

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 773 947**

51 Int. Cl.:

B60L 9/28 (2006.01)

B60L 9/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2012** E 12189950 (4)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2019** EP 2586646

54 Título: **Disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para el funcionamiento un vehículo ferroviario en redes de suministro eléctrico**

30 Prioridad:

28.10.2011 DE 102011085481

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

15.07.2020

73 Titular/es:

**BOMBARDIER TRANSPORTATION GMBH
(100.0%)
Eichhornstraße 3
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**LINDENMÜLLER, LARS;
REINOLD, HARRY y
FRÖHLICH, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

ES 2 773 947 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

Disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para el funcionamiento un vehículo ferroviario en redes de suministro eléctrico

5 La invención se refiere a una disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para hacer funcionar un vehículo ferroviario en redes de suministro eléctrico, y a un correspondiente procedimiento operativo como también a un procedimiento para producir una disposición de suministro de energía eléctrica de este tipo.

10 En función del país o de la región, para la alimentación de dispositivos de accionamiento de vehículos ferroviarios, se opera con redes de suministro eléctrico de diversa manera. Por ejemplo, en Alemania, se trabaja con un suministro eléctrico de tensión alterna a una frecuencia de 16,7 Hz y de una tensión nominal de 15 kV. Otro sistema funciona con una tensión alterna de 50 Hz y una tensión nominal de 25 kV. También existen sistemas de tensión continua, en especial de 3 kV y 1,5 kV de tensión nominal.

15 Para el funcionamiento en redes de suministro de tensión alterna, es usual transformar primero la tensión alterna comparativamente elevada de la red de suministro en tensión alterna de un valor más bajo por medio de un transformador de entrada del vehículo ferroviario, rectificar la tensión alterna transformada hacia abajo e ingresarlo en un denominado "circuito intermedio de tensión continua" al que está conectado un inversor de tracción para hacer funcionar un motor de tracción o varios motores de tracción. Sin embargo, la desventaja de esta solución es el tamaño y el peso del transformador de entrada, en especial a frecuencias de 16,7 Hz, pero también a frecuencias de 50 Hz.

20 Si se ha de hacer funcionar un vehículo de tracción ferroviario en una red de suministro de tensión continua, se conecta el circuito intermedio de tensión continua, por ejemplo, por medio de una inductancia, directamente a la red de suministro. La inductancia sirve como filtro pasivo para evitar o amortiguar las corrientes parásitas que podrían transmitirse desde la red de suministro a los carriles. Alternativamente al filtro pasivo, se han propuesto filtros activos para funcionar en redes de suministro de tensión continua que generan tensiones alternas y, por lo tanto, corrientes alternas, que compensan las corrientes parásitas generadas durante el funcionamiento del inversor de tracción.

25 Para facilitar la circulación en diferentes redes ferroviarias, en parte los mismos vehículos de tracción ferroviaria (por ejemplo, locomotoras o cabeceras de tracción) están equipados para funcionar en las diferentes redes de suministro eléctrico. En particular, también debería ser posible el funcionamiento en redes de suministro de tensión continua con diferentes tensiones nominales (por ejemplo, los 3 kV y 1,5 kV arriba mencionados). Normalmente, el inversor de tracción, que alimenta uno o más motores de tracción del vehículo ferroviario con corriente alterna, así como también el o los motores de tracción están diseñados para una tensión continua predeterminada en la entrada del inversor de tracción. El funcionamiento con redes eléctricas de suministro de tensión continua con diferentes tensiones nominales o bien de servicio se puede lograr conectando el empalme de tensión continua del inversor de tracción a la terminal del lado de la red del vehículo ferroviario a través de un convertidor de CC/CC. Si es necesario, el convertidor de CC/CC convierte la tensión de la red al nivel de tensión especificado en la terminal de tensión continua del inversor de tracción, por ejemplo, de 3 kV a 1,5 kV. En el caso contrario, si la tensión continua especificada es mayor que la tensión de la red, un convertidor de CC/CC puede funcionar como un convertidor elevador o, como alternativa, puede tener lugar el funcionamiento del inversor de tracción bajo una tensión de entrada reducida y, por lo tanto, con una potencia máxima reducida. Sin embargo, si se usa un convertidor de CC/CC, el peso adicional es una desventaja.

40 El documento DE 102 04 219 A1 describe un sistema convertidor de corriente eléctrica con al menos tres sistemas parciales para alimentar un punto de consumo de corriente trifásica como, por ejemplo, de un sistema de accionamiento de una red ferroviaria desde una red de alta tensión. En el lado de la red, los sistemas parciales están conectados en serie o en paralelo. Los sistemas parciales están conectados en estrella en el lado del motor, formando así un sistema de tensión trifásica. Cada sistema parcial tiene un correspondiente subsistema parcial que tiene al menos un inversor de tensión continua en el lado correspondiente a la red, al menos un condensador de circuito intermedio, al menos un inversor de tensión continua de frecuencia media, al menos un transformador de frecuencia media, al menos un inversor de tensión continua de frecuencia media en el lado correspondiente al motor y al menos un condensador de protección contra sobretensiones. Gracias al sistema convertidor de corriente eléctrica, se evita una de las cuatro etapas de transformación de energía (CA-CC, CC-CA, CA-CC, CC-CA), como era el caso de los sistemas convertidores de corriente conocidos previamente. El sistema convertidor de corriente ahora solo necesita las tres etapas de conversión de energía (CA-CC, CC-CA, CA-CC).

45 El documento EP 0 826 550 A1 describe un dispositivo y un procedimiento para poner a disposición una tensión continua para un sistema de tracción por medio de convertidores de corriente de varias tensiones alternas y tensiones continuas en una línea de alimentación. Un primer elemento de suministro de potencia y un segundo elemento de suministro de potencia están conectados a la línea de suministro. Al respecto, el primer elemento de suministro está conectado al devanado primario de un transformador, específicamente por medio de un primer elemento de conexión. El segundo elemento de suministro está conectado a las conexiones de suministro de energía eléctrica del sistema de tracción o al punto central de una conexión en serie de convertidores de corriente, específicamente por medio de un segundo elemento de conexión.

El documento EP 0 992 390 A2 describe una disposición de circuitos de diseño modular para un accionamiento de un vehículo ferroviario, que presenta al menos dos módulos electrónicos de potencia conectados en serie, cada uno con un punto de aislamiento galvánico. Un primero de estos módulos está conectado a un potencial de alta tensión, uno segundo a masa o a potencial de tierra. El primer módulo contiene un grupo constructivo electrónico de potencia que tiene un potencial de alta tensión, que está conectado a un grupo constructivo electrónico de potencia del segundo o de un tercer módulo que tiene un potencial más bajo. En una realización, cada módulo presenta un grupo constructivo electrónico de potencia conectado a las dos entradas, un transformador que forma un punto de aislamiento galvánico y un grupo constructivo electrónico de potencia conectado después del transformador y que tiene dos salidas. Las salidas son paralelas entre sí y están conectadas a motores de accionamiento a través de sistemas de convertidores de corriente.

Las reivindicaciones adjuntas definen el alcance de protección.

Un objetivo de la presente invención es el de proponer una disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento de un vehículo ferroviario, que presenten un peso reducido y se les puede hacer funcionar tanto en redes de tensión alterna como también en redes de tensión continua. Al respecto, debería ser posible funcionar con al menos una tensión continua nominal en la terminal de red de la disposición de suministro de energía. Es preferible que sea posible funcionar bajo diversas tensiones continuas nominales, es decir, en diversas redes de suministro de tensión continua.

Otro objetivo de la presente invención es el de señalar un procedimiento correspondiente para hacer funcionar un vehículo ferroviario con tal disposición de suministro de energía. Y otro objetivo más de la presente invención es el de presentar un correspondiente procedimiento de producción de una disposición de suministro energía de este tipo.

Un concepto fundamental de la presente invención consiste en usar un tipo especial de disposiciones de rectificadores para el funcionamiento en redes de tensión alterna. Estas disposiciones de rectificadores presentan una pluralidad de primeros rectificadores que han sido acoplados sin aislamiento galvánico (es decir, en especial sin intercalación de un transformador) a la red de tensión alterna. Las tensiones continuas generadas por los primeros rectificadores son transformadas, en cada caso, en una tensión alterna de frecuencia más elevada (en especial en el intervalo medio de las frecuencias de 8 a 20 kHz), la tensión alterna es conducida en cada caso al lado primario de uno o varios transformadores (en especial con desacoplamiento galvánico), y la tensión alterna secundaria actuante en el lado secundario del transformador o de los transformadores es nuevamente rectificadas en cada caso por uno o varios segundos rectificadores y se aplica en el circuito intermedio de tensión continua desde el cual usualmente al menos un inversor de tracción es alimentado para el o los motores de tracción del vehículo ferroviario.

El principio y las variantes de una disposición de rectificadores de este tipo para el funcionamiento en redes de tensión alterna han sido descritos, por ejemplo, en el documento DE 196 30 284 A1. Una variante consiste en especial en que se encuentran presentes varios módulos, cada uno de los cuales representa un primer rectificador en el lado de la red, por lo menos un inversor, por lo menos un transformador, y por lo menos un segundo rectificador. Al respecto, primeros rectificadores situados en el lado de la red están conectados en serie, mientras que los segundos rectificadores acoplados por medio del circuito intermedio de tensión continua en el por lo menos un inversor de tracción están conectados en paralelo. Gracias a ello, los primeros rectificadores situados en el lado de la red pueden ser conectados a una elevada tensión alterna de la red de suministro, a pesar de lo cual proporcionan la tensión continua más baja deseada para el circuito intermedio de tensión continua.

Una ventaja esencial de una disposición de suministro de energía de este tipo en sí conocido es su peso esencialmente menor. No se necesita ningún transformador para frecuencias más bajas a las que funcionan las redes de tensión alterna. Más bien, los transformadores de la disposición funcionan a una frecuencia esencialmente más elevada, que preferiblemente se encuentra en el intervalo de frecuencias medias con el orden de 10 kHz (por ejemplo, en el intervalo de 1 kHz a 100 kHz, en especial en el intervalo de 5 kHz a 40 kHz). Tales transformadores pueden diseñarse con un volumen constructivo considerablemente menor y, con ello, con pesos considerablemente más reducidos. El peso adicional correspondiente a los diversos rectificadores e inversores es reducido en comparación con el ahorro de peso logrado.

Sin embargo, estas disposiciones de suministro de energía con una topología de frecuencias medias se conocen meramente para el funcionamiento en redes de tensión alterna y opcionalmente un tipo de redes de tensión continua. Nuevamente, para el funcionamiento en redes de tensión continua con diversas tensiones nominales, podría preverse adicionalmente un convertidor de CC/CC, con lo cual, sin embargo, se eleva de manera indeseada el peso de la disposición en su totalidad.

Por ello, se propone usar por lo menos partes de la disposición de suministro de energía, configurada para el funcionamiento en redes de tensión alterna, también como convertidor de CC/CC. A tal efecto, son especialmente adecuados por lo menos dos transformadores con los convertidores conectados en el lado primario y secundario a los transformadores. Si como lado primario del transformador correspondiente se designa en general aquel lado que durante el funcionamiento en la red de tensión alterna está acoplado al primer rectificador situado en el lado de la red, para el funcionamiento en una red de tensión continua se conecta el lado primario de un transformador al lado primario

del otro transformador, se hace llegar energía procedente de la red de tensión continua por medio del lado secundario del primer transformador, el lado primario del primer transformador, el lado primario del segundo transformador y el lado secundario del segundo transformador del lado de la tensión continua de al menos un inversor de tracción. Además, una parte de la energía puede ser conducida directamente desde la red de tensión continua al o a los motores de tracción y, en este caso, puede no ser transmitida por medio de los transformadores ni de los rectificadores. En esta descripción abreviada del flujo de energía, no se han mencionado los convertidores conectados a los transformadores. Por lo menos en el lado secundario de cada uno de los transformadores, hay por lo menos un convertidor disponible que, durante el funcionamiento en la red de tensión alterna, funciona como rectificador y que, durante el funcionamiento en la red de tensión continua, funciona como inversor o como rectificador en función de su lugar en la cadena de flujo de energía.

En especial, los lados primarios de ambos transformadores no pueden ser acoplados directamente entre sí, sino que, en cada caso, son conectados entre sí por medio de por lo menos otro convertidor que, durante el funcionamiento en la red de tensión alterna, funciona como inversor. Por ejemplo, de manera correspondiente, por lo menos un convertidor en el lado primario y lado secundario de cada uno de los dos transformadores tomados juntamente con el transformador y los condensadores que intervienen en la determinación de la frecuencia de resonancia, pueden formar un convertidor de resonancia en serie. Tales convertidores de resonancia en serie son conocidos en sí en el campo de la electrónica y pueden ser manejados de manera sencilla, de modo que se conecten y desconecten válvulas (en especial los interruptores semiconductores) de los convertidores en caso de una frecuencia de conmutación constante. Cuando la frecuencia de conmutación ha sido adaptada con respecto a la frecuencia de resonancia del convertidor de resonancia en serie ("adaptado" no significa "forzosamente", por cuanto la frecuencia de conmutación es igual a la frecuencia de resonancia), tiene lugar una transmisión especialmente eficaz por medio del transformador. Sin embargo, también es posible usar otros tipos de convertidores de CC/CC, que producen un aislamiento galvánico entre el lado primario y el lado secundario.

La invención no se limita a usar meramente como convertidores de CC/CC dos transformadores y los convertidores asociados a ellos. Más bien, es posible usar, por ejemplo, de manera correspondiente y de a pares, dos transformadores y los convertidores correspondientes en el modo mencionado como convertidores de CC/CC, de manera que se usen, por ejemplo, cuatro, seis u ocho transformadores en dos, tres o cuatro pares. Durante el funcionamiento en la red de tensión alterna, todos estos transformadores y convertidores funcionan en la forma mencionada, de manera que, en primera instancia, en el lado de la tensión alterna de la disposición de suministro de energía, tiene lugar una rectificación de la corriente eléctrica, es decir, la tensión alterna de la red se transforma en una tensión continua.

Sin embargo, no es indispensable acoplar en cada caso los transformadores y los convertidores correspondientes de a pares a un convertidor de CC/CC. En cambio, en función de la configuración de la disposición de suministro de energía, en función de la tensión aplicada en la red de suministro y en función de la tensión continua deseada en el lado de tensión continua del inversor de tracción, también puede tener lugar, por ejemplo, un acoplamiento de un transformador que con su lado secundario funciona en la red de tensión continua, por medio de su lado primario con más de un transformador que con su lado secundario está acoplado de manera bipolar en la conexión de tensión continua del inversor de tracción o bien de un correspondiente circuito intermedio de tensión continua. Alternativa o adicionalmente, los lados primarios de más de un transformador de la disposición de suministro de energía pueden estar acoplados entre sí, estando los lados secundarios de estos transformadores conectados a la red de tensión continua.

Como también se describe con mayor detenimiento, los rectificadores, cuyos lados de tensión alterna funcionan durante el funcionamiento de la red de tensión alterna sin aislamiento galvánico en la red de tensión alterna, también pueden usarse para el convertidor de CC/CC. En el caso de una configuración correspondiente de los rectificadores, por ejemplo, como rectificadores controlados o regulados con interruptores semiconductores y secuencias de conmutación regulables de los interruptores, la tensión continua de salida generada por todo el convertidor de CC/CC, que se emite sobre el circuito intermedio de tensión continua del o de los inversores de tracción, puede ser variada y, con ello, es posible ajustarla a valores que corresponden a diversas situaciones operativas. Por ello, en cada caso, se usa, por ejemplo, el convertidor de CC/CC cuando se opera en diferentes redes de tensión continua con diferentes tensiones nominales o tensiones de servicio. En función de la tensión continua respectiva de la red de tensión continua, la tensión de salida deseada del convertidor de CC/CC siempre puede lograrse controlando o regulando el funcionamiento del rectificador mencionado (el así denominado primer rectificador en la terminología usada a continuación). En particular, también es posible compensar de esta manera las fluctuaciones en la tensión continua de la red de suministro. Por ejemplo, la regulación del primer rectificador puede llevarse a cabo en función de un valor medido de la tensión continua de la red. Sin embargo, por supuesto, también es posible conectar el circuito intermedio de tensión continua del inversor de tracción a la red de tensión continua sin la interposición de un convertidor de CC/CC cuando se opera en otra red de tensión continua.

Se propone lo siguiente: disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para hacer funcionar un vehículo ferroviario en redes de suministro eléctrico, en donde la disposición de suministro de energía presenta:

- al menos una conexión de red eléctrica para conectar la disposición a una red de suministro de energía eléctrica;
- una conexión eléctrica en el lado del motor para conectar la disposición a un circuito intermedio de tensión continua, al que, a su vez, es posible conectar al menos un inversor de tracción para hacer funcionar al menos un motor de tracción;
- 5 • una disposición de rectificadores para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión alterna, estando la disposición de rectificadores conectada por medio de un primer filtro a la conexión de red eléctrica, o a una de las conexiones de la red eléctrica y presenta una pluralidad de módulos, en los que, en cada caso, un primer rectificador está conectado a un segundo rectificador por medio de un inversor, que está conectado al lado primario de un transformador y por medio de un transformador, en donde el lado secundario del transformador está conectado al segundo rectificador y el primer rectificador está conectado en su lado de tensión alterna por medio del primer filtro a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctrica, en donde el segundo rectificador está conectado en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor, y en donde las conexiones de tensión alterna de los primeros rectificadores están conectadas en serie, en donde –durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna– las conexiones de tensión continua de los segundos rectificadores están conectadas en paralelo,
- 10
- 15 • una terminal de conexión eléctrica para el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua, en donde la conexión eléctrica presenta un segundo filtro,

en donde –por lo menos en un primer estado operativo de tensión continua– durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua,

- 20 - la terminal de conexión eléctrica de la conexión de red eléctrica o de una segunda de las conexiones de red eléctricas conecta el lado de tensión continua del segundo rectificador a un primero de los módulos,
- el lado primario del transformador del primer módulo está conectado al lado primario del transformador de un segundo de los módulos, y específicamente de manera indirecta por medio del inversor del primer módulo y del segundo módulo,
- 25 - el lado de tensión continua del segundo rectificador del segundo módulo está conectado a la conexión eléctrica del lado del motor para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua,
- de manera que se transmite energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador del primer módulo, el lado secundario del transformador del primer módulo, el lado primario del transformador del primer módulo, el inversor del primer módulo, el inversor del segundo módulo, el lado primario del transformador del segundo módulo, el lado secundario del transformador del segundo módulo y el segundo rectificador del segundo módulo en el circuito intermedio de tensión continua.
- 30

Además, se propone un procedimiento para hacer funcionar un vehículo ferroviario mediante una disposición de suministro de energía eléctrica en redes de suministro eléctrico, en donde:

- 35 • la disposición de suministro de energía se conecta mediante por lo menos una conexión de red eléctrica a una red de suministro de energía eléctrica,
- la disposición de suministro de energía se conecta por medio de una conexión eléctrica situada en el lado del motor a un circuito intermedio de tensión continua, al que está conectado o se conecta, a su vez, por lo menos un inversor de tracción para hacer funcionar por lo menos un motor de tracción,
- 40 • una disposición de rectificadores de la disposición de suministro de energía se conecta para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión alterna por medio de un primer filtro con la conexión de red eléctrica o con una de las conexiones de red eléctricas, en donde la disposición de rectificadores presenta una pluralidad de módulos, en donde en cada caso un primer rectificador está conectado por medio de un inversor, que está conectado al lado primario de un transformador, y el transformador está conectado a un segundo rectificador, en donde el lado secundario del transformador está conectado al segundo rectificador y el primer rectificador está conectado en su lado de tensión alterna por medio del primer filtro a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctricas, en donde el segundo rectificador se conecta en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor y en donde las conexiones de tensión alterna del primer rectificador se conectan o están conectadas en serie, en donde –para el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna– las conexiones de tensión continua del segundo rectificador se conectan en paralelo,
- 45
- 50 • - por lo menos en un primer estado operativo de tensión continua, para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión continua,
- la conexión de red eléctrica o una segunda de las conexiones de red eléctricas se conectan mediante un

segundo filtro a la red de suministro eléctrico,

- la conexión de red eléctrica o la segunda de las conexiones de red eléctricas se conectan al lado de tensión continua del segundo rectificador de un primero de los módulos,
- 5 - el lado primario del transformador del primer módulo se conecta al lado primario del transformador de un segundo de los módulos, y específicamente de manera indirecta por medio del inversor del primer módulo y del segundo módulo,
- el lado de tensión continua del segundo rectificador del segundo módulo se conecta a la conexión eléctrica del lado del motor para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua,

10 de modo que, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador del primer módulo, el lado secundario del transformador del primer módulo, el lado primario del transformador del primer módulo, el inversor del primer módulo, el inversor del segundo módulo, el lado primario del transformador del segundo módulo, el lado secundario del transformador del segundo módulo y el segundo rectificador del segundo módulo en el circuito
15 intermedio de tensión continua.

Además, se propone un procedimiento para producir una disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para hacer funcionar un vehículo ferroviario en una red de suministro eléctrico, que comprende:

- proporcionar por lo menos una conexión de red eléctrica para conectar la disposición a una red de suministro de energía eléctrica,
- 20 • proporcionar una conexión eléctrica en el lado del motor para conectar la disposición a un circuito intermedio de tensión continua, al que, a su vez, es posible conectar por lo menos un inversor de tracción para hacer funcionar por lo menos un motor de tracción,
- proporcionar una disposición de rectificadores para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión alterna y acoplar la disposición de rectificadores por medio de un primer filtro a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctrica, en donde la disposición de rectificadores presenta una pluralidad de módulos, en los que en cada caso un primer rectificador está conectado por medio de un inversor, que está conectado en el lado primario de un transformador, y el transformador está conectado a un segundo rectificador, en donde el lado secundario del transformador está conectado al segundo rectificador y el primer rectificador se conecta en su lado
25 de tensión alterna por medio del primer filtro a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctrica, en donde el segundo rectificador está conectado en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor y en donde las conexiones de tensión alterna del primer rectificador se conectan en serie, habiéndose previsto un control o una disposición de interruptores manejado por el control que, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna, conectan en paralelo las conexiones de
30 tensión continua del segundo rectificador;
- proporcionar una terminal de conexión eléctrica para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión continua, en donde la terminal de conexión eléctrica presenta un segundo filtro,

en donde el control y la disposición de interruptores están configurados -por lo menos en un primer estado operativo de tensión continua- durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua, para

- 40 - acoplar la conexión de red eléctrica o una segunda de las conexiones de red eléctricas por medio de la terminal de conexión eléctrica al lado de tensión continua del segundo rectificador de un primero de los módulos,
- acoplar el lado primario del transformador del primer módulo al lado primario del transformador de un segundo de los módulos, y específicamente de manera indirecta por medio del inversor del primer módulo y del segundo módulo,
- 45 - acoplar el lado de tensión continua del segundo rectificador del segundo módulo a la conexión eléctrica del lado del motor para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua,
- de modo que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador del primer módulo, el lado secundario del transformador del primer módulo, el lado primario del transformador del primer módulo, el inversor del primer módulo, el inversor del segundo módulo, el lado primario del transformador del segundo módulo, el lado secundario del transformador del segundo módulo y el segundo rectificador del segundo módulo al circuito intermedio de
50 tensión continua.

Diversas configuraciones del procedimiento de producción y del procedimiento operativo resultan por analogía de la

descripción de configuraciones de la disposición de suministro de energía.

En especial, para el acoplamiento de los lados primarios de los transformadores de los módulos primero y segundo, el lado de tensión continua del inversor del primer módulo puede estar/ser conectado al lado de tensión continua del inversor del segundo módulo, y específicamente de manera directa por medio de por lo menos una conexión de acoplamiento eléctrica para acoplar el lado de tensión continua del inversor y/o de manera indirecta por medio del primer rectificador del primer módulo y por medio del primer rectificador del segundo módulo.

La disposición de suministro de energía puede presentar una única conexión de red eléctrica, por medio de la cual tanto durante el funcionamiento en una red de tensión alterna como también durante el funcionamiento en una red de tensión continua se establece el contacto con la red. La conexión de red puede ser, por ejemplo, una conexión para entrar en contacto con una toma de corriente, con la que se toma corriente de la red de suministro (por ejemplo, un pantógrafo). Sin embargo, la conexión de red también puede ser el punto de contacto de la toma de corriente con un alambre de reacción o un carril conductor de corriente de la red. Además, es posible que la conexión de red conecte la disposición de suministro de energía a una conmutación de recepción que, por medio de transmisión inductiva de energía, recibe energía procedente de la red de suministro.

La disposición de suministro de energía puede presentar adicionalmente a una conexión de red de este tipo por lo menos otra conexión de red, de modo que por lo menos para el funcionamiento en una red de tensión alterna se disponga de por lo menos una primera conexión de red y que, para el funcionamiento en por lo menos una red de tensión continua, se disponga de otra conexión de red. Para la por lo menos otra conexión de red, rige en especial de manera análoga lo descrito anteriormente para la conexión única de red. Por ejemplo, para el funcionamiento en una red de tensión alterna, puede disponerse de una primera toma de corriente y, para el funcionamiento en una red de tensión continua, una segunda toma de corriente.

La conexión eléctrica del lado del motor para conectar la disposición a un circuito intermedio de tensión continua presenta, en particular, dos polos que durante el funcionamiento se encuentren a diferentes potenciales eléctricos, un potencial eléctrico más elevado y otro más bajo, correspondientes a la tensión en el circuito intermedio de tensión continua. Como se describirá con más detalle, también el lado secundario del transformador, que se conecta a la red de tensión continua, solo se puede conectar a uno de ambos polos de la conexión del lado secundario con la red de tensión continua, y es posible conectar el otro polo de la conexión con uno de los polos del circuito intermedio de tensión continua. Por otro lado, si el lado secundario del transformador, que se conecta al circuito intermedio de tensión continua, se conecta a él con ambos polos, se crea una disposición en forma de un potenciómetro. En este caso, con respecto al flujo de energía, la conexión unipolar del lado secundario del transformador, que también está conectada a la red de tensión continua, no puede considerarse como una conexión eléctrica en el lado del motor, ya que la energía procedente de la red de tensión continua fluye a través del lado secundario del al menos un primer transformador, los lados primarios de los dos transformadores o de varios transformadores y el lado secundario de al menos un transformador, hacia el circuito intermedio de tensión continua.

Las variantes de la formación de un convertidor de CC/CC a partir de componentes de la disposición de suministro de energía, que también se usan para el funcionamiento en la red de tensión alterna, ya se han descrito en lo que precede. Con respecto a la conexión eléctrica del lado del motor, esto significa que, en función del diseño del convertidor de CC/CC, uno o más lados secundarios de transformadores pueden conectarse a la conexión del lado del motor. En particular, los lados secundarios de varios transformadores pueden conectarse en paralelo entre sí en la conexión eléctrica del lado del motor. Esto permite flujos de energía más elevados a través del convertidor de CC/CC hacia el circuito intermedio de tensión continua. Lo mismo se aplica a la conexión de los lados secundarios de varios transformadores a la red de tensión continua.

Cuando se habla de los lados primarios y secundarios de los transformadores de la disposición de suministro de energía, frecuentemente y por razones de sencillez, no se mencionan los convertidores adicionalmente existentes en el lado primario y en el lado secundario del transformador. Como se describió en lo que precede, es posible que no haya un único convertidor en el lado primario y/o secundario, sino varios. También se puede usar un convertidor en el lado primario o secundario para conectar una pluralidad de transformadores. Por ejemplo, es posible conectar dos transformadores a la red de tensión continua o al circuito intermedio de tensión continua, por medio de un único rectificador en común.

En consecuencia, los módulos mencionados se caracterizan porque presentan exactamente un primer rectificador en el lado de tensión alterna de la disposición de suministro de energía.

Como también se puede observar en la descripción anterior, por "por lo menos un primer estado operativo de tensión continua", se entiende un estado operativo durante el funcionamiento en una red de tensión continua, en el que se usan dispositivos de la disposición de suministro de energía, que incluyen por lo menos dos transformadores y el convertidor asociado, como un convertidor de CC/CC. Al respecto, es opcionalmente posible el uso del primer rectificador en el lado de tensión alterna de la disposición de suministro de energía. El término "opcional" significa que también hay realizaciones de la invención en las que los primeros rectificadores no se usan para el convertidor de CC/CC.

En función del diseño, sólo puede haber un primer estado operativo de tensión continua, por ejemplo, para el funcionamiento en una red de tensión continua con una tensión de funcionamiento nominal predeterminada específica. Pero también puede haber más de un primer estado operativo de tensión continua, por ejemplo, para funcionar en diversas redes de tensión continua con diferentes tensiones nominales de funcionamiento. Para los diferentes primeros estados operativos de tensión continua, los transformadores y el convertidor de la disposición de suministro de energía se pueden conectar entre sí de la misma manera o de diferentes maneras. Con la misma conexión para varios primeros estados operativos de CC, en este caso puede tener lugar, por ejemplo, meramente un funcionamiento diferente del primer rectificador que interviene en el convertidor DC/DC. Esto ya ha sido descrito en lo que precede.

Además de uno o más primeros estados operativos de CC, puede haber un segundo estado operativo de tensión continua, en el que el circuito intermedio de tensión continua del o de los inversores de tensión está conectado directamente, es decir, no solamente por medio de por lo menos uno de los segundos rectificadores, a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctrica.

Gracias al uso de los transformadores y convertidores de la disposición de suministro de energía, que se usa cuando se opera en la red de tensión alterna y, que en particular hacen funcionar los transformadores a frecuencias en el intervalo de frecuencias medias en el orden de 10 kHz, como convertidor de CC/CC para el funcionamiento en la red de tensión continua, puede prescindirse de un convertidor de CC/CC adicional. En comparación con las soluciones que tienen un transformador de entrada en el lado de la tensión alterna, por medio del que una disposición de suministro de energía se desacopla galvánicamente de éste cuando se opera en la red de tensión alterna, la disposición según la presente invención tiene la ventaja adicional de que la disposición de suministro de energía eléctrica en sí tiene un peso menor, ya que los transformadores pueden funcionar a frecuencias más elevadas que la frecuencia de red de la red de suministro.

Además, una disposición de suministro de energía de acuerdo con la invención ofrece la posibilidad de formar un convertidor de CC/CC para funcionar en diferentes redes de tensión continua con diferentes tensiones operativas nominales y/o la posibilidad de facilitar adicionalmente el funcionamiento del circuito intermedio de tensión continua del o de los inversores de tracción directamente en la red de tensión continua.

En particular, para conmutar entre los estados operativos individuales (funcionamiento en la red de tensión alterna, al menos un primer estado operativo de tensión continua usando la disposición como un convertidor de CC/CC y/o terminal directa del circuito intermedio de tensión continua a la red de tensión continua), se usa una disposición de interruptores (en adelante "disposición de interruptores"). El número y la conexión de los conmutadores a la disposición dependen de la configuración específica y de los posibles estados operativos. En particular, por medio de la disposición de interruptores en el lado secundario de los transformadores, puede tener lugar al menos parcialmente una conmutación entre una conexión bipolar al circuito intermedio de tensión continua a una conexión a la red de tensión continua. Además, a través de diferentes tipos posibles de disposiciones de interruptores, puede tener lugar un acoplamiento de módulos de la disposición de suministro de energía eléctrica en los lados primarios de los transformadores. La implementación de tales conmutadores para acoplar los lados primarios se expondrá con mayor detalle.

Para el o los primeros rectificadores del lado de la red es preferible usar conmutadores semiconductores, en especial IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistors, Transistores Bipolares de Puerta Aislados). En cuanto al o a los rectificadores, puede tratarse en particular de los denominados puentes H de cuatro cuadrantes. También los segundos rectificadores, del lado del circuito intermedio, pueden ser puentes H de cuatro cuadrantes, pero alternativamente otros rectificadores, por ejemplo, con solamente una conexión en serie de interruptores (rectificadores de medio puente). En cualquier caso, se prefiere que el o los inversores y el o los rectificadores, que están separados galvánicamente entre sí por el transformador y que están conectados al transformador o a los transformadores, también sean convertidores, que funcionan mediante la conmutación de interruptores semiconductores (en particular IGBT).

En cuanto a los filtros primero y/o segundo, se trata, por ejemplo, de filtros pasivos (no controlados), preferiblemente con una inductancia de filtro. Por "inductancia de filtro", se entiende una inductancia que se prevé con el propósito de reducir o eliminar las señales de interferencia. Normalmente, como inductancia de filtro, se usa una correspondiente bobina o disposición de bobinas. En términos generales, el filtro puede ser una disposición de componentes eléctricos pasivos (no controlados), en particular con al menos una inductancia de filtro y/u otros componentes eléctricos, como al menos un condensador y al menos una resistencia.

Los módulos se implementan preferiblemente de la misma manera, es decir, tienen los mismos componentes en la misma disposición. Sin embargo, esto no es absolutamente necesario. En particular, para permitir el funcionamiento en redes de tensión alterna con diferente tensión nominal, los módulos se pueden apagar o encender si es necesario. Cuando los módulos están apagados, el primer rectificador en el lado de la red ya no está conectado en serie con los rectificadores de los diversos módulos. Los módulos individuales o sus partes también se pueden encender o apagar para el funcionamiento de convertidores de CC/CC.

El al menos un transformador, que está presente en cada módulo, tiene la función de un aislamiento galvánico, como

se requiere cuando se opera en redes de tensión alterna. Además de los componentes mencionados que se usan en un módulo, el módulo puede contener otros componentes, en particular condensadores y/o inductores. En particular, es posible conectar uno o más condensadores entre los dos potenciales de tensión continua en el lado de tensión continua del primer rectificador. Esto suaviza la tensión continua y es particularmente ventajoso cuando funciona como un convertidor de CC/CC. Además, se puede prever una capacitancia (por ejemplo, uno o más condensadores) en al menos una parte de las líneas de conexión entre el inversor de un módulo y el transformador como también entre el segundo rectificador y el transformador. Por lo tanto, estas capacitancias pueden adaptarse a las otras propiedades eléctricas de la parte de tensión alterna del módulo y el rectificador, y el inversor pueden funcionar de tal manera que la frecuencia de la tensión alterna en el transformador sea una frecuencia de resonancia de la parte de tensión alterna. Esto reduce las pérdidas de transmisión en la transmisión de energía eléctrica por medio del transformador. Además, en caso de resonancia, el inversor y el rectificador pueden ser particularmente efectivos, es decir, se los puede hacer funcionar con bajas pérdidas de conmutación.

Durante el funcionamiento en redes de tensión alterna, es habitual prever un denominado "circuito de succión" conectado entre las líneas de tensión continua de la disposición de suministro de energía con una inductancia y una capacitancia conectada en serie. El circuito de succión puede estar situado en la región del circuito intermedio de tensión continua o en la parte de tensión continua de uno o más módulos de la disposición de rectificadores. En funcionamiento en una red de tensión continua, la inductancia se puede usar como un segundo filtro (o parte del segundo filtro) en la conexión eléctrica entre el circuito intermedio de tensión continua. La capacitancia también puede usarse, por ejemplo, como condensador de protección contra sobretensiones o almacenamiento de energía. Para poder usar los componentes para los diferentes propósitos, es posible prever interruptores apropiados, que se conmutan al cambiar entre el funcionamiento en una red de tensión alterna a un funcionamiento en una red de tensión continua, o inversamente.

En una realización preferida de la disposición de suministro de energía durante/para el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, el lado de tensión continua del segundo rectificador del primer módulo, con la excepción de la terminal de conexión eléctrica, también está conectado o se conecta a uno de dos potenciales de la conexión eléctrica del lado del motor para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua. En particular, si el lado de tensión continua del segundo rectificador del segundo módulo está conectado o se conecta de manera bipolar a los potenciales de la conexión eléctrica del lado del motor y, por lo tanto, al circuito intermedio de tensión continua, se crea una conexión a modo de un potenciómetro. Si los módulos están interconectados, por ejemplo, de la misma manera a partir del mismo tipo de transformadores y convertidores, como también opcionalmente componentes adicionales, el potenciómetro reduce a la mitad una caída de la tensión de la red de tensión continua. En este aspecto, es especialmente ventajosa una realización en la que, en el lado de tensión continua del segundo rectificador, se halla conectado de manera correspondiente un condensador entre ambos polos.

En particular, la disposición de suministro de energía puede presentar/obtener una conexión de línea eléctrica y una disposición de interruptores eléctricos, en donde:

- durante/para el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua en una primera posición de conmutación de la disposición de interruptores eléctricos del circuito intermedio de tensión continua está conectado/se conecta indirectamente, es decir, meramente por medio de uno de los segundos rectificadores, a la conexión eléctrica del lado del motor, de modo que se transmita energía eléctrica para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador del primer módulo, el inversor del primer módulo, el inversor del segundo módulo y el segundo rectificador del segundo módulo en el circuito intermedio de tensión continua;
- durante/para el funcionamiento del vehículo ferroviario en un segundo estado operativo de tensión continua en una segunda posición de conmutación de la disposición de interruptores eléctricos del circuito intermedio de tensión continua por medio de la conexión de líneas eléctricas está conectada/se conecta directamente, es decir, no meramente por medio de uno de los segundos rectificadores, a la conexión de red eléctrica o a una de las conexiones de red eléctrica, de manera que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción desde la red de suministro de energía eléctrica directamente por medio de la conexión de líneas eléctricas en el circuito intermedio de tensión continua.

En un o para un primer estado operativo de tensión continua predeterminado, una de las conexiones de acoplamiento eléctrico puede conectar el lado de tensión continua del inversor del primer módulo indirectamente por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador del primer módulo y por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador del segundo módulo al lado de tensión continua del inversor del segundo módulo, en donde el interruptor semiconductor del primer rectificador del primer módulo y el interruptor semiconductor del primer rectificador del segundo módulo están conectados entre sí permanentemente durante el primer estado operativo de tensión continua predeterminado. Gracias a ello, es posible prescindir de un interruptor adicional. Los controles del primer rectificador están meramente configurados de manera que, al inicio del primer estado operativo de tensión continua predeterminado, los interruptores semiconductores de los primeros rectificadores sean conectados y permanezcan conectados.

En particular, si la tensión aplicada a la conexión eléctrica del lado del motor debe ser variable o si el convertidor de CC/CC para el funcionamiento en redes de tensión continua ha de ser usado con diferentes tensiones de servicio nominales, la disposición para el suministro de energía puede presentar/obtener una unidad de control para controlar el funcionamiento del primer rectificador del primer y del segundo módulo, mientras que el vehículo ferroviario se hace funcionar en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, en donde la unidad de control está equipada o se equipa para generar, mediante el control de instantes de conexión por interruptores semiconductores de por lo menos uno de los primeros rectificadores en el lado de tensión continua del inversor del segundo módulo, una tensión continua preestablecida teniendo en cuenta la tensión continua de la red de suministro de energía eléctrica y una tensión continua deseada en el circuito intermedio de tensión continua, de manera que se obtenga la tensión continua deseada en el circuito intermedio de tensión continua.

Existen diversos procedimientos en cuanto a cómo los interruptores semiconductores del primer rectificador pueden funcionar para lograr este objetivo. En particular, de acuerdo con un primer procedimiento, es posible que, de los rectificadores de los módulos primero y segundo, solamente una parte de los interruptores semiconductores sean conectados y desconectados repetidamente (en particular en la forma de un convertidor elevador o de un convertidor reductor) para generar la tensión continua deseada. La otra parte de los interruptores semiconductores permanece permanentemente desconectada durante el funcionamiento como convertidor de CC/CC. Por ejemplo, en el caso de la configuración del primer rectificador como rectificador con dos puentes conectados en paralelo, cada uno de los cuales presenta dos interruptores semiconductores conectados en serie, los interruptores de un puente pueden quedar permanentemente desconectados, mientras que al menos un interruptor del otro puente se puede conectar y desconectar repetidamente. Sin embargo, en otro procedimiento, todos los interruptores semiconductores o al menos los interruptores semiconductores de diferentes puentes de los primeros rectificadores se conectan y desconectan repetidamente para lograr la tensión continua deseada en el circuito intermedio de tensión continua durante el funcionamiento como convertidor de CC/CC. Se expondrán ejemplos específicos de realización con más detalle.

En particular, en el caso en que los primeros rectificadores de dos módulos se usen para funcionar como convertidores de CC/CC, el primer módulo se conecta al segundo módulo por medio de una inductancia. Como es sabido *per se* para el funcionamiento de convertidores elevadores y de convertidores reductores, la inductancia se usa para el almacenamiento temporal de energía eléctrica, lo que hace posible elevar o reducir la tensión. En otras palabras, la caída de tensión a través de la inductancia aumenta o disminuye temporalmente mediante las correspondientes secuencias de conmutación de los interruptores, para generar la tensión continua deseada.

A continuación, se describirán ejemplos de realización de la invención con referencia al dibujo adjunto. En las Figuras individuales del dibujo:

- Figura 1 muestra el diagrama de circuitos eléctricos de una disposición de suministro de energía para un vehículo ferroviario, siendo posible conectar la disposición a una red de suministro de energía y a un circuito intermedio de tensión continua con un convertidor de tracción conectado a ella,
- Figura 2 muestra la disposición de suministro de energía según la Figura 1 en un estado operativo en el que está conectada a una red de tensión alterna;
- Figura 3 muestra la disposición de circuitos de acuerdo con las Figuras 1 y 2 en un estado operativo en el que está conectada a una red de tensión continua, en donde los módulos de la disposición de suministro de energía se usan como convertidores CC/CC;
- Figura 4 muestra ejemplos de posibles detalles del diagrama de circuitos eléctricos de un módulo de la disposición según las Figuras 1 a 3;
- Figuras 5-10 representan configuraciones posibles de interruptores para el acoplamiento de los lados primarios de los transformadores en un primer y un segundo módulo;
- Figura 11 muestra una realización preferida de un par de módulos, produciéndose uno de los dos acoplamientos en el lado primario de los transformadores por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador de los módulos, y
- Figura 12 muestra un par de módulos acoplados, en donde el primer rectificador de los módulos también se usa como parte del convertidor de CC/CC cuando la disposición de circuitos se opera en la red de tensión continua.

La disposición de suministro de energía representada en la Figura 1 puede conectarse por medio de una conexión de red A y una toma 1 de corriente a una red 10 de suministro de energía eléctrica. Al respecto, la red de suministro de energía puede ser una red de tensión continua o una red de tensión alterna. Para el funcionamiento en una red de tensión continua, la toma 1 de corriente está conectada a un interruptor S_3 por medio de una inductancia 3 y de una conexión eléctrica 5. En función de la posición del interruptor S_3 , la conexión eléctrica 5 puede ser conectada directamente a un primer potencial 7 de un circuito intermedio ZK de tensión continua o, como se explicará con más detalle con referencia a la Figura 3, a una línea eléctrica 121. El otro potencial 8 del circuito intermedio ZK de tensión

continua está conectado eléctricamente al carril de tracción, no mostrado en la Figura 1, por medio de al menos una rueda 9 del vehículo ferroviario. Hay una capacitancia 14 conectada entre los potenciales 7, 8 del circuito intermedio ZK de tensión continua. Sirve para suavizar las fluctuaciones de tensión y como acumulador temporal de energía. Otros posibles componentes de la disposición de circuitos como, por ejemplo, un circuito de succión con una capacitancia conectada en serie y una inductancia entre los potenciales 7, 8 no se representan en la Figura 1.

En el circuito intermedio ZK de tensión continua, se halla acoplado un inversor 13 de tracción que convierte la tensión continua y que alimenta un motor 12 de tracción con energía eléctrica. Alternativamente, puede haber varios inversores de tracción conectados al mismo circuito intermedio de tensión continua y/o un inversor de tracción puede alimentar con energía eléctrica a más de un motor de tracción. También es posible prever más de un circuito intermedio de tensión continua. Otras variantes posibles de la disposición de circuitos ya han sido comentadas antes de la descripción de las Figuras. En particular, en lugar de una conexión única de red A, se puede prever al menos una conexión adicional de red, por medio de la cual tiene fundamentalmente lugar cualquier operación en redes de tensión continua. En este caso, la conexión eléctrica 5 está unida en vez de a la conexión de red A para el funcionamiento en tensión alterna, a la conexión adicional de red para el funcionamiento con tensión continua. Opcionalmente, en este caso, para el funcionamiento en redes de tensión continua, puede haber otra toma de corriente disponible.

Para el funcionamiento en una red de tensión alterna, la toma 1 de corriente está conectada por medio de un filtro 2 de inductancia y de un interruptor S_0 a una primera conexión eléctrica 191 de un módulo M_1 . El módulo M_1 está conectado a una primera conexión eléctrica 192 de un segundo módulo M_2 por medio de una segunda conexión eléctrica 201. Una segunda conexión eléctrica 202 del segundo módulo M_2 está conectada a una primera conexión eléctrica 193 de un tercer módulo M_3 . Una segunda conexión eléctrica 203 del tercer módulo M_3 está conectada a una primera conexión eléctrica 194 de un cuarto módulo M_4 . Una segunda conexión eléctrica 204 del cuarto módulo M_4 está opcionalmente conectada al carril de tracción por medio de otros módulos (no mostrados en la Figura 1) y por medio de al menos la rueda 9. En diversas realizaciones de dicha disposición de circuitos, el número de módulos M puede variar. Además, es posible conectar o desconectar módulos en la misma disposición de circuitos, en función de la necesidad. Un módulo que está desconectado ya no forma parte de la conexión en serie desde la toma de corriente a través de la inductancia 2, en cada caso, a través de la primera conexión eléctrica 19 como también de la segunda conexión eléctrica 20 de los módulos M y la rueda 9 hacia el carril de tracción. Sin embargo, un módulo que está conectado es parte de esta conexión en serie.

Cada módulo M presenta un primer rectificador 151, 152, 153, 154 (por ejemplo, un puente H de cuatro cuadrantes) que está conectado a la primera conexión eléctrica 191, 192, 193, 194 (o bien 19 en la Figura 4) y a la segunda conexión eléctrica 201, 202, 203, 204 (o bien 20 en la Figura 4).

Los componentes y conexiones correspondientes de los módulos, que se designan con números de referencia, se denotan con los mismos números a excepción del último dígito del número de referencia respectivo. El número del módulo se halla en el último dígito de los símbolos de referencia. A continuación, el último dígito se omite al menos parcialmente, ya que los módulos tienen el mismo diseño.

En el lado de tensión continua del primer rectificador 15, hay dos líneas de tensión continua a potenciales diferentes, entre las cuales se halla conectada una capacitancia C_P y a las cuales está conectado el lado de tensión continua de un inversor 16. El lado de tensión alterna del inversor 16 está conectado por medio de un transformador 17 al lado de tensión alterna de un segundo rectificador 18. Dependiendo de si el transformador 17 y los convertidores 16 y 18 conectados deben formar un convertidor de resonancia en serie o no, los convertidores 16, 18 puede conectarse al transformador por medio de al menos un condensador, como se describe, por ejemplo, con referencia a la Figura 4. El lado de tensión continua del segundo rectificador 18 está conectado a una tercera conexión eléctrica 21 o bien a una cuarta conexión eléctrica 22 del módulo M por medio de dos líneas de tensión continua. Hay una capacitancia C_S conectada entre estas líneas de tensión continua. Durante el funcionamiento en la red de tensión alterna, las terceras conexiones eléctricas 21 de los módulos M están conectadas al primer potencial 7 del circuito intermedio ZK de tensión continua (Figura 2). Las cuartas conexiones eléctricas de los módulos M están conectadas al segundo potencial eléctrico 8 del circuito intermedio de tensión continua cuando se opera en la red de tensión alterna (Figura 2). Entre los potenciales 7, 8 del circuito intermedio de tensión continua, hay una tensión eléctrica U_{ZK} .

En la Figura 4, se muestra un ejemplo de realización para la estructura eléctrica detallada de uno de los módulos M . El primer rectificador 15, que está conectado en su lado de tensión alterna a la primera conexión 19 y a la segunda conexión 20, presenta dos ramales, en cada uno de los cuales dos interruptores semiconductores G_1, G_2, G_3, G_4 están conectados en serie. La primera conexión eléctrica 19 está conectada a un punto de conexión entre los dos interruptores semiconductores del primer ramal. La segunda conexión eléctrica 20 está conectada a un punto de conexión entre los dos interruptores semiconductores del segundo ramal. Un diodo F de efecto unidireccional está conectado en paralelo a cada interruptor semiconductor, en donde no todos los diodos representados en la Figura 4 han sido designados explícitamente con el símbolo de referencia F . Los extremos de los dos ramales conectados en paralelo con los interruptores semiconductores G están conectados a las conexiones eléctricas del lado de tensión continua del rectificador 15, entre los cuales está conectada la capacitancia C_P . El rectificador 15 funciona como un puente H de cuatro cuadrantes cuando la disposición de suministro de energía y, por lo tanto, el vehículo ferroviario funciona en una red de tensión alterna.

El inversor 16 está diseñado, por ejemplo, como el rectificador 15, en donde los lados de tensión continua del rectificador 15 y del inversor 16 están conectados entre sí. Los interruptores semiconductores del inversor 16 han sido designados con los símbolos de referencia P_1, P_2, P_3, P_4 . El lado de tensión alterna del inversor 16 está conectado al lado primario de un transformador 17 por medio de una capacitancia C_{rp} . El lado secundario del transformador 17 está conectado por medio de una capacitancia C_{RS} al segundo rectificador 18, que está diseñado como el primer rectificador 15. Sus interruptores semiconductores se designan con los símbolos de referencia S_1, S_2, S_3, S_4 . La capacitancia C_S está situada en el lado de tensión continua del segundo rectificador 18.

Cuando se opera en una red de tensión alterna, la caída de tensión alterna entre la primera conexión eléctrica 19 y la segunda conexión eléctrica 20 es rectificadora por el rectificador 15, se la hace llegar al inversor 16, que convierte la tensión continua en una tensión alterna en el intervalo de frecuencias medias y la conduce al lado primario del transformador 17. El transformador 17 funciona preferiblemente con una relación de transmisión de 1:1, es decir, la tensión no cambia o, por ejemplo, se opera con una relación de transmisión de 2:1. Sin embargo, alternativamente, el transformador 17 también puede presentar una relación de transmisión diferente. En el lado secundario del transformador 17, la tensión alterna hace llegar al segundo rectificador 18, que rectifica la tensión alterna a la tensión continua que la hace llegar al circuito intermedio ZK de tensión continua. Debido a que los módulos M están conectados en serie en su lado de la red, pero están conectados en paralelo en su lado correspondiente al circuito intermedio de tensión continua, es posible una tensión alterna muy elevada de, por ejemplo, 15 kV en una tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua en el intervalo de 1 kV a 3 kV sin superar la tensión de servicio máxima admisible de los interruptores semiconductores.

Cuando la disposición de suministro de energía de acuerdo con la Figura 1 funciona en una red de tensión continua, la energía necesaria para el circuito intermedio ZK es transmitida a través de la conexión eléctrica 5. En el caso más sencillo, que en lo que precede se designó como "segundo estado operativo de tensión continua", el interruptor S_3 conecta la conexión eléctrica 5 a una línea eléctrica 4 y, con ello, directamente a la parte del circuito intermedio ZK de tensión continua, que funciona al potencial 7. Por ejemplo, el inversor 13 de tracción está diseñado de manera que el segundo estado operativo de tensión continua exista durante el funcionamiento en una red de tensión continua con 1,5 kV de tensión de servicio nominal.

A continuación, se exponen características adicionales de la disposición de circuitos de acuerdo con las Figuras 1 a 3, que hasta aquí no habían sido descritas en detalle y que sirven para el funcionamiento en por lo menos un denominado "primer estado operativo de tensión continua", en el que se usan partes de la disposición de circuitos, en especial los transformadores 17 y los convertidores 16, 18, como también opcionalmente primeros rectificadores 19 como convertidores de CC/CC.

La línea eléctrica 121 ya mencionada conecta un contacto del interruptor S_3 con contactos de los interruptores S_{41}, S_{43} (y opcionalmente de otros interruptores de este tipo, si hay más que los cuatro módulos M mostrados en las Figuras 1 a 3). Cuando se opera en la red de tensión alterna (Figura 2), la línea eléctrica 121 no está conectada a la conexión eléctrica 5. En este caso, los interruptores S_{41}, S_{43} también están en un estado de conexión en el que las conexiones eléctricas 21 de los módulos, es decir, en particular también de los módulos M_1 y M_3 , están conectadas a través de una línea eléctrica 141 a la parte del circuito intermedio ZK de tensión continua, que se encuentra en el potencial 7.

Sin embargo, en el primer estado operativo de tensión continua representado en la Figura 3, la línea eléctrica 121 está conectada por medio del interruptor S_3 a la conexión eléctrica 5 y, por lo tanto, a la red 10 de tensión continua. Los interruptores S_{41}, S_{43} se encuentran en un estado de conexión en el que las conexiones 21 de cada mitad de los módulos M están conectadas a la línea eléctrica 121. En el ejemplo de realización, el módulo M_1 está conectado por medio de su conexión 211 a la línea eléctrica 121 por medio del interruptor S_{41} . Lo mismo rige para la conexión 213 del módulo M_3 , que está conectada a la línea eléctrica 121 por medio del interruptor S_{43} . Las conexiones eléctricas 21 de los otros módulos (activos), en el ejemplo de realización los módulos M_2 y M_4 , están conectadas permanentemente a la línea eléctrica 141 y, por lo tanto, se hallan en el potencial 7 del circuito intermedio ZK de tensión continua. Además, las terminales eléctricas 221, 223 de los módulos M_1, M_3 están conectadas por medio de un interruptor S_{4-2} o bien S_{4-4} a una línea eléctrica 131 que se halla en el segundo potencial 8 del circuito intermedio ZK de tensión continua. Esto se aplica al estado operativo representado en la Figura 2, en el que la disposición funciona en la red de tensión alterna y, por lo tanto, el interruptor S_0 en el lado de tensión alterna del primer módulo M_1 está cerrado. Además de los módulos activos, también puede haber módulos pasivos cuando funciona como convertidor de CC/CC, es decir, módulos que no intervienen en el funcionamiento como convertidores de CC/CC.

En cambio, como se muestra en la Figura 3, si la disposición se halla en un primer estado operativo de tensión continua, las conexiones eléctricas 221, 223 de los módulos M_1 y M_3 están conectadas a la línea eléctrica 141 a través del interruptor S_{4-2} o bien S_{4-4} . En tal caso, mientras que el vehículo ferroviario funciona en la red de tensión alterna en el estado operativo que se muestra en la Figura 2, y, así, por ejemplo, rige análogamente el modo operativo ya descrito con referencia a la Figura 4 para cada módulo M, los módulos M funcionan por pares en el primer estado operativo de tensión continua mostrado en la Figura 3 como convertidores de CC/CC. Los modos operativos de los módulos M_1, M_2 o M_3, M_4 son, por lo tanto, diferentes. El flujo de energía desde la red de tensión continua 10 tiene lugar a través del lado de tensión continua de los módulos M_1, M_3 , es decir, a través del lado secundario de los transformadores 171, 173 hacia los lados primarios interconectados de los transformadores 17 y desde estos lados primarios a través de los

transformadores 172, 174 hacia el lado secundario de los transformadores 172, 174 o bien hacia el lado de tensión continua de los módulos M_2 , M_4 .

En el ejemplo de realización de la Figura 3, sólo los lados primarios se hallan conectados entre sí dentro de los pares de módulos M_1 , M_2 ; M_3 , M_4 . Para este propósito, se han previsto los interruptores S_{11} , S_{12} o bien S_{13} , S_{14} , que conectan las líneas entre sí a los diferentes potenciales de los módulos M. Esta conexión ya se ha denominado también como "acoplamiento". Sin embargo, en cuanto a la disposición de circuitos con los interruptores S_{11} , S_{12} , S_{13} , S_{14} , se trata solamente de uno de varios ejemplos de realización posibles. Por un lado, el tipo de interruptor puede variar, como se explicará todavía con referencia a las Figuras 5 a 10. Por otro lado, se puede prescindir de una de las conexiones directas entre las líneas de tensión continua de los módulos, que conectan el lado de tensión continua del primer rectificador 15 al lado de tensión continua del inversor 16, como se explicará todavía al hacerse referencia a la Figura 11. En el estado operativo de tensión alterna (Figura 2), los interruptores S_{11} , S_{12} , S_{13} , S_{14} están abiertos, de modo que los conductores de tensión continua de los módulos M no están acoplados de a pares.

En la realización mostrada en la Figura 3, la interconexión de las conexiones 21, 22 de los módulos M para cada par de módulos M_1 , M_2 ; M_3 , M_4 forma un potenciómetro, ya que las terminales 221, 212 como también y 223, 214 están en este estado operativo en el mismo potencial eléctrico y dado que la tensión continua de la red de tensión continua se divide correspondientemente en la tensión continua en el circuito intermedio ZK de tensión continua. Sin embargo, esto presupone que los módulos en los respectivos pares de módulos M_1 , M_2 ; M_3 , M_4 funcionan de la misma manera, es decir, que los transformadores 17 junto con los convertidores conectados 16, 18, funcionan como convertidores de resonancia en serie, y que los primeros rectificadores 15 no influyen sobre la tensión de salida de los pares entre las terminales 212, 222 o bien 214, 224. En caso contrario, no existe una relación de tensión fija entre la tensión continua de la red y la tensión continua en el circuito intermedio ZK; en cambio, la tensión de salida y, por lo tanto, la tensión continua del circuito intermedio ZK dependen del modo operativo de los rectificadores 15.

Si los primeros rectificadores 19 no influyen sobre la tensión de salida del convertidor de CC/CC, la tensión continua de red dividida se halla presente en el primer módulo M_1 , M_3 del par de módulos, y esta tensión continua de red se convierte por medio de los segundos rectificadores 181, 183 en una tensión alterna. Esta tensión alterna convertida se transmite de acuerdo con la relación de transformación del transformador 171, 173 al lado de la tensión alterna del inversor 161 o bien 163 y, de este modo, se convierte en una tensión continua. Debido al acoplamiento directo con el lado de tensión continua del inversor 162, 164 del segundo módulo M_2 , M_4 del par de módulos, esta tensión continua se transmite directamente y el inversor 162 o bien 164 genera una tensión alterna que nuevamente, en función de la relación de transformación de los transformadores 172, 174, se convierte en una tensión alterna en el lado secundario. A partir de esto, los segundos rectificadores 182, 184 forman la tensión de salida del convertidor de CC/CC que, debido a la parte de tensión ya descrita, también corresponde a la relación de división. Al respecto, cabe señalar que la relación de división no es necesariamente de 1:2, sino que también se puede seleccionar de manera diferente en función del dimensionamiento de los componentes eléctricos. En este caso, sin embargo, hay que asegurar que, también durante el funcionamiento en la red de tensión alterna, se forme la tensión de salida deseada en el circuito intermedio XZ de tensión continua. Es opcionalmente posible que determinados componentes eléctricos, por ejemplo, condensadores y bobinas, se conecten en el sistema exclusivamente para el primer estado operativo de tensión continua, por ejemplo, por medio de un interruptor no representado en las Figuras 1 a 3, de modo que resulta la relación de división deseada del potenciómetro mencionado.

La Figura 5 muestra una primera realización de un interruptor para acoplar los lados primarios de los transformadores de un par de módulos, por ejemplo, los interruptores S_{11} , S_{12} , S_{13} o S_{14} de acuerdo con las Figuras 1 a 3. El interruptor tiene una conmutación en serie de dos interruptores semiconductores, a saber, los IGBT 51, 52, estando la dirección de flujo de los IGBT orientada opuestamente. Un diodo de efecto unidireccional 53, 54 está conectado en forma antiparalela a los IGBT 51, 52. Por lo tanto, por ejemplo, cuando se conecta el IGBT 51, puede fluir una corriente desde una primera conexión 55 del interruptor a través del IGBT 51 conectado y el diodo de efecto unidireccional 54 hacia una segunda conexión 56 del interruptor. Si ambos IGBT 51, 52 están conectados o únicamente el IGBT 52 está conectado, puede fluir una corriente eléctrica en la dirección opuesta desde la segunda conexión 56 a través del IGBT 52 y del diodo de efecto unidireccional 53 hasta la primera conexión 55. Un equivalente a un interruptor de este tipo es el acoplamiento que todavía se describe con referencia al ejemplo de realización de la Figura 11.

La Figura 6 muestra una alternativa para el interruptor de la Figura 5. En este caso, se trata de un interruptor 61 que, en un estado cerrado, establece un contacto de una línea eléctrica entre las conexiones 65, 66 y, por lo tanto, una línea eléctrica continua entre las conexiones 65, 66. En el estado abierto del interruptor 61, la línea eléctrica entre las terminales 65, 66 está interrumpida.

La Figura 7 muestra otra variante de un interruptor para acoplar los lados primarios. Dos tiristores 71, 72 están conectados entre sí en forma antiparalela entre las conexiones 75, 76. Por lo tanto, si hay una tensión eléctrica correspondiente en las conexiones 75, 76, fluye una corriente a través del tiristor respectivo 71, 72 cuando el tiristor ha sido conectado a través del respectivo electrodo de puerta 73, 74.

La variante adicional de un interruptor para acoplar los lados primarios, mostrada en la Figura 8, tiene un triac 84 que conecta las conexiones opuestas 85, 86 del interruptor. Cuando el triac 84 se enciende a través del electrodo 83 de

control, el triac 84 se vuelve eléctricamente conductor en ambas direcciones de flujo de la corriente.

Una variante adicional de un interruptor para acoplar los lados primarios se muestra en la Figura 9. De manera similar a la Figura 7, dos tiristores GTO (Gate Turn-Off) están conectados entre sí en forma antiparalela. Los tiristores GTO 91, 92 se pueden encender y apagar mediante impulsos de corriente en los electrodos de control 93, 94. En lugar de tiristores GTO, también se pueden usar tiristores IGCT (es decir, Integrated Gate-Commutated Thyristors).

La variante de un interruptor para acoplar los lados primarios representada en la Figura 10 se conforma con un único componente semiconductor conmutable. Al respecto, en el caso representado, se trata de un IGBT 101. Sin embargo, es posible usar también otros componentes semiconductores conmutables, por ejemplo, un tiristor o tiristor GTO. Se prevé un diodo de efecto unidireccional 103 antiparalelo al IGBT 101. Las conexiones opuestas 102a, 102b de esta conexión antiparalela están unidas a puntos de contacto correspondientes a un circuito en serie de dos diodos 107a, 107b; 107c, 107d, específicamente con un punto de contacto entre los dos diodos 107 del circuito en serie. Los diodos 107a, 107b se conmutan en la dirección de paso inversa de tal manera que una corriente puede fluir selectivamente desde la conexión 105 o desde la conexión 106 del interruptor a través del diodo respectivo 107a o bien 107b a la conexión 102b. Los otros dos diodos 107c, 107d están conectados en serie entre sí en la dirección opuesta al flujo de paso, de modo que un flujo de corriente procedente de la conexión 102a puede fluir sea a través de los diodos 107c o a través de los diodos 107d a la conexión 105 o 106. Por lo tanto, cuando el IGBT 101 está encendido, puede fluir una corriente desde la conexión 102b a la conexión 102a, en función de si el potencial eléctrico en la conexión 105 o en la conexión 106 es mayor o no.

La Figura 11 muestra un par de módulos M_1 , M_2 que se pueden usar como convertidores de CC/CC cuando se opera en la red de tensión continua. Se trata, por ejemplo, de los módulos M_1 , M_2 mostrados en las Figuras 1 a 3, en donde los módulos individuales pueden estar configurados, por ejemplo, como se muestra en la Figura 4. Por lo tanto, en la Figura 11, se usan los mismos números de referencia que en las Figuras 1 a 4. Al respecto, en la Figura 11, no se han representado todos los componentes y conexiones posibles de la disposición.

En la Figura 11, se muestra la conexión 111 que también ya ha sido representada en las Figuras 1 a 3 y que conecta la conexión 201 de un módulo M_1 a la conexión 192 del otro módulo M_2 . La conexión 111 conecta, por lo tanto, los primeros rectificadores 151, 152 del par de módulos M. Esta conexión eléctrica 111 conecta un punto de conexión entre los interruptores semiconductores G_{31} , G_{41} del primer rectificador 151 (módulo M_1) a un punto de conexión entre los dos interruptores semiconductores G_{32} , G_{42} del primer rectificador 152 del otro módulo M_2 . Esto permite prescindir del interruptor S_{11} en la representación de las Figuras 1 a 3. Durante el funcionamiento del convertidor de CC/CC, los interruptores semiconductores G_{41} y G_{42} están activados permanentemente, de modo que puede fluir tanto una corriente eléctrica desde la línea 112 de tensión continua que se muestra más abajo en la Figura 11 hacia el lado primario del transformador 171 (módulo M_1) hacia la línea 114 de corriente continua mostrada más abajo hacia el lado primario del transformador 172 (módulo M_2) como inversamente. En cada una de las posibles direcciones de flujo posibles, el flujo pasa en cada caso por uno de los interruptores semiconductores y el diodo de efecto unidireccional del otro interruptor semiconductor G_{41} , G_{42} . Por lo tanto, solo se requiere un interruptor S_{12} para conectar las otras dos líneas 113, 115 de corriente continua de los dos módulos M_1 , M_2 , que pueden diseñarse, por ejemplo, como se describe con referencia a las Figuras 5 a 10.

La Figura 12 muestra un par de módulos M_1 , M_2 similares a los de la Figura 11. Se usan los mismos números de referencia para los mismos elementos. A continuación, solo se discutirán las diferencias entre la disposición de la Figura 11 y la disposición de la Figura 12.

En la Figura 11, la conexión entre las líneas 113, 115 de corriente continua, que tiene el interruptor S_2 , ha sido reemplazada por una conexión que tiene una inductancia 117 (por ejemplo, al menos una bobina) y un interruptor S_5 en serie con la misma. Alternativamente a la conexión eléctrica que tiene la inductancia 117 y el interruptor S_5 , se ha previsto una conexión eléctrica entre las conexiones 191, 202, que presenta una inductancia 116 (por ejemplo, a su vez, con al menos una bobina) y un interruptor S_6 en serie entre sí. También es posible prever ambas conexiones, es decir, se pueden prever las conexiones a la inductancia 116 y a la inductancia 117. Sin embargo, en este caso, no existe un estado operativo en el que los interruptores S_5 y S_6 estén conectados al mismo tiempo.

Además, lo mismo que en la disposición según la Figura 11, también se prevé la conexión 111. Sin embargo, a diferencia de la disposición de la Figura 11, la disposición de la Figura 12 sirve para implementar uno de los primeros estados operativos de tensión continua, en el que pueden usarse no solo el inversor 16, los transformadores 17 y el segundo rectificador 18 de los dos módulos para funcionar como convertidor de CC/CC, sino también los primeros rectificadores 15. Para este estado operativo, se conecta el interruptor S_5 o el interruptor S_6 y los interruptores semiconductores G de los primeros rectificadores 151, 152 son conectados y desconectados repetidamente, de modo que, en el lado de tensión continua del inversor 161, la tensión continua aplicada entre las líneas 112, 113 de corriente continua se convierte en una tensión continua más elevada o más baja entre las líneas 114, 115 de corriente continua del otro módulo en la entrada del inversor 162. En particular, por ello, los primeros rectificadores 151, 152 acoplados entre sí por medio de la conexión 111 y la inductancia 116 o bien 117, funcionan como un convertidor reductor o como un convertidor elevador.

Según un primer procedimiento, el interruptor S_5 está cerrado y el interruptor S_6 está abierto. Estos estados de conmutación permanecen sin cambios durante el funcionamiento como convertidor de CC/CC. Además, los interruptores semiconductores G_{11} , G_{21} , G_{12} y G_{22} quedan desconectados permanentemente durante esta operación, es decir, solamente los puentes respectivos de los primeros rectificadores 151, 152 que se muestran a la derecha en la Figura 12 participan en el funcionamiento.

Al respecto, cuando la tensión continua por alcanzar entre las conexiones 211, 221 del primer módulo M_1 debe ser mayor que la tensión continua por alcanzar entre las conexiones 212, 222 del segundo módulo M_2 , el interruptor G_{32} también queda permanentemente desconectado y el interruptor G_{42} queda permanentemente conectado. Para lograr la tensión continua deseada entre las conexiones 212 y 222, es decir, para regular el circuito intermedio de tensión continua, en este modo operativo, los interruptores semiconductores G_{31} y G_{41} pueden ser conectados y desconectados repetidamente (en lo sucesivo, esto también se conoce como "temporización").

La tensión que cae entre las líneas 113, 112 del primer módulo M_1 a través del condensador C_P correspondiente se denomina U_P , y la tensión existente a través del condensador C_P del segundo módulo M_2 entre las líneas 115, 114 se denomina U_S . Por ejemplo, se aplica la tensión $U_P - U_S$ a la inductancia 117 (primer estado) donde el interruptor G_{41} está conectado y el interruptor G_{31} está desconectado. El estado de conmutación $-U_S$ (segundo estado) se puede lograr por el hecho de que el interruptor G_{31} está conectado y el interruptor G_{41} está desconectado. La relación de las tensiones continuas en las conexiones 211, 221 del primer módulo M_1 , por un lado, y entre las conexiones 212, 222 del segundo módulo M_2 , por otro lado, corresponde a la relación entre los tiempos en los que existen el primer estado y el segundo estado. La tensión U_L decae sobre la inductancia 117 en un promedio temporal, en donde

$$U_L = (U_P - U_S) * t_1 - U_S * t_2$$

Aquí, t_1 es la suma normalizada de los intervalos de tiempo durante los cuales existe el primer estado, y t_2 es la suma normalizada de los intervalos de tiempo durante los que existe el segundo estado. "Normalizado" significa que $t_1 + t_2 = 1$.

Como se mencionó anteriormente, una parte de la energía fluye directamente de la red de corriente continua al circuito intermedio de tensión continua y otra parte de la energía, de la red de corriente continua indirectamente a través del convertidor de CC/CC al circuito intermedio de tensión continua. Mediante la temporización de los interruptores G , es posible modificar el flujo de energía entre los módulos y, con ello, ajustar la tensión continua en el circuito intermedio de tensión continua. Si, por ejemplo, ha de fluir energía exclusivamente del módulo M_1 al módulo M_2 , sólo se aplica la temporización al interruptor G_{31} , mientras que el interruptor G_{41} permanece desconectado. Si, por el contrario, la energía debe fluir exclusivamente del módulo M_2 al módulo M_1 , el interruptor G_{31} permanece desconectado y solamente se aplica la temporización al interruptor G_{41} .

Por ejemplo, si la tensión entre las conexiones 212, 222 debe establecerse con un valor mayor que la tensión entre las conexiones 211, 221, el interruptor G_{31} queda desconectado permanentemente y el interruptor G_{41} queda conectado permanentemente. En este caso, los interruptores G_{32} y G_{42} se pueden conectar y desconectar. Para permitir que la energía fluya exclusivamente desde el primer módulo M_1 hacia el segundo módulo M_2 , el interruptor G_{32} permanece desconectado, mientras que solamente aplica la temporización al interruptor G_{42} . Si, por el contrario, por otro lado, la energía eléctrica sólo deba fluir desde el segundo módulo M_2 hacia el primer módulo M_1 , entonces el interruptor G_{42} permanece desconectado y solamente se aplica la temporización al interruptor G_{32} .

En otro procedimiento, para el funcionamiento como convertidor de CC/CC, el interruptor S_5 está permanentemente abierto (está desconectado) y el interruptor S_6 está permanentemente cerrado (conectado). Un efecto, que se puede lograr durante el funcionamiento con esta posición de los interruptores, es una frecuencia resultante en la inductancia 116 más elevada que la frecuencia de conmutación de cada uno de los interruptores.

Según un primer modo operativo, que puede denominarse "regulación programada de la corriente" (en inglés: current mode control), se regula la corriente, por ejemplo, por medio de un primer circuito de regulación a través de la inductancia 116 o de la inductancia 117. Para ello se mide la corriente (mediante un sensor de corriente no representado en la Figura 12). Cuando la corriente alcanza un valor umbral, el interruptor correspondiente se desconecta. Además, este interruptor también es periódicamente conectado, por ejemplo, mediante una señal de temporización externa. El valor umbral para la corriente definirse, por ejemplo, en un segundo bucle de regulación de nivel jerárquico superior. En particular, este segundo bucle de regulación o bien este segundo regulador puede regular la relación de la tensión entre el par de conexiones 211, 221, por un lado, y el par de conexiones 212, 222, por otro lado. En particular, estas tensiones también pueden medirse en los pares de conexión e ingresarse como una variable de entrada en el segundo regulador.

De esta manera, en especial es posible:

- regular la tensión del circuito intermedio de tensión continua en un valor fijo preestablecido. Por lo tanto, la tensión puede regularse, por ejemplo, a 1,8 kV, y por ello, por ejemplo, a un valor mayor que si los módulos hicieran funcionar sin el primer rectificador a una tensión de red de 3 kV, es decir, si la tensión de la red se reduce a la

mitad, en el ejemplo de realización, a 1,5 kV. Una ventaja de regular la tensión del circuito intermedio en un valor fijo consiste en que el inversor 13 del motor (Figuras 1 a 3) puede dimensionarse con menores variaciones de la tensión en el circuito intermedio de tensión continua y que, por lo tanto, en particular, puede hacerse de un tamaño más pequeño.

- 5 - Mediante una regulación, puede evitarse que fluyan corrientes con proporciones de frecuencia en intervalos de frecuencia indeseados. Los intervalos de frecuencia indeseados existen, por ejemplo, porque las señales (es decir, la información) deben transmitirse en estos intervalos de frecuencia.

10 Ambas estrategias arriba mencionadas también pueden llevarse a cabo simultáneamente, es decir, al mismo tiempo puede tener lugar una regulación de la tensión en el circuito intermedio de tensión continua en un valor fijo predeterminado y es posible evitar corrientes con proporciones de frecuencia indeseadas.

15 De acuerdo con un ejemplo de realización específico, en primer lugar, se definen los estados de conmutación para facilitar la comprensión. La variable p1 del estado de conmutación se define para el primer módulo M₁ y también se define una segunda variable p2 del estado de conmutación. La variable p1 del estado de conmutación puede asumir los estados 0 y 1 y se refiere a los interruptores G₁₁ y G₂₁. En el estado p1 = 1 de conmutación, el interruptor G₁₁ está conectado y el interruptor G₂₁ está desconectado. La variable p2 del estado de conmutación también puede asumir los estados de conmutación 0 y 1. En el estado p2 = 1 de conmutación, el interruptor G₃₁ está desconectado y el interruptor G₄₁ está conectado. Las variables s1 y s2 correspondientes también se definen para el módulo M₂. En el estado s1 = 1 de conmutación, el interruptor G₁₂ está conectado y el interruptor G₂₂ está desconectado. En el estado s1 = 0 de conmutación, el interruptor G₁₂ está desconectado y el interruptor G₂₂ está conectado. En el estado s2 = 1 de conmutación, el interruptor G₃₂ está conectado y el interruptor G₄₂ está desconectado. En el estado s2 = 0 de conmutación, el interruptor G₃₂ está desconectado y el interruptor G₄₂ está conectado.

20 Además, la conexión de la inductancia 116 que se encuentra más arriba en la Figura 12 se define como una conexión positiva y la conexión de la inductancia 116 que se encuentra más abajo en la Figura 12 se define como una conexión negativa. Por lo tanto, una corriente que fluye a través de la inductancia 116 desde la conexión positiva a la conexión negativa (es decir, de la conexión 191 a la conexión 202) se considera una "corriente positiva".

25 La tensión U_L que decae en la inductancia 116 resulta, por lo tanto, de la siguiente ecuación:

$$U_L = U_P * (p1 - p2) + U_S * (s2 - s1).$$

30 Basándose en estas definiciones, pueden definirse ahora diferentes estados operativos. Se puede cambiar conmutando el interruptor G entre los estados en los que (primer estado) la tensión U_L es igual a la diferencia entre las tensiones U_P - U_S y en el cual (segundo estado) la tensión U_L es igual a la tensión negativa -U_S. Este modo operativo en el cual hay una conmutación entre estos dos estados mencionados, corresponde al modo operativo de un "convertidor de Buck" conocido *per se*.

35 Ambos estados de tensión de la inductancia 116 mencionados pueden obtenerse a través de diferentes estados de conmutación globales del interruptor G. Además, es posible obtener los correspondientes estados operativos si en lugar del interruptor S₆ está cerrado el interruptor S₅ y, por lo tanto, se usa la inductancia 117 en lugar de la inductancia 116.

40 Si el interruptor S₆ está conectado y, por lo tanto, se usa la inductancia 116, el estado de tensión U_P - U_S puede lograrse mediante los estados de conmutación arriba definidos de las variables de estado p1 = 1 y p2 = 0 y s1 = 1 y s2 = 0. El estado de conmutación -U_S puede lograrse mediante: p1 = 0 y p2 = 0 y s1 = 1 y s2 = 0. Además, también puede lograrse el estado de conmutación -U_S mediante el siguiente estado de conmutación: p1 = 1 y p2 = 1 y s1 = 1 y s2 = 0.

También puede lograrse, por ejemplo, el estado en el que la tensión U_L que decae en la inductancia es igual a la tensión U_P entre las líneas 113 y 112.

45 La frecuencia de conmutación de los interruptores individuales puede reducirse con respecto a la frecuencia de la conmutación de los estados de tensión entre U_P-U_S, por un lado, y -U_S, por otro lado, como sigue, por ejemplo. En el ejemplo de realización, se conecta consecutivamente la siguiente enumeración de los estados listados de 1 a 4. Después del estado 4, se conecta nuevamente el estado 1. Los estados son:

1. p1 = 1, p2 = 0, s1 = 1, s2 = 0 (estado U_L = U_P - U_S)
2. p1 = 0, p2 = 0, s1 = 1, s2 = 0 (estado U_L = -U_S)
- 50 3. p1 = 1, p2 = 0, s1 = 1, s2 = 0 (estado U_L = U_P - U_S)
4. p1 = 1, p2 = 1, s1 = 1, s2 = 0 (estado U_L = -U_S)

Por lo tanto, en todo el ciclo de los estados de conmutación total p1 y p2, se conectan de manera correspondiente

solamente una vez en el otro estado y se conmuta de retorno Al respecto, la corriente a través de la inductancia es positiva, es decir, fluye del primer módulo al segundo módulo. Sin embargo, la corriente también puede ser negativa, por ejemplo, en la siguiente secuencia alternativa de conmutación:

1. $p_1 = 0, p_2 = 1, s_1 = 0, s_2 = 1$ (estado $U_L = -U_P + U_S$)
- 5 2. $p_1 = 1, p_2 = 1, s_1 = 0, s_2 = 1$ (estado $U_L = U_S$)
3. $p_1 = 0, p_2 = 1, s_1 = 0, s_2 = 1$ (estado $U_L = -U_P + U_S$)
4. $p_1 = 0, p_2 = 0, s_1 = 0, s_2 = 1$ (estado $U_L = U_S$)

De esto resulta la misma dirección de flujo de energía que en la secuencia de conmutación mencionada primero, ya que tanto la corriente como la tensión son negativas.

10

REIVINDICACIONES

1. Disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para hacer funcionar un vehículo ferroviario en redes de suministro eléctrico, en donde la disposición de suministro de energía presenta:

- 5 • por lo menos una conexión de red eléctrica (A) para conectar la disposición a una red de suministro de energía eléctrica,
- una conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición a un circuito intermedio de tensión continua (ZK); a la que, a su vez, puede conectarse por lo menos un inversor de tracción (13) para hacer funcionar por lo menos un motor de accionamiento (12),
- 10 • una disposición de rectificadores (M₁, M₂, M₃, M₄) para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión alterna, en donde la disposición de rectificadores (M₁, M₂, M₃, M₄) conectada por medio de un primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas además de presentar una pluralidad de módulos (M), en los cuales hay un primer rectificador (15) conectado por medio de un inversor (16), que está conectado al lado primario de un transformador (17), y el transformador (17) está conectado a un segundo rectificador (18), estando el lado secundario del transformador (17) conectado al segundo rectificador (18) y
- 15 estando el primer rectificador (15) conectado en su lado de tensión alterna por medio del primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas (21, 22), estando el segundo rectificador (18) conectado en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) y estando las conexiones de tensión alterna (19, 20) de los primeros rectificadores (15) conectadas en serie, en donde, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna, las conexiones de tensión continua (211, 212, 221, 222) de los segundos rectificadores (181, 182) están conectadas en paralelo;
- 20 • una terminal de conexión eléctrica (5) para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión continua, en donde la terminal de conexión eléctrica (5) presenta un segundo filtro (3);

en donde -por lo menos en un primer estado operativo de tensión continua-, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua,

- 25 - la terminal de conexión eléctrica (5) conecta la conexión de red eléctrica (A) o una segunda de las conexiones de red eléctricas al lado de tensión continua del segundo rectificador (181) de un primero (M₁) de los módulos (M),
- el lado primario del transformador (171) del primer módulo (M₁) está conectado al lado primario del transformador (172) de un segundo (M₂) de los módulos (M), y específicamente de manera indirecta por medio del inversor (161, 162) del primer módulo (M₁) y del segundo módulo (M₂),
- 30 - el lado de tensión continua del segundo rectificador (182) del segundo módulo (M₂) está conectado a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua (ZK),
- de modo que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador (181) del primer módulo (M₁), el lado secundario del transformador (171) del primer módulo (M₁), el lado primario del transformador (171) del primer
- 35 módulo (M₁), el inversor (161) del primer módulo (M₁), el inversor (162) del segundo módulo (M₂), el lado primario del transformador (172) del segundo módulo (M₂), el lado secundario del transformador (172) del segundo módulo (M₂) y el segundo rectificador (182) del segundo módulo (M₂), hacia el circuito intermedio de tensión continua (ZK).

40 2. Disposición de suministro de energía de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que, para conectar los lados primarios de los transformadores (171, 172) de los módulos primero (M₁) y segundo (M₂), el lado de tensión continua del inversor (161) del primer módulo (M₁) está conectado al lado de tensión continua del inversor (162) de un segundo módulo (M₂) de los módulos (M), y específicamente de manera directa por medio de por lo menos una conexión de acoplamiento eléctrico para acoplar los lados de tensión continua de los inversores (161, 162) y/o indirectamente por medio del primer rectificador (151) del primer módulo (M₁) y por medio del primer rectificador (152) del segundo módulo (M₂).

45 3. Disposición de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, el lado de tensión continua del segundo rectificador (181) del primer módulo (M₁), además de a la terminal de conexión eléctrica (5), también está conectado a uno de dos potenciales de la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua (ZK).

50 4. Disposición de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde la disposición presenta una conexión de líneas eléctricas (4) y una disposición de interruptores eléctricos, en donde:

- durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión

continua, el circuito intermedio de tensión continua (ZK) en una primera posición de interruptor de la disposición de interruptores está conectado indirectamente, es decir, meramente por medio de por lo menos uno de los segundos rectificadores (181, 182), a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22), de manera que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador (181) del primer módulo (M₁), el inversor (161) del primer módulo (M₁), el inversor (162) del segundo módulo (M₂) y el segundo rectificador (182) del segundo módulo (M₂), al circuito intermedio de tensión continua (ZK),

- durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en un segundo estado operativo de tensión continua, el circuito intermedio de tensión continua (ZK) en una segunda posición de interruptor de la disposición de interruptores eléctricos está conectado por medio de la conexión de la línea eléctrica (4) de manera directa, es decir, no meramente por medio de por lo menos uno de los segundos rectificadores (181, 182), a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, de modo que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica directamente por medio de la conexión de línea eléctrica hacia el circuito intermedio de tensión continua (ZK).

5. Disposición de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en donde -en un primer estado operativo de tensión continua preestablecido- una de las conexiones de acoplamiento eléctrico conecta el lado de tensión continua del inversor (161) del primer módulo (M₁) indirectamente por medio de un Interruptor semiconductor del primer rectificador (151) del primer módulo (M₁) y por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador (152) del segundo módulo (M₂) al lado de tensión continua del inversor (162) del segundo módulo (M₂) y en donde el interruptor semiconductor del primer rectificador (151) del primer módulo (M₁) y el interruptor semiconductor del primer rectificador (152) del segundo módulo (M₂) están permanentemente conectados durante el primer estado operativo de tensión continua preestablecido.

6. Disposición de suministro de energía de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, que presenta un dispositivo de control para controlar el funcionamiento del primer rectificador (151, 152) de los módulos primero y segundo (M₁, M₂) mientras se hace funcionar el vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, estando el dispositivo de control configurado, mediante el control de tiempos de conmutación de interruptores semiconductores (G) de por lo menos uno de los primeros rectificadores (151, 152) del lado de tensión continua del inversor (162) del segundo módulo (M₂), para generar una tensión continua preestablecida teniendo en cuenta la tensión continua de la red de suministro de energía eléctrica y una tensión continua deseada en el circuito intermedio de tensión continua (ZK), de manera que se logra la tensión continua deseada en el circuito intermedio de tensión continua (ZK).

7. Procedimiento para hacer funcionar un vehículo ferroviario mediante una disposición de suministro de energía eléctrica en redes de suministro eléctrico, en el que:

- se conecta la disposición de suministro de energía por medio de por lo menos una conexión de red eléctrica (A) a una red de suministro de energía eléctrica,

- se conecta la disposición de suministro de energía por medio de una conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) a un circuito intermedio de tensión continua (ZK), al que, a su vez, se conecta o está conectado un inversor de tracción (13) para hacer funcionar por lo menos un motor de tracción (12);

- se conecta una disposición de rectificadores (M₁, M₂, M₃, M₄) de la disposición de suministro de energía para el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna por medio de un primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, en donde la disposición de rectificadores (M₁, M₂, M₃, M₄) presenta una pluralidad de módulos (M), en los que en cada uno de ellos se conecta un primer rectificador (15) por medio de un inversor (16), que está conectado al lado primario de un transformador (17), y el transformador (17) está conectado a un segundo rectificador (18), en donde el lado secundario del transformador (17) está conectado al segundo rectificador (18) y el primer rectificador (15) está conectado en su lado de tensión alterna por medio del primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, en donde el segundo rectificador (18) está conectado en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) y en donde las conexiones de tensión alterna (19, 20) de los primeros rectificadores (15) se conectan o están conectados en serie, en donde -para el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna- se conectan en paralelo las conexiones de tensión continua (211, 212; 221, 222) de los segundos rectificadores (181, 182);

- - por lo menos en un primer estado operativo de tensión continua, para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión continua,

- - se conecta la conexión de red eléctrica (A) o una segunda de las conexiones de red eléctricas por medio de un segundo filtro (3) a la red de suministro eléctrico;

- se conecta la conexión de red eléctrica (A) o la segunda de las conexiones de red eléctricas al lado de tensión continua del segundo rectificador (181) de un primer módulo (M_1) de los módulos (M);

5 - se conecta el lado primario del transformador (171) del primer módulo (M_1) al lado primario del transformador (172) de un segundo módulo (M_2) de los módulos (M), y específicamente de manera indirecta por medio de los inversores (161, 162) del primer módulo (M_1) y del segundo módulo (M_2),

- el lado de tensión continua del segundo rectificador (182) del segundo módulo (M_2) se conecta a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua (ZK),

10 de modo que, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, se transmite energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador (181) del primer módulo (M_1), el lado secundario del transformador (171) del primer módulo (M_1), el lado primario del transformador (171) del primer módulo (M_1), el inversor (161) del primer módulo (M_1), el inversor (162) del segundo módulo (M_2), el lado primario del transformador (172) del segundo módulo (M_2), el lado secundario del transformador (172) del segundo módulo (M_2) y el segundo rectificador (182) del segundo módulo (M_2), al circuito intermedio de tensión continua (ZK).

15 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación anterior, en el que, para el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, el lado de tensión continua del segundo rectificador (181) del primer módulo (M_1) se conecta, además de a la conexión de red eléctrica (A) o a la segunda de las conexiones de red eléctricas, también a uno de los dos potenciales de la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua (ZK).

20 9. Procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en el que:

25 - para hacer funcionar el vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, se ajusta una primera posición de interruptor de una disposición de interruptores eléctricos, en donde el circuito intermedio de tensión continua (ZK) está conectado indirectamente, es decir, meramente por medio de por lo menos uno de los segundos rectificadores (181, 182), a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22), de modo que, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en el por lo menos un primer estado operativo de tensión continua, se transmite energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador (181) del primer módulo (M_1), el inversor (161) del primer módulo (M_1), el inversor (162) del segundo módulo (M_2) y el segundo rectificador (182) del segundo módulo (M_2), al circuito intermedio de tensión continua (ZK);

30 - para hacer funcionar el vehículo ferroviario en un segundo estado operativo de tensión continua, se regula una segunda posición de interruptor de una disposición de interruptores eléctricos, para lo cual el circuito intermedio de tensión continua (ZK) se conecta por medio una conexión de línea eléctrica directamente, es decir, no meramente por medio de por lo menos uno de los dos rectificadores (181, 182) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, de modo que, durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en el segundo estado operativo de tensión continua, se transmite energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica directamente por medio de la conexión de líneas eléctricas al circuito intermedio de tensión continua (ZK).

35 10. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 7 a 9, en el que -para el funcionamiento del vehículo ferroviario en un primer estado de tensión continua preestablecido- se establece una de las conexiones de acoplamiento eléctricas, para lo cual se conecta el lado de tensión continua del inversor (161) del primer módulo (M_1) indirectamente por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador (151) del primer módulo (M_1) y por medio de un interruptor semiconductor del primer rectificador (152) del segundo módulo (M_2) al lado de tensión continua del inversor (162) del segundo módulo (M_2), y en donde el interruptor semiconductor del primer rectificador (151) del primer módulo (M_1) y el interruptor semiconductor del primer rectificador (152) del segundo módulo (M_2) permanecen conectados permanentemente durante el primer estado operativo de tensión continua preestablecido.

40 11. Procedimiento para producir una disposición de suministro de energía eléctrica para dispositivos de accionamiento, para hacer funcionar un vehículo ferroviario en una red de suministro eléctrico, que presenta:

• proporcionar por lo menos una conexión de red eléctrica (10) para conectar la disposición a una red de suministro de energía eléctrica,

50 • proporcionar una conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición a un circuito intermedio de tensión continua (ZK), al que, a su vez, se puede conectar por lo menos un inversor de tracción (13) para hacer funcionar por lo menos un motor de tracción (12),

55 • proporcionar una disposición de rectificadores (M_1, M_2, M_3, M_4) para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión alterna y conectar la disposición de rectificadores (M_1, M_2, M_3, M_4) por medio de un primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, en donde la disposición de

5 rectificadores (M_1, M_2, M_3, M_4) presenta una pluralidad de módulos (M), en cada uno de los cuales está conectado un primer rectificador (15) por medio de un inversor (16) que está conectado al lado primario de un transformador (17), y el transformador (17) está conectado a un segundo rectificador (18), en donde el lado secundario del transformador (17) está conectado al segundo rectificador (18) y el primer rectificador (15) está conectado en su lado de tensión alterna por medio del primer filtro (2) a la conexión de red eléctrica (A) o a una de las conexiones de red eléctricas, en donde el segundo rectificador (18) se conecta en su lado de tensión continua a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) y en donde las conexiones de tensión alterna (19, 20) de los primeros rectificadores (15) se conectan en serie, en donde se ha previsto un control y una disposición de interruptores controlada por el control, que -durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión alterna- conectan en paralelo las conexiones de tensión continua (211, 212; 221, 222) de los segundos rectificadores (181, 182),

10 • proporcionar una terminal de conexión eléctrica (5) para hacer funcionar el vehículo ferroviario en una red de tensión continua, en donde la terminal de conexión eléctrica (5) presenta un segundo filtro (3),

15 en donde el control y la disposición de interruptores se configuran -en por lo menos un primer estado operativo de tensión continua- durante el funcionamiento del vehículo ferroviario en una red de tensión continua, para

- conectar la conexión de red eléctrica (A) o una segunda de las conexiones de red eléctricas por medio de la terminal de conexión eléctrica (5) al lado de tensión continua del segundo rectificador (181) de un primer módulo (M_1) de los módulos (M);

20 - conectar el lado primario del transformador (171) del primer módulo (M_1) al lado primario del transformador (172) de un segundo módulo (M_2) de los módulos (M), y específicamente de manera indirecta por medio de los inversores (161, 162) del primer módulo (M_1) y del segundo módulo (M_2);

- conectar el lado de tensión continua del segundo rectificador (182) del segundo módulo (M_2) a la conexión eléctrica del lado del motor (21, 22) para conectar la disposición al circuito intermedio de tensión continua (ZK),

25 - de modo que se transmita energía para hacer funcionar el por lo menos un motor de tracción (12) desde la red de suministro de energía eléctrica por medio del segundo rectificador (181) del primer módulo (M_1), el lado secundario del transformador (171) del primer módulo (M_1), el lado primario del transformador (171) del primer módulo (M_1), el inversor (161) del primer módulo (M_1), el inversor (162) del segundo módulo (M_2), el lado primario del transformador (172) del segundo módulo (M_2), el lado secundario del transformador (172) del segundo módulo (M_2) y el segundo rectificador (182) del segundo módulo (M_2), hacia el circuito intermedio de tensión continua (ZK).

30

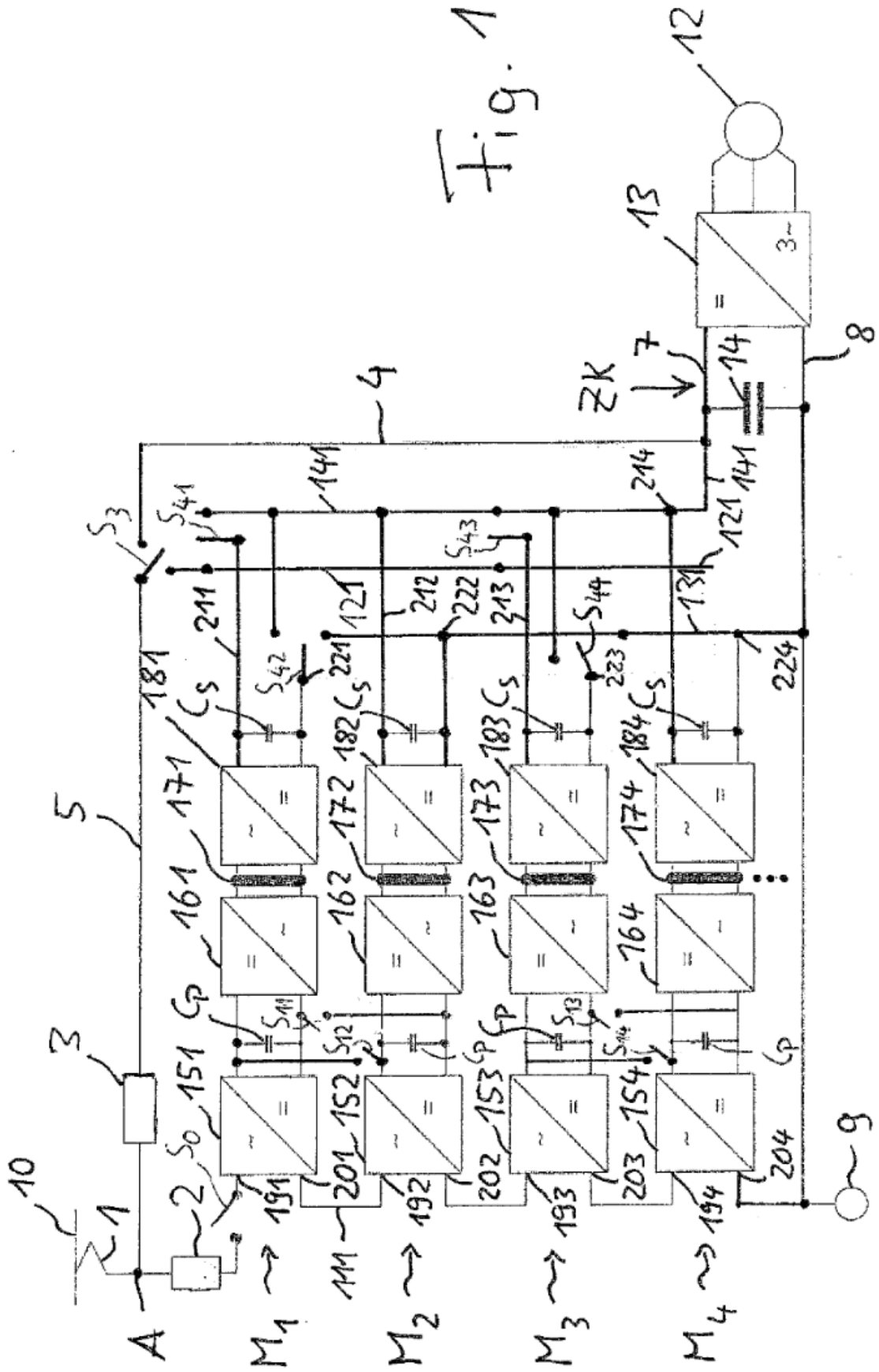
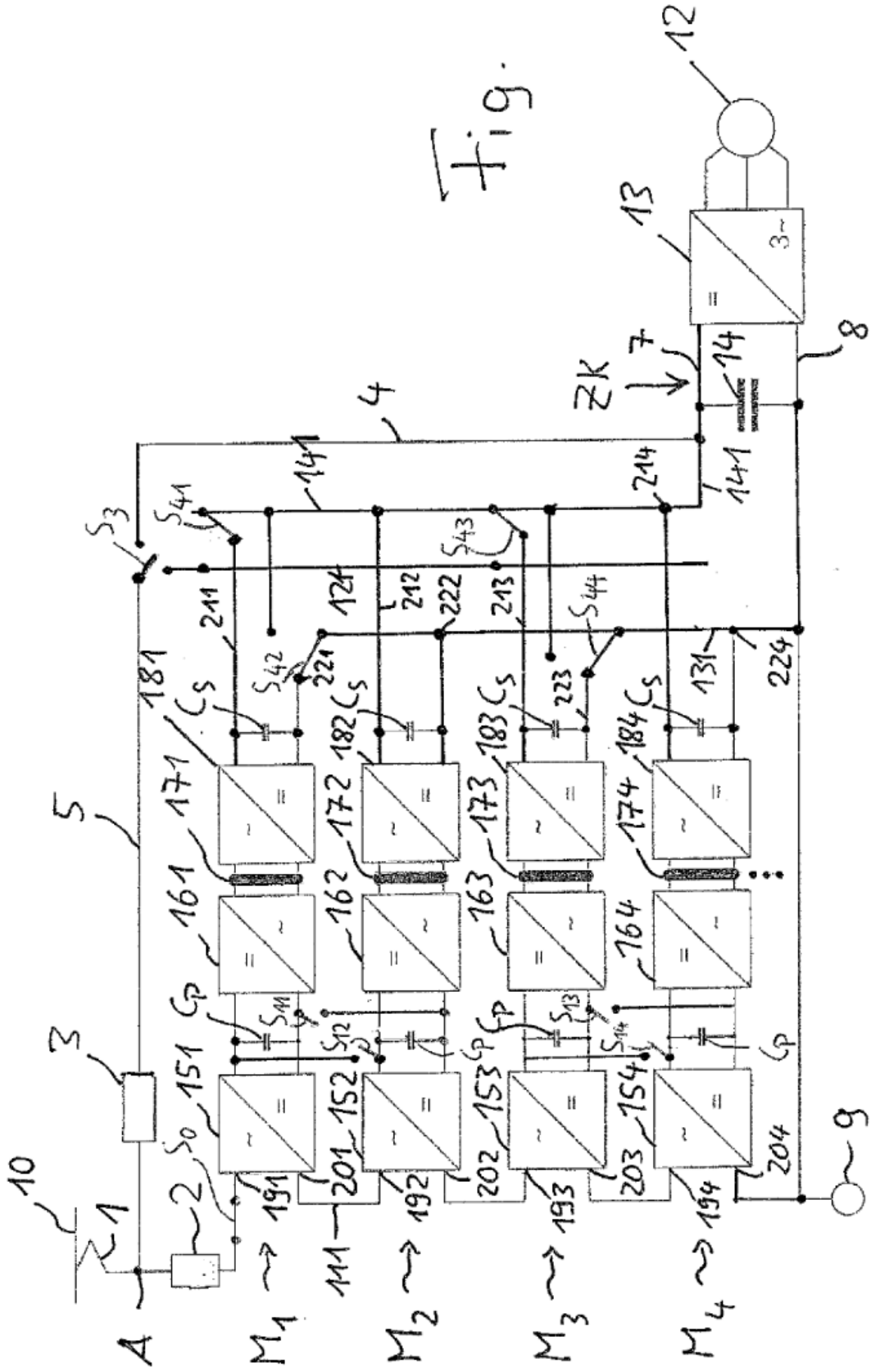
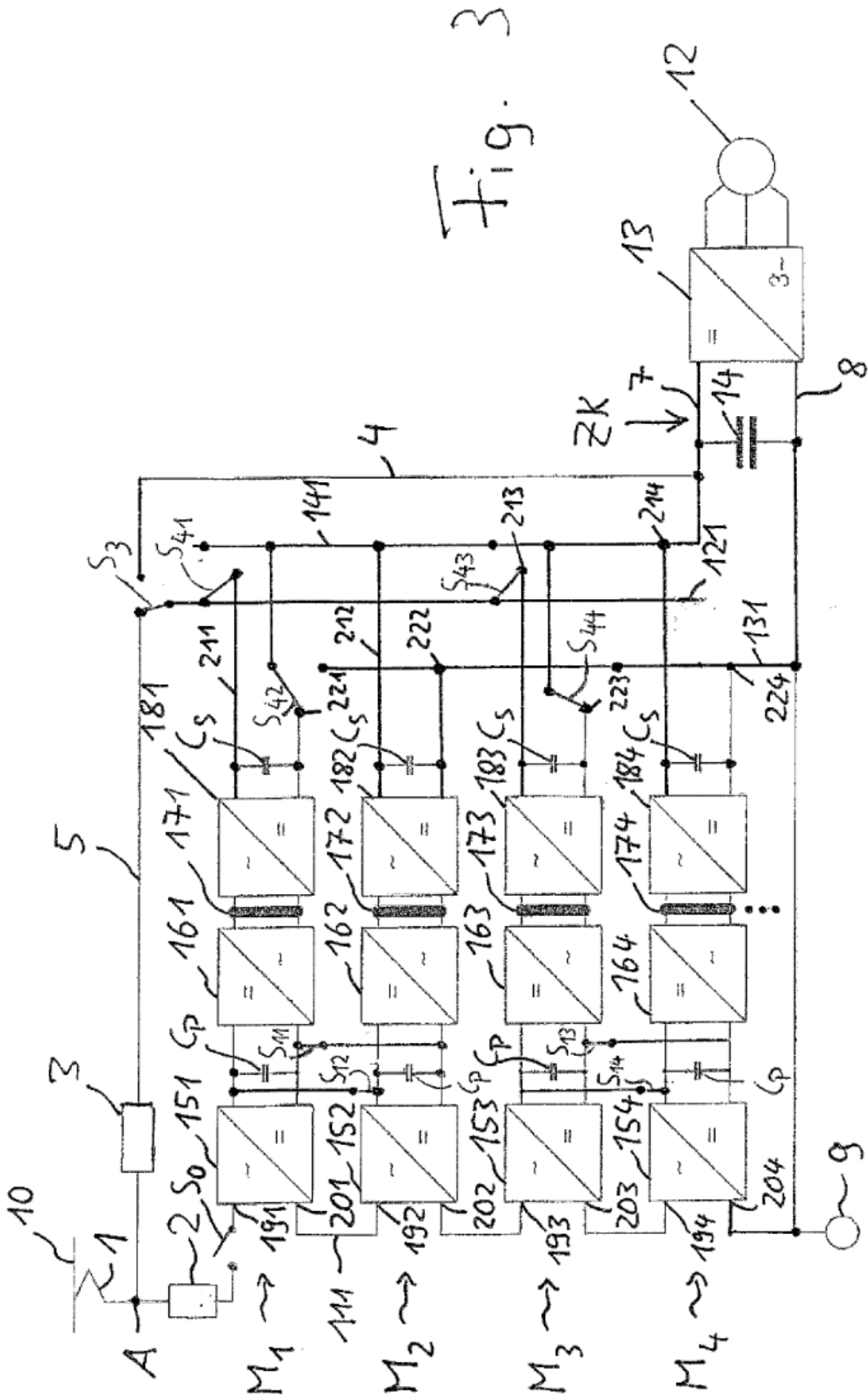


Fig. 1

Fig. 2





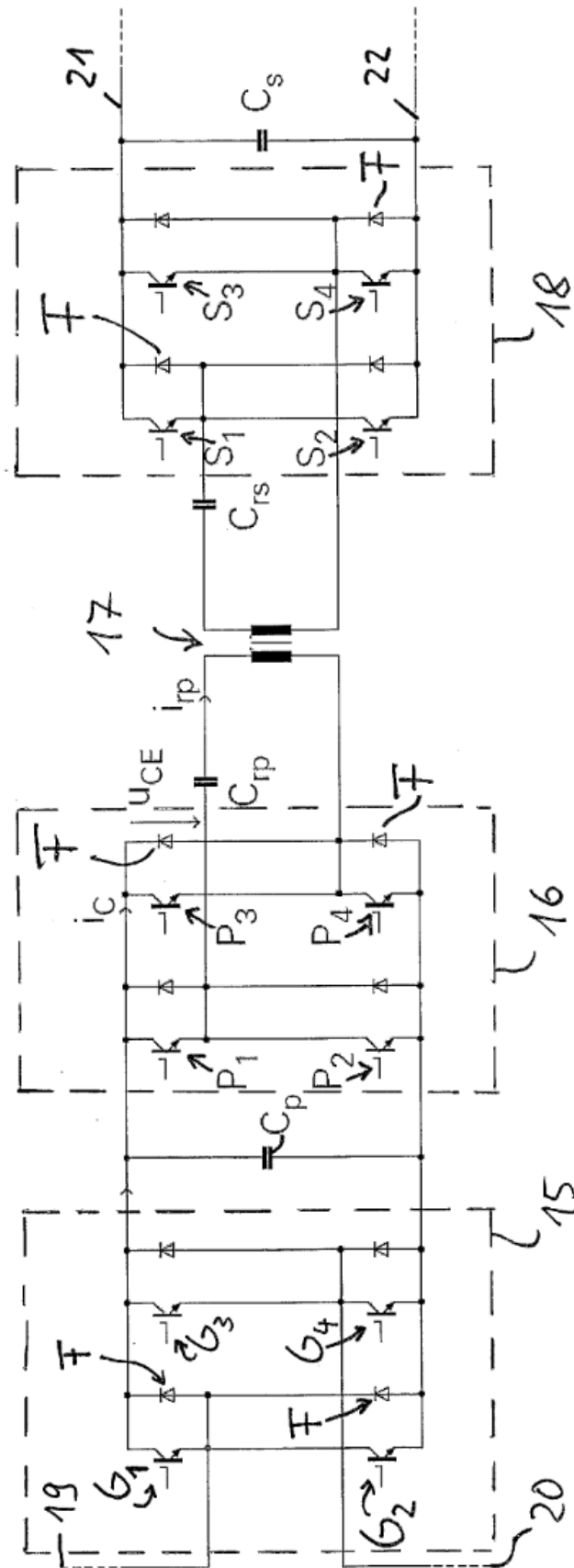
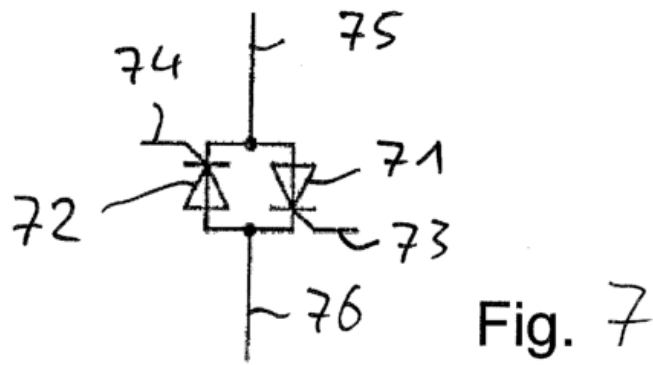
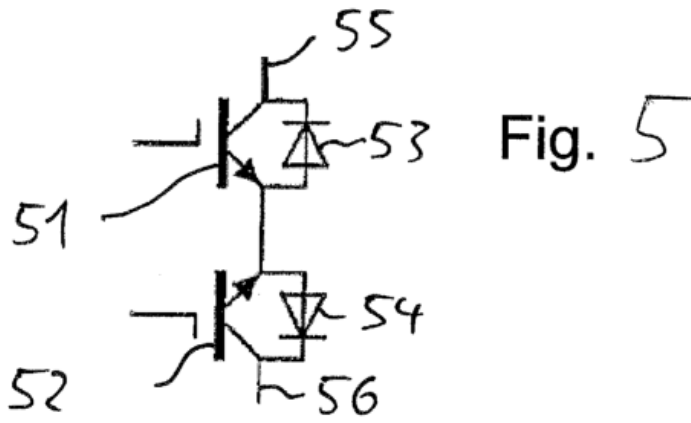
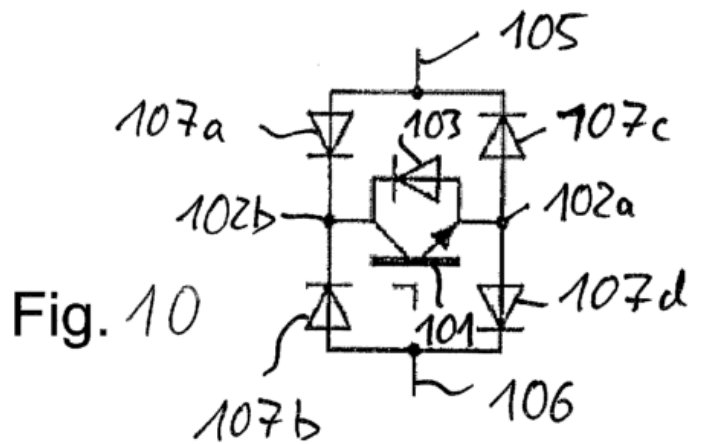
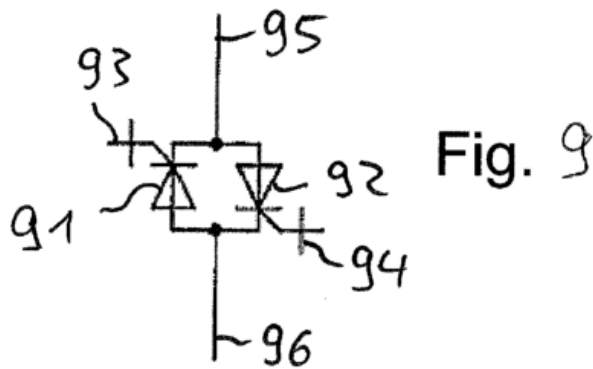
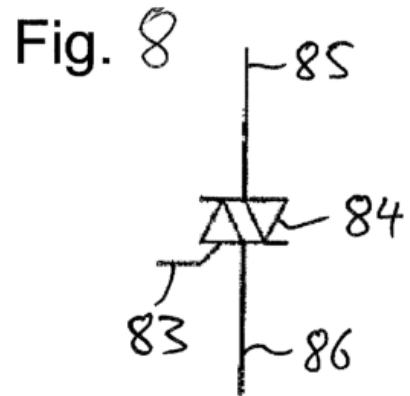


Fig. 4





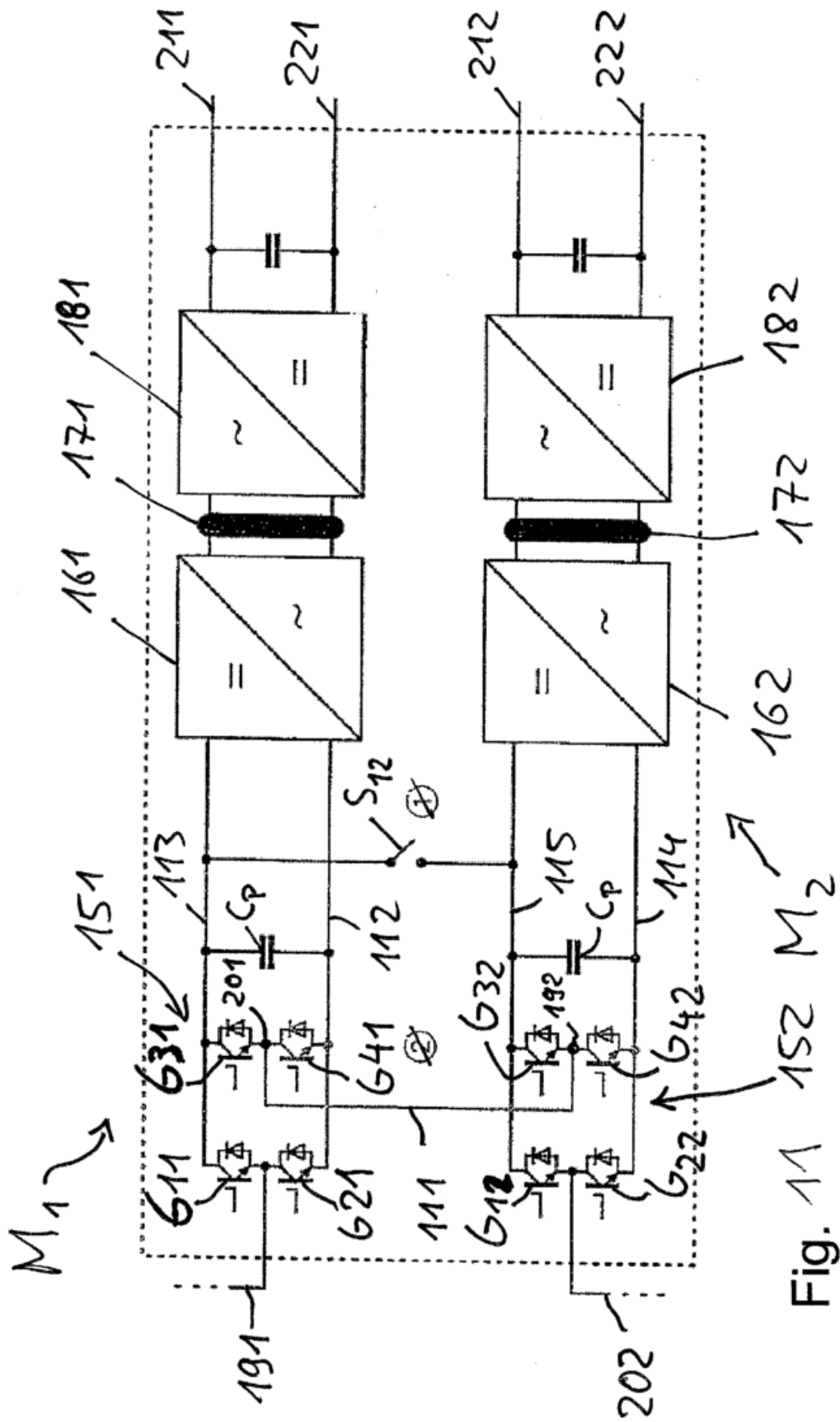


Fig. 11

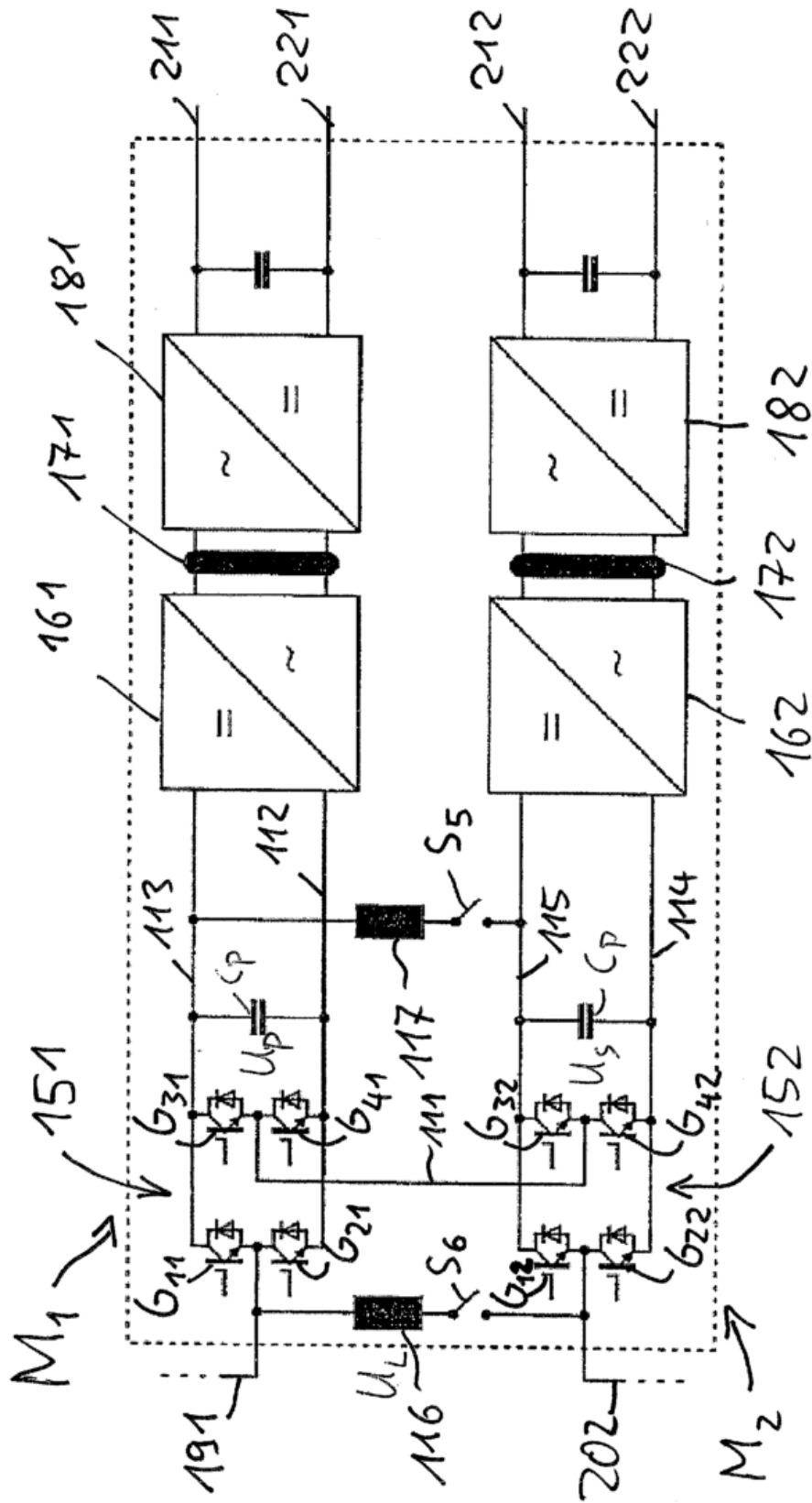


Fig. 12