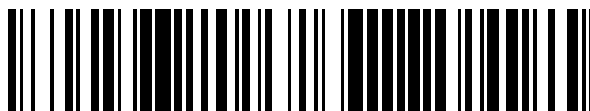


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 570 767**

51 Int. Cl.:

B60L 11/18 (2006.01)

B60L 5/00 (2006.01)

B60M 7/00 (2006.01)

B60L 9/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.09.2009 E 09740643 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2016 EP 2344358**

54 Título: **Producción de campos electromagnéticos para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo**

30 Prioridad:

19.09.2008 GB 0817311

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

20.05.2016

73 Titular/es:

**BOMBARDIER PRIMOVE GMBH (100.0%)
Schöneberger Ufer 1
10785 Berlin, DE**

72 Inventor/es:

**VOLLENWYDER, KURT y
MEINS, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 570 767 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

Producción de campos electromagnéticos para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo

- 5 La invención se refiere a un sistema y a un procedimiento para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo, en particular a un vehículo ligado a una vía tal como un vehículo ferrocarril ligero (por ejemplo un tranvía).

En particular los vehículos ligados a una vía, tales como los vehículos ferrocarriles convencionales, los vehículos mono carriles, los trolebuses y los vehículos los cuales son guiados sobre una vía por otros medios, tales como otros
10 medios mecánicos, medios magnéticos, medios electrónicos y/o medios ópticos, requieren energía eléctrica para la propulsión sobre la vía y para el funcionamiento de los sistemas auxiliares, los cuales no producen la tracción del vehículo. Tales sistemas auxiliares son, por ejemplo, los sistemas de iluminación, el sistema de calefacción y/o aire acondicionado, los sistemas de ventilación por aire y de información de los pasajeros. Sin embargo, más particularmente hablando, la presente invención se refiere a la transferencia de energía eléctrica a un vehículo el
15 cual no necesariamente (pero preferiblemente) es un vehículo ligado a una vía. Generalmente hablando, el vehículo puede ser, por ejemplo, un vehículo que tenga un motor de propulsión eléctricamente accionado. El vehículo también puede ser un vehículo que tenga un sistema de propulsión híbrido, por ejemplo un sistema que pueda ser accionado mediante energía eléctrica o bien otra energía, tal como energía electroquímicamente almacenada o combustible (por ejemplo, gas natural, gasolina o gasoil).

20 Los vehículos ligados a una vía, en particular para el transporte público de pasajeros, generalmente comprenden un colector de corriente (alternativamente un dispositivo) para entrar en contacto mecánica y eléctricamente con un conductor de línea a lo largo de la vía, tal como un carril eléctrico o una línea aérea. Por lo menos un motor de propulsión a bordo de los vehículos es alimentado con la potencia eléctrica a partir de la vía o línea exterior y produce una fuerza de propulsión mecánica.

Los tranvías y otros trenes locales o regionales son accionados generalmente a través de líneas aéreas en el interior de las ciudades. Sin embargo, especialmente en zonas históricas de las ciudades, las líneas aéreas son indeseables. Por otra parte, los carriles conductores en el suelo o cerca del suelo causan problemas de seguridad.

30 El documento WO 95/30556 A2 describe un sistema de vehículo eléctrico impulsado por la calzada. El vehículo completamente eléctrico tiene uno o más elementos o dispositivos de almacenaje de energía a bordo que pueden ser rápidamente cargados o activados con la energía obtenida a partir de una fuente eléctrica, tal como una red de baterías electromecánicas. Los elementos de almacenaje de energía pueden ser cargados mientras el vehículo está en funcionamiento. La carga ocurre a través de una red de elementos de acoplamiento de potencia, por ejemplo bobinas empotradas en la calzada.

La colocación de las bobinas en ubicaciones seleccionadas a lo largo de la longitud de la calzada tienen la desventaja de que el almacenaje de energía a bordo del vehículo necesita una gran capacidad de almacenaje. Además, si el vehículo no llega a tiempo a la siguiente bobina, el vehículo puede quedarse sin energía para la propulsión o bien otros propósitos. Por lo tanto, por lo menos para algunas aplicaciones, se prefiere transferir la energía al vehículo continuamente a lo largo de la trayectoria del desplazamiento, esto es, a lo largo de la vía.

40 La transferencia de energía inductivamente desde la vía al vehículo, esto es, produciendo campos electromagnéticos, está sometida a limitaciones con respecto a la compatibilidad electromagnética (EMC). Por una parte, los campos electromagnéticos pueden interferir con otros dispositivos técnicos. Por otra parte, las personas y los animales no deben ser sometidos a campos electromagnéticos permanentemente. Por lo menos, deben ser observados los valores límites respectivos para la intensidad del campo.

50 El documento WO 93/23909 A1 revela una vía o trayectoria inductiva primaria para un sistema de distribución de potencia inductiva resonante el cual está compuesto de una serie de módulos, cada uno suministrado como un segmento de la vía previamente construido y sustancialmente sintonizado previamente. La ruta o la vía puede estar dividida en segmentos cortos, cada uno similar en longitud a la longitud del vehículo más una distancia de seguridad opcional. Cada segmento es activado cuando la utilización es probable. Otros segmentos permanecen sin activar, con conmutadores de control de un inversor para la producción de una corriente alterna a través del segmento que está en un estado abierto.

60 El documento US 6,089,362 describe un aparato para la alimentación de energía eléctrica a un cuerpo móvil de una manera sin contacto. Líneas de potencia en las cuales se transmite la potencia eléctrica están tendidas en un carril de guía. Un conjunto de suministro de potencia en el lado del suelo incluye un convertidor de AC/DC (corriente alterna/corriente continua) el cual está conectado a un suministro de potencia de tres fases y convierten la tensión a partir de suministro de potencia a una tensión de corriente continua. Un convertidor de DC/AC conectado al convertidor AC/DC recibe la tensión de corriente continua desde el convertidor AC/DC. Dos líneas de potencia de corriente alterna están conectadas a la instalación del convertidor.

65

El documento GB 657,035 A revela un sistema de transporte eléctrico de alta frecuencia con transmisión sin contacto de la energía que comprende dos circuitos oscilatorios acoplados inductivamente uno de los cuales está desplegado a lo largo de las calzadas como la red de tracción sin contacto y el otro es el bastidor de recepción y está colocado en el vehículo.

Es un objeto de la presente invención proporcionar un sistema y un procedimiento para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo, en particular a un vehículo ligado a una vía, el cual permite la transferencia continua de energía eléctrica durante el desplazamiento y el cual facilita cumplir los límites respectivos para la compatibilidad electromagnética (EMC).

Según una idea básica de la presente invención la energía se transfiere desde una instalación de conductores eléctricos, la cual está instalada a lo largo de la vía, al vehículo que se desplaza sobre la vía sin que haya contacto eléctrico entre el vehículo y la instalación de conductores. La instalación de conductores transporta una corriente alterna la cual genera un campo electromagnético respectivo y el campo electromagnético se utiliza para transferir la energía eléctrica al vehículo.

Preferiblemente, la instalación de conductores está colocada en y/o debajo de la vía, por ejemplo debajo de la superficie del suelo sobre el cual se desplaza el vehículo. Sin embargo, la invención también incluye el caso en el que por lo menos una parte de la instalación de conductores está colocada a los lados de la vía, por ejemplo cuando la vía está ubicada en el campo o en un túnel.

La frecuencia de la corriente alterna la cual fluye a través de la instalación de conductores puede estar en la gama de 5 - 100 kHz, en particular en la gama de 10 - 30 kHz, preferiblemente aproximadamente 20 kHz.

El principio de la transferencia de energía por campos electromagnéticos tiene la ventaja de que la instalación de conductores puede estar aislada eléctricamente contra el contacto. Por ejemplo los cables o las líneas de la instalación de conductores pueden estar enterrados en el suelo. Ningún peatón inintencionadamente puede entrar en contacto con las líneas enterradas. Adicionalmente, se resuelve el problema del desgaste y de la rotura de un colector de corriente, el cual se utiliza para entrar en contacto con las líneas aéreas normales o los carriles con corriente.

Como se revela principalmente en el documento WO 95/30556 A2, el vehículo el cual se desplaza en la vía puede comprender por lo menos una bobina y el campo electromagnético genera una tensión alterna eléctrica en la bobina la cual puede ser utilizada para accionar cualquier carga eléctrica en el vehículo, tal como un motor de propulsión, o puede ser utilizada para cargar un sistema de almacenaje de energía, tal como baterías convencionales y/o súper baterías.

A fin de reducir los campos electromagnéticos cuando no se está conduciendo un vehículo en un momento determinado, los segmentos de la instalación de conductores, segmentos los cuales son segmentos consecutivos que se extienden a lo largo de la trayectoria del desplazamiento del vehículo, pueden ser accionados únicamente cuando se requiera. Por ejemplo, las longitudes de los segmentos a lo largo de la trayectoria del desplazamiento son más cortas que la longitud de un vehículo en la dirección del desplazamiento y los segmentos pueden ser accionados únicamente si el vehículo ya está ocupando la zona respectiva de la trayectoria del desplazamiento a lo largo de la cual se extiende el segmento. En particular, ocupado por un vehículo ferrocarril significa que el vehículo es conducido sobre los carriles a lo largo de los cuales se extiende el segmento. Preferiblemente, los segmentos son accionados únicamente si el vehículo está ocupando completamente la zona respectiva de la trayectoria del desplazamiento. Por ejemplo, el vehículo ferrocarril es más largo (en la dirección del desplazamiento) que el segmento y los extremos delantero y trasero del vehículo son conducidos más allá de los límites del segmento, si se mira desde el centro del segmento. Por lo tanto se propone que el segmento se conecte (esto es, la corriente alterna a través del segmento empieza a fluir) antes de que el dispositivo de recepción del vehículo para recibir la energía transferida entre en la zona de la trayectoria del desplazamiento a lo largo de la cual se extiende el segmento.

El modo más eficaz de transmitir la energía, la cual es necesaria para producir la corriente alterna a través del segmento, es utilizando una línea de suministro de corriente. Si la línea de suministro está transportando una corriente alterna, conmuta en las interfaces respectivas al segmento que puede ser conectado para comenzar a accionar el segmento.

Sin embargo, una corriente alterna en la línea de suministro también causa un campo electromagnético. Este campo puede estar protegido del entorno, por ejemplo enterrando la línea de suministro en el suelo y/o mediante la utilización de blindajes de metal.

La presente invención propone un modo alternativo: la corriente en el suministro es una corriente continua y los conmutadores que conectan la línea de suministro con la línea o las líneas de corriente alterna del segmento son parte de un inversor. El inversor produce la corriente alterna conectando y desconectando repetidamente los conmutadores. Preferiblemente, cada inversor está colocado directamente en el extremo del segmento. En otras

palabras: el concepto de la presente invención es producir la corriente alterna localmente y preferiblemente en donde y cuando es necesaria.

Si un segmento no se va a accionar, los conmutadores del inversor no se accionan, esto es, están permanentemente desconectados. Puesto que la línea de suministro transporta una corriente continua, la línea de suministro no produce un campo electromagnético alterno. Adicionalmente, únicamente aquellos segmentos los cuales están conectados (esto es, los cuales están alimentados por el inversor/inversores) están produciendo campos electromagnéticos. Por lo tanto, se pueden cumplir las normas EMC muy fácilmente y las pérdidas de energía eléctrica se reducen a un mínimo. Es una idea básica de la presente invención, que el esfuerzo para proporcionar y accionar conmutadores como partes de los inversores no sea significativamente más alto que para proporcionar y accionar conmutadores entre una línea de suministro de corriente alterna y los segmentos. El número de conmutadores incluso se puede reducir. Por ejemplo, la instalación según la figura 11 que tiene una línea de suministro de potencia de corriente alterna de tres fases y que tiene segmentos con tres fases comprende nueve conmutadores en cada interfaz entre segmentos consecutivos. La instalación correspondiente según la figura 12 que tiene una corriente continua para la línea de suministro y que también tiene segmentos con tres fases únicamente requiere seis conmutadores en cada interfaz entre segmentos consecutivos.

Utilizando una línea de suministro de energía de corriente continua se supera la desventaja de una línea de suministro de potencia de corriente alterna en la que las líneas de corriente alterna comprenden una inductancia la cual necesita ser compensada, por ejemplo por capacidades a intervalos regulares a lo largo de la trayectoria del desplazamiento. Puesto que la corriente en la línea de suministro de corriente continua es una corriente continua, no ocurren pérdidas debido a cualquier compensación de la inductancia.

Un problema adicional de las líneas de suministro de corriente alterna se refiere al modo en el que se activa la línea de suministro de corriente alterna. Una fuente de corriente constante puede estar conectada a la línea de suministro de corriente alterna y produce una corriente constante, sin tener en cuenta el tamaño de la carga eléctrica. Por otra parte, las pérdidas en la línea de suministro de corriente alterna también son independientes de la carga, esto es, las pérdidas eléctricas que ocurren durante todo el tiempo. Adicionalmente, es necesario diseñar todos los elementos de la línea de suministro de corriente alterna, tales como cables, conmutadores y filtros para el funcionamiento prominente.

Una línea de suministro de corriente continua no produce pérdidas cuando no es arrastrada y convertida corriente en una corriente alterna en los segmentos. Los filtros para el filtrado de frecuencias indeseadas no se requieren para la línea de suministro de corriente continua.

Cuando se utiliza una línea de suministro de corriente alterna la cual es alimentada por una fuente de corriente constante, resultará difícil detectar un cortocircuito. Un cortocircuito en una línea de suministro de corriente continua es menos probable y puede ser detectado fácilmente.

La línea de suministro de corriente continua puede ser alimentada con energía eléctrica de la misma manera que las líneas de suministro de corriente continua normales (tales como los carriles con corriente) las cuales tienen que estar en contacto mediante un contactor deslizante de un vehículo.

En particular, se propone lo siguiente: un sistema para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo, en particular a un vehículo ligado a una vía tal como un vehículo ferrocarril ligero, en el que:

- el sistema comprende una instalación de conductores eléctricos para la producción de un campo electromagnético alterno y para transferir de ese modo la energía al vehículo,

- la instalación de conductores eléctricos comprende por lo menos una línea de corriente alterna, en la que cada línea de corriente alterna está adaptada para transportar una fase de una corriente eléctrica alterna,

- la instalación de conductores eléctricos comprende una pluralidad de segmentos consecutivos, en la que los segmentos se extienden a lo largo de la trayectoria del desplazamiento del vehículo, cada segmento comprendiendo una sección de cada una de la por lo menos una línea de corriente alterna,

- el sistema comprende una línea de suministro de corriente continua para suministrar energía eléctrica a los segmentos,

- cada segmento está conectado a la línea de suministro a través de por lo menos un inversor el cual está adaptado para invertir una corriente continua transportada por la línea de suministro en una corriente alterna transportada mediante la por lo menos una línea de corriente alterna.

En particular, la línea de suministro se puede extender a lo largo de la trayectoria del desplazamiento o vía del vehículo. Por ejemplo, la línea de suministro se puede extender sustancialmente en paralelo a los carriles de un

ferrocarril. Los inversores pueden estar distribuidos sobre la parte del desplazamiento para conectar la línea de suministro con los segmentos de la instalación de conductores eléctricos la cual produce el campo electromagnético.

Un segmento se entiende que es una parte de una instalación de conductores, en donde cada segmento produce un campo electromagnético para la transferencia de energía a un vehículo, con tal de que el segmento esté conectado, esto es, esté accionado. En particular, cada segmento puede consistir en secciones de por lo menos dos líneas de la instalación de conductores, en el que cada línea está adaptada para transportar una diferente de las fases de la corriente eléctrica alterna.

Adicionalmente, se propone un procedimiento para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo, en particular a un vehículo ligado a una vía tal como un vehículo ferrocarril ligero en el que:

- un campo electromagnético se produce mediante una instalación de conductores eléctricos transfiriendo de ese modo la energía eléctrica al vehículo,

- el campo electromagnético es producido mediante la conducción de una corriente alterna a través de por lo menos uno de los segmentos consecutivos de la instalación de conductores, en el que los segmentos se extienden a lo largo de la vía,

- la corriente alterna está limitada a un segmento específico o a una fila específica de segmentos consecutivos de la instalación de conductores mediante el accionamiento o no accionamiento de por lo menos dos de una pluralidad de inversores los cuales conectan, en cada caso, una línea de suministro de corriente continua a una interfaz entre dos segmentos consecutivos a fin de generar el campo electromagnético en una zona limitada de la trayectoria del desplazamiento del vehículo.

Preferiblemente, la instalación de conductores eléctricos comprende tres líneas, cada línea transportando una fase diferente de una corriente alterna de tres fases. Sin embargo, también es posible, que existan únicamente dos o que existan más de tres fases transportadas por un número correspondiente de líneas de corriente alterna. En particular, cada uno de los segmentos puede comprender secciones de cada una de las líneas, de modo que cada segmento produzca un campo electromagnético el cual es causado por las tres (o bien otro número de) fases. Por ejemplo, en el caso de un sistema de tres fases, el desplazamiento de fase puede ser 120° , como es normal. La corriente alterna en cada fase puede ser una corriente sinusoidal o casi sinusoidal producida por el inversor o los inversores. Con respecto al accionamiento de los inversores, en particular con respecto a procedimiento de controlar los conmutadores del inversor, se hace referencia al control de los motores de propulsión de los vehículos de tracción ferrocarriles, por ejemplo. Cada conmutador puede estar controlado por un conjunto de accionamiento el cual controla la temporización de los procesos individuales de conexión y de desconexión del conmutador. Sin embargo, las unidades de accionamiento pueden estar controladas por un dispositivo de control de un nivel más elevado del inversor el cual coordina la temporización de todas las unidades de accionamiento. Este dispositivo de control puede recibir una señal de sincronización a fin de sincronizar el funcionamiento de los diferentes inversores. Sin embargo, alternativamente, la sincronización de los diferentes inversores puede ser realizada por un dispositivo de control individual controlando directamente las unidades de accionamiento o transfiriendo las señales de sincronización a cada dispositivo de control de los inversores que se van a sincronizar. Esto significa que, preferiblemente, exista por lo menos un dispositivo de control para una pluralidad de inversores y este dispositivo de control de nivel más alto controle directa o indirectamente el funcionamiento de los conmutadores de los inversores. Este dispositivo de control puede ser el dispositivo de control de un inversor específico y todos los inversores pueden tener un dispositivo de control de este tipo. En este caso, el dispositivo de control de nivel más alto controla los conmutadores directamente a través del dispositivo de control del inversor. Alternativamente, puede existir únicamente uno de los dispositivos de control de nivel más alto para controlar directamente los conmutadores.

Más generalmente hablando, las arquitecturas para el control de los conmutadores de los inversores se pueden realizar de diferentes maneras en diferentes formas de realización de la invención. En cualquier caso, se prefiere la sincronización de los procesos de conmutación realizados por los conmutadores de diferentes inversores, como se describirá en más detalle más adelante en este documento.

La sincronización no necesariamente significa que los procesos de conmutación de diferentes inversores sean realizados al mismo tiempo. En cambio, la sincronización puede causar un desfase de la tensión alterna producida por diferentes inversores. De esta manera, un primer inversor en un primer extremo de un segmento produce una primera tensión alterna (o más precisamente hablando: un potencial eléctrico) y un segundo inversor en el extremo opuesto del segmento produce una segunda tensión alterna. Estas tensiones alternas tienen un desplazamiento de fase, por ejemplo un desplazamiento de fase de 180° . Por consiguiente, se produce una corriente alterna en el segmento.

Por otra parte, los inversores primero y segundo pueden estar sincronizados de tal manera que no exista desplazamiento de fase de las tensiones alternas en los extremos opuestos del segmento. En este caso, no se produce corriente alterna en el segmento. Sin embargo, si el funcionamiento de uno de los inversores se detiene (esto es, los conmutadores del inversor dejan de ser conectados y desconectados), el otro inversor y un inversor

adicional en otro segmento puede causar una corriente alterna a través de una fila consecutiva de segmentos. Por lo tanto, según una primera forma de realización, las líneas de fase en segmentos consecutivos están conectadas en serie unas a otras o pueden ser conmutadas en serie unas a otras.

En particular, el sistema puede estar adaptado para iniciar un accionamiento de un tercer inversor a fin de causar que la corriente alterna fluya a través de una fila extendida de segmentos consecutivos, en donde el tercer inversor conecta la línea de suministro a un tercer extremo de la sección o las secciones de otro segmento, en donde el tercer extremo está colocado adicionalmente más alejado a lo largo de la vía del primer extremo que el segundo extremo y está colocado en el extremo de la fila extendida de segmentos consecutivos y en el que el sistema está adaptado para sincronizar el tercer inversor con el segundo inversor de modo que los inversores segundo y tercero son accionados sin desplazamiento de fase. Como resultado, no existe corriente alterna en el segmento o los segmentos entre el segundo extremo y el tercer extremo. Sin embargo, tan pronto como el segundo inversor es desconectado (esto es, se detiene el funcionamiento del segundo inversor), se produce una corriente alterna entre el primer extremo y el tercer extremo a través de la fila extendida de segmentos consecutivos, si existe un desplazamiento de fase entre el primer inversor y el tercer inversor.

En una etapa posterior, el segundo inversor puede ser conectado otra vez y puede ser accionado con un desplazamiento de fase comparado con el tercer inversor y sin desplazamiento de fase comparado con el primer convertidor. Por lo tanto, la corriente alterna entre el primer extremo y el segundo extremo deja de fluir, pero todavía existe corriente alterna entre el segundo extremo y el tercer extremo. Por consiguiente, el primer inversor puede ser desconectado.

El procedimiento descrito en los párrafos anteriores puede ser repetido para segmentos adicionales a lo largo de la trayectoria del desplazamiento, produciendo de ese modo corrientes alternas en segmentos en los que esté desplazándose un vehículo. En particular, como se describe en otro lugar en esta descripción, la corriente alterna puede ser producida por segmentos en zonas únicamente las cuales estén ocupadas por un vehículo.

Se prefiere particularmente que las secciones de la trayectoria del desplazamiento (a lo largo de la cual se extiende el segmento) sean más cortas que la longitud de un vehículo en la vía en la dirección del desplazamiento y que el sistema esté adaptado para accionar (y en particular conectar) segmentos únicamente si un vehículo está ocupando la sección respectiva de la vía en donde está ubicado el segmento. Puesto que únicamente se conectan segmentos por debajo (o en algunos casos como en los laterales de los túneles) de la vía, el vehículo protege el entorno del campo electromagnético el cual es producido por la instalación de conductores. Preferiblemente, únicamente son accionados segmentos los cuales están completamente ocupados por un vehículo, esto es, en la dirección en sentido longitudinal a lo largo de la trayectoria del desplazamiento, los segmentos accionados no se extienden más allá de la parte delantera del vehículo y no se extienden más allá del final del vehículo.

Lo más preferido es que los segmentos sean accionados de tal manera que exista una transferencia continua de energía eléctrica desde los segmentos hacia el vehículo mientras el vehículo se está desplazando a lo largo de la trayectoria del desplazamiento. Por lo tanto, los segmentos pueden ser parte de una fila (esto es, una serie) de segmentos consecutivos, en la que la fila se extiende a lo largo de la trayectoria del desplazamiento. Esto significa que un primer segmento el cual está ocupado por el vehículo puede ser accionado y antes de que el vehículo (o antes de que el dispositivo de recepción del vehículo) entre en el segmento que sigue a continuación de la fila, este segmento que sigue a continuación es conectado. Por otra parte, el primer segmento puede ser desconectado después de que el vehículo haya dejado la sección correspondiente de la trayectoria del desplazamiento.

Una "sección correspondiente" se entiende que es una sección la cual tiene, en la dirección en el sentido longitudinal a lo largo de la trayectoria del desplazamiento, la misma extensión que el segmento correspondiente de la instalación de conductores. "Transferencia continua de energía eléctrica" significa que el dispositivo de recepción del vehículo está siempre en una sección en la que el segmento correspondiente está accionado (esto es, las líneas del segmento transportan una corriente alterna para producir un campo electromagnético a fin de proporcionar energía al vehículo). Puede ocurrir que exista una corta interrupción (por ejemplo de algunos milisegundos) del flujo de corriente a través de las líneas cuando un segmento consecutivo es conectado o cuando el primer segmento es desconectado (esto es, si el funcionamiento de un inversor empieza o se detiene). A pesar de eso, la transferencia de energía eléctrica es "continua", puesto que el dispositivo de recepción del vehículo está colocado en una sección cuando el segmento correspondiente está accionado. Sin embargo, se prefiere que la transferencia de energía eléctrica esté también libre de interrupciones. Ejemplos de una transferencia libre de interrupciones de este tipo se describirá más adelante en este documento. Una transferencia libre de interrupciones es particularmente fácil de conseguir si las líneas de las secciones consecutivas están conectadas en serie unas a otras. Por lo tanto, según una primera forma de realización, la instalación de conductores está instalada de tal manera que por lo menos dos segmentos consecutivos pueden ser accionados al mismo tiempo, en donde líneas correspondientes para transportar la misma fase de corriente alterna en las secciones consecutivas están conectadas en serie unas a otras. Por ejemplo, la interfaz entre segmentos consecutivos puede comprender un conmutador o una instalación de conmutadores los cuales podrán ser conectados o desconectados a las líneas correspondientes. Sin embargo, se prefiere que las líneas de fase de segmentos consecutivos estén permanentemente conectadas en serie unas a

otras y que el accionamiento de los segmentos esté controlada por el funcionamiento (o por el no funcionamiento) de los inversores respectivos.

5 Según una segunda forma de realización, las líneas para transportar la misma fase de corriente alterna en las secciones consecutivas no están conectadas unas a otras. Una ventaja de esta forma de realización es que los segmentos no activos no producen campos electromagnéticos en absoluto, puesto que están desacoplados de los segmentos activos. Un ejemplo se describirá con referencia a las figuras.

10 El número de segmentos consecutivos los cuales son accionados al mismo tiempo no está limitado a dos. En cambio, tres o más segmentos consecutivos pueden ser activados al mismo tiempo, por ejemplo si un vehículo largo está viajando en la trayectoria, tal como un vehículo que tenga dispositivos de recepción en diferentes ubicaciones. En este caso, se prefiere que los segmentos sean desconectados únicamente cuando el último dispositivo de recepción haya dejado la sección de la trayectoria la cual corresponde al segmento.

15 El proceso de iniciar o detener el accionamiento de los segmentos puede ser controlado utilizando por lo menos una de las líneas de fase de los segmentos. Preferiblemente, la ocupación de una sección respectiva de la vía por un vehículo puede ser detectada, en particular mediante la detección de una tensión y/o una corriente en las líneas del segmento la cual es causada por el acoplamiento inductivo del vehículo a las líneas y/o la cual es causada por campos electromagnéticos producidos por el vehículo. De forma correspondiente, un dispositivo de medición puede estar conectado a la por lo menos una de las líneas. Preferiblemente, una pluralidad de o todas las líneas del segmento están conectadas a un dispositivo de medición y/o al mismo dispositivo de medición. El dispositivo o los dispositivos de medición está adaptado o están adaptados para detectar la ocupación de la sección respectiva de la vía por un vehículo mediante la detección de una tensión y/o una corriente en la línea o un bucle separado la cual es causada por el acoplamiento inductivo del vehículo a la línea y/o la cual es causada por los campos electromagnéticos producidos por el vehículo.

El sistema puede estar adaptado para conectar un segmento antes de que un dispositivo de recepción de un vehículo para recibir la energía transferida entre en la sección de la trayectoria del desplazamiento en donde está ubicado el segmento.

30 Por ejemplo, la longitud de los segmentos puede estar dimensionada de tal manera que por lo menos dos de los segmentos estén cubiertos en el sentido longitudinal por un vehículo en la vía, esto es, la mínima longitud de un vehículo en la vía es dos veces tan larga como la longitud de un segmento (preferiblemente, todos los segmentos de la línea tienen la misma longitud). Como resultado, el dispositivo de recepción o los dispositivos de recepción del vehículo para recibir la energía transferida pueden estar colocados en la sección media del vehículo en la dirección en el sentido longitudinal. Adicionalmente, se prefiere que únicamente estén conectados los segmentos los cuales estén totalmente cubiertos por un vehículo en la vía. Por otra parte, el acontecimiento de que un vehículo esté entrando en la zona por encima de un segmento de la línea particular puede ser detectado (como ha sido mencionado antes en este documento) y este segmento de la línea es conectado tan pronto como el vehículo entra en la zona por encima del segmento de la línea que sigue a continuación.

De acuerdo con ello, los segmentos son desconectados antes de que el vehículo deje la zona por encima del segmento de la línea. Preferiblemente son desconectados antes de que dejen de estar completamente cubiertos por el vehículo.

45 Si la instalación de conductores comprende más de una línea de corriente alterna (esto es, las líneas de fase) la detección de los acontecimientos de que el vehículo entre o deje un segmento de la línea particular puede ser realizada utilizando una de las líneas únicamente. Sin embargo, las otras líneas puede ser conectadas y desconectadas de forma correspondiente, esto es, la instalación de conductores comprende secciones en las que todas las líneas en las otras secciones pueden ser conectadas y desconectadas juntas.

Según una forma de realización preferida de la invención, por lo menos una de las líneas en por lo menos uno de los segmentos (preferiblemente todas las líneas en todos los segmentos) puede estar instalada de tal manera que la línea produzca, en cada punto en el tiempo mientras la corriente eléctrica alterna está fluyendo a través de la línea, una fila de polos magnéticos sucesivos de un campo electromagnético, en donde los polos magnéticos sucesivos tengan polaridades magnéticas alternas. La fila de polos magnéticos sucesivos se extiende en la dirección del desplazamiento del vehículo la cual está definida por la vía o por la trayectoria del desplazamiento. Alternativamente, la por lo menos una línea comprende una pluralidad de secciones las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento del vehículo la cual es definida por la vía o la trayectoria del desplazamiento. En este caso, las secciones de la misma línea están instaladas en una fila a lo largo de la trayectoria del desplazamiento (por ejemplo la vía) de tal manera que, en cada punto en el tiempo mientras una corriente eléctrica alterna está fluyendo a través de la línea, la corriente alterna fluye a través de secciones sucesivas en la fila de forma alterna en direcciones opuestas.

65 Los polos magnéticos producidos por las líneas y/o las secciones de las diferentes líneas están, en cada punto en el tiempo, en una secuencia de repetición que se extiende en la dirección del desplazamiento, en donde la secuencia

de repetición corresponde a una secuencia de las fases. Por ejemplo en el caso de una corriente alterna de tres fases, que tenga las fases U, V, W, una sección que transporta la fase U está seguida por una sección que transporta la fase V la cual a su vez está seguida por una sección que transporta la fase W y esta secuencia de fases U, V, W se repite varias veces en la dirección de la vía, esto es, en la dirección del desplazamiento. Un ejemplo será descrito más adelante en este documento con referencia a las figuras adjuntas.

En la forma de realización preferida de la invención la cual se ha mencionado antes en este documento, la por lo menos una línea produce, en cada punto en el tiempo mientras la corriente eléctrica alterna está fluyendo a través de la línea, una fila de polos magnéticos sucesivos de un campo electromagnético, en donde los polos magnéticos sucesivos tienen polaridades magnéticas alternas. En otras palabras: en un punto determinado en el tiempo la corriente alterna en la línea produce, en la dirección del desplazamiento, un campo magnético que tiene un vector del campo magnético el cual está orientado en una primera dirección en una primera zona de la línea, seguido por una segunda zona de la línea en donde el vector de campo del campo magnético está orientado en la dirección opuesta a la primera dirección, seguida por otra zona de la línea en donde el vector del campo magnético está orientado otra vez en la primera dirección y así sucesivamente. Sin embargo, no siempre es el caso de que la primera dirección y la dirección del vector del campo magnético en la zona que sigue de la línea estén exactamente orientadas en una dirección opuesta. Una razón puede ser que la línea no esté instalada exactamente de una manera regular, repetitiva. Otra razón puede ser influencias no simétricas de las otras líneas de la instalación de conductores. Una razón adicional puede ser campos electromagnéticos exteriores. También, el vehículo el cual se está desplazando sobre la vía influirá en el campo electromagnético resultante.

Sin embargo, el principio de los polos magnéticos alternos producidos por la misma línea de la instalación de conductores en cada punto en el tiempo tiene la ventaja de que la resistencia resultante en los lados del campo electromagnético de la instalación de conductores tiene una intensidad muy pequeña la cual disminuye rápidamente al aumentar la distancia a la instalación de conductores. En otras palabras, los campos magnéticos orientados de forma opuesta en las zonas de la línea se superponen en los lados de la línea y se compensan unos a otros. Puesto que es deseable tener una resistencia del campo electromagnético muy pequeña en ambos lados de la vía, se prefiere que la por lo menos una línea de la instalación de conductores eléctricos esté colocada en y/o debajo de la vía en donde las secciones de la línea las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento se extienden en un plano horizontal. En este contexto, "horizontal" también cubre el caso en el que la vía pueda formar una curva y esté ligeramente inclinada. De forma correspondiente, el plano "horizontal" respectivo de las secciones de la línea también puede estar ligeramente inclinado. La horizontal por lo tanto se refiere al caso normal en el que la vía se extiende en un plano horizontal. Lo mismo se aplica al caso en el que la trayectoria del desplazamiento o vía se dirija hacia arriba de una colina o hacia abajo de la colina. Algunos porcentajes de inclinación de la trayectoria son despreciables para la compensación de los campos magnéticos en los lados de la trayectoria.

Puesto que la intensidad del campo en los lados de la trayectoria es muy pequeña, la energía puede ser transferida al vehículo a una potencia alta y los valores límites EMC (por ejemplo 5 uT para la intensidad de campo magnético en los lados) pueden ser cumplidos fácilmente al mismo tiempo.

Según una forma de realización particularmente preferida, la por lo menos una línea en el por lo menos un segmento de la instalación de conductores eléctricos se extiende a lo largo de la trayectoria del desplazamiento o vía de una manera en serpentina, esto es, secciones de la línea las cuales se extienden en la dirección del desplazamiento son seguidas en cada caso por una sección la cual se extiende transversalmente a la dirección del desplazamiento la cual a su vez es seguida otra vez por una sección la cual se extiende en la dirección del desplazamiento. En el caso de un sistema de fases plurales preferiblemente todas las líneas de la instalación de conductores están instaladas de esta manera. La línea puede ser realizada mediante un cable.

La expresión "serpentina" cubre líneas que tengan una configuración curvada y/o que tengan secciones rectas con zonas de transición muy curvadas a secciones contiguas. Las secciones rectas se prefieren puesto que producen campos más homogéneos.

En particular, la corriente alterna en la por lo menos una línea del por lo menos un segmento produce una onda electromagnética la cual se mueve en o en oposición a la dirección del desplazamiento con una velocidad proporcional a la distancia de polos magnéticos consecutivos de la línea y proporcional a la frecuencia de la corriente alterna. Preferiblemente, por lo menos algunas de las secciones las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento, y preferiblemente todas esas secciones, se extienden sobre un ancho el cual es mayor que el ancho del dispositivo de recepción de un vehículo en la vía para la recepción de la energía transferida. Por ejemplo, el ancho de las secciones puede ser mayor que el ancho máximo de los vehículos los cuales pueden ocupar la vía.

Una ventaja de la forma de realización es que la corriente alterna la cual fluye a través de las secciones produce una intensidad prácticamente homogénea del campo magnético en la zona en la cual el dispositivo de recepción puede estar ubicado.

Preferiblemente, la instalación de conductores eléctricos está colocada por debajo de la vía, por ejemplo, debajo del suelo.

La por lo menos una línea comprende una inductividad la cual se utiliza para transferir la energía eléctrica al vehículo o vehículos y adicionalmente comprende una inductividad de las fugas la cual no contribuye a la transferencia de energía al vehículo o vehículos, en la que la inductividad de las fugas está compensada por una capacidad colocada en la misma línea de modo que la impedancia resultante de la capacidad y la inductividad de las fugas es cero. Una impedancia cero de este tipo tiene la ventaja de que la potencia reactiva del sistema se minimiza y, por lo tanto, el diseño de los componentes de potencia activos se minimiza también. Por ejemplo, la capacidad de compensación puede estar ubicada en un extremo de cada línea de fase de un segmento.

Principios y detalles con respecto a la recepción de energía en el interior del vehículo serán descritos con referencia a las figuras adjuntas. Sin embargo, algunas características se describen en lo siguiente: el dispositivo de recepción del vehículo puede comprender una bobina de un conductor o de conductores o puede comprender una pluralidad de bobinas. La ventaja de varias bobinas de un dispositivo de recepción de fases plurales es que es más fácil y significa menos esfuerzo suavizar las fluctuaciones de las corrientes o tensiones recibidas.

Preferiblemente, la por lo menos una bobina está colocada únicamente a unos pocos centímetros por encima de la instalación de conductores lateral primaria, porque el acoplamiento magnético entre las bobinas primaria y secundaria disminuirá con el incremento de la distancia. Por ejemplo, la por lo menos una bobina está colocada a no más de 10 cm por encima del suelo, preferiblemente a no más de 5 cm y lo más preferido entre 2 – 3 cm por encima del suelo. En particular, esto se aplica si la instalación de conductores está colocada por debajo del suelo. La línea o las líneas de la instalación de conductores pueden estar colocadas a no más de 2 cm por debajo de la superficie del suelo, preferiblemente a no más de 1 cm.

Preferiblemente, el dispositivo de recepción el cual recibe la energía transferida es móvil en una dirección vertical de modo que puede ser llevado a una posición próxima por encima del suelo y puede ser elevado a una posición más alta cuando no se utilice el dispositivo de recepción.

Preferiblemente, el dispositivo de recepción comprende una pluralidad de bobinas las cuales están instaladas en diferentes posiciones en la dirección del desplazamiento. Por ejemplo, la distancia entre las bobinas puede ser igual a la distancia de las secciones de fases diferentes de la instalación de conductores a lo largo de la vía, en donde está secciones son secciones las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento. Sin embargo, no es necesario colocar las diferentes bobinas del vehículo a la misma distancia una de la otra al igual que la distancia de las secciones.

Formas de realización y ejemplos de la presente invención se describirán ahora con referencia a las figuras adjuntas. Las figuras muestran:

Figura 1 esquemáticamente una instalación de conductores de tres fases la cual se extiende a lo largo de una vía,

Figura 2 un diagrama que muestra corrientes alternas a través de las tres fases de la instalación según la figura 1 como funciones del tiempo,

Figura 3 líneas de campo magnético de un campo magnético el cual es producido por la instalación de conductores según la figura 1, mientras un dispositivo de recepción de un vehículo está colocado por encima de la zona representada de la instalación de conductores, en el que la dirección del desplazamiento de la distribución del campo magnético se extiende en el plano de la figura desde la derecha hacia la izquierda o desde la izquierda hacia la derecha,

Figura 4 otro diagrama que muestra una zona del campo magnético el cual es producido por la instalación de conductores, mientras una carga está conectada al dispositivo de recepción en el vehículo,

Figura 5 un diagrama que muestra esquemáticamente el movimiento de la onda magnética producida por la instalación de conductores a lo largo de la vía y que muestra el movimiento del dispositivo de recepción debido al movimiento del vehículo sobre la vía,

Figura 6 un diagrama de circuito que muestra un dispositivo de recepción de un vehículo provisto de bobinas para tres fases diferentes, en el que el dispositivo de recepción está conectado a un convertidor de corriente alterna/corriente continua (AC/DC),

Figura 7 un vehículo ferrocarril el cual se desliza sobre una vía a lo largo de la cual se extiende una instalación de conductores,

Figuras 8a-c tres puntos consecutivos en el tiempo de una situación en la cual un vehículo ferrocarril se desliza sobre una vía, en la que la vía está provista de una pluralidad de segmentos de línea consecutivos de una

instalación de conductores, en la que los segmentos de la línea pueden ser conectados y desconectados para proporcionar energía al vehículo,

Figura 9 una instalación similar a la instalación representada en las figuras 8 que incluye un diagrama de circuito de una instalación de conductores a lo largo de la vía, en la que la instalación de conductores comprende segmentos de línea los cuales pueden ser conectados y desconectados,

Figura 10 una instalación similar a la instalación representada en la figura 1 que ilustra esquemáticamente una instalación de conductores entre dos carriles de una vía de ferrocarril,

Figura 11 una instalación que tiene una línea de suministro de potencia de corriente alterna y conmutadores para conectar interfaces entre segmentos con la línea de suministro,

Figura 12 una instalación preferida que tiene segmentos para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo en la que los segmentos están conectados a una línea de suministro de potencia de corriente continua a través de inversores en interfaces entre los segmentos,

Figura 13 esquemáticamente un vehículo ferrocarril que se desplaza a lo largo de una vía con una pluralidad de segmentos consecutivos en el que un inversor está instalado en cada interfaz entre dos segmentos consecutivos,

Figura 14 una instalación similar a la instalación representada en la figura 12 que ilustra el estado de funcionamiento en un primer punto en el tiempo,

Figura 15 la instalación de la figura 14 en un punto en el tiempo en el que el dispositivo de recepción de un vehículo se ha desplazado a lo largo de uno de los segmentos y se prepara el accionamiento del segmento consecutivo,

Figura 16 la instalación de las figuras 14 y 15 en la que el dispositivo de recepción ha sido movido al segmento consecutivo y el inversor en la interfaz entre los dos segmentos consecutivos es accionado en un estado de accionamiento diferente comparado con el estado representado en la figura 15,

Figura 17 esquemáticamente una línea de suministro de potencia de corriente continua y una pluralidad de conjuntos de control para controlar el funcionamiento de los inversores entre segmentos consecutivos que ilustra un primer estado de accionamiento de los controles,

Figura 18 la instalación de la figura 17 en un segundo estado de accionamiento,

Figura 19 esquemáticamente una instalación que comprende segmentos consecutivos en la que las líneas de los elementos para transportar las fases de la corriente alterna no están conectados en serie unos a los otros, y

Figura 20 una fuente de corriente constante para producir una corriente alterna constante en uno de los segmentos consecutivos.

La figura 1 muestra una instalación de conductores la cual puede estar colocada bajo tierra a lo largo de una vía, por ejemplo a lo largo de los carriles de un ferrocarril (véase la instalación representada en la figura 10, por ejemplo). En el último caso, los carriles se extienden desde la izquierda hacia la derecha en la vista de la figura 1. La instalación representada en la figura 1 puede ser un segmento de una pluralidad de segmentos de la instalación de conductores total que se extienden a lo largo de la trayectoria del desplazamiento.

La figura 1 se entiende que es una vista esquemática. La instalación de conductores representa de la figura 1 comprende tres líneas 1, 2, 3 que se extienden (en la dirección del desplazamiento la cual se extiende desde la izquierda hacia la derecha o de la derecha hacia la izquierda la figura 1) entre un primer extremo 4a y un segundo extremo 4b. Cada línea comprende secciones las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento. Únicamente algunas de las secciones que se extienden transversalmente de las líneas 1, 2, 3 están indicadas mediante números de referencia, esto es, tres secciones 5a, 5b, 5c de la línea 3, algunas secciones adicionales de la línea 3 indicadas por "5", una sección 5x de la línea 2 y una sección 5y de la línea 1. En el caso más preferido, la instalación 12 representada en la figura 1 está colocada por debajo del suelo de la vía de modo que la figura 1 muestra una vista desde arriba sobre la instalación 12. En este caso, los carriles de un ferrocarril se pueden extender desde la izquierda hacia la derecha, en la parte superior e inferior de la figura 1, esto es, secciones de la línea que se extienden transversalmente pueden estar completamente en el interior de los límites definidos por los carriles (véase también la figura 10). Por ejemplo de la manera representada en las figuras 12 – 18, tres líneas 1, 2, 3 pueden estar conectadas a una línea de suministro de corriente continua a través de inversores, en donde la línea de suministro se extiende a lo largo de la trayectoria del desplazamiento del vehículo y puede alimentar así mismo otros segmentos con energía eléctrica.

En el momento el cual está descrito en la figura 1, una corriente positiva I1 está fluyendo a través de la línea 3. "Positiva" significa que la corriente fluye desde la izquierda hacia la derecha en la figura 1 entre los extremos 4a, 4b del segmento. Puesto que las líneas 1, 2, 3 son líneas de fase de una corriente alterna de tres fases, por lo menos una de las otras corrientes, en este caso la corriente I2 a través de la línea 2 y la corriente I3 a través de la línea 1, son negativas o más generalmente hablando, fluyen en la dirección opuesta. Las direcciones de las corrientes a través de las líneas 1, 2, 3 están indicadas mediante flechas.

Un inversor (no representado en la figura 1) puede estar colocado en cada extremo de las tres líneas 1, 2, 3 representadas en la figura 1. Los inversores pueden estar sincronizados para producir un desplazamiento de fase del potencial eléctrico en los extremos opuestos del segmento. Cuando la instalación representada en la figura 1 es uno de una pluralidad de segmentos de la instalación de conductores total, las líneas 1, 2, 3 también pueden estar conectadas a la línea de fase correspondiente de un segmento consecutivo (por ejemplo como se representa en la figura 12).

Las secciones de la línea 3 y las secciones correspondientes de las líneas 1, 2 las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento preferiblemente tienen el mismo ancho y son paralelas unas a las otras. En la práctica, se prefiere que no exista desplazamiento en la dirección del ancho entre las secciones que se extienden transversalmente de las tres líneas. Un desplazamiento de este tipo está representado en la figura 1 en razón de que cada sección o cada línea pueda ser identificada.

Preferiblemente, cada línea sigue la misma trayectoria a modo de serpentina a lo largo de la vía, en donde las líneas están desplazadas en la dirección del desplazamiento en un tercio de la distancia entre secciones consecutivas de la misma línea que se extiende transversalmente a la dirección del desplazamiento. Por ejemplo, como se representa en la mitad de la figura 1, la distancia entre secciones consecutivas 5 está indicada por T_P . En el interior de la zona entre estas secciones consecutivas 5, existen también otras dos secciones las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento esto es, la sección 5x de la línea 2 y la sección 5y de la línea 1. Este modelo es secciones consecutivas 5, 5x, 5y se repite a distancias regulares entre estas secciones de la dirección del desplazamiento.

La dirección correspondiente de la corriente la cual fluye a través de las secciones se representa en la zona de la izquierda de la figura 1. Por ejemplo, la sección 5a transporta una corriente desde un primer lado A de la instalación 12 hacia el lado opuesto B de la instalación. El lado A puede ser un lado de la vía (tal como el lado de mano derecha en la dirección del desplazamiento, cuando se mira desde un vehículo que se desplaza) y el lado B es el lado opuesto (por ejemplo el lado izquierdo de la vía), si la instalación 12 está enterrada en el suelo por debajo de la vía, o más generalmente hablando, se extiende en un plano horizontal.

La sección consecutiva 5b por consiguiente transporta una corriente eléctrica al mismo tiempo la cual fluye desde el lado B hacia el lado A. La siguiente sección consecutiva 5c de la línea 3 por consiguiente está transportando una corriente desde el lado A hacia el lado B. Todas estas corrientes tienen el mismo tamaño, puesto que son transportadas por la misma línea al mismo tiempo. En otras palabras: las secciones las cuales se extienden transversalmente están conectadas unas a otras por secciones las cuales se extienden en la dirección del desplazamiento.

Como resultado de esta instalación de las líneas a modo de serpentina los campos magnéticos los cuales son producidos por las secciones 5a, 5b, 5c, ... de la línea 3 producen una fila de polos magnéticos sucesivos de un campo electromagnético, en donde los polos magnéticos sucesivos (los polos producidos por las secciones 5a, 5b, 5c, ...) tienen polaridades magnéticas alternas. Por ejemplo, la polaridad del polo magnético el cual es producido por la sección 5a puede corresponder en un punto específico en el tiempo a un dipolo magnético, por lo cual el polo norte magnético está encarado hacia arriba y el polo sur magnético está encarado hacia abajo. Al mismo tiempo, la polaridad magnética del campo magnético el cual es producido por la sección 5b está orientada al mismo tiempo de tal manera que el dipolo magnético correspondiente está encarado con su polo sur hacia arriba y con su polo norte hacia abajo. El dipolo magnético correspondiente de la sección 5c está orientado de la misma manera que para la sección 5a y así sucesivamente. Lo mismo se aplica a las líneas 1 y 2.

Sin embargo, la presente invención también cubre el caso en el que exista únicamente una fase, que existan dos fases o que existan más de tres fases. Una instalación de conductores que tenga únicamente una fase puede estar instalada como la línea 3 en la figura 1. Los extremos de una línea 3 por lo tanto pueden estar conectados a una línea de suministro de corriente continua a través de inversores de una fase. Una instalación de dos fases puede consistir en las líneas 3 y 2, por ejemplo, pero la distancia entre las secciones que se extienden transversalmente de las dos líneas (o más generalmente hablando: todas las líneas) preferiblemente es constante (esto es, las distancias entre una sección que se extiende transversalmente de la línea 3 a las dos secciones que se extiende transversalmente más próximas de la línea 2, en la dirección del desplazamiento y en la dirección opuesta, son iguales).

La figura 10 está pensada para ilustrar algunas dimensiones ejemplares de la instalación de conductores, por ejemplo la instalación de conductores representada en la figura 1. Únicamente partes de las tres líneas 111, 112,

113 (las cuales pueden corresponder a las líneas 1, 2, 3 de la figura 1) están representadas en la figura 10 y las conexiones a los inversores o a las líneas de segmentos consecutivos se han omitido.

Las líneas a modo de serpentina 111, 112, 113 están colocadas entre dos carriles 116a, 116b de carriles para vehículos ferrocarriles (tal como trenes regionales o locales, tal como por ejemplo un tranvía). La expresión "entre" se refiere a la vista desde arriba representada en la figura 10. Por ejemplo, las líneas 111, 112, 113 pueden estar colocadas debajo del nivel de los carriles 116.

Cada una de las líneas 111, 112, 113 comprende secciones lineales las cuales se extienden transversalmente a la dirección de la vía, esto es, la dirección longitudinal de los carriles 116. Estas secciones que se extienden transversalmente están conectadas a las secciones que se extienden transversalmente consecutivas de la misma línea a través de secciones que se extiende longitudinalmente, las cuales se extienden en la dirección longitudinal de los carriles. Las secciones que se extienden transversal y linealmente tiene una longitud LB, la cual preferiblemente es por lo menos tan larga como la mitad de la distancia RB entre los carriles. Por ejemplo, la distancia RB puede ser 1 m y la longitud de las secciones que se extienden transversalmente puede ser 50 cm o estar en la gama desde 50 hasta 75 cm.

Las secciones que se extienden transversalmente y las secciones que se extiende longitudinalmente de la misma línea están conectadas unas a las otras por secciones curvadas. La curvatura corresponde, por ejemplo, a la curvatura de un círculo que tiene un radio de 150 mm.

La figura 10 también muestra esquemáticamente un área sombreada 118 la cual está cubierta por una bobina de un dispositivo de recepción de un vehículo que se desplaza sobre los carriles 116. El ancho de la bobina es igual a las longitudes de las secciones que se extienden transversalmente de las líneas. Sin embargo, en la práctica, se prefiere que este ancho sea menor que la longitud de las secciones que se extienden transversalmente. Esto permite un desplazamiento en la posición de la bobina en la dirección transversal a la dirección del desplazamiento, como se indica mediante dos flechas y una línea debajo del área sombreada 118. Un desplazamiento de este tipo no influirá en la recepción de energía por la bobina, si el desplazamiento no mueve la bobina más allá de los límites de las secciones que se extienden transversalmente.

Como se desprende a partir del diagrama que depende del tiempo representado en la figura 2, las corrientes a través de las fases 1, 2, 3 de la figura 1 pueden ser corrientes de fase de una corriente alterna de tres fases convencional. L1, L2, L3 en la figura 2 indican que las líneas a modo de serpentina 1, 2, 3 forman inductividades.

Como se representa en la figura 2 el valor de la corriente pico de las corrientes puede estar en la gama de 300 A respectivamente -300 A. Sin embargo, corrientes pico mayores o menores también son posibles. Una corriente pico de 300 A es suficiente para proporcionar energía de propulsión a un tranvía para mover el tranvía a lo largo de una vía de algunos cientos de metros hasta unos pocos kilómetros, por ejemplo en el interior del centro histórico de una ciudad. Además, el tranvía arrastrará energía desde un almacenaje de energía de a bordo, tal como una instalación de batería electroquímica convencional y/o una instalación de súper pilas. El almacenaje de energía puede ser cargado otra vez completamente, tan pronto como el tranvía haya dejado el centro de la ciudad y se conecte a una línea aérea.

Las líneas curvadas en la figura 3 son líneas de campo del campo magnético el cual es producido por las secciones de las líneas 1, 2, 3 representadas en la figura 1. La figura 3 describe las situaciones en cuatro puntos diferentes en el tiempo los cuales corresponden a "0", "30", "60", "90" en la escala del tiempo de la figura 2. La escala del tiempo de la figura 2 también puede ser interpretada como una escala que muestra el ángulo del comportamiento sinusoidal de las corrientes, lo cual significa que la figura 2 muestra el comportamiento de las corrientes durante un período completo, esto es, los valores de la corriente al principio del periodo en "0" son los mismos que al final del período a "360". Si se utiliza el término "desplazamiento de fase" en esta descripción, quiere decir la fase de las corrientes alternas (como se representa, por ejemplo, en la figura 2) o las fases de las tensiones alternas correspondientes. Por el contrario, no se mencionan las acciones de conmutación de los inversores (que están conectados a los segmentos) y las fluctuaciones correspondientes u "ondulaciones" (no representado en la figura 2) de la corriente alterna. Sin embargo, las corrientes alternas no tienen que ser corrientes sinusoidales. También son posibles otras formas de onda, por ejemplo ondas rectangulares.

A la izquierda de los cuatro diagramas parciales de la figura 3, se representan secciones transversales de secciones que se extienden transversalmente de las líneas 1, 2, 3. El signo de referencia "I1" indica la corriente I1 la cual está fluyendo a través de una sección que se extiende transversalmente de la línea 1 y así sucesivamente. Estas secciones que se extienden transversalmente se extienden perpendicularmente al plano de la imagen de la figura 3, en donde el plano de la imagen es un plano de corte vertical a través de la instalación 12 de la figura 1, en donde los planos de la imagen de la figura 1 y la figura 3 son perpendiculares uno al otro y en donde el plano de la imagen de la figura 3 se extiende en la dirección del desplazamiento, cortando las secciones 5 de la figura 1 en dos mitades. En las zonas superiores de la figura 3, bobinas electromagnéticas 7 están esquemáticamente representadas como áreas enmarcadas rectangulares. Encima de estas bobinas 7, las cuales son piezas de un dispositivo de recepción de un vehículo para recibir la energía desde la instalación 12, elementos principales ferromagnéticos 8 están

colocados a fin de empaquetar y apartar las líneas del campo magnético. Estos elementos principales 8 tienen la función de un núcleo de un electroimán.

La figura 4 muestra una vista similar a las vistas representadas en la figura 3. Sin embargo, la figura quiere ilustrar la situación hipotética en la que las bobinas en el vehículo (el cual está desplazándose en la vía) inducen una corriente en la instalación de conductores de la vía. Además de la figura 3, la figura 4 también muestra secciones transversales a través de conductores eléctricos 41a, 41b en las zonas 7a, 7b, 7c, 7d de la bobina 7. En la zona 7a, 7b, una corriente la cual esta orientada hacia arriba fuera de plano de la imagen de la figura 4 está fluyendo en el punto descrito en el tiempo. En el lado de mano derecha de la figura 4, en donde están representadas las zonas 7c, 7d de la bobina 7, la corriente está dirigida hacia abajo al interior del plano de la imagen de la figura 4, como se indica mediante las líneas cruzadas. El campo electromagnético (ilustrado por las líneas de campo en la figura 4) el cual es producido por la bobina 7, es simétrico a la línea divisoria de las secciones 7b y 7d, puesto que las cantidades de las corrientes en las secciones 7a a 7d son también simétricas respecto a la línea divisoria.

La figura 5 muestra otro corte a lo largo de un plano de corte el cual se extiende verticalmente y el cual se extiende en la dirección del desplazamiento. Los cables o haces de cables de las líneas 1, 3, 2 los cuales están colocados en secciones de las líneas 1, 3, 2 las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento están representados en la mitad superior de la figura 5. En total, siete secciones de la instalación 12 las cuales se extienden transversalmente a la dirección del desplazamiento están representadas en la figura 5, por lo menos parcialmente. La sección primera, cuarta y séptima en la fila (desde la izquierda hacia la derecha) pertenecen a la línea 1. Puesto que la dirección de la corriente I1 a través de la sección 5b (la cuarta sección en la figura 5) es opuesta a la dirección de la corriente I1 a través de las secciones 5a, 5c (la sección primera y la séptima en la figura 5) y puesto que las corrientes I1, I3, I2 son corrientes alternas, la onda electromagnética producida se mueve en la dirección del desplazamiento a una velocidad v_w . La onda está indicada por 9, la inductividad de la instalación 12 por L_p .

Las secciones transversales representadas en la mitad superior de la figura 5 representan un dispositivo de recepción de un vehículo el cual se está desplazando en la dirección del desplazamiento y a una velocidad v_m y en la parte superior de la figura 5 "2 TP" indica que la figura 5 muestra un segmento de línea de la instalación 12, la longitud del cual es igual a dos veces la distancia entre tres secciones consecutivas que se extienden transversalmente de una línea, en este caso la línea 1.

La figura 6 muestra un diagrama de circuito de una instalación la cual puede estar colocada en o por debajo de un vehículo el cual se está desplazando sobre la vía. La instalación comprende un dispositivo de recepción de tres fases para recibir el campo electromagnético desde la vía y para producir energía eléctrica a partir de la misma. El dispositivo de recepción comprende una bobina o una instalación de bobinas para cada fase 1a, 2a, 3a, en la que las bobinas están indicadas por L71, L72, L73 (bloque 201). En la forma de realización representada, las fases 1a, 2a, 3a están conectadas juntas en un punto en estrella común 71. Inductividades de fuga (no representadas separadamente en la figura 6) de las fases 1a, 2a, 3a están compensadas por las capacidades C71, C72, C73, como se representa en el bloque 202.

El lado de salida del dispositivo de recepción 201, 202, en donde las corrientes de fase Is1a, Is2a, Is3a están representadas en la figura 6, está conectado a un convertidor de corriente alterna/corriente continua (AC/DC) 203. El lado de corriente continua del convertidor 203 está conectado a las líneas 76a, 76b de un circuito intermedio. Las líneas 76a, 76b están conectadas unas a otras a través de una capacidad de filtrado C7d indicada por "204". La carga eléctrica, la cual puede estar provista con energía en el interior del vehículo, está indicada por una resistencia RL en "205" la cual puede estar conectada a las líneas 76a, 76b del circuito intermedio. "Ud" indica que la carga RL puede causar una caída de tensión, en donde Ud es la tensión en el circuito intermedio por ejemplo.

La figura 7 muestra una vía 83 (en este caso: una vía de ferrocarril que tiene dos carriles) la cual está ocupada por un vehículo ligado a una vía 81, tal como un tren de transporte público regional o un tranvía.

La instalación representada comprende una instalación de conductores eléctricos para la producción de un campo electromagnético, transfiriendo de ese modo la energía al vehículo en la vía. La instalación de conductores 89 está representada esquemáticamente. Por ejemplo, la instalación de conductores puede estar diseñada como se representa en la figura 1. La instalación de conductores 89 (y esto se aplica a otras instalaciones, no únicamente al ejemplo representado en la figura 7), puede estar colocada por debajo del suelo o por encima del suelo. En particular en el caso de ferrocarriles que tengan dos carriles sobre los cuales deben rodar las ruedas de los vehículos del carril, la instalación de conductores puede estar colocada por encima del suelo entre los carriles en el nivel de una traviesa de ferrocarril, o parcialmente por encima del suelo, pero por debajo de las traviesas de ferrocarril. Si las traviesas de ferrocarril están fabricadas de hormigón por ejemplo, las traviesas o bien las otras construcciones para sostener los carriles pueden comprender taladros y/o cavidades a través de las cuales se extienden la línea o las líneas de la instalación de conductores. De ese modo, la construcción de ferrocarril puede ser utilizada para mantener la línea o las líneas en la forma en serpentina deseada.

El vehículo ligado a una vía 81 comprende en su lado inferior un dispositivo de recepción 85 para recibir el campo electromagnético el cual es producido por la instalación de conductores 89. El dispositivo de recepción 85 está eléctricamente conectado a una red eléctrica de a bordo 86 de modo que la energía eléctrica, la cual es inducida en el dispositivo de recepción 85 puede ser distribuida en el interior del vehículo 81. Por ejemplo, dispositivos auxiliares 90 y conjuntos de propulsión 80, 84 para el accionamiento de motores de propulsión (no representados) en bogies 780a, 780b provistos de las ruedas 88a, 88b, 88c, 88d pueden estar conectados a la red de distribución 86. Adicionalmente, un almacenaje de energía 82, tal como un almacenaje de energía electroquímica o una instalación de condensadores, tal como una súper batería, también puede estar conectado a la red de distribución. Por lo tanto, el almacenaje de energía 82 puede ser cargado por la energía recibida mediante el dispositivo de recepción, en particular durante las paradas del vehículo 81 sobre la vía. Cuando el vehículo 81 se está moviendo sobre la vía, una parte de la energía de propulsión la cual se necesita para mover el vehículo 81 puede ser extraída del almacenaje de energía 82 y al mismo tiempo la energía, la cual es recibida por el dispositivo de recepción puede contribuir a la propulsión, esto es, puede ser parte de la energía de propulsión.

Las figuras 8a-c ilustran el concepto de una instalación de conductores 112 que comprende secciones las cuales pueden ser conectadas y desconectadas de modo que únicamente secciones, las cuales están conectadas produzcan un campo electromagnético a fin de transferir energía al vehículo o a los vehículos sobre la vía. Los ejemplos de la figura 8 muestran cinco segmentos T1, T2, T3, T4, T5 los cuales están instalados en una fila de segmentos sucesivos a lo largo de la vía.

Un vehículo 92, tal como un tranvía, se está desplazando sobre la vía. Por debajo del suelo del vehículo 92 están provistos dos dispositivos de recepción 95a, 95b para recibir el campo electromagnético producido por los segmentos. Los dispositivos de recepción 95a, 95b pueden ser dispositivos redundantes, en donde sólo uno de los dispositivos es necesario para el accionamiento del vehículo. Esto incrementa la fiabilidad de accionamiento. Sin embargo, los dispositivos 95a, 95b también pueden ser dispositivos no redundantes los cuales pueden producir energía al mismo tiempo para el accionamiento del vehículo. Sin embargo, puede ocurrir en este caso que por lo menos uno de los dispositivos 95 no produzca energía eléctrica. En lugar de los dispositivos de recepción, el vehículo puede comprender más dispositivos de recepción.

La siguiente descripción se refiere a todos estos casos y, además, al caso en el que el vehículo tenga únicamente un dispositivo de recepción.

Según los ejemplos representados en las figuras 8, el vehículo se desplaza desde la izquierda hacia la derecha. En la figura 8a, el vehículo 92 ocupa la vía por encima de los elementos T2, T3 y parcialmente ocupa la vía por encima de los elementos T1 y T4. Los dispositivos de recepción 95 o el dispositivo de recepción están/está colocado siempre por encima de los elementos los cuales están completamente ocupados por el vehículo. Este es el caso, porque la distancia entre los dispositivos de recepción al extremo más próxima del vehículo en la dirección longitudinal es mayor que la longitud de cada segmento de la instalación de conductores 112.

En la situación de la figura 8a, los elementos T2, T3 están conectados y todos los otros elementos T1, T4, T5 están desconectados. En la figura 8b, en donde el vehículo 92 ocupa completamente la vía por encima de los elementos T2, T3 y casi completamente ocupa la vía por encima del elemento T4, el elemento T2 ha sido desconectado, porque los dispositivos de recepción 95 o el dispositivo de recepción han/ha dejado ya la zona por encima del elemento T2 y el elemento T4 será conectado tan pronto como el vehículo ocupe completamente la zona por encima del elemento T4. Este estado, cuando se conecta el elemento T4, está representado en la figura 8c. Sin embargo, entretanto el elemento T3 ha sido desconectado.

La figura 9 muestra una instalación la cual es similar a las instalaciones representadas en la figura 8. De hecho, puede ser una vista diferente de la misma instalación como se representa en la figura 8. Sin embargo, la figura 9 muestra piezas adicionales de la instalación. Cada uno de los segmentos sucesivos 103a, 103b, 103c de la instalación de conductores para la producción de un campo electromagnético está conectado a la línea de suministro de corriente continua 108 a través de un inversor separado 102a, 102b, 102c para la producción de una corriente alterna en el segmento. Los segmentos consecutivos 103a, 103b, 103c no están eléctricamente conectados en serie unos a los otros. Un extremo de las líneas del segmento 103a, 103b, 103c está conectado al inversor respectivo 102a, 102b, 102c. En el otro extremo del segmento, las líneas pueden estar conectadas a un punto en estrella común. Sin embargo, la figura 9 no muestra la forma de realización preferida.

La figura 11 muestra un diagrama de circuito. Una fila de segmentos consecutivos 137, 138, 139 de una instalación de conductores eléctricos para la producción de un campo electromagnético está parcialmente representada en la figura. Únicamente un segmento está representado completamente, esto es, el segmento 138. Los elementos 137, 138, 139 comprenden cada uno tres líneas de fase 135a, 135b, 135c. Estas líneas de fase 135 pueden estar realizadas de la manera representada en la figura 1, por ejemplo. En particular, las secciones que se extienden transversalmente de las líneas de fase de segmentos consecutivos 137, 138, 139 pueden estar colocadas a distancias constantes en la dirección del desplazamiento (desde la derecha hacia la izquierda o desde la izquierda hacia la derecha en la figura 11), a pesar de las interfaces entre los segmentos consecutivos 137, 138, 139. Las interfaces se describirán con más detalle más adelante en este documento.

Cada línea de fase 135 de cada segmento 137, 138, 139 comprende en un extremo de la línea de fase 135 una capacidad 140 para compensar la inductancia de la línea de fase 135. Como resultado, la impedancia es cero.

En las interfaces entre segmentos consecutivos 137, 138, 139, cada línea de fase 135 está conectada a una de las tres líneas de corriente alterna 131a, 131b, 131c de una línea de suministro de potencia de corriente alterna 130. Las conexiones están indicadas por los números de referencia 132a, 132b, 132c y cada una de las conexiones 132 comprende conmutadores 133 para conectar y desconectar la conexión entre las líneas de fase 135 y las líneas de corriente alterna 131. Sin embargo, estos conmutadores 133 únicamente son accionados (esto es, conectados o desconectados) si el funcionamiento de uno de los segmentos 137, 138, 139 se inicia o se detiene.

Adicionalmente, cada una de las conexiones 132 está conectada en cada caso a través de un conmutador 134 a un punto en estrella común 136. Por lo tanto, los conmutadores 133 en una interfaz específica pueden estar desconectados pero los conmutadores del punto en estrella 134 pueden estar conectados. Por consiguiente, las líneas de fase 135 se puentean en esta interfaz y pueden ser alimentadas una corriente alterna en un extremo opuesto del segmento.

Sin embargo, como se ha mencionado antes, la presente invención propone no utilizar una línea de corriente alterna 130, sino en cambio una línea de suministro de potencia de corriente continua como se representa en la figura 12. Las líneas más y menos de la línea de suministro de corriente continua están indicadas por los números de referencia 141a, 141b. En la práctica, una de estas líneas 141 puede estar realizada por el suelo, por ejemplo por los carriles de un ferrocarril.

El diagrama de circuito representado en la figura 12 es idéntico a la instalación representada en la figura 11 con respecto a los segmentos 137, 138, 139. Los mismos números de referencia se utilizan en las figuras 11 y 12.

La conexión de las interfaces entre los segmentos 137, 138, 139 y la línea de suministro de potencia de corriente continua 141a, 141b difiere comparada con la figura 11. Cada línea de fase 135 está conectada a un potencial más y menos de la línea de suministro de corriente continua 141 a través en cada caso de un conmutador 147, 148. Por ejemplo, la línea de fase 135a está conectada a través de una conexión 144a al potencial más y al potencial menos. En el interior de la conexión 144a, el conmutador entre la línea de fase 135a y el potencial más está indicado por el número de referencia 147 y el conmutador entre la línea de fase 135a y el potencial menos está indicado por 148. Las conexiones 144b, 144c de las líneas de fase 135b, 135c al potencial más y al menos (líneas 141a, 141b) están construidas de la misma manera. Esta descripción se aplica a la interfaz 142 entre el segmento 137 y el segmento 138. En la interfaz entre el segmento 138 y el segmento 139, las conexiones entre las líneas de fase 135 y la línea de suministro de corriente continua 141 están indicadas por los números de referencia 145a, 145b, 145c. Los conmutadores entre las líneas de fase 135 y el potencial más de la línea 141a están indicados por 149 y los conmutadores al potencial menos están indicados por 150.

Por consiguiente, cada interfaz 142, 143 puede ser conectada y desconectada a/de la línea de suministro 141 mediante el accionamiento de los conmutadores 147, 148 o 149, 150. Los conmutadores 147, 148 constituyen un primer inversor, junto con un control de los conmutadores 147, 148 el cual no está representado en la figura 12. De la misma manera, los conmutadores 149, 150 y un control correspondiente para controlar los accionamientos de conmutación de estos conmutadores constituyen un segundo inversor en la interfaz 143. Durante el accionamiento de los inversores, los conmutadores del inversor son conectados y desconectados repetidamente para producir una corriente alterna deseada en la interfaz 142, 143, esto es, en el extremo de uno de los segmentos 137, 138, 139. Por ejemplo, la conexión 144a para conectar la línea de suministro de corriente continua 141 a la línea de fase 135a por lo tanto comprende una conexión en serie del conmutador 147 y el conmutador 148 en donde se realiza una conexión entre la línea de fase 135a y un punto de contacto entre los conmutadores 147, 148.

Como se representa en la figura 13, una pluralidad de segmentos 147a hasta 147f pueden estar instalados como segmentos consecutivos a lo largo de la trayectoria del desplazamiento de un vehículo. El vehículo puede comprender un dispositivo de recepción 161 para la recepción del campo electromagnético producido por uno o más de uno de los segmentos 157. En la situación representada en la figura 13, el dispositivo de recepción 161 está colocado por encima del segmento 157c y por lo menos este segmento 157c es accionado para producir un campo electromagnético y proporcionar energía al vehículo. Adicionalmente, el vehículo puede comprender almacenajes de energía 163a, 163b los cuales pueden ser utilizados para accionar el vehículo si no se recibe energía suficiente a partir de los segmentos 157.

En cada interfaz entre dos segmentos consecutivos 157, está provisto un inversor 152a hasta 152e. Por ejemplo, los inversores 152 pueden estar realizados según el diagrama de circuito de la figura 12.

La línea de suministro de potencia de corriente continua 141a, 141b también está representada en la figura 13. Está conectada a una fuente de energía 151, tal como una estación de potencia para la producción de una corriente continua.

En relación con las figuras 14 - 16, se describirá una serie de acciones de accionamiento para el accionamiento de una instalación según la presente invención. La instalación representada en las figuras 14 - 16 es similar a la instalación representada en la figura 12. La única diferencia es que dos segmentos consecutivos 138, 139 y sus interfaces respectivas a segmentos vecinos están totalmente representados en las figuras 14 -16. Los inversores en las tres interfaces representados en las figuras 14 -16 están indicados por Inv 1, Inv 2, Inv 3. La constitución de éstos inversores se describió con referencia a la figura 12.

En la situación representada en la figura 14, el dispositivo de recepción 161 de un vehículo que se está desplazando a lo largo de una sección de la trayectoria del desplazamiento y esta sección está definida por la extensión del segmento 138 en la dirección del desplazamiento. El dispositivo de recepción 161 se mueve desde la izquierda hacia la derecha en la figura 14. El principio del segmento 138 está definido por la interfaz al segmento 137 en donde está ubicado el inversor Inv 1. El extremo del segmento 138 está definido por la interfaz al segmento 139 en donde está ubicado el inversor Inv 2. De la misma manera, el principio del segmento 139 el cual es el segmento vecino del segmento 138, está definido por la ubicación del inversor Inv 2 y el final del segmento 139 está definido por la ubicación del inversor Inv 3.

Adicionalmente, la figura 14 muestra esquemáticamente el potencial eléctrico producido por el inversor Inv 1 como una función del tiempo (diagrama 170a) y también muestra el potencial eléctrico producido por el inversor Inv 2 como una función del tiempo (diagrama 170b). La línea superior (la cual es una línea de tensión alterna rectangular en el ejemplo de la figura 14, pero también puede ser una línea de tensión alterna de otra forma) está indicada por la letra A, que indica que este potencial eléctrico puede ser medido en el punto A en la interfaz de la línea de fase 135a. De la misma manera, los potenciales eléctricos en el punto B, el punto de la interfaz de la línea de fase 135b, y el potencial eléctrico en el punto C, el punto de la interfaz de la línea de fase 135c, están representados en el diagrama 170a. El diagrama 170b muestra el potencial eléctrico en los puntos de interfaz correspondientes A', B', C' del inversor Inv 2.

Los diagramas 170 se utilizan para ilustrar el desplazamiento de fase entre los inversores Inv 1, Inv 2. En el momento de la figura 14, este desplazamiento de fase es 180° lo cual significa que el potencial eléctrico en el punto A y en el punto A' tienen el mismo valor absoluto, pero el potencial es negativo para el punto A' cuando dispositivo para el punto A y viceversa. Lo mismo se aplica a las otras fases en los puntos B, B' y C, C'. Puesto que la tensión alterna producida por los inversores Inv 1, Inv 2 es una corriente alterna de tres fases, el desplazamiento de fase entre las tres fases es de 120° . Más generalmente hablando, los inversores en las interfaces entre segmentos consecutivos producen tensiones alternas que preferiblemente tienen un periodo de tiempo constante y tensiones de pico constantes. El nivel de tensión en la mitad entre las dos tensiones de pico se representa para cada fase en los diagramas 170 como una línea horizontal.

El desplazamiento de fase entre los potenciales eléctricos en extremos opuestos de un segmento o de una fila de segmentos no tiene que ser 180° a fin de producir una corriente alterna en el segmento o fila de segmentos consecutivos. Controlando el desplazamiento de fase, se pueden controlar el pico y el valor medio de la corriente alterna a través del segmento. Por ejemplo, una corriente de pico reducido puede ser deseada por razones de seguridad.

De otra manera a lo representado en la figura 14, no únicamente puede ser accionado un segmento de la manera descrita antes en este documento (esto es, mediante la producción de un desplazamiento de fase del potencial eléctrico en los extremos opuestos del segmento), sino también dos o más segmentos consecutivos pueden ser accionados de esta manera. En este caso, es suficiente accionar un inversor en un extremo de la fila de segmentos consecutivos y un inversor en el extremo opuesto de la fila de segmentos consecutivos. Por ejemplo, a fin de accionar los segmentos 138, 139, el inversor Inv 3 puede ser accionado de la misma manera que el inversor Inv 2, representado en la figura 14 y el inversor Inv 2 puede ser desconectado al mismo tiempo (esto es, no es accionado).

Volviendo a la situación descrita en la figura 14, el dispositivo de recepción 161 se mueve desde la izquierda hacia la derecha. Cuando el dispositivo de recepción 161 se aproxima al extremo del segmento 138 (figura 15) se inicia el accionamiento del inversor Inv 3. El diagrama 170c también muestra los potenciales eléctricos como funciones del tiempo en los puntos de interfaz A'', B'', C'' en la ubicación del inversor Inv 3. No existe desplazamiento de fase entre el potencial eléctrico producido por los inversores Inv 2, Inv 3. Por consiguiente, mientras está accionado el inversor Inv 2, no existe tensión a través del segmento 139 y no fluye corriente a través del segmento 139.

Tan pronto como el dispositivo de recepción 161 llega a la interfaz llegue a los segmentos 138, 139 (o poco antes de que llegue a la interfaz) se detiene el accionamiento del inversor Inv 2, esto es, todos los conmutadores del inversor Inv 2 permanecen abiertos. Por consiguiente, se establece una corriente alterna a través de los segmentos consecutivos 138, 139.

Cuando el dispositivo de recepción 161 ha llegado al segmento 139, el inversor Inv 1 puede ser desconectado. A fin de preparar esto, el primer inversor Inv 2 es conectado otra vez, pero sin desplazamiento de fase respecto al inversor Inv 1. En otras palabras, como se representa la figura 16, los potenciales eléctricos producidos por los

inversores Inv 1, Inv 2 son idénticos. Como resultado, la corriente alterna a través del segmento 138 deja de fluir. Como una etapa siguiente el inversor Inv 1 puede ser desconectado.

El procedimiento el cual ha sido descrito con referencia a las figuras 14 -16 puede ser repetido para el siguiente segmento consecutivo 139a tan pronto como el dispositivo de recepción 161 se aproxime a la interfaz en donde está ubicado el inversor Inv 3.

Con referencia a las figuras 17 y 18 se describirá un ejemplo de cómo se puede realizar la sincronización entre los diferentes inversores, por ejemplo los inversores de las figuras 14 - 16.

La figura 17 muestra esquemáticamente la línea de suministro de corriente continua 141 la cual se extiende a lo largo de la trayectoria del desplazamiento (desde la izquierda hacia la derecha o desde la derecha hacia la izquierda). Las interfaces 191, 192, 193 entre segmentos consecutivos están simbolizadas por un pequeño círculo continuo y los números de referencia 191, 192, 193. En cada interfaz 191, 192, 193 existe una conexión entre la línea de suministro de corriente continua 141 y un control 175, 176, 177. El control controla el accionamiento del inversor (no representado en las figuras 17 y 18) el cual está colocado en la interfaz 191, 192, 193. Cada control comprende una sección de potencia 175a, 176a, 177a para controlar los conmutadores respectivos del inversor.

Adicionalmente, las figuras 17 y 18 muestran un enlace de sincronización 178, el cual puede ser un bus de datos digitales. El enlace 178 también se extiende a lo largo de la trayectoria del desplazamiento y comprende conexiones 178a, 178b, 178c a cada uno de los controles 175, 176, 177. La conexión 178 está diseñada para transferir señales de sincronización desde el enlace 178 al control 175, 176, 177. Además, existe también una conexión desde cada control 175, 176, 177 al enlace 178. Esta conexión inversa está indicada por 179a, 179b, 179c. En la práctica, las conexiones 178, 179 pueden ser realizadas por la misma interfaz de datos entre el control y el enlace. Las conexiones 179 se utilizan para transferir señales desde los controles al enlace y de ese modo a otros controles los cuales están conectados al enlace 178.

En el estado de funcionamiento descrito en la figura 17, el control 175 es un control maestro el cual emite de salida señales de sincronización a través de la conexión 179a y a través del enlace 178 a los otros controles 176, 177 para la sincronización del accionamiento de todos los controles los cuales son accionados a la vez.

A fin de reducir los retrasos o los errores computacionales en la manipulación de las señales de sincronización por los diferentes controles, el control maestro 175 también recibe la señal de sincronización desde el enlace 178, esto es, recibe la señal la cual ha sido emitida de salida por él mismo. Por lo tanto, la manipulación de la señal de sincronización es la misma en todos los convertidores.

El control maestro 175 también puede emitir de salida la información a los otros controles si el accionamiento de los otros inversores debe ser realizado con un desplazamiento de fase o sin desplazamiento de fase.

Por ejemplo, en la situación descrita en la figura 15, el control 175 puede ser el control del inversor Inv 1, el control 176 puede ser el control del inversor Inv 2 y el control 177 puede ser el control del inversor Inv 3. El control 175 emite de salida la señal de sincronización a los controles de los inversores Inv 2, Inv 3 y también emite de salida la información a los inversores Inv 2, Inv 3 de que el accionamiento de va a realizar a un desplazamiento de fase de 180°. Alternativamente, la información sobre el desplazamiento de fase puede ser transferida a los otros controles junto con las señales de sincronización. Si el retraso causado por la transferencia de las señales de sincronización entre los controles es constante, la información sobre el desplazamiento de fase también puede ser transmitida utilizando señales de impulso, esto es, mediante la temporización de las señales de impulso. Cada señal de impulso puede ser interpretada como una señal de reloj y el control de recepción puede sincronizar el control con la recepción de las señales de reloj.

La figura 18 muestra un estado de accionamiento diferente de la instalación de la figura 17. Mientras tanto el segmento entre el inversor controlado por el control 175 y el inversor controlado por el control 176 pueden haber sido desconectados. Por lo tanto, el control 175 deja de ser el control maestro. Puesto que el inversor controlado por el control 176 todavía está funcionando, este control 176 ha asumido la tarea de ser el control maestro, esto es, un mensaje correspondiente puede haber sido enviado a través del enlace 178 desde el control 175 al control 176, cuando se detiene el accionamiento del inversor controlado por el control 175. Como resultado, el control 176 emite de salida señales de sincronización a través de la conexión 179b y a través del enlace 178 a los otros controles.

A la recepción de las señales de sincronización, cada control el cual es accionado a la vez emite de salida señales a la sección de potencia del control o directamente transfiere la señal de sincronización recibida a la sección de potencia.

La figura 19 muestra un vehículo ferrocarril 214 en la parte superior de la figura. El vehículo 214, por ejemplo un tranvía, comprende dos dispositivos de recepción 218a y 218b para la recepción de la energía electromagnética desde los segmentos 211 en la vía. La figura muestra por lo menos partes de los siete segmentos consecutivos en total 211a - 211g, aunque en la práctica generalmente se utilizan muchos más segmentos consecutivos. En el

momento el cual está descrito en la figura 19, tres de los segmentos, esto es, los segmentos 211b, 211c, 211d están activos, esto es, las líneas de estos segmentos transportan una corriente alterna que produce de ese modo el campo electromagnético para la transferencia de energía electromagnética a los dispositivos de recepción 218 del vehículo 214. Cada uno de los segmentos comprende tres líneas y cada una de las líneas transporta una de las tres fases de la corriente alterna mientras están activos.

Cada segmento 211 está conectado a una línea de suministro de corriente continua 213a, 213b a través de una fuente de corriente constante A1, B1, C1 la cual está representada en la figura 20. La instalación A1, B1, C1, puede estar alojada en una caja individual, por ejemplo. Como se representa en la figura 19, la línea de suministro de corriente continua 213 está conectada a una estación de suministro 215 la cual distribuye la corriente continua requerida a la línea de suministro de corriente continua 213. La fuente de corriente constante A1, B1, C1 comprende un inversor C1 que tiene conexiones para conectar las líneas de suministro de corriente continua 213a, 213b. Las conexiones están combinadas con una inductividad 219a, 219b. El lado primario de la inductividad 219 está conectado a la línea de corriente continua respectiva 213 y el lado secundario de la inductividad 219 está conectado a las tres trayectorias de corriente 221a, 221b, 221c para producir las tres fases de la corriente alterna. Cada trayectoria de corriente 221 comprende dos conmutadores de potencia de semiconductor los cuales están conectados en serie unos a otros y las líneas de corriente alterna están conectadas a un punto entre los conmutadores de la trayectoria de corriente respectiva. Con respecto a los conmutadores de semiconductor y la trayectoria de corriente el inversor puede ser un inversor convencional de tres fases y, por lo tanto, los detalles adicionales son conocidos por una persona experta.

Sin embargo, existe una conexión adicional entre los lados secundarios de las inductividades 219 la cual comprende dos capacidades 223a, 223b las cuales están conectadas en serie una a la otra. Un punto entre las capacidades 223 está conectado a cada una de las líneas de corriente alterna a través en cada caso de por lo menos una primera inductividad 225a, 225b, 225c. Adicionalmente, el punto entre las dos capacidades 223 está conectado a otro punto en cada una de las líneas de corriente alterna 216a, 216b, 216c a través de una segunda capacidad 227a, 227b, 227c. Estos puntos de conexión están ubicados en un lado opuesto de una inductividad 226a, 226b, 226c en la línea de corriente alterna 216a, 216b, 216c con respecto a la conexión en donde está conectada la primera capacidad 225a, 225b, 225c a la línea de corriente alterna 216a, 216b, 216c. Las conexiones en donde las capacidades 225 están conectadas a la línea de corriente alterna 216 están representadas en la figura 20 con el bloque B1 y las conexiones en donde las segundas capacidades 227 están conectadas a las líneas de corriente 216 están representadas en el interior del bloque A1 de la figura 20. El bloque A1 también comprende las inductividades 226.

Los bloques A1, B1 constituyen un denominado filtro de seis polos, que incluye condensadores de compensación los cuales compensan las inductividades de las líneas en los segmentos los cuales producen el campo electromagnético del lado primario.

Cuando son accionados, esto es, mientras los conmutadores de semiconductor del inversor C1 son conectados y desconectados repetidamente, la fuente de corriente constante produce una corriente alterna que tiene un valor medio efectivo constante independiente de la potencia la cual es producida de ese modo en el interior del segmento 211 y es transferida a los dispositivos de recepción 218 del vehículo 214.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo (81; 92), en particular a un vehículo ligado a una vía tal como un vehículo ferrocarril ligero, en el que:

- el sistema comprende una instalación de conductores eléctricos (12) para la producción de un campo electromagnético alterno y para transferir de ese modo la energía al vehículo (81; 92),

- la instalación de conductores eléctricos (12) comprende por lo menos una línea de corriente alterna (1, 2, 3), en la que cada línea de corriente alterna (1, 2, 3) está adaptada para transportar una fase de una corriente eléctrica alterna,

- la instalación de conductores comprende una pluralidad de segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5), en la que los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) se extienden a lo largo de la trayectoria del desplazamiento del vehículo, cada segmento (T1, T2, T3, T4, T5) comprendiendo una sección de cada una de la por lo menos una línea de corriente alterna (1, 2, 3),

- el sistema comprende una línea de suministro de corriente continua (141) para suministrar energía eléctrica a los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5),

- cada segmento está conectado a la línea de suministro a través de por lo menos un inversor el cual está adaptado para invertir una corriente continua transportada por la línea de suministro (141) en una corriente alterna transportada mediante la por lo menos una línea de corriente alterna,

caracterizado por que

- un primer inversor (Inv 1) conecta la línea de suministro (141) a un primer extremo de la sección o las secciones de un segmento (T1, T2, T3, T4, T5) y un segundo inversor (Inv 2, Inv 3) conecta la línea de suministro (141) a un segundo extremo de la sección o las secciones del mismo segmento o de la sección o las secciones de una fila consecutiva de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5), en el que el primer extremo y el segundo extremo son extremos opuestos del segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o de la fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5), y

- el sistema está adaptado para accionar el primer inversor (Inv 1) y el segundo inversor (Inv 2, Inv 3) a un desplazamiento de fase previamente definido uno con relación al otro, produciendo de ese modo una tensión alterna entre el segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o la fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5), tensión alterna la cual causa que una corriente alterna correspondiente fluya a través del segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o de la fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5).

2. El sistema de la reivindicación anterior en el que el inversor comprende conmutadores de fase adaptados para conectar y desconectar repetidamente la línea de suministro con/de la línea de corriente alterna de una fase produciendo de ese modo la corriente alterna.

3. El sistema de la reivindicación 1 o 2 en el que la instalación de conductores está instalada de tal manera que por lo menos dos segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) pueden ser accionados a la vez, en donde secciones correspondientes para transportar la misma fase de la corriente alterna en los segmentos consecutivos están conectadas en serie unas a otras.

4. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 3 en el que el sistema está adaptado para iniciar un accionamiento de un tercer inversor a fin de causar que la corriente alterna fluya a través de una fila extendida de segmentos consecutivos, en donde el tercer inversor conecta la línea de suministro a un tercer extremo de la sección o las secciones de otro segmento, en el que el tercer extremo está colocado más alejado a lo largo de la vía del primer extremo que el segundo extremo y está colocado en el extremo de la fila extendida de segmentos consecutivos y en el que el sistema está adaptado para sincronizar el tercer inversor con el segundo inversor de modo que los inversores segundo y tercero son accionados sin desplazamiento de fase.

5. El sistema de cualquiera de las reivindicaciones 1 - 4 en el que los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) son más cortos que la longitud de un vehículo (81; 92) en la dirección del desplazamiento y en el que el sistema está adaptado para accionar los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) únicamente si un vehículo (81; 92) está ocupando una sección respectiva de la trayectoria del desplazamiento en donde está ubicado el segmento (T1, T2, T3, T4, T5).

6. El sistema de la reivindicación anterior en el que el sistema está adaptado para accionar los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) únicamente si un vehículo (81; 92) está ocupando completamente una sección respectiva de la trayectoria del desplazamiento.

7. Un procedimiento para la transferencia de energía eléctrica a un vehículo (81; 92), en particular a un vehículo ligado a una vía tal como un vehículo ferrocarril ligero, en el que:

- un campo electromagnético es producido por una instalación de conductores eléctricos (12) transfiriendo de ese modo la energía eléctrica al vehículo (81; 92),

- el campo electromagnético está producido mediante la conducción de una corriente alterna a través de por lo menos uno de segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) de la instalación de conductores, en el que los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) se extienden a lo largo de la vía,

caracterizado por que

- la corriente alterna está limitada a un segmento específico (T1, T2, T3, T4, T5) o a una fila específica de segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) de la instalación de conductores mediante el accionamiento o no accionamiento de por lo menos dos de una pluralidad de inversores (Inv 1, Inv 2, Inv 3) los cuales conectan, en cada caso, una línea de suministro de corriente continua (141) a una interfaz entre dos segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) a fin de generar el campo electromagnético en una zona limitada de la trayectoria del desplazamiento del vehículo,

- un primer inversor (Inv 1) es accionado el cual conecta la línea de suministro (141) a un primer extremo de un segmento (T1, T2, T3, T4, T5) y un segundo inversor (Inv 2, Inv 3) es accionado el cual conecta la línea de suministro (141) a un segundo extremo del mismo segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o de una fila consecutiva de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) que incluye el segmento, en el que el primer extremo y el segundo extremo son extremos opuestos del segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o de la fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5),

- el primer inversor (Inv 1) y el segundo inversor (Inv 2, Inv 3) son activados a un desplazamiento de fase previamente definido uno con relación al otro produciendo de ese modo una tensión alterna a través del segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5), tensión alterna la cual causa que una corriente alterna correspondiente fluya a través del segmento (T1, T2, T3, T4, T5) o de la fila de segmentos (T1, T2, T3, T4, T5).

8. El procedimiento de la reivindicación anterior en el que por lo menos dos segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) son accionados al mismo tiempo, en el que secciones correspondientes de las líneas (1, 2, 3) para transportar la misma fase de la corriente alterna en los segmentos consecutivos (T1, T2, T3, T4, T5) están conectadas en serie unas a otras.

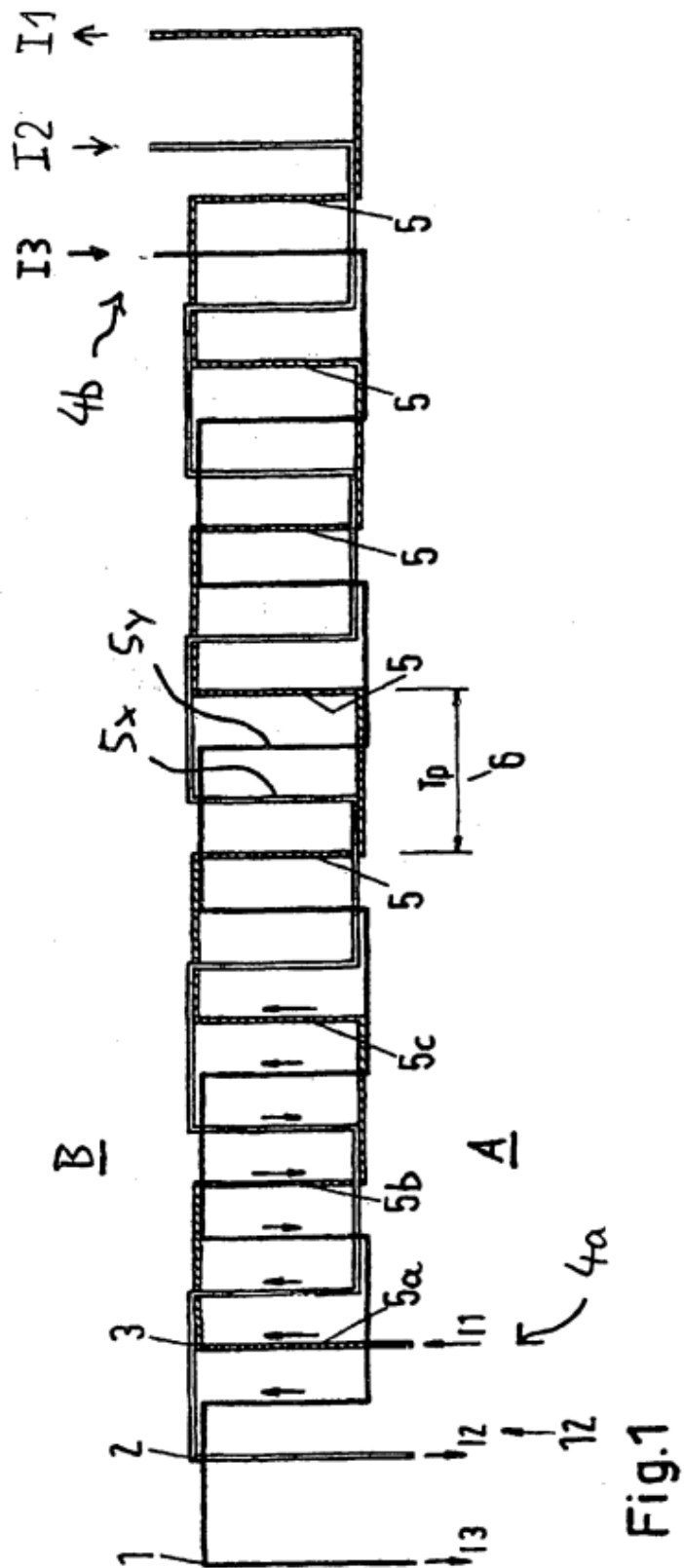
9. El procedimiento de la reivindicación 7 u 8 en el que las longitudes de los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) a lo largo de la trayectoria del desplazamiento son más cortas que la longitud de un vehículo (81; 92) en la dirección del desplazamiento y en el que los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) son accionados únicamente si un vehículo (81; 92) está ocupando ya la zona respectiva de la trayectoria del desplazamiento a lo largo de la cual se extiende el segmento (T1, T2, T3, T4, T5).

10. El procedimiento de la reivindicación anterior en el que los segmentos (T1, T2, T3, T4, T5) son accionados únicamente si un vehículo (81; 92) está ocupando completamente la zona respectiva de la trayectoria del desplazamiento.

11. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 7 - 10 en el que un segmento (T1, T2, T3, T4, T5) es conectado antes de que un dispositivo de recepción de un vehículo (81; 92) para la recepción de la energía transferida entre en la zona de la trayectoria del desplazamiento a lo largo de la cual se extiende el segmento (T1, T2, T3, T4, T5).

12. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 7 - 11 en el que los inversores son accionados mediante el cierre y la abertura repetidamente de los conmutadores de fase conectando y desconectando de ese modo la línea de suministro con/desde la línea de corriente alterna de una fase, produciendo de ese modo la corriente alterna.

13. El procedimiento de la reivindicación anterior en el que un accionamiento de un tercer inversor se inicia a fin de causar que la corriente alterna fluya a través de una fila extendida de segmentos consecutivos, en el que el tercer inversor es activado para conectar la línea de suministro a un tercer extremo de la sección o de las secciones de otro segmento, en el que el tercer extremo está ubicado más alejado a lo largo de la vía del primer extremo que el segundo extremo y está ubicado en el extremo de la fila extendida de segmentos consecutivos y en el que el tercer inversor y el segundo inversor se sincronizan de modo que el segundo y el tercer inversor son accionados sin desplazamiento de fase.



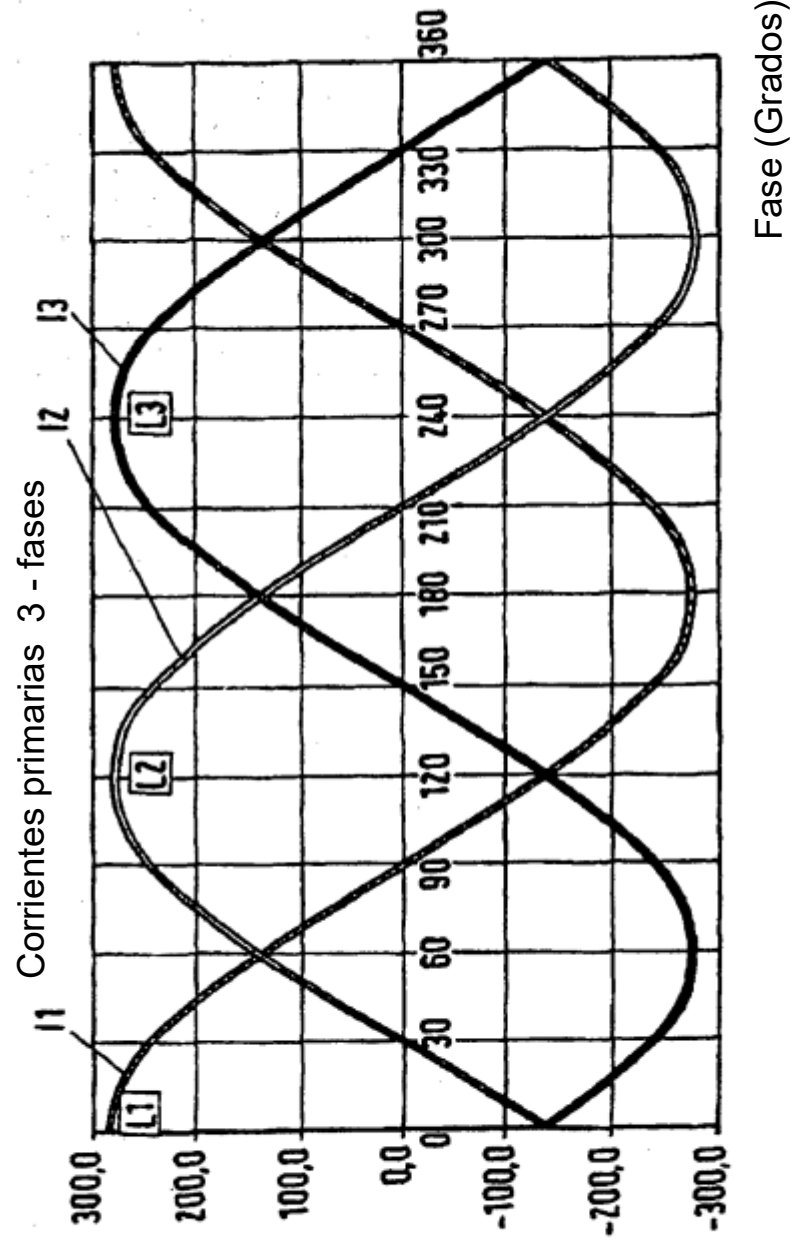


Fig.2

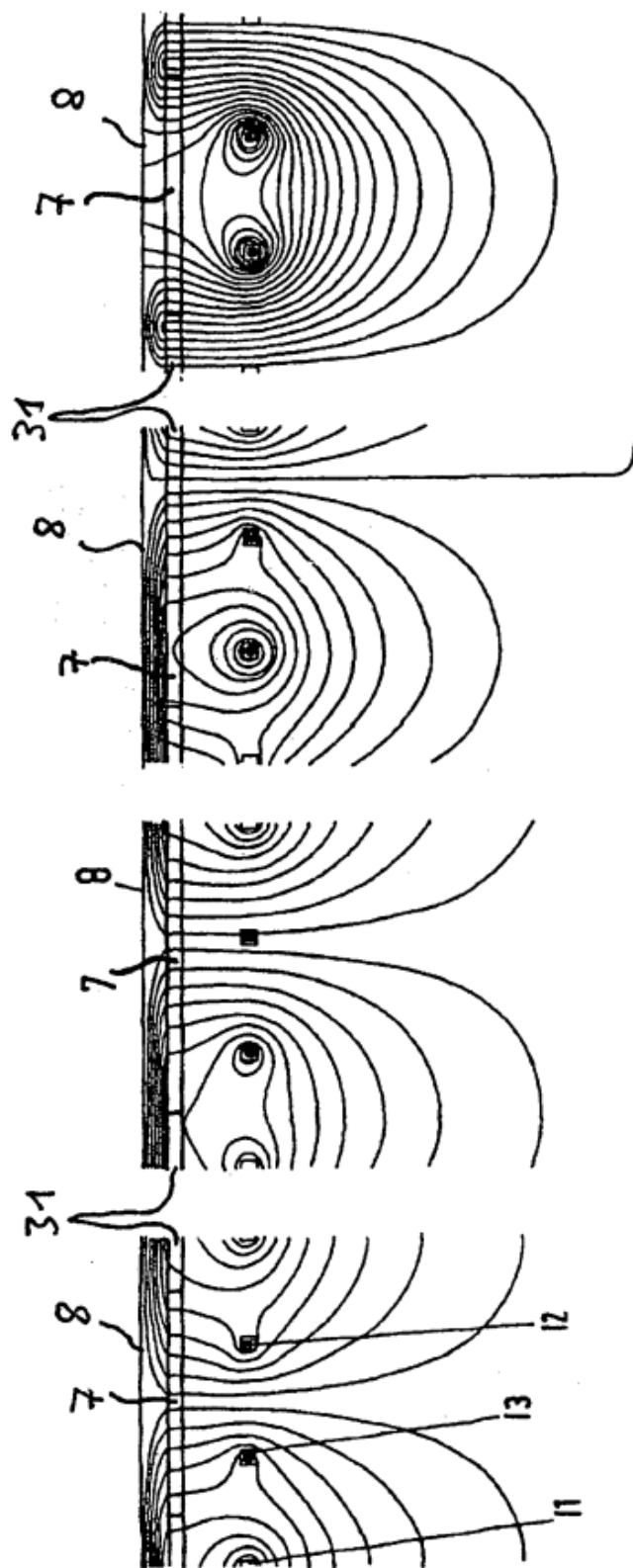


Fig.3

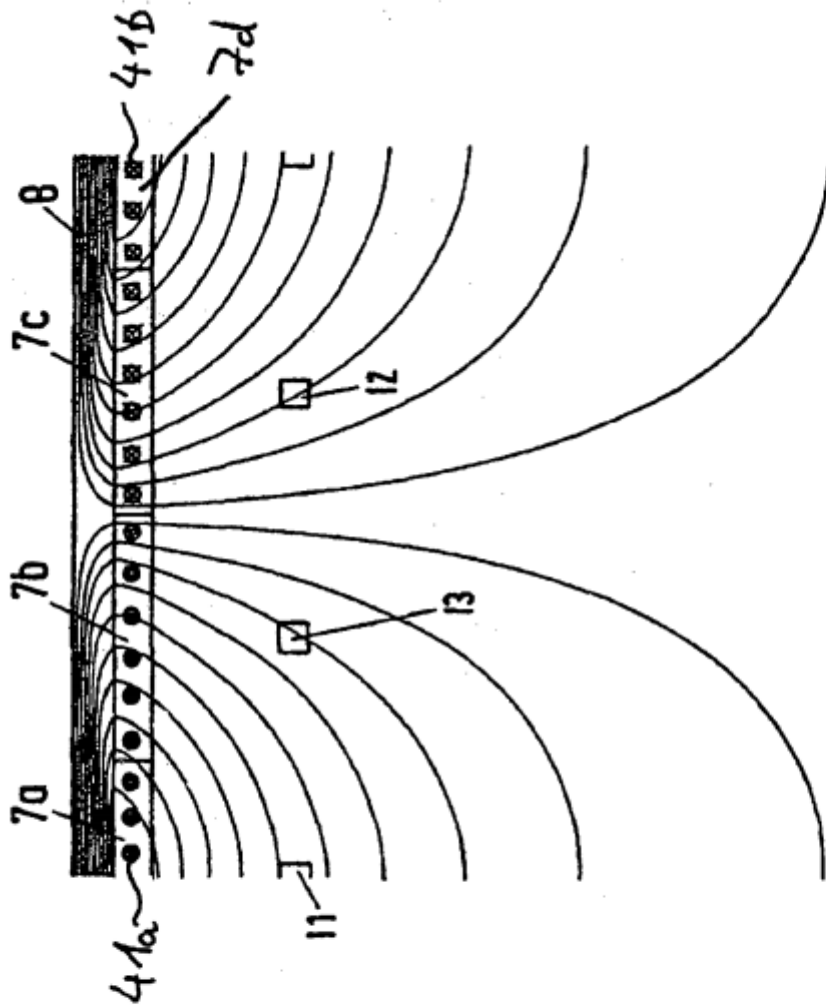


Fig. 4

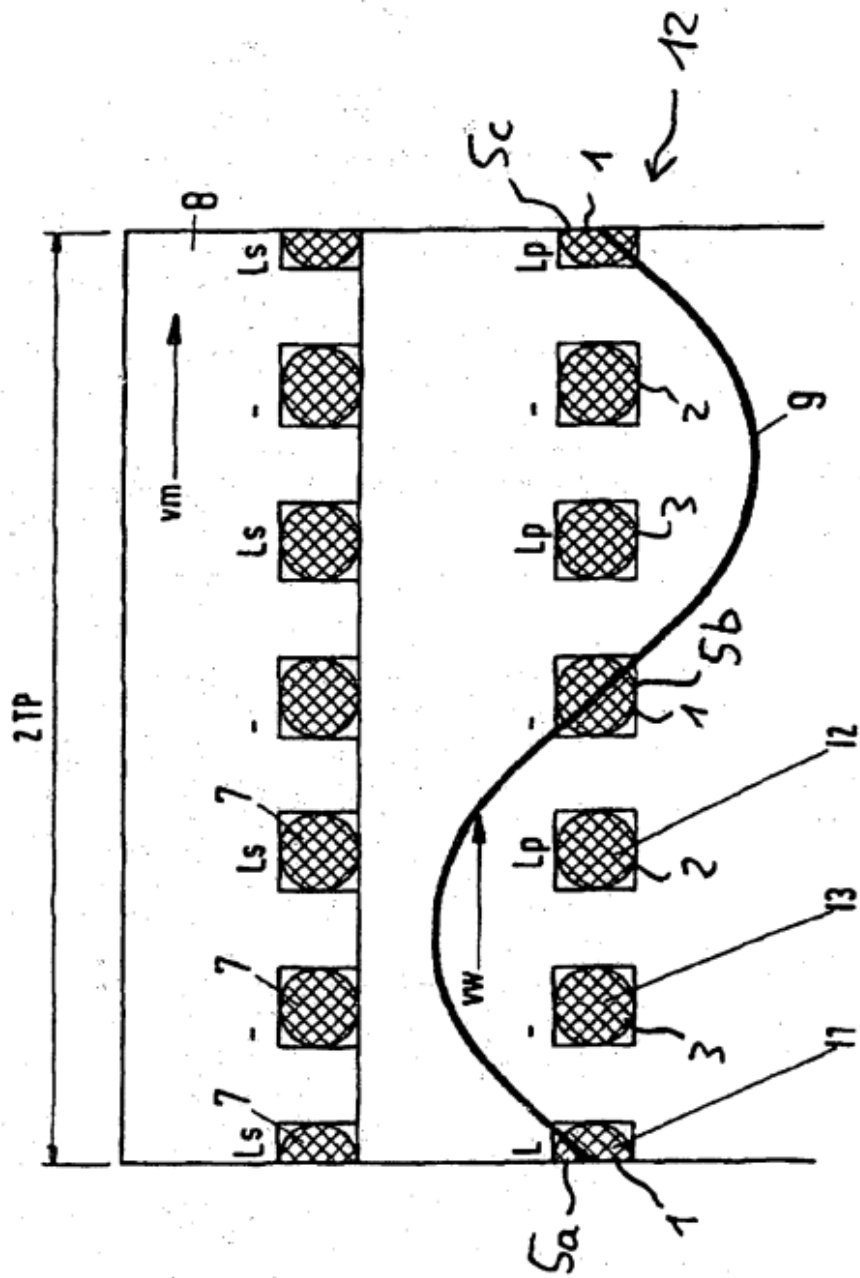
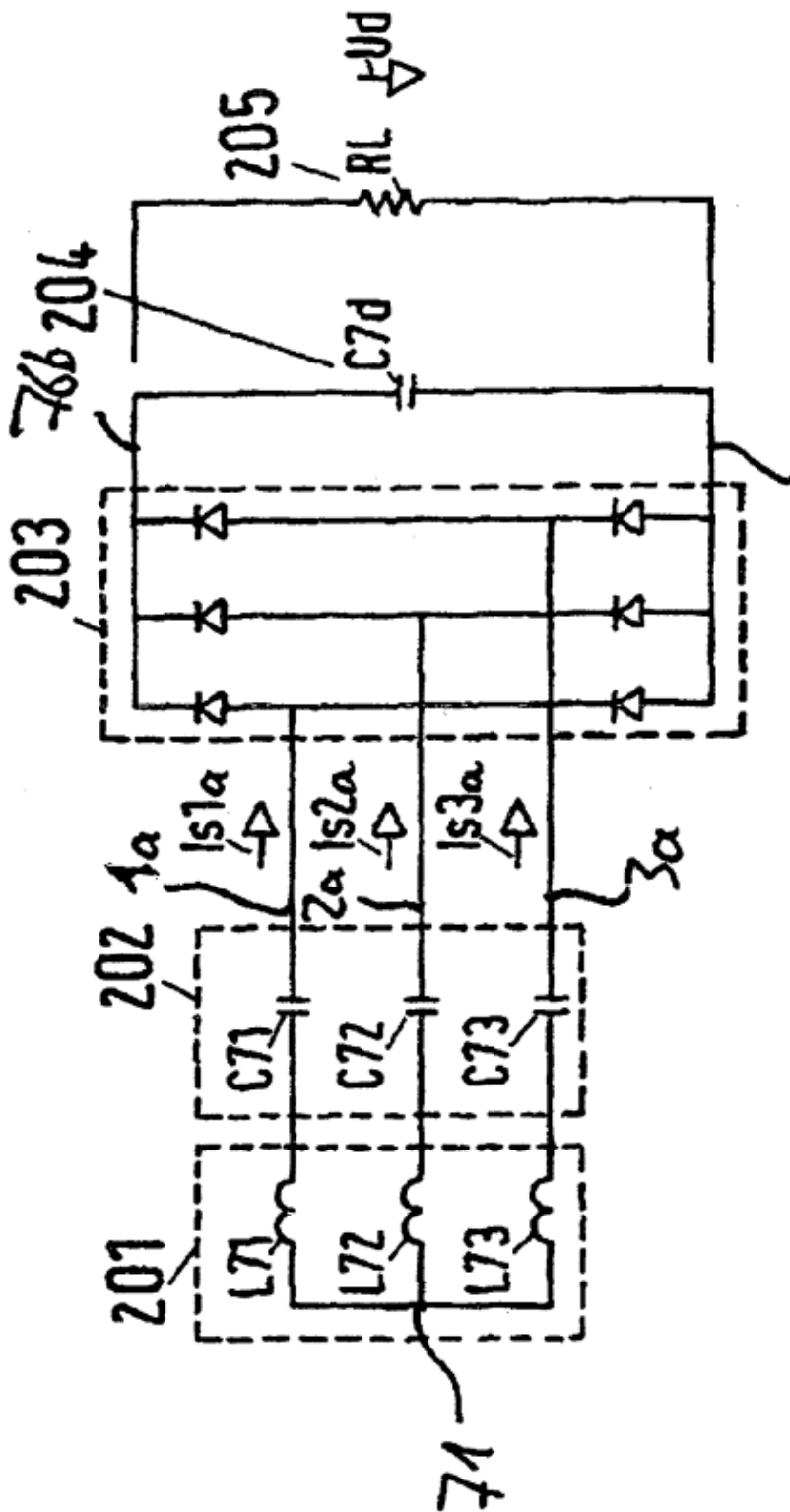


Fig.5



76a Fig. 6

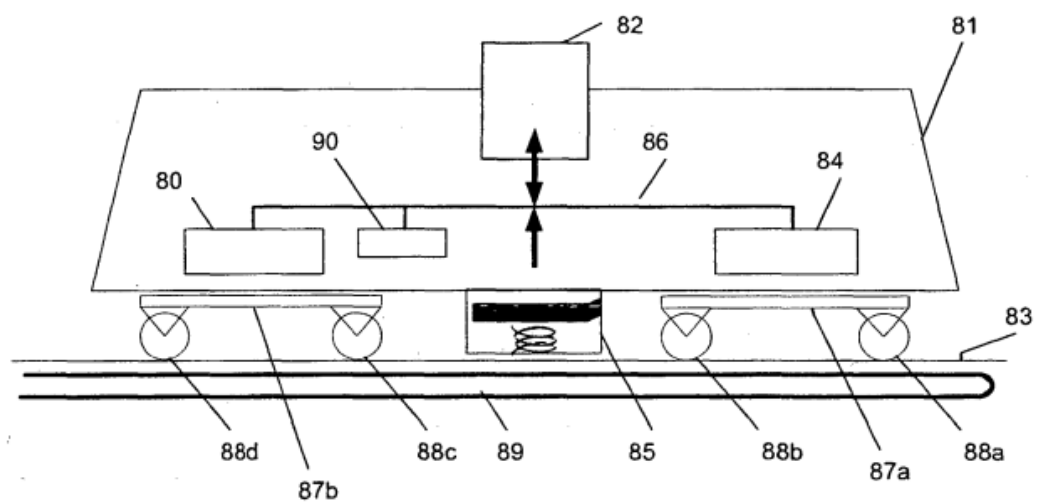


FIG . 7

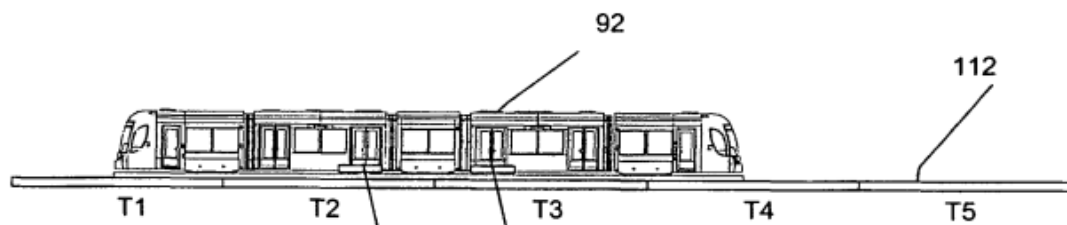


Fig. 8a

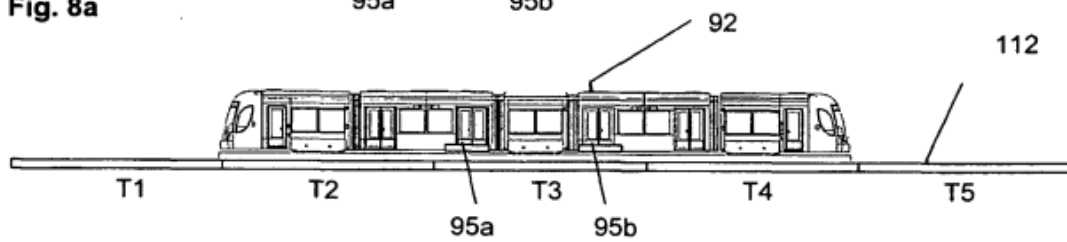


Fig. 8b

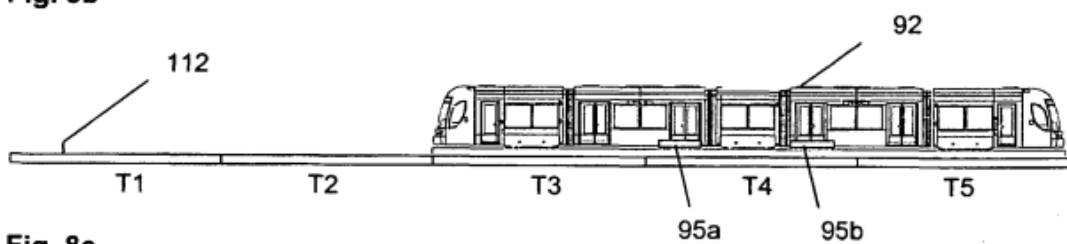


Fig. 8c

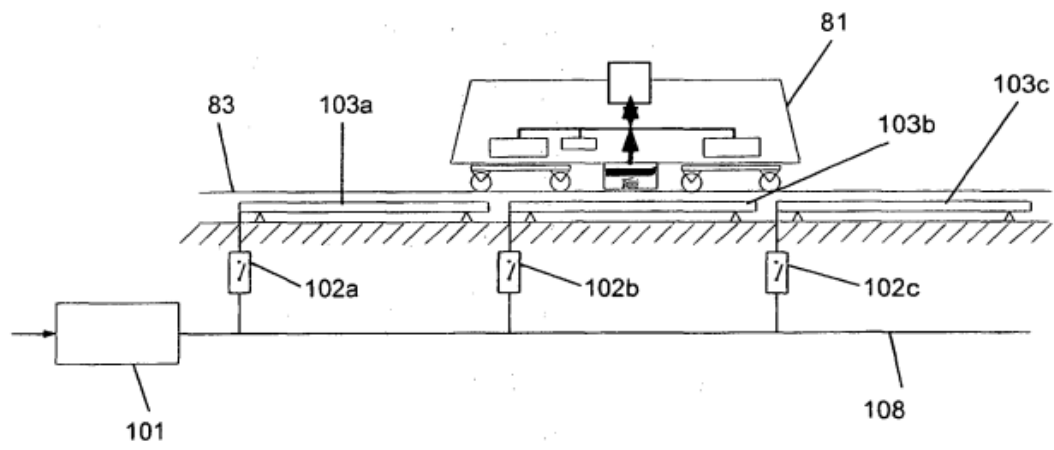


FIG. 9

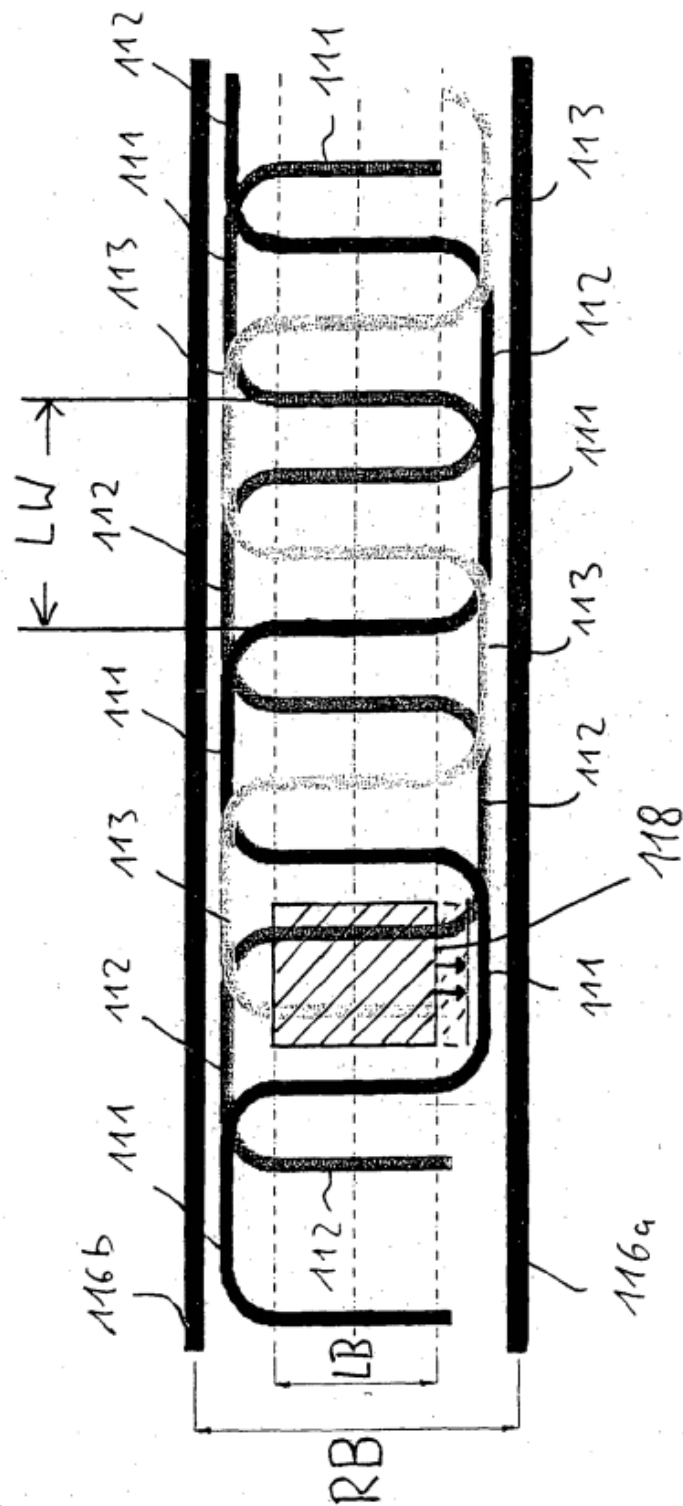


Fig. 10

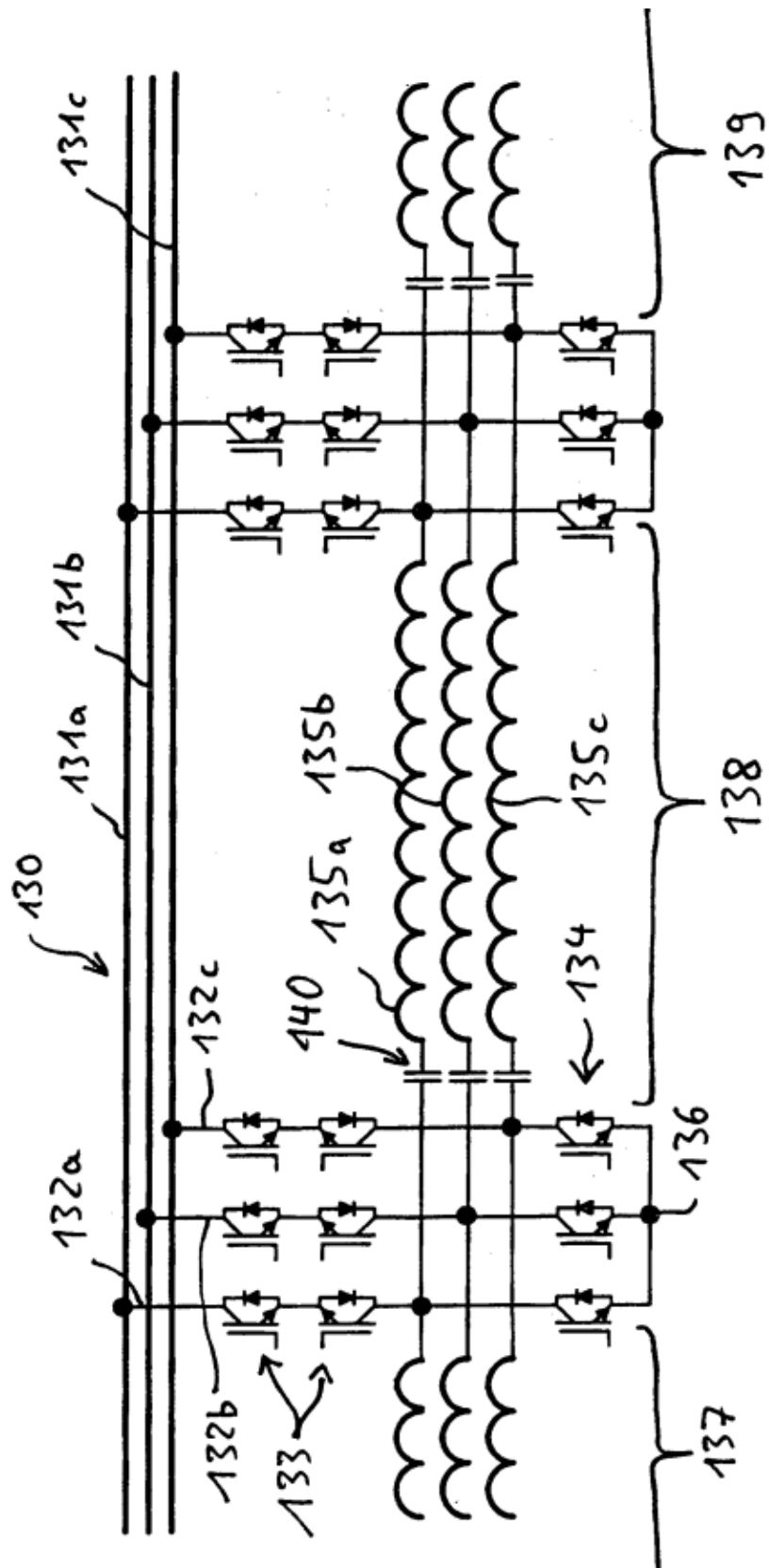


Fig. 11

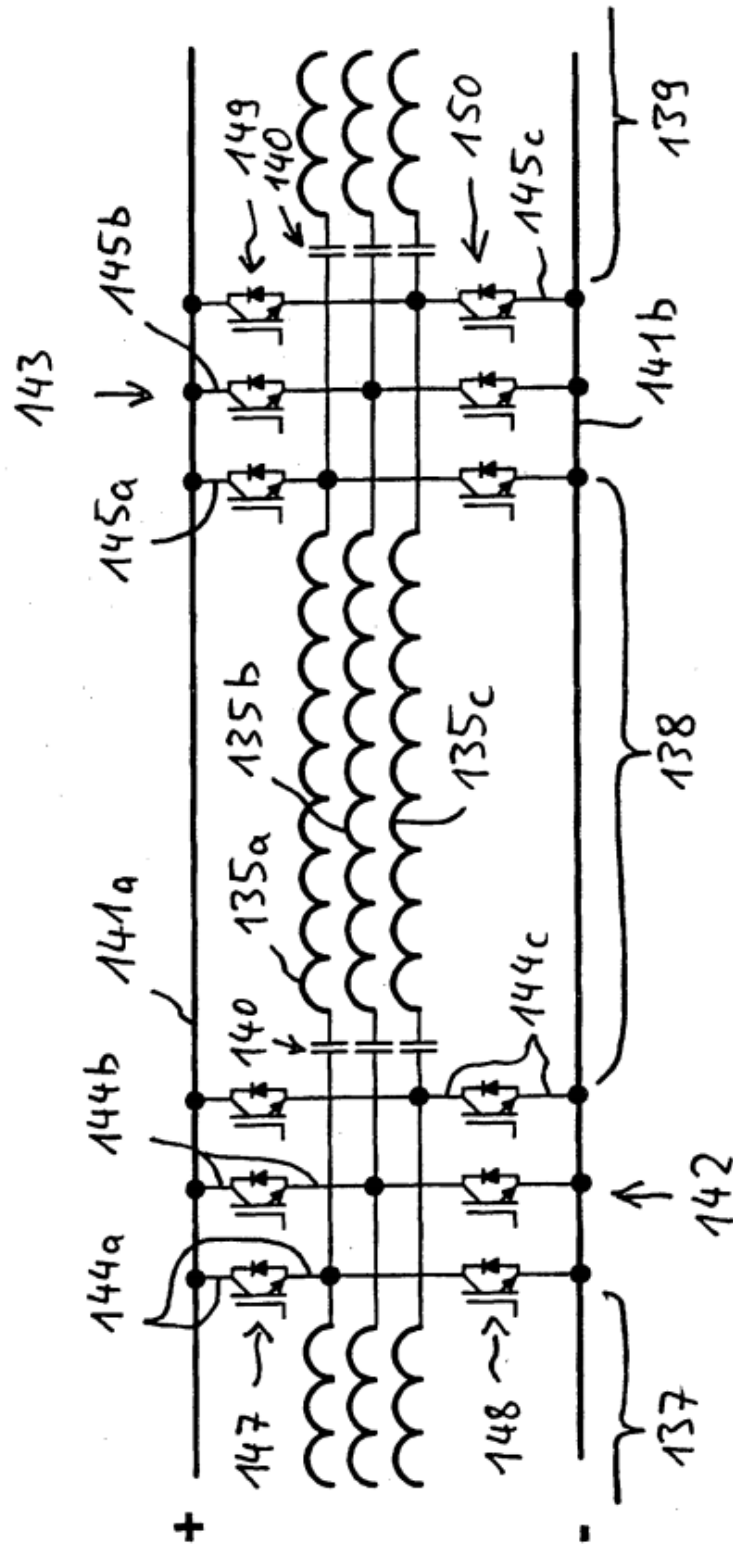


Fig.12

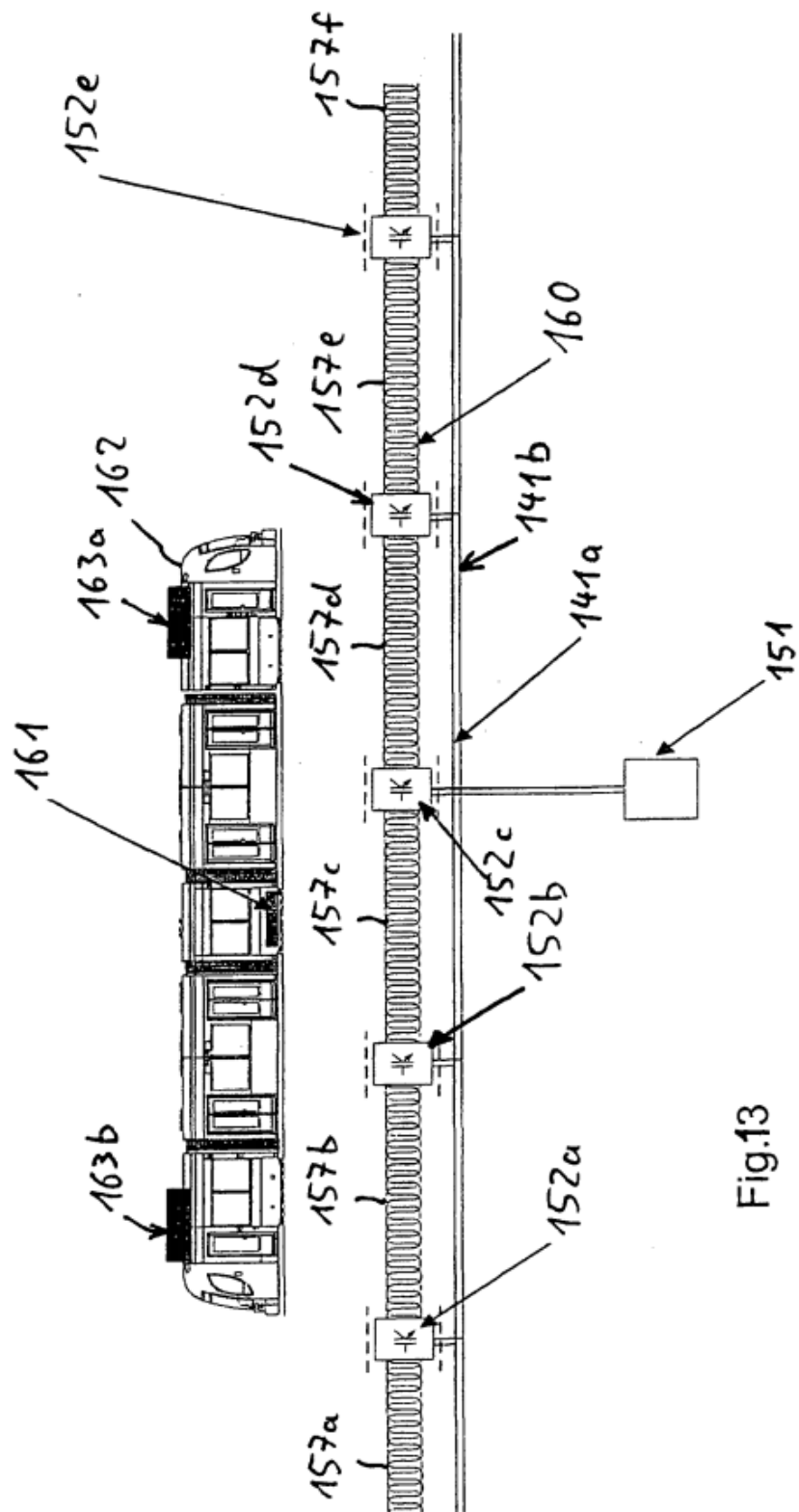


Fig. 14

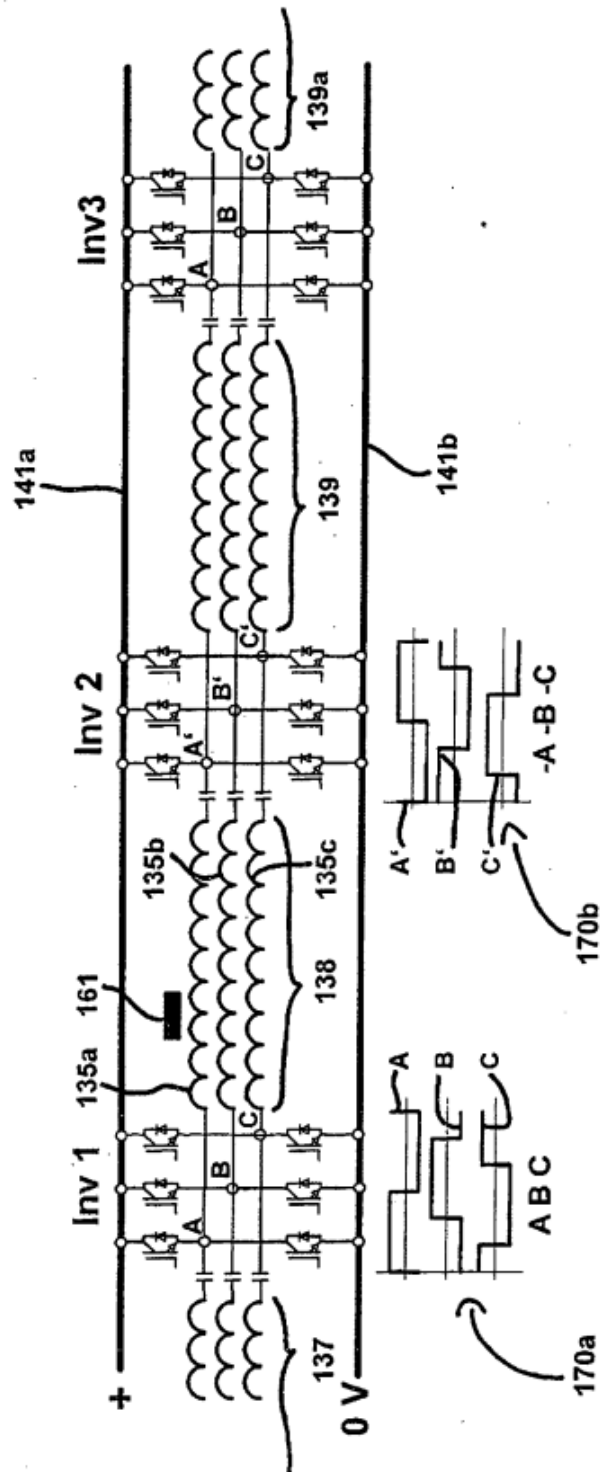


Fig. 15

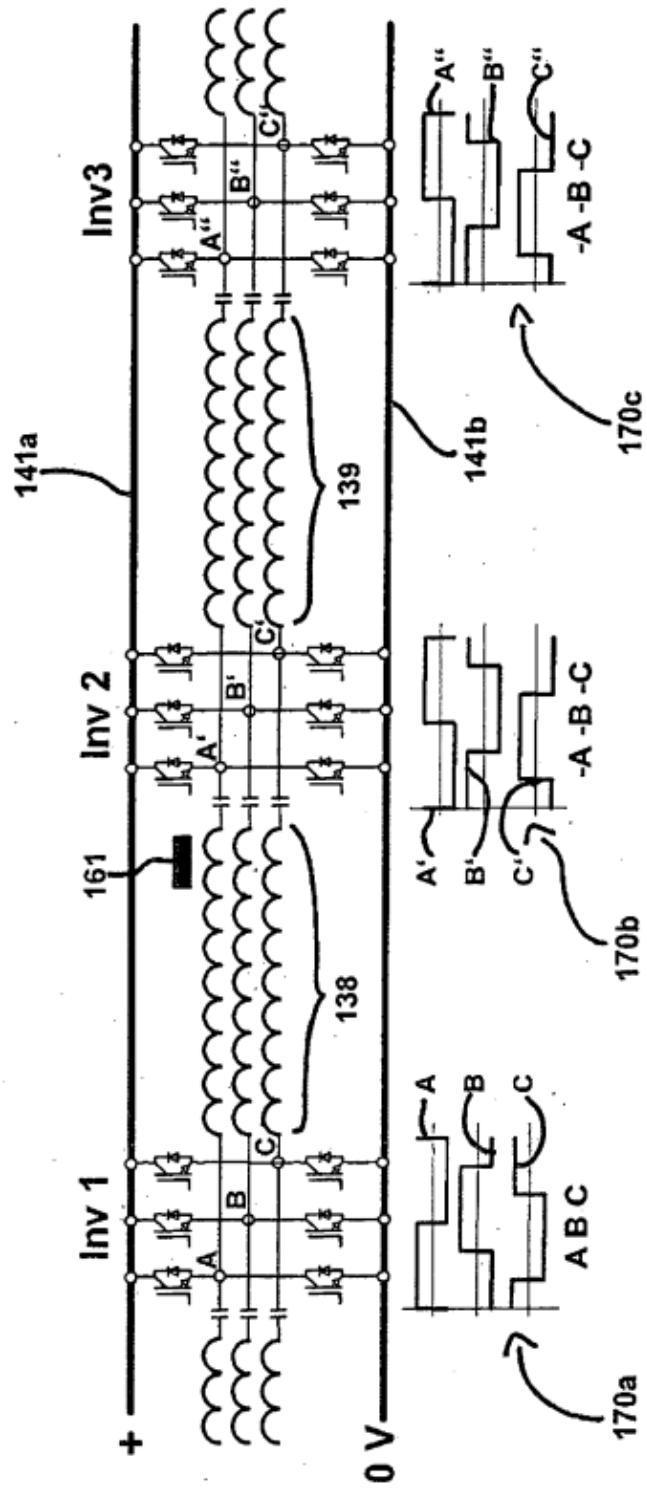
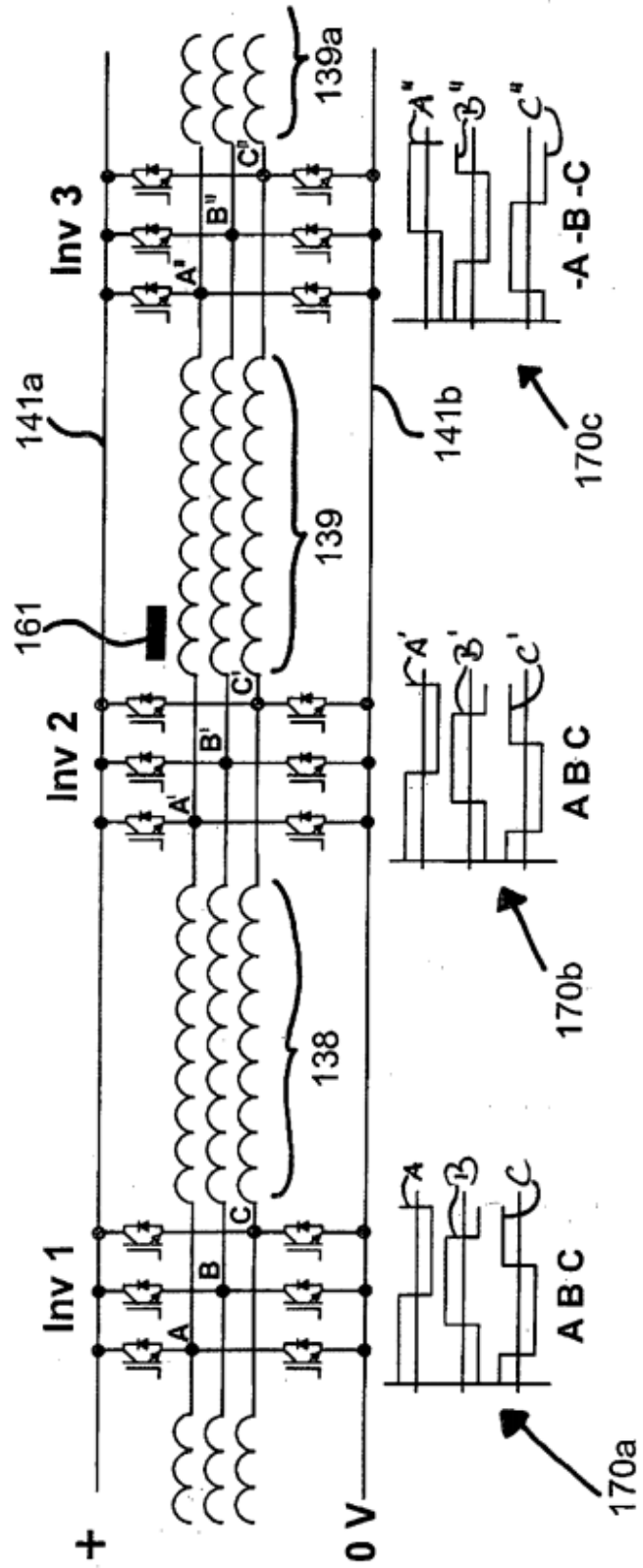
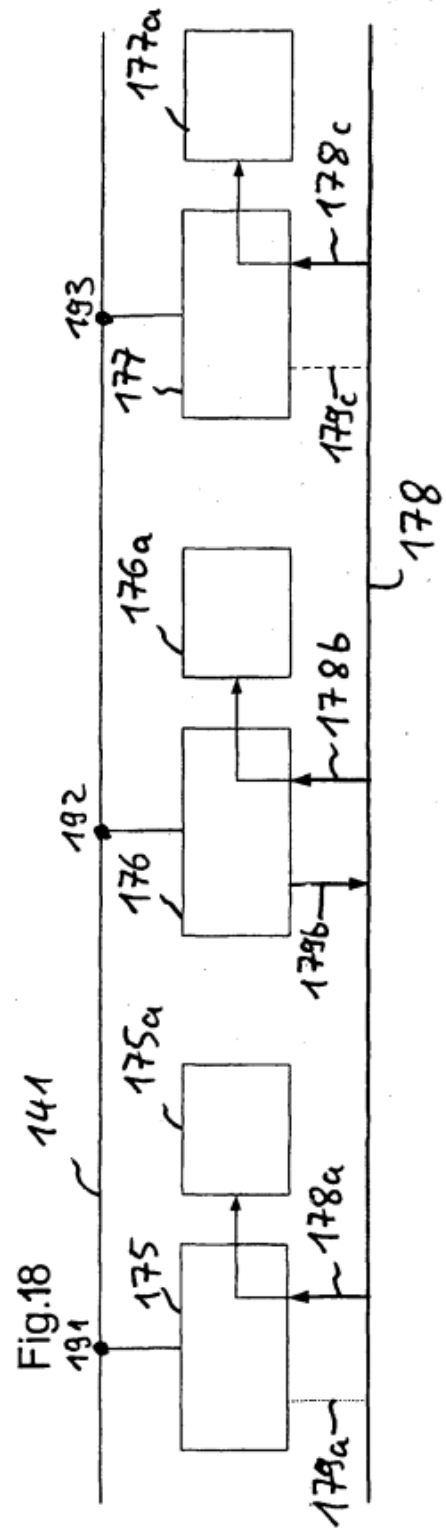
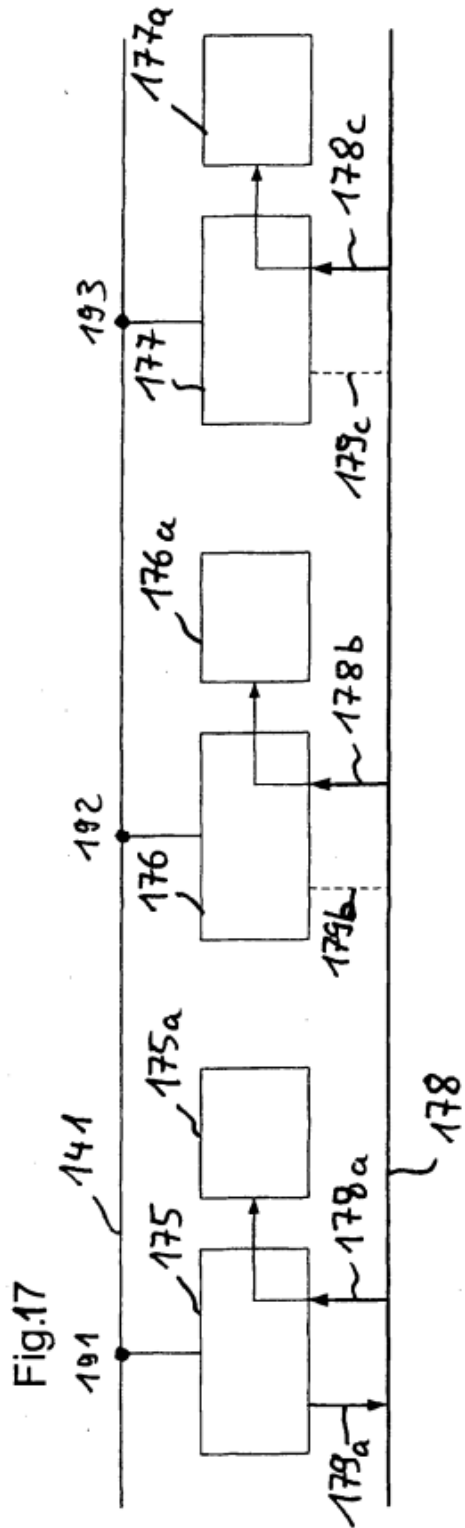


Fig. 16





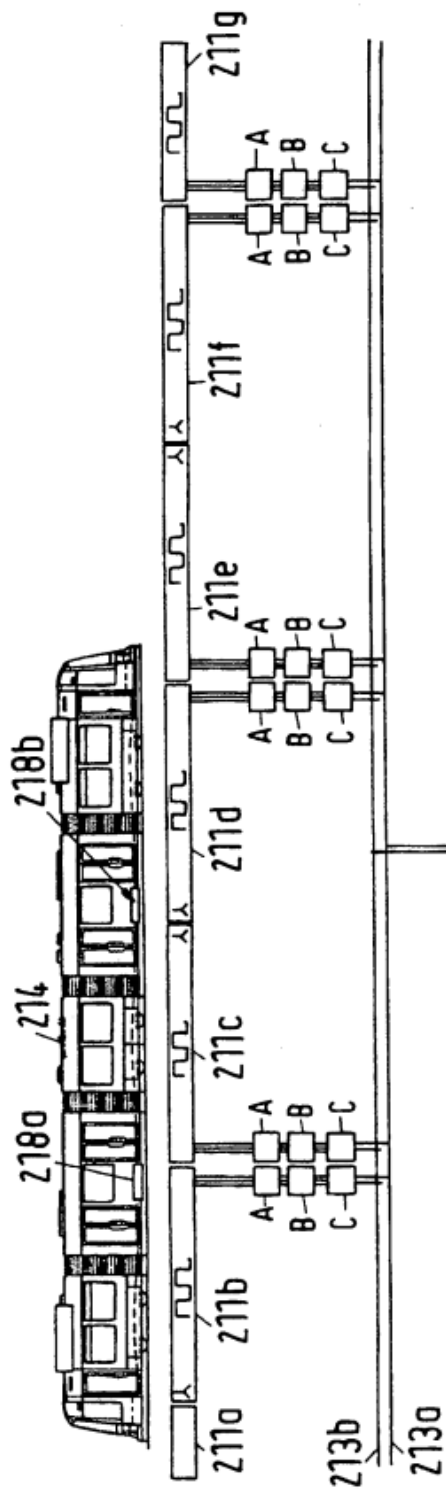


Fig.19

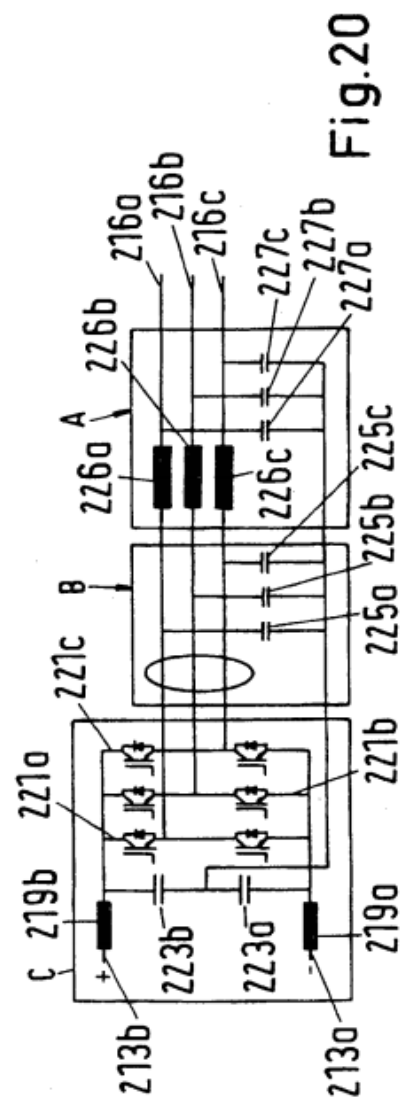


Fig.20