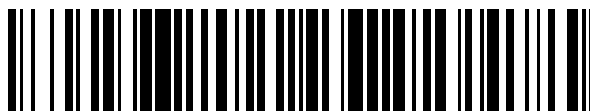


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 632 455**

51 Int. Cl.:

B60L 9/14	(2006.01) H02M 1/00	(2007.01)
B60L 9/30	(2006.01)	
B60L 9/22	(2006.01)	
H02M 3/22	(2006.01)	
H02J 1/00	(2006.01)	
H02J 3/00	(2006.01)	
H02J 4/00	(2006.01)	
H02M 3/158	(2006.01)	
H02M 3/335	(2006.01)	
H02M 3/337	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.07.2014 PCT/EP2014/065253**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.01.2015 WO15007780**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2014 E 14739823 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.04.2017 EP 3007924**

54 Título: **Circuito para la distribución de potencia con convertidores de resonancia**

30 Prioridad:

19.07.2013 DE 102013107750

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

13.09.2017

73 Titular/es:

**SMA RAILWAY TECHNOLOGY GMBH (100.0%)
Miramstr. 87
34123 Kassel, DE**

72 Inventor/es:

**WEBER, JOHANNES;
BACHMANN, GUIDO y
BERGER, ANDREAS**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 632 455 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

Circuito para la distribución de potencia con convertidores de resonancia

CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La invención se refiere a un circuito para la distribución de potencia en un vehículo ferroviario eléctrico, para alimentar con tensión, a partir de una tensión externa recogida con un pantógrafo, además del accionamiento de tracción también una o varias redes de a bordo, con las características del preámbulo de la reivindicación independiente 1.

10 En particular, en cuanto a las redes de a bordo puede tratarse por un lado de una red de tensión alterna y por otro lado de una red de tensión continua. A la red de tensión continua puede estar conectada una batería como acumulador de respaldo, a partir de la que pueden ser mantenidas activas funciones de emergencia del vehículo ferroviario también en caso de caída del suministro eléctrico externo. De hecho, en vehículos ferroviarios eléctricos se producen interrupciones relativamente frecuentes del suministro eléctrico externo, por ejemplo en la zona de puntos de separación de subredes.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 A partir de SMA: MEE-NT SD "Innovative, redundante Energieversorgung für moderne S-Bahn" (véase: http://www.sma-railway.com/fileadmin/fm-dam/SMA_Railway/Download/Prospekte/Aktualisierung_AUG_12/Product_brochures/SMARTconverter_Coradia_Nordic_DE.pdf) es conocido un vehículo ferroviario eléctrico con un circuito para la distribución de potencia con las características del preámbulo de la reivindicación 1. Aquí, a un circuito intermedio de tracción, al que está aplicada una tensión continua en el intervalo de 900 V a 1.800 V, están conectados dos convertidores DC/DC (del inglés "Direct Current/Direct Current", de corriente continua a corriente continua), que alimentan con un carril DC que se extiende por todo el tren +/-400 V. A este carril DC están conectados en paralelo entre sí dos convertidores DC/DC, que alimentan un carril DC que se extiende por todo el tren con 110 V, así como dos convertidores trifásicos DC/AC, que alimentan un carril AC que se extiende por todo el tren con 3 x 230 V. Al carril DC que se extiende por todo el tren con 110 V están conectadas también baterías. Para mantener activo el funcionamiento de emergencia con ayuda de las baterías, están previstos dos inversores de batería trifásicos, que alimentan un carril AC de emergencia que se extiende por todo el tren con 3 x 230 V. A este carril AC de emergencia que se extiende por todo el tren están conectados los equipos eléctricos a alimentar con potencia eléctrica también en caso de funcionamiento de emergencia.

30 Otro vehículo ferroviario eléctrico con un circuito para la distribución de potencia con las características del preámbulo de la reivindicación 1 es conocido a partir del documento DE 33 47 746 A1.

35 A partir de C C Antaloae: Feasibility of High Frequency Alternating Current Power Distribution for the Automobile Auxiliary Electrical System. Abril 2011 (<https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/7692>) es conocido un circuito para la distribución de potencia para un vehículo, que tiene las características del preámbulo de la reivindicación independiente 1, excepto que no está previsto para un vehículo ferroviario con un pantógrafo.

40 Un estado de la técnica llevado a la práctica por la solicitante se refiere a un sistema de conversión de corriente para redes de a bordo para un vehículo ferroviario eléctrico. Un convertidor conectado a una tensión continua de entrada comprende un circuito elevador por el lado de entrada y un convertidor DC/AC de medio puente. El convertidor DC/AC de medio puente proporciona de salida una tensión alterna, que es aplicada a un arrollamiento primario de un transformador de frecuencia intermedia. El transformador de frecuencia intermedia tiene dos arrollamientos secundarios separados, en que las tensiones alternas que caen a través de ambos son rectificadas. Una de las tensiones rectificadas está aplicada a una salida DC y a una salida de batería. La otra tensión rectificada está aplicada a un circuito intermedio de tensión continua y es convertida por un convertidor DC/AC trifásico en una corriente alterna trifásica. Cuando con este sistema de conversión de corriente para redes de a bordo debe ponerse a disposición potencia eléctrica por la batería para un funcionamiento de emergencia de cargas de tensión alterna, esto se produce a través de un carril AC de emergencia, al que está conectada la batería a través de un inversor de batería separado.

50 El empleo de convertidores de resonancia, para poder conmutar los interruptores del convertidor preferentemente tanto sin corriente como sin tensión y con unas pérdidas correspondientemente escasas, es conocido a partir del documento EP 1 226 994 B1 también para el suministro de energía a bordo de vehículos ferroviarios eléctricos.

55 Un circuito para un aparato de red, que pone a disposición dos tensiones continuas diferentes y separadas galvánicamente entre sí, es conocido a partir del documento US 2010/046251 A1. La tensión alterna de entrada del aparato de red es rectificadas y carga un condensador de circuito intermedio. Un convertidor DC/AC de medio puente convierte la tensión continua del circuito intermedio en una tensión alterna a través de un condensador situado por el lado de salida. Al condensador están conectados dos circuitos de resonancia en serie, que comprenden

- respectivamente el arrollamiento primario de un transformador y cuyas inductancias de resonancia son determinadas por inductancias de fuga de los transformadores. Las tensiones del lado secundario de los transformadores son rectificadas formando las tensiones continuas de salida deseadas y son alisadas con condensadores de alisamiento. Las tensiones continuas de salida dependen, en el aparato de conexión de red conocido, no sólo de la relación de
- 5 arrollamiento de los transformadores, sino también de las capacidades de resonancia y de las inductancias de resonancia de ambos circuitos de resonancia en serie, y en particular de con qué frecuencia y con qué factor de resonancia son cerrados los interruptores del convertidor DC/AC de medio puente. Aquí se produce un funcionamiento regulado para la consecución de tensiones prefijadas. El aparato de conexión de red conocido hace posible exclusivamente un flujo de potencia desde la tensión alterna de entrada a las tensiones continuas de salida.
- 10 Otro circuito para la distribución de potencia con un bus de potencia AC bipolar y al menos tres convertidores conectados al bus de potencia AC es conocido a partir del documento EP 0 778 659 B1, en que al menos dos de los al menos tres convertidores tienen respectivamente un circuito de resonancia en serie conectado a ambos polos del bus de potencia. Aquí, a la salida de un convertidor DC/AC de medio puente, alimentado por una fuente de tensión continua por el lado de entrada, están conectados una pluralidad de circuitos de resonancia en serie, que
- 15 comprenden respectivamente el arrollamiento del lado primario de un transformador, cuya tensión alterna del lado secundario es rectificadas. Para la regulación individual de las tensiones continuas generadas con ello, las inductancias de resonancia son variadas en los distintos circuitos de resonancia en serie. El convertidor DC/AC de medio puente opera con frecuencia fija. También este circuito conocido hace posible exclusivamente un flujo de potencia en una dirección a través de los transformadores.
- 20 A partir de Fu-Sheng Tsai, Fred C. Y. Lee: High-Frequency AC Power Distribution in Space Station. IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, Vol. 26, N° 2, Marzo 1990, págs. 239-253 es conocida una distribución de potencia de alta frecuencia para una estación espacial. Aquí, un bus de tensión alterna es alimentado a través de inversores y transformadores a partir de fuentes de tensión continua. A través de transformadores adicionales están conectadas cargas al bus de tensión alterna. Aquí, cargas individuales pueden estar conformadas
- 25 también bidireccionalmente y estar conectadas a través de un inversor bidireccional y del respectivo transformador al bus de tensión alterna. Al suministrar potencia eléctrica al bus de tensión alterna, los respectivos inversores operan de forma resonante y tienen para ello respectivamente un circuito de resonancia en serie.
- A partir de Irvin G. Hansen: Advantage of Resonant Power Conversion in Aerospace Applications. NASA Technical Memorandum 83399, Mayo 1983 (<http://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/19830019723.pdf>) es conocido igualmente un bus de tensión alterna, al que están conectados inversores bidireccionales respectivamente
- 30 a través de un transformador. Los inversores tienen circuitos de resonancia en serie formados por un condensador conectado en serie con el lado secundario, apartado del bus de tensión alterna, del transformador.

TAREA DE LA INVENCION

- 35 La invención tiene como base la tarea de dar a conocer un circuito para la distribución de potencia con las características del preámbulo de la reivindicación independiente 1, que haga posibles direcciones de flujo de potencia adicionales con pocas pérdidas eléctricas.

SOLUCION

- 40 La tarea de la invención es resuelta mediante un circuito para la redistribución de potencia con las características de la reivindicación independiente 1. Las reivindicaciones dependientes 2 a 10 está orientadas a formas de realización preferidas del circuito conforme a la invención. Las reivindicaciones dependientes 11 a 13 se refieren a formas de realización preferidas de un vehículo ferroviario con un circuito conforme a la invención para la distribución de potencia.

DESCRIPCION DE LA INVENCION

- 45 El circuito conforme a la invención para la distribución de potencia en un vehículo ferroviario eléctrico, para alimentar con tensión, a partir de una tensión externa recogida con un pantógrafo, además del accionamiento de tracción también una o varias redes de a bordo, tiene un bus de potencia AC bipolar y al menos tres convertidores conectados al bus de potencia AC. Aquí, uno de los convertidores es unidireccional y está conformado para conducir potencia eléctrica al bus de potencia AC, y está conectado por su entrada DC, apartada del bus de potencia AC, a un circuito intermedio de tensión continua, que es alimentado a través del pantógrafo. Todos los tres convertidores conectados al
- 50 bus de potencia AC, excepto el convertidor anteriormente citado, tienen respectivamente un transformador y un circuito de resonancia en serie conectado a ambos polos del bus de potencia. Al menos uno de estos convertidores que tienen un circuito de resonancia en serie es un convertidor bidireccional. El convertidor alimentado a partir de la tensión externa recogida con el pantógrafo y a través del cual es conducida la mayor potencia al bus de potencia AC, no tienen ningún circuito de resonancia en serie propio, es decir sólo asignado a él. Correspondientemente,
- 55 ningún componente para un circuito de resonancia en serie así tiene que estar ajustado a esta gran potencia conducida. Los circuitos de resonancia en serie están previstos sólo para todos los otros convertidores. De éstos, al menos uno es un convertidor bidireccional, con el que puede conducirse igualmente potencia eléctrica al bus de

potencia AC.

5 Cada circuito de resonancia en serie tiene un condensador conectado en serie al lado primario, orientado hacia el bus de potencia AC, del respectivo transformador. Este condensador puede tener, al menos cuando sobre el bus de potencia AC está aplicada una tensión más alta que sobre el respectivo lado secundario de los transformadores, una capacidad más pequeña que sobre ese lado secundario. El circuito conforme a la invención necesita por ello sólo componentes comparativamente más pequeños y baratos, para resolver la tarea de la invención.

En el circuito conforme a la invención, los convertidores están unidos entre sí en estrella a través del bus de potencia AC. La potencia total a distribuir es conducida a través del bus de potencia AC.

10 Los convertidores, conectados al bus de potencia en el circuito conforme a la invención, son determinados en sus características no sólo por su propia estructura. Antes bien, sus características resultan también de su conexionado a través del bus de potencia AC con otros convertidores, en particular con sus circuitos de resonancia en serie. Concretamente, también el convertidor unidireccional, que está conformado para conducir potencia eléctrica al bus de potencia AC, y que no tiene ningún circuito de resonancia en serie propio, puede operar como convertidor de resonancia utilizando los circuitos de resonancia en serie de los otros convertidores conectados al bus de potencia AC. Esto significa que también sus interruptores son conmutados preferentemente tanto sin corriente como sin tensión, en particular sin embargo al menos sin corriente, y con ello con particularmente pocas pérdidas.

15 Con un convertidor bidireccional puede tanto conducirse potencia eléctrica al bus de potencia AC como tomar potencia eléctrica del bus de potencia AC. En el circuito conforme a la invención está previsto al menos un convertidor bidireccional así. También varios de los convertidores conectados al bus de potencia AC pueden estar conformados como convertidores bidireccionales. En particular es posible que todos los convertidores conectados al bus de potencia AC sean convertidores bidireccionales.

25 En el circuito conforme a la invención, todos los circuitos de resonancia en serie conectados al bus de potencia tienen preferentemente capacidades de resonancia iguales e inductancias de resonancia iguales. Con ello, todos los circuitos de resonancia en serie tienen frecuencias de resonancia iguales. El término "iguales" no significa a saber en este contexto que las capacidades de resonancia y las inductancias de resonancia, y en consecuencia también las frecuencias de resonancia, tengan que ser completamente iguales. Es suficiente más bien que coincidan esencialmente, es decir en el marco de tolerancias habituales de componentes de como máximo +/- 10% del valor nominal, para que el circuito conforme a la invención tenga una frecuencia de resonancia unitaria, que es válida para todos los circuitos de resonancia en serie y para su conjunto. Aquí hay que tener en cuenta que los convertidores de resonancia no operan regularmente de forma exacta a la frecuencia de resonancia de los circuitos de resonancia activos para ellos, sino a una frecuencia, típicamente más baja, que se aparta algunos puntos porcentuales de ello. Así, ligeras diferencias de las frecuencias de resonancia de los distintos circuitos de resonancia en serie no se hacen notar negativamente de forma relevante debido a tolerancias de componentes, siempre que éstas se mantengan bajas. Un ajuste puro de los circuitos de resonancia en serie sólo a frecuencias de resonancia iguales, es decir a productos iguales de las capacidades de resonancia y de las inductancias de resonancia, no es sin embargo necesariamente suficiente, en el circuito conforme a la invención, para una frecuencia de resonancia igual en cada dirección de flujo de potencia posible. Por el contrario, una frecuencia de resonancia igual en cada dirección de flujo de potencia posible se consigue de forma segura cuando todos los componentes de los circuitos de resonancia en serie, es decir en particular las capacidades de resonancia y las inductancias de resonancia, son al menos esencialmente igual de grandes.

30 El o los convertidores bidireccionales del circuito conforme a la invención pueden tener un medio puente o un puente completo con interruptores electrónicos. Convertidores de este tipo permiten transferir de forma particularmente sencilla potencia eléctrica desde y hacia el bus de potencia AC bipolar. Aquí, estos convertidores, sobre la base de diodos de cuerpo de los interruptores electrónicos o de diodos antiparalelos adicionales, pueden ser empleados como rectificadores pasivos en la dirección de flujo de potencia del bus de potencia AC. Los interruptores electrónicos pueden ser activados sin embargo también en el sentido de un rectificador síncrono, para recoger potencia del bus de potencia AC con el respectivo convertidor bidireccional.

35 Para la dirección de flujo de la potencia eléctrica desde o respectivamente hacia el bus de potencia AC es decisiva la tensión aplicada a la entrada o salida, apartada del bus de potencia AC, del puente completo. Para variar ésta, el convertidor bidireccional respectivo puede tener un convertidor DC/DC para la adaptación de tensión.

40 En el circuito conforme a la invención, cada uno de los convertidores, con los que puede tomarse potencia eléctrica del bus de potencia AC, tiene uno de los circuitos de resonancia en serie. Correspondientemente, un circuito de resonancia en serie así está presente también en el al menos un convertidor bidireccional y en cualquier convertidor bidireccional adicional dado el caso disponible. Los circuitos de resonancia en serie aseguran la frecuencia de resonancia unitaria de todo el circuito para un flujo de potencia desde el bus de potencia AC al respectivo convertidor.

45 Como ya se ha indicado, en el circuito conforme a la invención preferentemente cada uno de los convertidores, con los que se conduce potencia eléctrica al bus de potencia AC, opera como convertidor de resonancia. Como el circuito

conforme a la invención tiene una frecuencia de resonancia unitaria, que es válida para todos los circuitos de resonancia y para su conjunto, todos los convertidores, con los que se suministra potencia eléctrica al bus de potencia AC, pueden ser temporizados con la misma frecuencia, para que operen de forma resonante. Cuando hay que conducir potencia eléctrica al bus de potencia AC con varios convertidores a la vez, hay que temporizar éstos de forma síncrona. Correspondientemente, cuando está prevista una alimentación de potencia eléctrica desde varias fuentes, hay que prever un sistema de control superior, que garantice esta temporización síncrona de los correspondientes convertidores.

En el circuito conforme a la invención, los transformadores llevan a un desacoplamiento galvánico de todos los convertidores conectados al bus de potencia AC. La inductancia de fuga de los transformadores puede ser utilizada además para configurar total o parcialmente la inductancia de resonancia del respectivo circuito de resonancia en serie.

Mediante el recurso de que en el circuito conforme a la invención sólo un convertidor no tiene transformador, las entradas o respectivamente salidas, apartadas del bus de potencia AC, de todos los convertidores están separadas galvánicamente entre sí.

En el circuito conforme a la invención, al menos uno de los convertidores puede tener una salida AC apartada del bus de potencia AC. Es decir, este convertidor puede estar previsto para poner a disposición una tensión alterna. Aunque este convertidor tiene fundamentalmente la función de poner a disposición la tensión alterna, en la salida AC puede estar prevista adicionalmente una conexión para una fuente de tensión alterna. Cuando el convertidor está conformado como convertidor bidireccional, puede ser transmitida potencia eléctrica desde esta fuente de tensión alterna externa al bus de potencia AC, y desde ahí puede ser recogida con otros convertidores.

En el circuito conforme a la invención, al menos uno de los convertidores puede tener también una salida DC apartada del bus de potencia AC. En esta salida DC, este convertidor puede poner a disposición una tensión continua para alimentar cargas de tensión continua. Al mismo tiempo puede estar conectada a la salida DC una batería. Aquí es posible una conexión directa de la batería, es decir sin convertidores de batería adicionales. Entonces, el convertidor con la salida DC asume la función de un convertidor de batería. Cuando el convertidor está conformado bidireccionalmente, puede ser conducida potencia eléctrica desde la batería de vuelta al bus de potencia AC, y ser puesta así a disposición también de otros convertidores y de cargas conectadas a ellos. Así, cuando uno de los otros convertidores pone a disposición una tensión alterna en su salida, desde la batería pueden ser alimentadas por ejemplo también cargas de tensión alterna, sin que sea necesario para ello un inversor de batería especial.

Uno de los convertidores puede tener también una entrada DC, apartada del bus de potencia AC, y estar conformado aquí como convertidor unidireccional, para conducir al bus de potencia AC siempre sólo potencia eléctrica. Un convertidor unidireccional así no necesita ningún circuito de resonancia propio, sino que, aprovechando los circuitos de resonancia de los convertidores con los que puede extraerse potencia eléctrica del bus de potencia AC, puede estar conformado como convertidor de resonancia, que está ajustado a la frecuencia de resonancia unitaria del circuito en conjunto.

En un vehículo ferroviario conforme a la invención, que tiene un circuito conforme a la invención para la distribución de potencia, el convertidor, que está conformado unidireccionalmente y para conducir potencia eléctrica al bus de potencia AC, está conectado por su entrada DC, apartada del bus de potencia AC, a la tensión de suministro introducida a través del pantógrafo. Aquí, este convertidor puede tener un convertidor DC/AC de medio puente o de puente completo, para conducir la potencia eléctrica al bus de potencia AC. Delante de este convertidor DC/AC de medio puente puede estar conectado un convertidor DC/DC para la adaptación de tensión. Se entiende que el convertidor DC/AC, en un vehículo ferroviario conforme a la invención, opera de forma resonante, es decir como convertidor de resonancia, que genera una tensión alterna próxima a la frecuencia de resonancia conjunta de todos los circuitos de resonancia en serie existentes. Como el convertidor DC/AC sólo opera unidireccionalmente, no necesita sin embargo tener ningún circuito de resonancia en serie propio, sino que para su operación resonante pueden utilizarse los circuitos de resonancia en serie de los otros convertidores. La frecuencia de resonancia sigue siendo también la misma que en los otros circuitos de resonancia en serie, aunque ningún elemento de resonancia desacopla los condensadores de medio puente del convertidor DC/AC.

En un vehículo ferroviario conforme a la invención, el al menos un convertidor bidireccional, por su salida DC apartada del bus de potencia AC, puede poner a disposición una tensión continua y al mismo tiempo estar conectado a una batería. Una batería puede estar conectada también a cada circuito intermedio de tensión continua del al menos un convertidor bidireccional. En cuanto a la batería, puede tratarse de un acumulador de energía electroquímico y/o electrostático, y con ello también de uno o varios así denominados super- o ultracondensadores. En caso de que se haya caído la alimentación de tensión externa, la batería puede ser utilizada a través del bus de potencia AC para un funcionamiento de emergencia fundamentalmente de todas las cargas.

En un vehículo ferroviario conforme a la invención, cuando están previstos dos convertidores bidireccionales, la salida AC apartada del bus de potencia AC puede entonces poner a disposición una tensión alterna y ser conectable a una

fuelle de tensión alterna externa, por ejemplo estacionaria. Este fuente de tensión alterna externa, que está por ejemplo disponible en talleres de reparación para vehículos ferroviarios, puede alimentar a través del bus de potencia AC todas las cargas del vehículo ferroviario. Así, también puede ser cargada una batería, que está conectada al bus de potencia AC a través de otro convertidor. Fundamentalmente también es posible alimentar a través del bus de potencia AC un accionamiento de tracción del vehículo ferroviario a partir de la fuente de tensión alterna externa.

Perfeccionamientos ventajosos de la invención resultan de las reivindicaciones, de la descripción y de los dibujos. Las ventajas, citadas en la descripción, de características y de combinaciones de características se dan sólo a modo de ejemplo, y pueden ser aplicadas de forma alternativa o acumulativa, sin que las ventajas tengan que conseguirse forzosamente con formas de realización conforme a la invención. Sin que a través de esto sea variado el objeto de las reivindicaciones adjuntas, en lo relativo al contenido de divulgación de la documentación de solicitud original y de la patente es válido lo siguiente: características adicionales son deducibles de los dibujos – en particular de las geometrías representadas y de las dimensiones relativas de varios componentes entre sí así como de su disposición y conexión efectiva relativas -. La combinación de características de diferentes formas de realización de la invención o de características de diferentes reivindicaciones es igualmente posible, desviándose de las referencias a anteriores reivindicaciones escogidas en las reivindicaciones, y es aquí incentivada. Esto se refiere también a aquellas características que están representadas en dibujos separados o que son citadas en la descripción de éstos. Estas características pueden ser combinadas también con características de diferentes reivindicaciones. Igualmente, características expuestas en las reivindicaciones pueden ser eliminadas para formas de realización adicionales de la invención.

Las características citadas en las reivindicaciones y en la descripción deben entenderse, en lo relativo a su cantidad, de modo que exista exactamente esta cantidad o una cantidad mayor que la cantidad citada, sin que sea necesario emplear explícitamente el adverbio “al menos”. Cuando entonces por ejemplo se habla de un elemento, hay que entender esto de modo que existen exactamente un elemento, dos elementos o más elementos. Estas características pueden ser completadas mediante otras características o ser las únicas características de las cuales consta el respectivo producto.

Los números de referencia contenidos en las reivindicaciones no representan ninguna limitación del alcance de los objetos protegidos por las reivindicaciones. Sirven simplemente para el fin de hacer que las reivindicaciones sean más fáciles de entender.

30 **DESCRIPCIÓN BREVE DE LAS FIGURAS**

En lo que sigue, la invención es explicada y descrita adicionalmente con ayuda de ejemplos de realización preferidos representados en las figuras.

La **figura 1** muestra una primera forma de realización de un circuito conforme a la invención, que está prevista para un vehículo ferroviario; y

35 la **figura 2** muestra una segunda forma de realización del circuito conforme a la invención, que está prevista igualmente para un vehículo ferroviario, en que algunos de los componentes del circuito están representados con mayor grado de detalle que en la figura 1.

DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

40 El circuito 1 representado en la **figura 1** tiene un bus de potencia AC bipolar central 2. A este bus de potencia AC 2 está conectados diversos convertidores 3 a 6. De estos convertidores 3 a 6, los convertidores 4 a 6 tienen respectivamente un circuito de resonancia en serie 7 conectado al bus de potencia AC 2, en que todos los circuitos de resonancia en serie 7 tienen iguales capacidades de resonancia e iguales inductancias de resonancia. Las capacidades de resonancia están reproducidas aquí mediante respectivamente un condensador 8. Las inductancias de resonancia son las inductancias de fuga de transformadores 9 a 11 de los convertidores 4 a 6, que en conjunto pueden ser iguales, pero también pueden tener relaciones de arrollamiento diferentes.

45 El convertidor 3 está conectado sin circuito de resonancia en serie 7 al bus de potencia AC. Al contrario que los otros convertidores 4 a 6, no está previsto para tomar potencia eléctrica del bus de potencia AC 2, sino que más bien está previsto exclusivamente para conducir potencia eléctrica al bus de potencia 2. Correspondientemente, por su lado DC 12 apartado del bus de potencia AC 2 tiene una conexión 13 a una fuente de tensión, aquí una fuente de tensión continua. En caso de empleo del circuito 1 en un vehículo ferroviario, en cuanto a la fuente de tensión continua puede tratarse del circuito intermedio de tensión continua de un accionamiento de tracción, que es alimentado a través de un pantógrafo desde una línea superior o un carril de corriente.

55 Detrás de la conexión 13 están previstos un interruptor 14, un diodo 15 y una bobina de choque 16 acoplada. Aquí se conecta como parte del convertidor 3 un circuito elevador 17, que sirve para la adaptación de tensión y está a continuación del convertidor DC/AC 18. En cuanto a este convertidor DC/AC 18 puede tratarse en particular de un

convertidor DC/AC de medio puente. Mediante una activación correspondiente de interruptores del convertidor DC/AC 18, el convertor 3 opera de forma resonante, siendo utilizados los circuitos de resonancia en serie 7 de los otros convertidores 4 a 6, para conmutar los interruptores del convertidor DC/AC 18 en caso ideal sin corriente y correspondientemente con pocas pérdidas. La frecuencia de resonancia efectiva es aquí la frecuencia de resonancia de cada uno de los circuitos de resonancia en serie 7 conectados en paralelo. Se entiende que el convertidor DC/AC 18 del convertor 3 no opera exactamente a la frecuencia de resonancia de los circuitos de resonancia en serie 7, sino típicamente a una frecuencia algo menor, como es habitual en convertidores de resonancia.

A través de los circuitos de resonancia en serie 7 conectados al bus de potencia AC 2 llega potencia eléctrica a la zona de cada uno de los convertidores 4 a 6. Aquí, la potencia eléctrica puede ser tomada por el lado secundario del respectivo transformador 9, 10 u 11. Para ello está previsto respectivamente un convertidor AC/DC 19, 20 o respectivamente 21, que para una dirección de flujo de potencia desde el bus de potencia AC 2 rectifica e integra la corriente alterna que fluye por el lado secundario del respectivo transformador 9, 10 u 11, para poner a disposición una tensión continua. En el convertor 4, esta tensión continua es filtrada con un filtro 22 para el establecimiento de la compatibilidad electromagnética, y es puesta a disposición entonces a través de un diodo 23 por una salida DC 24. El diodo es fundamentalmente opcional. Está presente habitualmente para que dos fuentes de tensión DC de igual tipo puedan ser conectadas en paralelo. Este diodo evita entonces que la batería asociada a la salida DC 24 sea cargada por una fuente de tensión DC distinta a la propia. El convertor 4 está conectado por el lado de salida además a una batería 25, y opera como convertor de batería. Esto incluye que pueda conducir potencia eléctrica desde la batería de vuelta al bus de potencia AC. Para ello, el propio convertidor AC/DC 19 del convertor 4 y con ello también el convertor 4 está conformado bidireccionalmente.

El convertor 5 tiene, conectado a su convertidor AC/DC 20, un convertidor DC/AC trifásico 26. Aquí se conectan un filtro sinusoidal 27 de estructura fundamentalmente conocida y un filtro 28 para la compatibilidad electromagnética. La corriente alterna trifásica filtrada es proporcionada por una salida 29. A través de un interruptor 31, puede conectarse a la salida 29 una conexión 30 adicional. La conexión 30 está prevista para una fuente de tensión alterna externa, por ejemplo estacionaria, para la alimentación del vehículo ferroviario por ejemplo en un taller de mantenimiento. En caso de una conformación bidireccional del convertor 5, es decir aquí tanto del convertidor AC/DC 20 como del convertidor DC/AC 26, puede transferirse potencia eléctrica desde la fuente de tensión alterna externa al bus de potencia AC 2. Desde allí, puede ser empleada con el convertor 4 para cargar la batería 25 o también para alimentar otras cargas DC conectadas a su conexión DC 24. Inversamente puede emplearse potencia desde la batería 25 a través del convertor 4, el bus de potencia AC 2, y el convertor 5 para la alimentación de cargas AC, que están conectadas a la conexión 29. En este último caso, el interruptor 31 debe estar abierto, o respectivamente no debe estar conectada ninguna fuente de tensión alterna externa a la conexión 30.

En la figura 1 está representado además el otro convertor 6, fundamentalmente opcional, que al igual que el convertor 5 tiene aquí junto al convertidor AC/DC 21 un convertidor DC/AC 32, un filtro sinusoidal 33 y un filtro 34 para compatibilidad electromagnética delante de su salida AC 35. Esta salida AC 35 puede estar prevista especialmente para la alimentación de cargas de tensión alterna tales que deberían ser alimentadas, también en caso de caída del suministro de potencia al bus de potencia AC 2, a través del convertor 3, y sin que esté conectada una fuente de tensión alterna externa a la conexión 30. Con ello se conforma un carril AC de emergencia, que puede estar previsto para la alimentación de potencia alternativa para estas cargas de tensión alterna importantes. A través de un carril AC de emergencia verdadero, las cargas de tensión alterna más importantes son alimentadas sólo en caso de emergencia a través del convertor 6, mientras que por regla general todas las otras cargas de tensión alterna son alimentadas a través del convertor 5.

En otra forma de realización del circuito 1, sólo las cargas de tensión alterna más importantes son alimentadas a través del convertor 5 o del convertor 6, mientras que el otro convertor 6 ó 5 alimenta las cargas menos importantes. Este otro convertor 6 ó 5 es desactivado cuando la potencia está limitada en el bus de potencia AC 2.

Sin embargo, en vez del convertor 6 adicional para la alimentación de emergencia de cargas AC especiales, también todas las cargas de tensión alterna pueden ser alimentadas con potencia siempre sólo a través del convertor 5, siendo desconectadas en caso de emergencia, es decir en caso de oferta de potencia limitada en el bus de potencia AC 2, todas las cargas AC que no son absolutamente necesarias.

Según el caso de aplicación, puede ser suficiente conformar el convertor 6 unidireccionalmente para un flujo de potencia que sale del bus de potencia AC 2. Esto es válido por ejemplo cuando el convertor 6 adicional es empleado para la alimentación de cargas con otro nivel de tensión y otra frecuencia que la tensión alterna en la salida AC 29.

También cuando con uno de los convertidores 4 y 5 es introducida potencia eléctrica en el bus de potencia AC 2, el respectivo convertidor AC/DC 19 o respectivamente 20, que opera respectivamente en dirección hacia atrás, opera cerca de la frecuencia de resonancia de los circuitos de resonancia en serie 7. Es decir, en el circuito 1 conforme a la figura 1 son minimizadas también mediante conmutación resonante pérdidas de conmutación en cada transferencia de potencia entre los convertidores 4 a 6. La activación de todos los convertidores 3 a 5, con los cuales puede ser llevada potencia al bus de potencia AC 2, se produce siempre con la misma frecuencia. Cuando varios de

los convertidores 3 a 5 deben transmitir al mismo tiempo potencia al bus de potencia AC 2, estos convertidores deben ser activados de forma síncrona.

5 La forma de realización del circuito 1 conforme a la figura 2 está reproducida de forma menos detallada que la figura 1 en lo que respecta a las salidas 24, 29 y 35 de los convertidores 4 a 6. Más detalladamente están representados sin embargo los convertidores 18 a 21. Además de ello, el convertidor 5 no está conformado bidireccionalmente.

10 En detalle, el convertidor DC/AC de medio puente 18 del convertidor 3 comprende un medio puente 37 con interruptores electrónicos 38 y diodos antiparalelos 39. Un medio puente pasivo paralelo 40 para el retorno de corriente comprende dos condensadores 41. El circuito elevador 17 está conformado aquí con una bobina de choque de circuito elevador 56, dos interruptores electrónicos 42 con diodos antiparalelos 43, dos diodos 44 y dos condensadores 45. Según sea la configuración de la frecuencia de temporización al activar los interruptores electrónicos 42, el punto central de los condensadores 45 puede estar conectado a los condensadores 41.

15 El convertidor AC/DC 19 del convertidor 4 tiene un puente completo 46 con cuatro interruptores electrónicos 47 y diodos antiparalelos 48 asociados, así como un condensador de alisamiento 49 por el lado de salida. El convertidor AC/DC, aquí sólo unidireccional, del convertidor 5 tiene un puente completo 50, que consta de diodos 51, y un condensador de alisamiento 52 por el lado de salida. Correspondientemente, el convertidor AC/DC 21 del convertidor 6 está constituido por un puente completo 53, que consta de diodos 54, y por un condensador de alisamiento 55 por el lado de salida.

20 En el circuito 1, toda la potencia disponible en un instante puede ser conducida siempre a través del bus de potencia AC 2, sin que se produzcan aquí pérdidas de conmutación más altas debido a la operación resonante de todos los convertidores 19 a 21 conmutados a estado activo. Para reducir las pérdidas de conmutación también en caso de operación de los convertidores como rectificadores, éstos pueden, siempre que existan interruptores apropiados, operar respectivamente también de forma activa como rectificadores síncronos.

LISTA DE NÚMEROS DE REFERENCIA

	1	Circuito
25	2	Bus de potencia AC
	3	Convertidor
	4	Convertidor
	5	Convertidor
	6	Convertidor
30	7	Circuito de resonancia en serie
	8	Condensador
	9	Transformador
	10	Transformador
	11	Transformador
35	12	Entrada DC
	13	Conexión
	14	Interruptor
	15	Diodo
	16	Bobina de choque
40	17	Circuito elevador
	18	Convertidor DC/AC
	19	Convertidor AC/DC
	20	Convertidor AC/DC

	21	Convertidor AC/DC
	22	Filtro
	23	Diodo
	24	Salida DC
5	25	Batería
	26	Convertidor DC/AC
	27	Filtro sinusoidal
	28	Filtro
	29	Salida AC
10	30	Conexión
	31	Interruptor
	32	Convertidor DC/AC
	33	Filtro sinusoidal
	34	Filtro
15	35	Salida AC
	36	Bobina
	37	Medio puente
	38	Interruptor electrónico
	39	Diodo
20	40	Medio puente
	41	Condensador
	42	Interruptor electrónico
	43	Diodo
	44	Diodo
25	45	Condensador
	46	Puente completo
	47	Interruptor electrónico
	48	Diodo
	49	Condensador de alisamiento
30	50	Puente completo
	51	Diodo
	52	Condensador de alisamiento
	53	Puente completo
	54	Diodo
35	55	Condensador de alisamiento

56 Bobina de choque de circuito elevador

REIVINDICACIONES

- 5 1. Circuito (1) para la distribución de potencia en un vehículo ferroviario eléctrico, para alimentar con tensión, a partir de una tensión externa recogida con un pantógrafo, además del accionamiento de tracción también una o varias redes de a bordo, con
- un bus de potencia AC (2) bipolar y
 - al menos tres convertidores (3 a 6) conectados al bus de potencia AC;
 - en que uno de los convertidores (3)
 - es unidireccional y está conformado para conducir potencia eléctrica al bus de potencia AC (2), y
 - 10 - está conectado por su entrada DC (12), apartada del bus de potencia AC (2), a un circuito intermedio de tensión continua, que es alimentado a través del pantógrafo, y
 - en que todos los al menos tres convertidores (4 a 6) conectados al bus de potencia AC, excepto el convertidor anteriormente citado (3), tienen respectivamente un transformador (9 a 11), **caracterizado**
 - 15 - **porque** todos los al menos tres convertidores (4 a 6) conectados al bus de potencia AC, excepto el convertidor anteriormente citado (3), tienen respectivamente un circuito de resonancia en serie (7) conectado a ambos polos del bus de potencia;
 - **porque** al menos uno de los convertidores (4 a 6) que tienen un circuito de resonancia en serie (7) es un convertidor bidireccional y
 - 20 - **porque** cada circuito de resonancia en serie (7) tiene un condensador (8) conectado en serie con el lado primario del respectivo transformador (9 a 11).
2. Circuito (1) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** todos los circuitos de resonancia en serie (7) conectados al bus de potencia (2) tienen iguales capacidades de resonancia e iguales inductancias de resonancia.
3. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** al menos dos de los convertidores (3 a 6) que tienen un circuito de resonancia en serie (7) son convertidores bidireccionales.
- 25 4. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** cada uno de los convertidores (3 a 5), con los que puede conducirse potencia eléctrica al bus de potencia AC (2), opera como convertidor de resonancia.
5. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** uno de los convertidores (5, 6) tiene una salida AC (29, 35) apartada del bus de potencia AC (2).
- 30 6. Circuito (1) según la reivindicación 5, **caracterizado porque** el convertidor (5), que tiene la salida AC (29) apartada del bus de potencia AC (2), tiene una conexión (30) para una fuente de tensión alterna.
7. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** uno de los convertidores (4) tiene una salida DC (24) apartada del bus de potencia AC (2).
- 35 8. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** a una salida (24), apartada del bus de potencia (2), del al menos un convertidor bidireccional (4), está conectada una batería (25).
9. Circuito (1) según una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** uno de los convertidores (3) tiene una salida DC (12) apartada del bus de potencia AC (2).
10. Vehículo ferroviario eléctrico con un circuito (1) para la distribución de potencia según una de las reivindicaciones precedentes.
- 40 11. Vehículo ferroviario según la reivindicación 10 con referencia a las anteriores reivindicaciones 7 y 8, **caracterizado porque** el al menos un convertidor bidireccional (4), por su salida DC (24) apartada del bus de potencia AC (2), pone a disposición una tensión continua y está conectado a una batería (25).
- 45 12. Vehículo ferroviario según la reivindicación 10 u 11 con referencia a las anteriores reivindicaciones 3 y 6, **caracterizado porque** uno de los dos convertidores bidireccionales (5), por su salida AC (29) apartada del bus de potencia AC (2), pone a disposición una tensión alterna y está conectado a una fuente de tensión alterna externa.

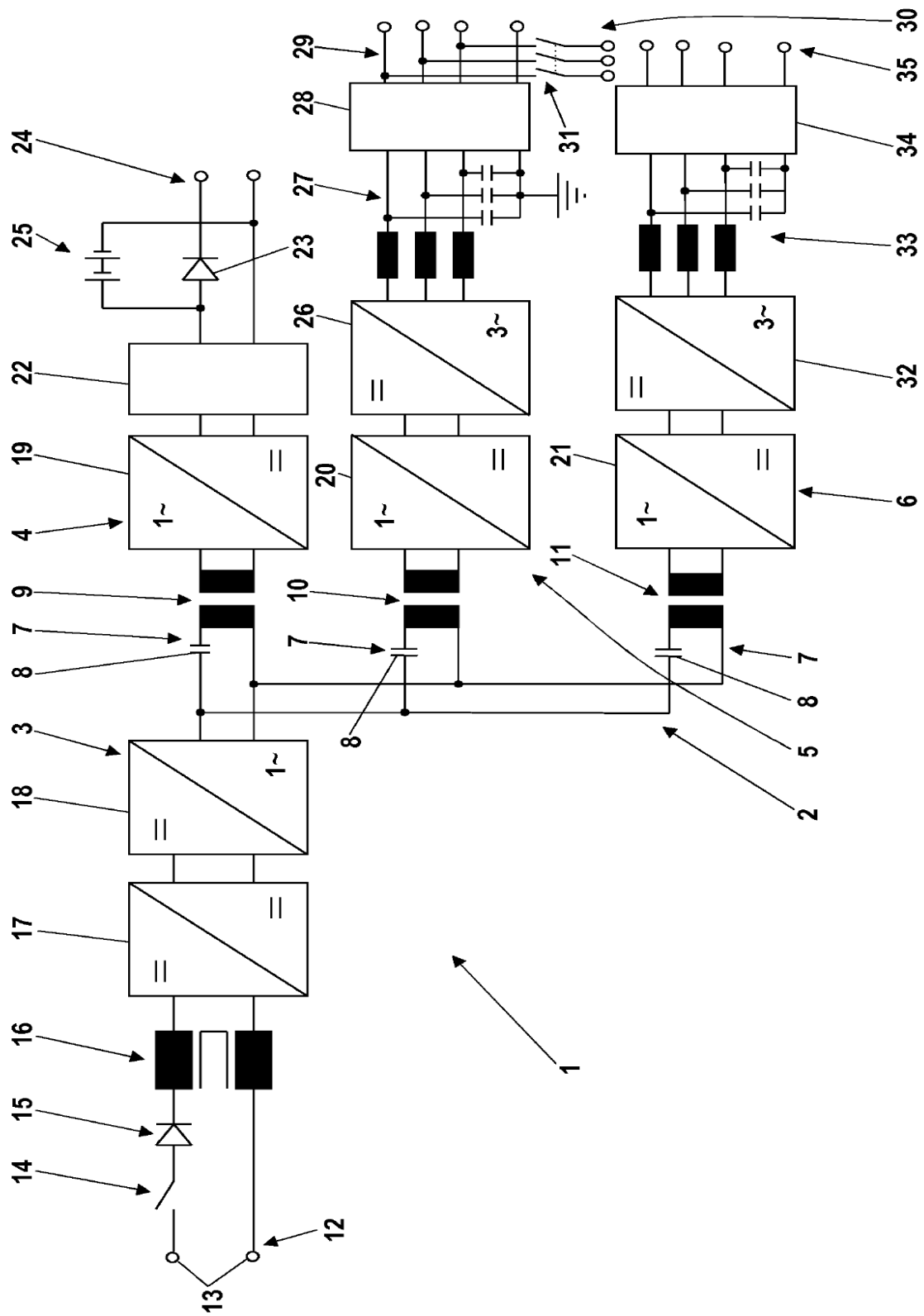


Fig. 1

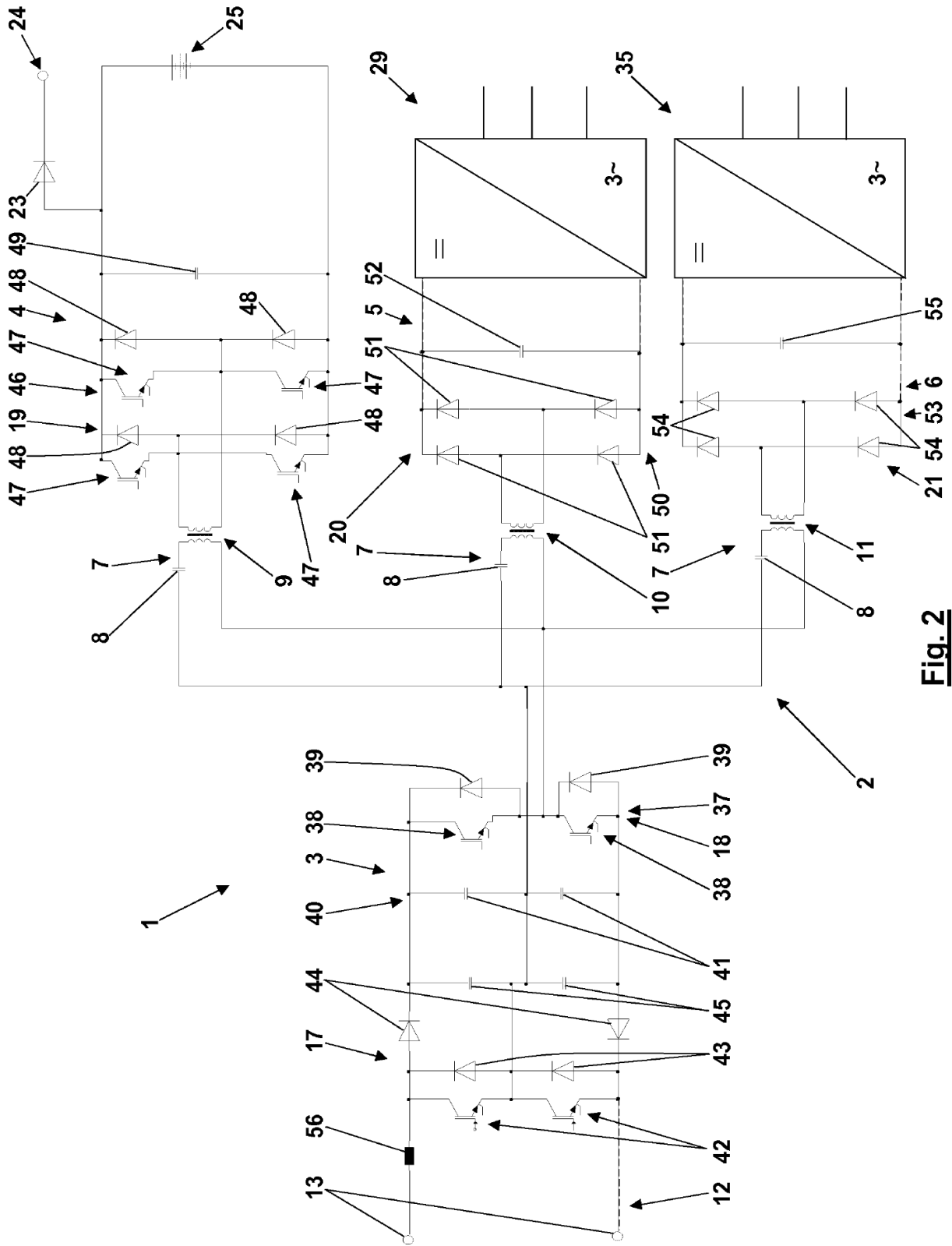


Fig. 2