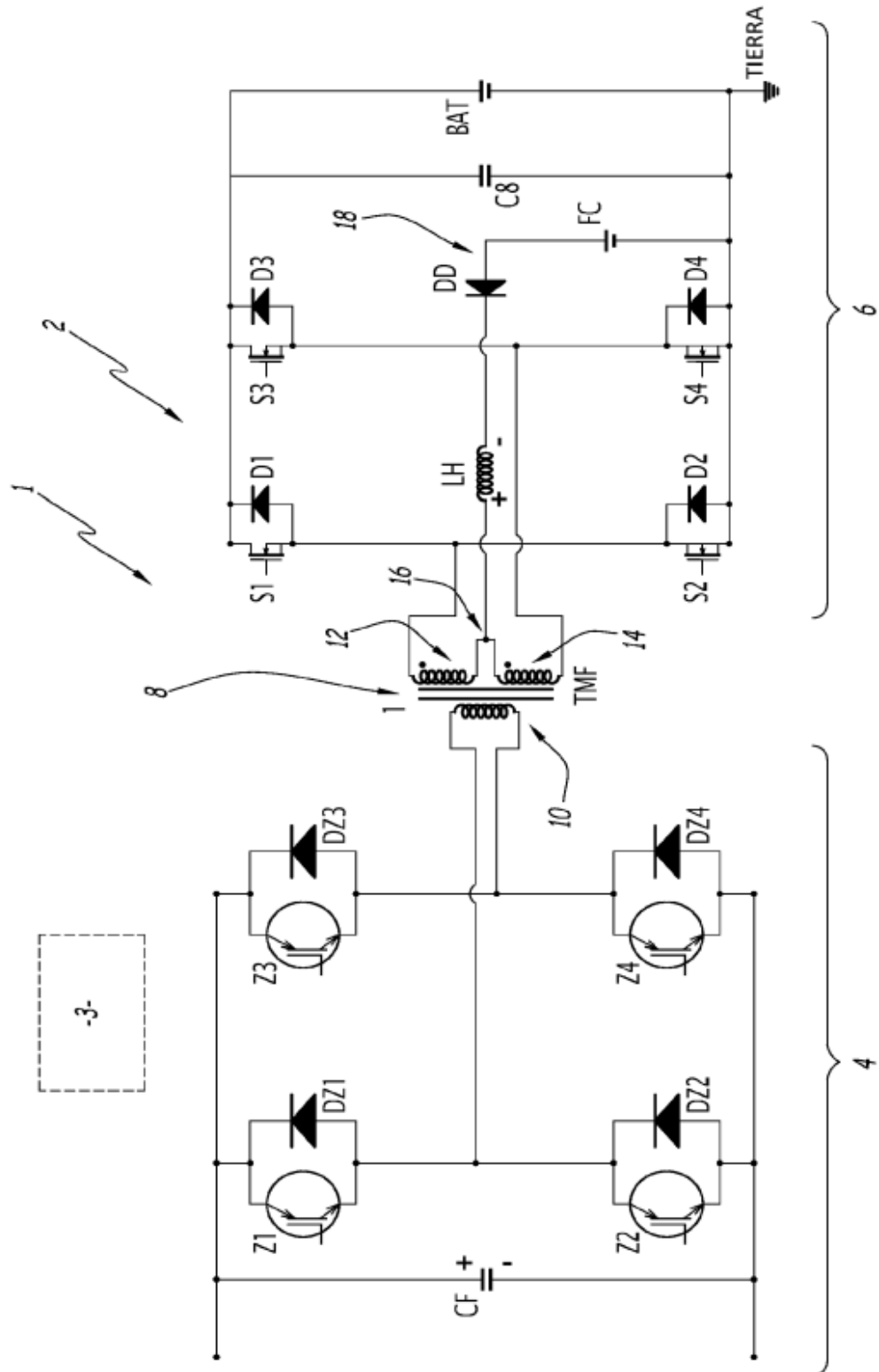


FIGURA 1

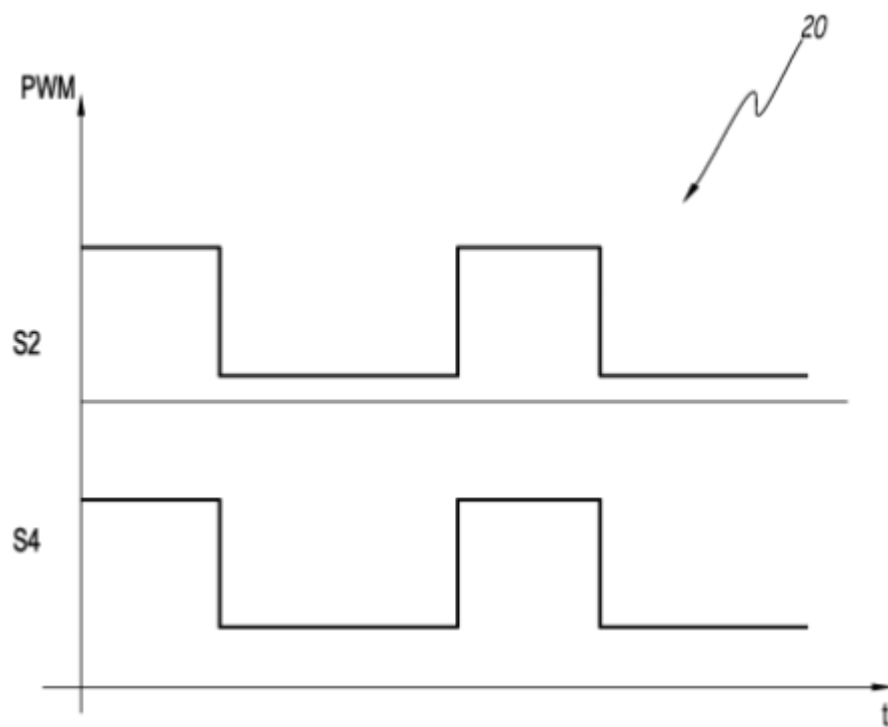


FIGURA 2

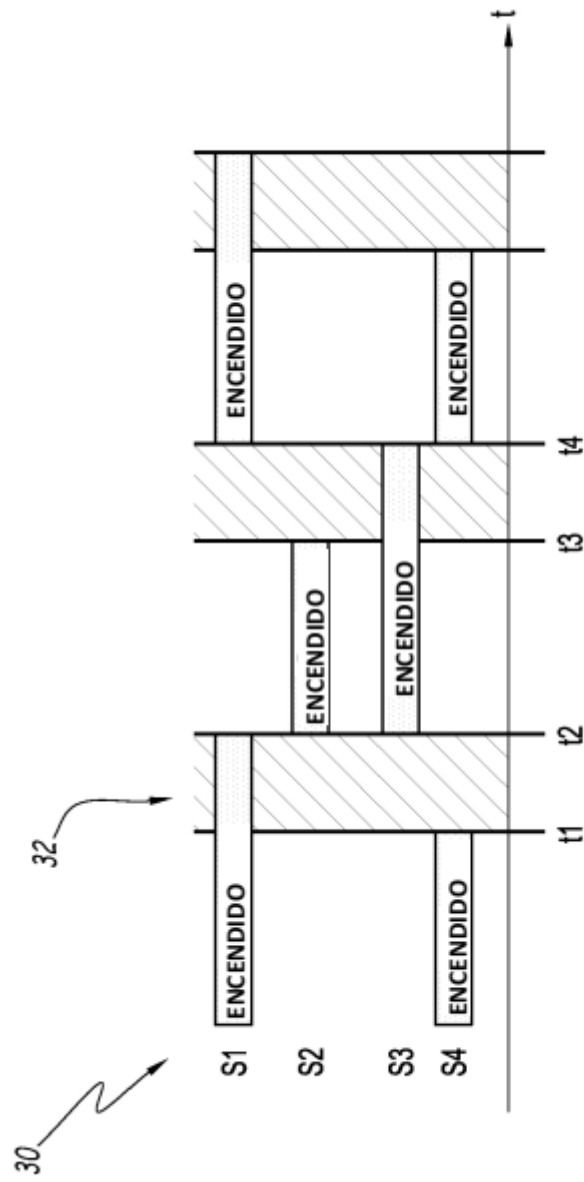


FIGURA 3