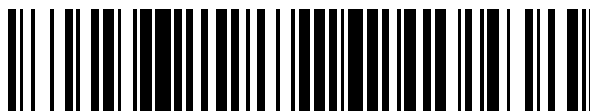


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 741 483**

51 Int. Cl.:

<b>B60L 9/00</b>	(2009.01) <b>H02M 7/483</b>	(2007.01)
<b>B60L 9/18</b>	(2006.01)	
<b>B60L 9/24</b>	(2006.01)	
<b>H02M 1/12</b>	(2006.01)	
<b>B60L 9/30</b>	(2006.01)	
<b>H02M 1/10</b>	(2006.01)	
<b>H02J 1/02</b>	(2006.01)	
<b>H02M 1/15</b>	(2006.01)	
<b>H02M 3/28</b>	(2006.01)	
<b>H02M 7/23</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.05.2013 PCT/EP2013/060841**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **05.12.2013 WO13178574**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.05.2013 E 13726486 (7)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019 EP 2822802**

54 Título: **Dispositivo para un vehículo ferroviario accionado de forma eléctrica**

30 Prioridad:

**30.05.2012 DE 102012209071**

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

**11.02.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)  
Otto-Hahn-Ring 6  
81739 München , DE**

72 Inventor/es:

**GLINKA, MARTIN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 741 483 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

Dispositivo para un vehículo ferroviario accionado de forma eléctrica

La presente invención hace referencia a un dispositivo para un vehículo ferroviario accionado eléctricamente, con una disposición de conmutación que puede conectarse a una unidad de tracción del vehículo ferroviario y - para operar el mismo - con un sistema de suministro de la red ferroviaria, con un modo de tensión alterna en el cual la disposición de conmutación está conectada eléctricamente al sistema de suministro de la red ferroviaria mediante un pantógrafo, el cual conduce una tensión alterna, y con un modo de tensión continua, en el cual la disposición de conmutación está conectada al sistema de suministro de la red ferroviaria, mediante otro pantógrafo, el cual conduce una tensión continua, donde la disposición de conmutación presenta un multipolo activo que, en el modo de tensión alterna, como dispositivo de conversión de tensión, está conectado entre el sistema de suministro de la red ferroviaria y la unidad de tracción, y un dispositivo de compensación que, en el modo de tensión continua, está proporcionado para contrarrestar un componente de interferencia de una corriente de la red obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria o generada por la unidad de tracción, que circula hacia el sistema de suministro de la red ferroviaria, donde el dispositivo de compensación comprende al menos una unidad de sensor para detectar al menos un parámetro de la corriente de la red, el multipolo activo y una unidad de control que está proporcionada para controlar el multipolo activo en función del parámetro de la corriente de la red.

Los vehículos ferroviarios para el tráfico transfronterizo o para el tráfico en redes con diferentes sistemas de tensión están diseñados de modo que es posible un funcionamiento mediante tensión alterna y tensión continua. En el modo de tensión alterna, entre el sistema de suministro de la red ferroviaria y la unidad de tracción, está proporcionado un circuito de alimentación que se utiliza como dispositivo de conversión de tensión.

En otra realización mucho más difundida, el dispositivo de conversión de tensión está diseñado como transformador, el cual convierte la tensión conducida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria en una tensión que es adecuada para el funcionamiento de la unidad de tracción. El transformador presenta un bobinado primario del lado de la red ferroviaria y un bobinado secundario que, de manera ventajosa, presenta una inductancia que, en el modo de tensión continua, está dimensionado de modo suficiente para compensar componentes de interferencia no deseados en la corriente de la red.

En otros circuitos de alimentación, en el modo de tensión alterna tiene lugar una conversión de tensión mediante un cuádrupolo que presenta componentes activos. Por ejemplo, por la solicitud EP 0 670 236 A1 se conoce un dispositivo de conversión de corriente en el cual se prescinde de la utilización de un transformador dimensionado de gran tamaño y la conversión de tensión tiene lugar mediante elementos funcionales activos con válvulas del convertidor de corriente. El dispositivo comprende un transformador que esencialmente está dimensionado más reducido que el transformador principal habitual de un circuito de alimentación.

Si en el circuito de alimentación utilizado en el modo de tensión alterna no se encuentra presente ningún transformador o - tal como en la realización antes descrita - el transformador existente no se encuentra dimensionado de modo suficiente para la función de la compensación de componentes de interferencia, se necesita una bobina de ahogo de red de corriente continua para desacoplar la unidad de tracción del sistema de suministro de la red ferroviaria de corriente continua. Según el estado del arte, las bobinas de ahogo de red son pesadas y requieren mucho espacio debido a los valores límite exigentes de corriente de interferencia en la mayoría de las redes ferroviarias de corriente continua. Las pérdidas que se producen en las bobinas de ahogo de red de corriente continua influyen notablemente el grado de efectividad total de la unidad de tracción.

Por la solicitud DE 10 2010 044 322 A1 se conoce un dispositivo para un vehículo ferroviario accionado de forma eléctrica, en el cual una disposición de rectificador proporcionada para un funcionamiento en redes de tensión alterna, durante un funcionamiento de las redes de tensión continua, a modo de filtro activo, es operada para generar una corriente de compensación.

Por el artículo de BUSCO B et al "Digital control and simulation for power electronic apparatus in dual voltage railway locomotive", IEEE TRANSACTIONS ON POWER ELECTRONICS, vol. 18, N° 5, p. 1146-1157, es conocida una disposición de conmutación para un vehículo ferroviario que puede ser operado tanto con una tensión alterna, como también con una tensión continua. De este modo, un convertidor del lado de entrada, conectado aguas abajo de un transformador, realiza una función de filtro con la cual se filtran frecuencias de interferencia superpuestas a la corriente de entrada.

Por la solicitud DE 10 2010 039 697 A1, por último, se conoce un convertidor de corriente de tracción de varios sistemas.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un dispositivo para vehículos ferroviarios accionados de forma eléctrica que, para un funcionamiento en el modo de tensión alterna, disponen de un multipolo activo,

mediante el cual una función de compensación de corriente de interferencia, en el modo de tensión alterna, pueda implementarse con una inversión reducida.

A este respecto, se sugiere que el multipolo, en un modo de tracción, presente entradas que, en el modo de tensión alterna, están diseñadas como entradas del lado de la red ferroviaria, y en el modo de tensión continua están conectadas a una fuente de energía para abastecer al multipolo de energía eléctrica, la unidad de tracción esté conectada a un circuito intermedio que, en el modo de tensión continua, conduce una tensión rectificadora y, en el modo de tensión alterna, esté conectado directamente al sistema de suministro de la red ferroviaria, y que el multipolo presente salidas que, en el modo de tensión alterna, abastecen de energía eléctrica al circuito intermedio y, en el modo de tensión continua, generan una corriente de compensación que se acopla a la corriente de la red. Debido a esto, una unidad existente, no operada habitualmente en el modo de tensión continua, de manera ventajosa, puede utilizarse para generar una corriente de compensación para el acoplamiento con la corriente de la red, donde un dispositivo de compensación puede proporcionarse con una inversión reducida para la construcción, puede monitorearse la ondulación de la red de corriente conducida en el circuito intermedio y los componentes de interferencia resultantes de esto pueden contrarrestarse de modo especialmente eficiente.

Como un "multipolo" debe entenderse una unidad de conmutación que presenta al menos dos entradas y dos salidas. En una realización preferente, el multipolo está diseñado como cuadripolo. Como un "multipolo activo" debe entenderse un multipolo que presenta componentes activos, en particular elementos de conmutación técnicos semiconductores, como transistores. Las entradas del multipolo que en el modo de tensión alterna están realizadas como entradas del lado de la red ferroviaria, de manera conveniente, se forman desde un dispositivo del multipolo que, en el lenguaje especializado, se denomina con el término "circuito de alimentación".

Debido a que la corriente de compensación se genera mediante salidas del multipolo orientadas hacia el circuito intermedio y, por lo tanto, abandona el multipolo mediante al menos una de esas salidas, para acoplarse a la corriente de la red, un flujo de energía puede alcanzarse para generar la corriente de compensación con una dirección del flujo que es adecuada para una generación de la corriente de compensación, la cual tiene lugar con pérdidas reducidas. De ese modo, esa energía puede circular mediante las entradas, hacia el multipolo. En una configuración con un flujo de energía invertido, en donde el circuito intermedio proporciona la corriente de compensación en al menos una de las entradas y obtiene para ello energía mediante las entradas, desde el circuito intermedio, los multipolos habituales que están diseñados para un funcionamiento optimizado en el modo de tensión alterna, deben operarse en un funcionamiento de carga parcial, debido a lo cual pueden originarse pérdidas considerables. En particular esto puede atribuirse al hecho de que los componentes internos del multipolo se operan esencialmente para proporcionar la energía para el circuito de alimentación.

En la configuración según la invención es posible en particular una realización en la cual la generación de la corriente de compensación tiene lugar mediante el control de los componentes activos del circuito de alimentación, el cual, para ello, obtiene una energía almacenada en las entradas, que ventajosamente se proporciona desde una fuente en el exterior, en particular exclusivamente por fuera del multipolo. Debido a esto existe una mayor flexibilidad para el control del multipolo, para la generación de la corriente de compensación, la cual ventajosamente puede aprovecharse para la reducción de pérdidas en los componentes del multipolo. En particular, de manera conveniente, pueden seleccionarse rangos de tensión en subsistemas del multipolo, los cuales son adecuados para un funcionamiento con pérdidas reducidas.

Como la disposición del multipolo activo "entre" el sistema de suministro de la red ferroviaria y la unidad de tracción debe entenderse en particular que el multipolo activo se encuentra en el flujo de energía que en un modo de tracción de la unidad de tracción circula desde el sistema de suministro de la red ferroviaria hacia la unidad de tracción, y que eventualmente en un modo de frenado de la unidad de tracción circula de regreso desde la misma, hacia el sistema de suministro de la red ferroviaria. En el modo de tensión continua, el multipolo activo se encuentra por fuera del flujo de energía que, mediante una línea de corriente de la red, en particular directamente desde el sistema de suministro de la red ferroviaria, es conducido hacia la unidad de tracción, así como en la dirección inversa. De manera ventajosa, la unidad de sensor, para detectar el parámetro de la corriente de red, está acoplada a la línea de corriente de la red, mientras que el dispositivo de compensación, con la línea de corriente de la red, de manera conveniente, forma un punto de acoplamiento en el cual una corriente de compensación generada por el multipolo activo se acopla a la línea de corriente de la red.

Como el término "contrarrestar" debe entenderse en particular un proceso en el cual un componente de interferencia de la corriente de la red, de manera ventajosa, puede compensarse al menos en 50%, preferentemente al menos en 75 % y de modo especialmente preferente al menos en 90 %. Como un "componente de interferencia" de la corriente de la red debe entenderse en particular una parte de la corriente de la red que, en al menos una propiedad, no cumple con observar valores de corriente de interferencia fijados por la compañía operadora de la red ferroviaria, o que representa una desventaja para el funcionamiento de la unidad de tracción. Un componente de interferencia de la corriente de la red puede estar formado en particular por armónicos que se generan durante el funcionamiento de la unidad de tracción y que no pueden circular de regreso hacia el sistema de suministro de la red ferroviaria, o que

son conducidos desde el sistema de suministro de la red ferroviaria y que representan una desventaja para el funcionamiento de la unidad de tracción.

5 Según una realización preferente de la invención se sugiere que la unidad de sensor, la unidad de control y el multipolo activo formen parte de un circuito de regulación. Debido a esto, de manera sencilla en cuanto a la construcción, puede tener lugar un monitoreo continuo de la corriente de la red en cuanto a la presencia de componentes de interferencia.

Preferentemente, el multipolo activo presenta un convertidor de alta tensión. Debido a esto, de modo especialmente eficiente y de forma sencilla en cuanto a la construcción, pueden contrarrestarse componentes de interferencia de alta frecuencia de la red de corriente.

10 Como "alta tensión", en este texto, debe entenderse una tensión que es puesta a disposición por el sistema de suministro de la red ferroviaria, para operar vehículos ferroviarios. Las tensiones habituales en las redes europeas tienen un valor de 25 kV/50 Hz, 15 kV/16 (2/3) Hz, 3 kV o 1,5 kV. Un convertidor de tensión, de alta tensión, de manera conveniente presenta entradas del lado de la red ferroviaria que conducen una alta tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria. En particular, el convertidor de alta tensión forma entradas del  
15 multipolo, donde el mismo forma el así llamado circuito de alimentación.

En una forma de realización preferente de la invención, el convertidor de alta tensión comprende al menos un convertidor directo modular que genera una tensión mediante un procedimiento de modulación. Como un "convertidor directo modular" debe entenderse un convertidor con al menos una derivación del convertidor, la cual se compone al menos de una sucesión de módulos que respectivamente presentan al menos un acumulador de  
20 energía, en particular un condensador de energía, y elementos de conmutación activos para conectar y desconectar la contribución del acumulador de energía para la tensión de la derivación. Mediante el control de los elementos de conmutación activos puede proporcionarse una estructura precisa de etapas de tensión, donde una tensión inicial del convertidor puede regularse de forma precisa y con una frecuencia elevada mediante una modulación de distintas etapas de tensión. Por lo tanto, un convertidor directo modular es especialmente adecuado para la  
25 generación de una corriente de compensación en el modo de tensión continua. Una realización y un control ventajoso de un convertidor directo modular pueden observarse en el documento DE 101 03 031 A1. Otro modo funcionamiento ventajoso resulta cuando la tensión de los acumuladores de energía de los módulos - en comparación con el funcionamiento como dispositivo de conversión de corriente en el modo de tensión alterna - es esencialmente más reducida en el modo de tensión continua. Debido a las tensiones de etapas más reducidas que resultan de ello, en los bornes de salida del convertidor directo modular puede contrarrestarse de modo  
30 especialmente efectivo un componente de interferencia de la corriente de la red. Además se reducen las pérdidas por conmutación del convertidor directo modular y en caso necesario puede aumentarse la frecuencia inicial máxima del convertidor directo modular.

De manera ventajosa, una separación galvánica de la unidad de tracción del sistema de suministro de la red  
35 ferroviaria, en el modo de tensión continua, tiene lugar mediante al menos un componente funcional del multipolo activo, el cual forma una separación galvánica entre salidas del multipolo y entradas del multipolo. El componente funcional en particular puede estar formado por un transformador.

Preferentemente, en el caso de una realización del multipolo con un convertidor de tensión continua, el componente funcional - con respecto a un flujo de energía desde el sistema de suministro de la red ferroviaria hacia la unidad de  
40 tracción - se encuentra conectado aguas abajo del mismo. De manera especialmente ventajosa, el componente funcional es un transformador de frecuencia media que está diseñado para frecuencias iniciales del convertidor de tensión, de alta tensión, en el rango de frecuencia media, en particular en el rango de (100 Hz - 10 kHz).

Una solución sencilla en cuanto a la construcción puede alcanzarse cuando el multipolo presenta al menos un rectificador que forma salidas del multipolo.

45 Además, un funcionamiento cuidadoso para el circuito intermedio y la unidad de tracción, en el modo de tensión continua, puede alcanzarse cuando el dispositivo presenta un medio de desacoplamiento que está proporcionado para al menos limitar una circulación de la corriente de compensación hacia el circuito intermedio. En particular, el medio de desacoplamiento puede estar diseñado como inductancia.

Además, un funcionamiento cuidadoso para el multipolo, en el modo de tensión continua, puede alcanzarse cuando  
50 el dispositivo presenta un medio de desacoplamiento que, en el modo de tensión continua, está proporcionado para desacoplar del multipolo un componente de tensión continua de una tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria. Debido a esto, la circulación de una corriente continua a través de salidas del multipolo, hacia el mutipolo, al menos puede reducirse, en particular puede impedirse, donde sin embargo es posible un acoplamiento de una corriente de compensación, generada desde el multipolo, con la corriente de la red. En particular, el medio de  
55 desacoplamiento puede estar diseñado como capacidad.

En una realización de la invención, la fuente de energía es un sistema de suministro de funcionamiento auxiliar del vehículo ferroviario, debido a lo cual puede alcanzarse un suministro especialmente sencillo, mediante la conexión a una red de a bordo existente del vehículo ferroviario.

5 De manera alternativa, la fuente de energía puede ser un acumulador de energía, debido a lo cual una energía almacenada en particular en el modo de tensión alterna, puede consumirse para un funcionamiento del dispositivo de compensación en el modo de tensión continua.

10 Según otra variante de realización, sencilla en cuanto a la construcción, la unidad de tracción está conectada a un circuito intermedio que conduce una tensión rectificada, el cual, en el modo de tensión continua, se utiliza como fuente de energía para el multipolo, donde un primer medio de desacoplamiento, en el modo de tensión continua, está proporcionado para desacoplar del multipolo un componente de tensión continua, de la tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria, y otro medio de desacoplamiento está proporcionado para al menos limitar una circulación de la corriente de compensación generada por el multipolo, hacia el circuito intermedio.

Mediante los dibujos se explican ejemplos de ejecución de la invención. Las figuras muestran:

15 Figura 1: un circuito eléctrico de un vehículo ferroviario con un dispositivo de compensación y una unidad de tracción,

Figura 2: una vista detallada del dispositivo de compensación, con un convertidor de alta tensión,

Figura 3: señales de tensión que son generadas por el convertidor de alta tensión y todo el dispositivo de compensación,

Figura 4: una realización del convertidor de alta tensión como convertidor directo modular,

20 Figura 5: otra realización del convertidor de alta tensión con un circuito en cascada de puentes completos, y

Figura 6: el circuito eléctrico de la figura 1 con medios de desacoplamiento.

25 La figura 1 muestra un circuito eléctrico 10 de un vehículo ferroviario, en una vista esquemática. El circuito 10 comprende una unidad de tracción 12 que, en un modo de tracción del vehículo ferroviario, se utiliza para generar un par de rotación que acciona el vehículo ferroviario. El mismo presenta en particular un motor de tracción 14 diseñado como máquina asíncrona, el cual está acoplado mecánicamente con un eje de accionamiento del vehículo ferroviario, no representado en detalle. Además, la unidad de tracción 12 presenta una unidad de suministro de potencia 16 que está proporcionada para poner a disposición una potencia eléctrica necesaria para el funcionamiento del motor de tracción 14.

30 La misma está diseñada en particular como inversor de pulsos, el cual, partiendo desde una tensión alterna  $V_{ZK}$  de un circuito intermedio 18, y para el funcionamiento del motor de tracción 14, genera una corriente alterna mediante procesos de conmutación desde elementos de conmutación o válvulas de conmutación. A modo de ejemplo, éstos pueden estar diseñados como IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor – transistor bipolar de puerta aislada).

35 El circuito eléctrico 10 presenta además una disposición de conmutación 10 que, en un modo de funcionamiento del vehículo ferroviario, está conectada eléctricamente con la unidad de tracción 12 y con un sistema de suministro de la red ferroviaria 22. Para establecer un contacto eléctrico con una línea del sistema de suministro de la red ferroviaria 22 se utilizan diferentes pantógrafos 24.A y 24.D del vehículo ferroviario. Esa línea puede ser una línea superior o un carril colector dispuesto en el área del piso. En función de una compañía operadora de la red ferroviaria, el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 puede conducir una tensión alterna que por ejemplo para Europa puede presentar valores típicos de 25 kV/50 Hz o 15 kV/16 Hz 2/3, o una tensión continua que por ejemplo para Europa puede presentar valores típicos de 1,5 kV o 3 kV. A continuación se diferencia entre un modo de tensión alterna y un modo de tensión continua, dependiendo de la alta tensión conducida mediante el sistema de suministro de la red ferroviaria 22.

45 La disposición de conmutación 20 comprende el circuito intermedio 18 y al menos un multipolo activo 26 que, en el modo de tensión alterna, mediante el pantógrafo 24.A, está conectado eléctricamente con el sistema de suministro de la red ferroviaria 22. En ese modo, el multipolo 26 se utiliza como dispositivo de conversión de tensión, el cual, mediante elementos funcionales activos, se utiliza para convertir una alta tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22, en una tensión rectificada, convertida a niveles inferiores. Dicha tensión corresponde en particular a la tensión del circuito intermedio  $V_{ZK}$  del circuito intermedio 18, desde el cual la unidad de tracción 12 obtiene una energía de accionamiento. En el modo de tensión alterna, conforme a ello, el multipolo 26 está dispuesto en el flujo de energía entre el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 y la unidad de tracción 12,

o bien entre el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 y el circuito intermedio 18. El multipolo 26 está diseñado como cuadripolo y, mediante sus salidas A1, A2; abastece de energía eléctrica al circuito intermedio 18. En el ejemplo de ejecución observado, las salidas A1, A2 del multipolo 26 están conectadas directamente al circuito intermedio 18. Además, las entradas E1, E2 del multipolo 26, del lado de la red ferroviaria en el modo de tensión alterna, están conectadas a una bobina de ahogo de red  $L_N$  que está dispuesta entre el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 y el multipolo 26.

En un modo de frenado del vehículo ferroviario, el motor de tracción 14 actúa como generador, donde la energía eléctrica generada durante el frenado, en resistencias de frenado, se transforma en calor, se acumula en acumuladores de energía y/o, mediante el multipolo 26, se suministra de regreso al sistema de suministro de la red ferroviaria 22. En el último caso mencionado, el multipolo, con respecto al flujo de energía, está dispuesto igualmente entre la unidad de tracción 12, así como el circuito intermedio 18, y el sistema de suministro de la red ferroviaria 22.

La disposición de conmutación 20, en el modo de tensión continua, está conectada eléctricamente al sistema de suministro de la red ferroviaria 22 mediante otro pantógrafo 24.D, donde el circuito intermedio 18, mediante una bobina de ahogo de entrada 28, se encuentra conectado directamente - es decir, sin una conexión en circuito de un dispositivo de conversión de corriente - al sistema de suministro de la red ferroviaria 22, mediante una línea de corriente de la red 30. La línea de corriente de la red 30 en particular está proporcionada para conducir una energía eléctrica obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22, hacia el circuito intermedio 18. En una variante de realización, entre la bobina de ahogo de entrada 28 y el circuito intermedio 18 puede estar dispuesto un dispositivo de conversión de tensión en forma de un regulador elevador de voltaje, donde además en esta realización, en el modo de tensión continua, se considera ventajosa la utilización de un dispositivo de compensación.

La disposición de conmutación 20 comprende además un dispositivo que, en el modo de tensión continua, se utiliza como dispositivo de compensación 32. El mismo está proporcionado para contrarrestar un componente de interferencia de una corriente de la red N conducida desde la línea de corriente de la red 30. Esa corriente de la red N - del modo antes descrito - puede obtenerse desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 o puede ser una corriente que es generada por la unidad de tracción 12 - por ejemplo en el modo de frenado - y que circula de regreso hacia el sistema de suministro de la red ferroviaria 22 mediante la línea de corriente de la red 30.

El dispositivo de compensación 32 comprende una unidad de sensor 34 que está proporcionada para detectar al menos un parámetro de la red de corriente NK. El mismo se encuentra acoplado a la línea de suministro de la red 30 e, independientemente de la realización del parámetro de la corriente de la red, puede estar diseñado por ejemplo como convertidor de tensión y/o de corriente.

Como otro componente del dispositivo de compensación 32 está proporcionado el multipolo 26 que, en el modo de tensión continua, se utiliza como dispositivo de conversión de tensión en el flujo de energía. En el modo de tensión continua, el flujo de energía se extiende desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22, directamente mediante el circuito intermedio 18, hacia la unidad de tracción 12, donde el multipolo 26 ya no puede considerarse como dispuesto en el flujo de energía. El multipolo 26 está diseñado como componente del dispositivo de compensación 32, en donde los elementos funcionales activos del multipolo 26 son controlados para generar una corriente de compensación K que, mediante las salidas A1, A2 del multipolo 26, se acopla a la corriente de la red N. El dispositivo de compensación 32 presenta una unidad de control 36 que evalúa el parámetro de la corriente de la red NK detectado para determinar el componente de interferencia de la corriente de la red N, y que controla el multipolo 26 para la generación de la corriente de compensación K, la cual se utiliza en gran medida para compensar el componente de interferencia. La unidad de sensor 34 detecta el parámetro de la corriente de la red NK de la corriente de la red N compensada, de manera que la unidad de control 36 y el multipolo 26 forman un circuito de regulación.

La figura 2 muestra una vista detallada del multipolo 26 de la figura 1. Las entradas E1 y E2 del multipolo 26 están formadas por un convertidor de alta tensión 38. En el modo de tensión alterna, en las entradas E1 y E2 del lado de la red ferroviaria está aplicada una alta tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22. El convertidor de alta tensión 38, en el modo de tensión alterna, forma un así llamado circuito de alimentación que convierte esa alta tensión en una tensión alterna de frecuencia media, por ejemplo de varios kHz. El multipolo 26 comprende además un transformador de frecuencia media que está diseñado para la conversión de una tensión en el rango de frecuencia media. Ese componente funcional 40 forma una separación galvánica de las salidas del multipolo A1, A2, de las entradas del multipolo E1, E2. Las salidas del componente funcional 40 están conectadas a un rectificador 42 que forma las salidas A1 y A2 del multipolo 26. El rectificador 42, en el modo de tensión alterna, pone a disposición una tensión rectificadora que corresponde a la tensión del circuito intermedio  $V_{ZK}$ . El componente funcional 40 y el rectificador 42, en la realización considerada, se encuentran presentes en particular únicamente en el multipolo 26, de manera que todo el flujo de energía, en el modo de tensión alterna, circula mediante esas unidades, hacia las salidas A1, A2 o desde las mismas.

En el modo de tensión continua, las entradas del multipolo E1, E2 que están dispuestas del lado de la red ferroviaria en el modo de tensión alterna, están conectadas eléctricamente a una fuente de energía 44. Esa fuente de energía 44 se utiliza para el abastecimiento del multipolo 26 en su función como componente del dispositivo de compensación 32. En el ejemplo de ejecución considerado, la fuente de energía 44 corresponde al sistema de suministro de funcionamiento auxiliar del vehículo ferroviario. Habitualmente, el mismo se utiliza para el abastecimiento de los consumidores eléctricos del vehículo ferroviario, como en particular equipos auxiliares de acondicionamiento de aire, sistemas de iluminación, cajas de enchufes, compresores de aire, etc. Mediante la representación en líneas discontinuas se ilustra una realización alternativa de la fuente de energía 44 como acumulador de energía, por ejemplo en forma de una batería de a bordo. En otra realización, el multipolo 26 puede obtener su energía desde el circuito intermedio 18. Esa realización está representada en la figura 6 mediante una unión a modo de una línea de puntos.

A continuación se explica el modo de funcionamiento del dispositivo de compensación 32.

En el modo de tensión continua, mediante la unidad de sensor 34, se detecta el parámetro de la corriente de la red NK. En base al parámetro de la corriente de la red NK detectada, mediante una unidad de cálculo 46 de la unidad de control 36 (véase la figura 1), se determina si la corriente de la red N presenta un componente de interferencia que, en al menos una propiedad, cumple con observar valores límite predeterminados. Por ejemplo, en base al parámetro de la corriente de la red NK puede determinarse si la corriente de la red N presenta armónicos que, en su amplitud o frecuencia, se ubican por encima de valores admitidos. Expresado de otro modo, con ello puede analizarse la ondulación de la corriente de la red N. Para ello se dispone de procedimientos conocidos, como por ejemplo el análisis de Fourier y/o un filtrado mediante un filtro de paso de banda. Si se detectan propiedades interferentes, el convertidor de alta tensión 38 es controlado por la unidad de control 36 de manera que, partiendo desde la tensión que se pone a disposición desde la fuente de energía 44, una tensión de compensación se genera en su salida. Esa tensión de compensación presenta un desarrollo temporal de la tensión que corresponde en gran medida al desarrollo de la tensión determinado, del componente de interferencia. Esa señal se genera desde el cuadripolo 26, de manera que la corriente de compensación K presenta un desplazamiento de fases de 180° con respecto al componente de interferencia en la corriente de la red N, y en el caso de un acoplamiento con la corriente de la red N, tiene lugar una interferencia destructiva del componente de interferencia y de la corriente de compensación K.

Las frecuencias típicas del componente de interferencia de la corriente de la red N, en particular en un rango de frecuencia de hasta 3 kHz, pueden ser mayores o menores que las frecuencias en el rango de frecuencia media para las cuales está diseñado el transformador de frecuencia media o el componente funcional 40, y que la frecuencia de ciclo máxima del rectificador 42, de manera que la estructura de tensión de alta frecuencia o de baja frecuencia, generada por el convertidor de alta tensión 38, se presenta en las salidas del multipolo A1, A2.

La figura 3, a modo de ejemplo, muestra las señales de tensión que son generadas por el convertidor de alta tensión 38 (parte izquierda) y desde el convertidor 42 (parte derecha) en el caso de una compensación de componentes de interferencia de alta frecuencia de la red de corriente N, como función del tiempo. Del modo antes explicado, el convertidor de alta frecuencia 38 genera una señal de frecuencia media y precisamente en un rango de frecuencia en el que se encuentra diseñado el componente funcional 40, así como el transformador de frecuencia media. La estructura de frecuencia media está superpuesta con una estructura de frecuencia más elevada que, mediante un control preciso de los elementos de conmutación del convertidor de alta tensión 38, se genera en base al parámetro de la corriente de la red NK evaluado, mediante la unidad de control 36. La parte de frecuencia media es rectificadora por el rectificador 42, donde la estructura de alta frecuencia se encuentra presente en la salida del rectificador y, por tanto, en las salidas A1, A2 del multipolo 26. Esa estructura, mediante un desplazamiento de fases, se utiliza para compensar en gran medida el componente de interferencia de la corriente de la red N.

Al operar el multipolo 26 como componente del dispositivo de compensación 32, el flujo de energía, de la energía necesaria para generar el flujo de compensación K, se extiende desde la fuente de energía 44 dispuesta fuera del multipolo 26 hacia las entradas E1, E2, debido a lo cual la energía generada por fuera del multipolo 26, mediante las entradas E1, E2; se suministra hacia el circuito de alimentación formado por el convertidor de alta tensión 38.

La figura 4 muestra el convertidor de alta tensión 38 en una realización como convertidor directo modular. El mismo presenta cuatro derivaciones 48 que están dispuestas en una topología de puente con dos puentes. La tensión inicial del convertidor de alta tensión 38 está desviada en los puntos centrales del puente. Las derivaciones 48 se componen respectivamente de una sucesión de subsistemas idénticos, llamados también módulos 50, los cuales, adicionalmente con respecto a un grupo de conmutación 52, presentan al menos un acumulador de energía 54, en particular en forma de una capacidad. Un grupo de conmutación 52 presenta un conjunto de elementos de conmutación que en particular están conectados formando un circuito de puente completo, y posee la función de conectar o desconectar el acumulador de energía 54. De ese modo, el acumulador de energía 54 puede cargarse o descargarse en el estado conectado y, por tanto - accionado por el grupo de conmutación - con un signo determinado, puede contribuir a la tensión de la derivación 48. El modo de funcionamiento de un convertidor directo de esa clase está descrito en la primera publicación de la solicitud DE 101 03 031 A1. Los módulos 50 están conectados en serie en una derivación y la tensión en el punto central del puente, entre dos derivaciones, y en un

momento determinado, puede establecerse mediante la cantidad de acumuladores de energía 54 que contribuyen, y su signo. La tensión inicial del convertidor de alta tensión 38 es el resultado de un procedimiento de modulación, en el cual tiene lugar una promediación entre etapas de una estructura de etapas de tensión precisas. Un convertidor directo modular de esa clase es especialmente muy adecuado para proporcionar una estructura de tensión precisa para generar una corriente de compensación - como se muestra en la figura 3. Las tensiones de los acumuladores de energía 54, denominados también como "tensión del módulo" del módulo 50 correspondiente, en el modo de tensión continua, durante el funcionamiento del multipolo 26 como componente del dispositivo de compensación 32, puede reducirse significativamente con respecto al modo de tensión alterna. Por ejemplo, en comparación con una tensión del módulo típica de 1500V en el modo de tensión alterna, es posible una tensión del módulo, para el modo de tensión continua, de aproximadamente 100V. Debido a las etapas de tensión más reducidas, resultantes de ello, en las salidas del convertidor de alta tensión 38, el componente de interferencia de la corriente de la red N puede contrarrestarse de modo especialmente eficiente. Además pueden reducirse pérdidas de conmutación del convertidor de alta tensión 38.

La figura 5 muestra otra realización del multipolo 26. Para evitar repeticiones innecesarias se describen solamente las diferencias con respecto a la realización antes descrita. Las dos realizaciones se diferencian en el diseño del circuito, el cual, en el modo de tensión alterna, se utiliza como circuito de alimentación. El mismo presenta una cascada de unidades de convertidor 56 idénticas que respectivamente comprenden un rectificador en forma de un circuito de puente completo VB y un convertidor CC- CC conectado en serie con el mismo. La estructura del convertidor CC-CC está mostrada arriba a la derecha. En particular, el mismo presenta un componente funcional 58 en forma de un transformador de frecuencia media, el cual forma una separación galvánica entre las entradas del multipolo E1, E2 y las salidas del multipolo A1, A2. Las entradas del multipolo E1, E2 están formadas por un circuito en serie de los circuitos de puente completo VB, y las salidas del multipolo A1, A2 presentan una tensión que es generada por un circuito paralelo de los convertidores CC-CC. Esa clase de circuitos de alimentación está descrita en particular en el documento EP 0 670 236 A1. Al operarse el multipolo 26 como componente del dispositivo de compensación 32, el flujo de energía, de la energía necesaria para generar el flujo de compensación K, se extiende desde una fuente de energía dispuesta fuera del multipolo 26, hacia las entradas E1, E2. La energía generada por fuera del multipolo 26 se suministra al circuito de alimentación mediante las entradas E1, E2. En el caso de una situación con un flujo de energía invertido, en el cual la energía se obtiene desde el circuito intermedio 18, mediante las salidas A1, A2, y la corriente de compensación K se proporciona en las entradas E1, E2; los convertidores CC-CC, en comparación con el modo de tensión alterna, se operan en un funcionamiento de carga parcial que puede tener un grado de efectividad desventajoso. En la configuración preferente, en la cual la energía se obtiene mediante las entradas E1, E2; pueden tomarse medidas para reducir las pérdidas por conmutación que se producen en los convertidores CC-CC. Por ejemplo, las tensiones del circuito intermedio generadas en las unidades del convertidor 56 pueden reducirse en comparación con el modo de tensión alterna. En comparación con la situación antes descrita, con flujo de energía invertido, puede alcanzarse una reducción significativa de las pérdidas por conmutación.

La figura 6 muestra la disposición de la figura 1, donde la disposición de conmutación 20 presenta medios de desacoplamiento 60, 62 adicionales. Con el fin de una mayor claridad se prescindió de la representación de la unidad de sensor 34 y de la unidad de control 36. Las mismas están conectadas respectivamente entre el multipolo 26 y el circuito intermedio 18. El primer medio de desacoplamiento 60, en el modo de tensión continua, se utiliza para desacoplar un componente de tensión continua de una tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22, del multipolo 26. El mismo está diseñado en particular como capacidad y limita una circulación no deseada de la corriente de la red N, obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria 22, mediante el rectificador 42, así como mediante los convertidores CC-CC (en la realización según la figura 5), hacia el multipolo 26. El otro medio de desacoplamiento 62, el cual en particular está diseñado como inductancia, limita una circulación no deseada de la corriente de compensación K, generada por el multipolo 26, hacia el circuito intermedio 18.



**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo para un vehículo ferroviario accionado eléctricamente, con una disposición de conmutación (20) que puede conectarse a una unidad de tracción (12) del vehículo ferroviario y - para operar el mismo - con un sistema de suministro de la red ferroviaria (22), con un modo de tensión alterna en el cual la disposición de conmutación (20) está conectada eléctricamente al sistema de suministro de la red ferroviaria (22) mediante un pantógrafo (24.A), el cual conduce una tensión alterna, y con un modo de tensión continua, en el cual la disposición de conmutación (20) está conectada al sistema de suministro de la red ferroviaria (22), mediante otro pantógrafo (24.D), el cual conduce una tensión continua, donde la disposición de conmutación (20) presenta un multipolo (26) activo que, en el modo de tensión alterna, como dispositivo de conversión de tensión, está conectado entre el sistema de suministro de la red ferroviaria (22) y la unidad de tracción (12), y un dispositivo de compensación (32) que, en el modo de tensión continua, está proporcionado para contrarrestar un componente de interferencia de una corriente de la red (N) obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria (22) o generada por la unidad de tracción (12), que circula hacia el sistema de suministro de la red ferroviaria (22), donde el dispositivo de compensación (32) comprende al menos una unidad de sensor (34) para detectar al menos un parámetro de la corriente de la red (NK), el multipolo (26) activo y una unidad de control (36) que está proporcionada para controlar el multipolo (26) activo en función del parámetro de la corriente de la red (NK), caracterizado porque el multipolo (26), en un modo de tracción, presenta entradas (E1, E2) que, en el modo de tensión alterna, están diseñadas como entradas del lado de la red ferroviaria, y en el modo de tensión continua están conectadas a una fuente de energía (44, 18) para abastecer al multipolo (26) de energía eléctrica, la unidad de tracción (12) está conectada a un circuito intermedio (18) que, en el modo de tensión continua, conduce una tensión rectificadora ( $V_{ZK}$ ) y, en el modo de tensión continua, está conectado directamente al sistema de suministro de la red ferroviaria (22), y el multipolo (26) presenta salidas (A1, A2) que, en el modo de tensión alterna, abastecen de energía eléctrica al circuito intermedio (18) y, en el modo de tensión continua, generan una corriente de compensación (K) que se acopla a la corriente de la red (N).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de sensor (34), la unidad de control (36) y el multipolo (26) activo forman parte de un circuito de regulación.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque el multipolo (26) activo presenta un convertidor de alta tensión (38).
4. Dispositivo según la reivindicación 3, caracterizado porque el convertidor de alta tensión (38) comprende al menos un convertidor directo modular que genera una tensión mediante un procedimiento de modulación.
5. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el multipolo (26) presenta a menos un componente funcional (40, 58) que forma una separación galvánica entre salidas del multipolo (A1, A2) y entradas del multipolo (E1, E2).
6. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque el multipolo (26) presenta al menos un rectificador (42) que forma salidas del multipolo (A1, A2).
7. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por un medio de desacoplamiento (62) que está proporcionado para al menos limitar una circulación de la corriente de compensación (K) hacia el circuito intermedio (18).
8. Dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por un medio de desacoplamiento (60) que, en el modo de tensión continua, está proporcionado para desacoplar del multipolo (26) un componente de tensión continua de una tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria (22).
9. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la fuente de energía (44) es un sistema de suministro de funcionamiento auxiliar del vehículo ferroviario.
10. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la fuente de energía es un acumulador de energía.
11. Dispositivo según la reivindicación 1, caracterizado porque la unidad de tracción (12) está conectada a un circuito intermedio (18) que conduce una tensión rectificadora ( $V_{ZK}$ ), el cual, en el modo de tensión continua, se utiliza como fuente de energía para el multipolo (26), donde un primer medio de desacoplamiento (60), en el modo de tensión continua, está proporcionado para desacoplar del multipolo (26) un componente de tensión continua de la tensión obtenida desde el sistema de suministro de la red ferroviaria (22), y otro medio de desacoplamiento (62) está proporcionado para al menos limitar una circulación de la corriente de compensación (K) generada por el multipolo (26), hacia el circuito intermedio (18).

12. Vehículo ferroviario con un dispositivo según una de las reivindicaciones precedentes.

FIG 1

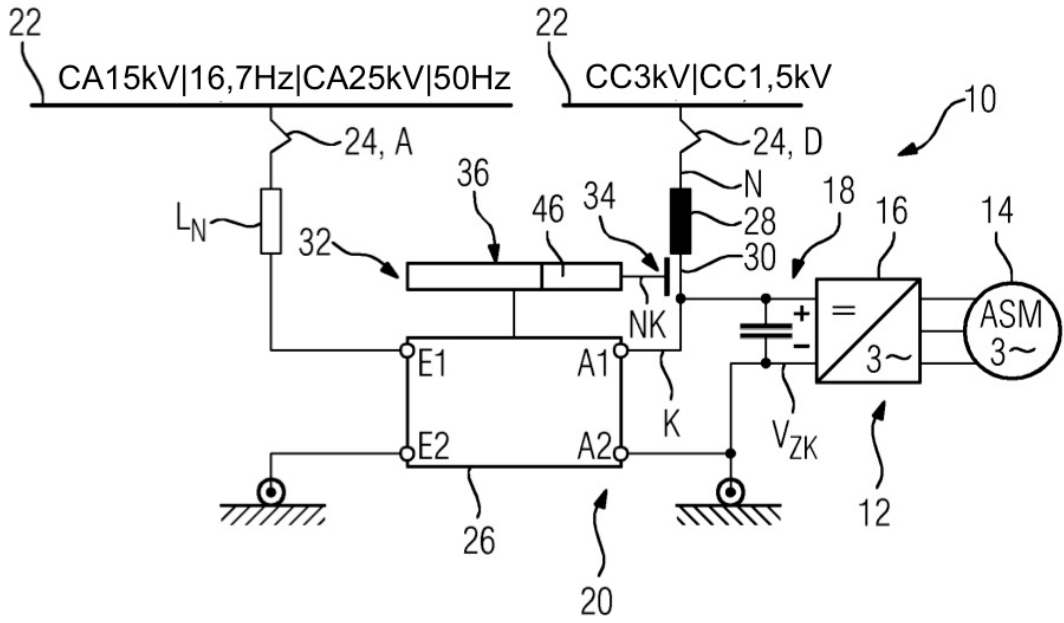


FIG 2

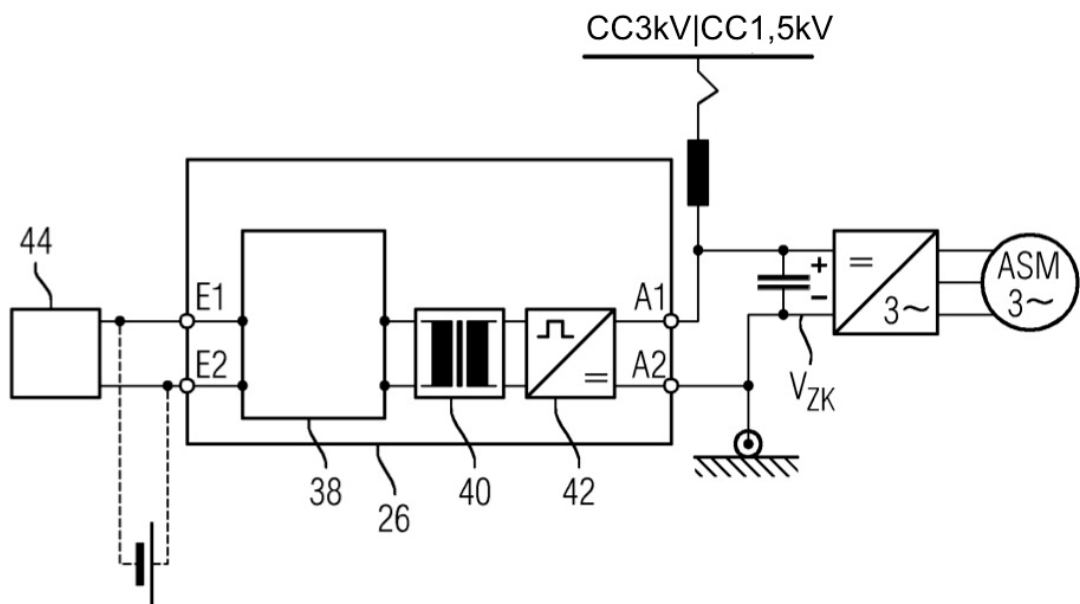


FIG 3

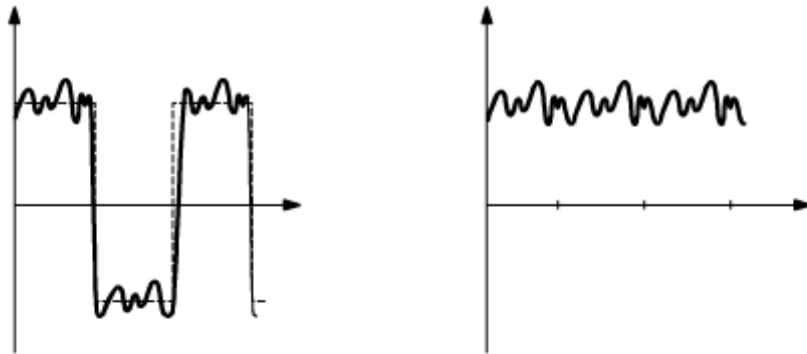


FIG 4

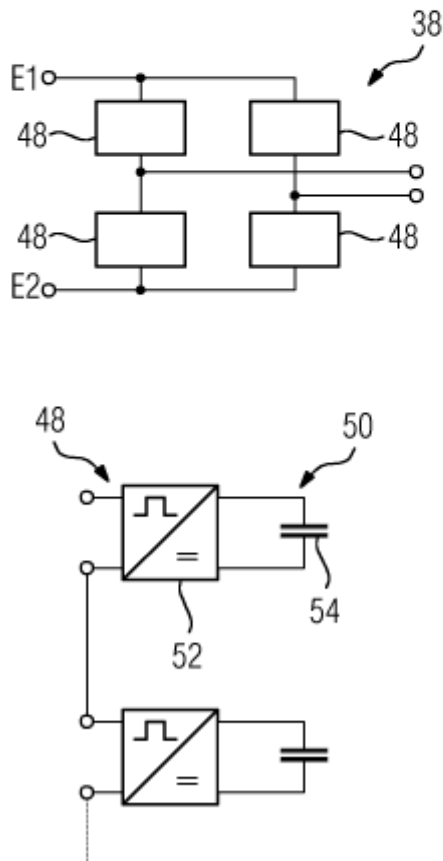


FIG 5

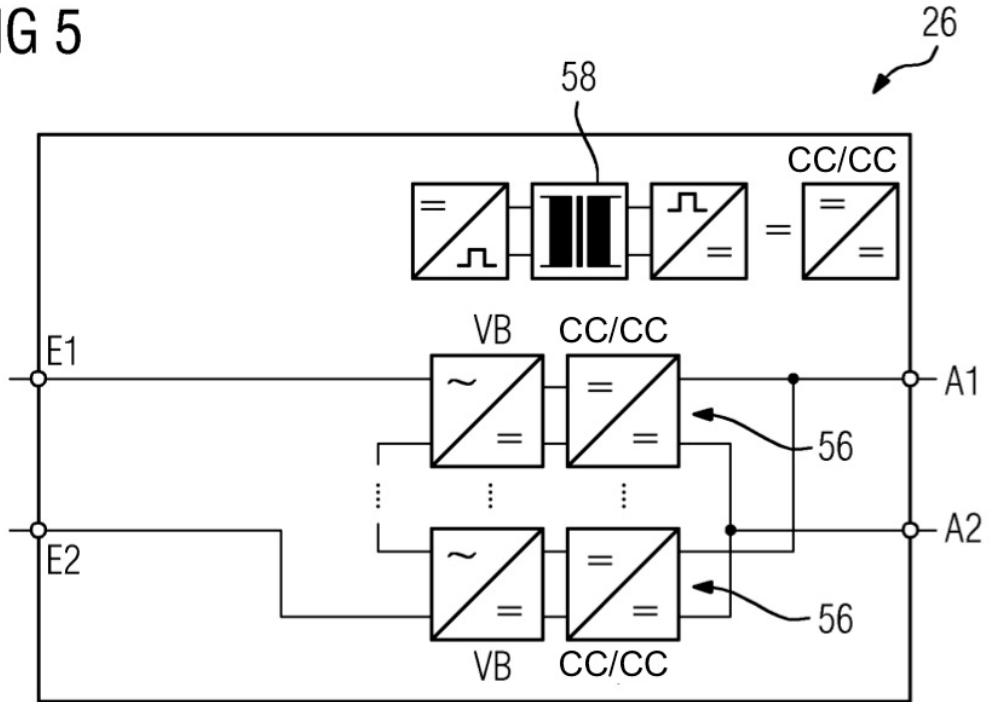


FIG 6

