

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 913 844**

51 Int. Cl.:

B60L 5/00 (2006.01)
B60L 7/10 (2006.01)
B60L 55/00 (2009.01)
B60L 53/10 (2009.01)
B60L 9/04 (2006.01)
B60L 9/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.01.2019** **E 19305088 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.03.2022** **EP 3686044**

54 Título: **Subestación de tracción de CC para el abastecimiento de al menos un vehículo**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
06.06.2022

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

SOEFFKER, CARSTEN y
HOFSTAEDTER, RAPHAEL

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 913 844 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

Subestación de tracción de CC para el abastecimiento de al menos un vehículo

5 La presente invención se refiere en general a una subestación de tracción de CC para alimentar al menos un vehículo, preferentemente un vehículo ferroviario, con corriente continua, CC, que comprende: un primer terminal adaptado para conectar el sistema de suministro y almacenamiento de energía a una red eléctrica; un segundo terminal adaptado para conectar el sistema de suministro y almacenamiento de energía a un conductor de suministro de energía para proporcionar corriente de accionamiento a, al menos, un vehículo ferroviario o para recibir corriente de frenado regenerativo del al menos un vehículo ferroviario.

10 En los sistemas clásicos, la demanda total de energía de CC de todos los vehículos ferroviarios en las cercanías de la subestación de CC debe ser satisfecha instantáneamente por la red de CA a través de un transformador y un rectificador. Por lo tanto, la función de potencia frente al tiempo varía con frecuencia. Si la energía de frenado de estos trenes supera las necesidades totales de tracción, es necesaria la disipación mediante resistencias de frenado.

15 El documento WO 2017/060444 A1 describe una disposición para suministrar potencia de tracción a un dispositivo ferroviario que comprende un sistema de almacenamiento de energía. Otro ejemplo de un sistema de este tipo se muestra en una publicación de Mahdiyeh Khodaparastan: "Recuperation of Regenerative Braking Energy in Electric Rail Transit Systems" (XP081258124).

20 El documento US 2013/0147441 A1 se refiere a un método de ajuste automático para el sistema de almacenamiento de energía de un vehículo ferroviario.

25 El documento US 2010/0063646 A1 se refiere a un procedimiento de control para la recuperación de energía cinética en sistemas ferroviarios. El sistema está compuesto por un bloque puente rectificador conectado a un transformador unido a una red de CA, un bloque elevador CC/CC, un condensador y un inversor.

30 El documento EP 3 032 728 A1 se refiere a una disposición de circuito para un suministro de energía eléctrica entre una red de energía de CA trifásica y una red de energía de CC de tracción que comprende una disposición de convertidor bidireccional.

El documento JP 2008 168795 A se refiere a una subestación de alimentación de CC.

35 Se han propuesto varias arquitecturas para proporcionar un sistema de suministro y almacenamiento de energía para una red ferroviaria. Por ejemplo, la SEPTA (Autoridad de Transporte del Sudeste de Pensilvania) ha propuesto una arquitectura para un sistema de suministro y almacenamiento de energía, en donde una batería recargable se acoplaba eléctricamente a través de un convertidor CC/CC al conductor de suministro de energía. Además, el conductor de suministro de energía está conectado a través de un convertidor CA/CC unidireccional a la red de energía eléctrica. La batería recargable se cargó, por ejemplo, a través del convertidor CC/CC, mediante el frenado regenerativo de los trenes.

40 Con tal arquitectura, la corriente no puede ser retroalimentada a la red eléctrica, ni desde la batería recargable ni desde los trenes que usan frenado regenerativo. En particular, cuando se utiliza arquitectura con rectificadores clásicos únicamente, la regulación de frecuencia solo es posible en torno a una carga de tracción media, es decir, no las 24 horas del día. Sin embargo, es un requisito obligatorio para la reserva de control primario en muchos países que una regulación de frecuencia esté disponible las 24 horas del día. La reserva de control primario es la plataforma más económica del mercado para sistemas de almacenamiento de energía con tiempos de reacción cortos pero bajo contenido de energía, como por ejemplo, baterías acopladas a la red de CA a través de convertidores de energía eléctrica.

45 El objeto de la presente divulgación es proporcionar un sistema de suministro y almacenamiento de energía para una red ferroviaria, que puede implementarse fácilmente en los sistemas de suministro de energía existentes actualmente, es decir, donde los dispositivos actualmente utilizados pueden continuar utilizándose y permiten realimentar energía desde los trenes y el dispositivo de almacenamiento de energía en la red eléctrica. Además, la arquitectura debe cumplir fácilmente con las disposiciones reglamentarias y tener una gran flexibilidad.

50 De acuerdo con un aspecto, se proporciona una subestación de tracción de CC para alimentar al menos un vehículo de acuerdo con la reivindicación 1.

60 Otras realizaciones pueden relacionarse con una o más de las siguientes características, que pueden combinarse en cualquier combinación técnicamente factible:

- el conductor de suministro de energía es al menos uno seleccionado de una catenaria, un riel de tierra y un riel aéreo;

- el dispositivo de almacenamiento de energía es una batería recargable, un almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo, un acumulador eléctrico de volante, un almacenamiento de energía por aire comprimido, al menos un condensador, o similar;
- 5 el primer convertidor CA/CC es un convertidor CA/CC unidireccional que convierte de una corriente alterna a una corriente continua;
- el primer convertidor CA/CC es un convertidor CA/CC bidireccional que convierte de una corriente alterna a una corriente continua y viceversa;
- en la primera cadena de suministro de corriente, un primer contador de electricidad para medir la energía eléctrica está conectado eléctricamente entre el primer terminal y el primer convertidor CA/CC;
- 10 • en la segunda cadena de suministro de corriente, un segundo contador de electricidad para medir la energía eléctrica está conectado eléctricamente entre el primer terminal y el segundo convertidor CA/CC;
- en la primera cadena de suministro de corriente, se conecta eléctricamente un transformador entre el primer terminal y el primer convertidor CA/CC, preferiblemente entre un primer contador de electricidad y el primer convertidor CA/CC; y/o
- 15 • en la segunda cadena de suministro de corriente, se conecta eléctricamente un transformador entre el primer terminal y el segundo convertidor CA/CC, preferentemente entre un segundo contador de electricidad y el segundo convertidor CA/CC.

20 De manera que las características de la presente invención mencionadas anteriormente pueden entenderse en detalle, puede leerse una descripción más particular de la invención, resumida de manera breve anteriormente, con referencia a las realizaciones. Los dibujos adjuntos se refieren a realizaciones de la invención y se describen a continuación:

25 La Figura 1 muestra esquemáticamente el circuito eléctrico de una subestación de tracción para un ferrocarril, en particular una subestación de tracción de CC 1 (corriente continua).

La subestación de tracción de CC 1 está prevista para alimentar al menos un vehículo ferroviario con corriente continua, CC, para tracción. La subestación de tracción de CC 1 incluye un primer terminal 3 adaptado para conectar la subestación de tracción de CC 1 a una red eléctrica 4. La red de energía eléctrica 4 es, por ejemplo, una red de energía de CA (corriente alterna) y está conectada a plantas de producción de energía eléctrica. Además, la subestación de tracción de CC 1 incluye un segundo terminal 5 adaptado para conectar la subestación de tracción de CC 1 a un conductor de suministro de energía 6 para proporcionar corriente a, al menos, un vehículo ferroviario o para recibir corriente de frenado regenerativo desde el al menos un vehículo ferroviario. De acuerdo con realizaciones, el conductor de suministro de energía 6 es al menos uno seleccionado de una catenaria, un tercer riel, es decir, un riel de tierra, y un riel aéreo. La tensión nominal para corriente de accionamiento o tracción de vehículos ferroviarios es por ejemplo 600 V, 750 V, 1200 V, 1500 V o 3k V. El conductor de suministro de energía 6 se extiende en paralelo a una vía férrea para permitir que los vehículos ferroviarios estén en contacto continuo con el conductor de suministro de energía 6 cuando viajan a lo largo de la vía férrea, por ejemplo usando un pantógrafo o una zapata colectora de corriente.

Además, la subestación de tracción de CC 1 incluye un tercer terminal 7 adaptado para conectarse a un dispositivo de almacenamiento de energía 11 para almacenar energía eléctrica. El almacenamiento de energía puede ser una batería recargable, un almacenamiento de energía hidroeléctrica bombeada, un almacenamiento eléctrico de volante, almacenamiento de energía de aire comprimido, al menos un condensador, supercondensador o similar, o una combinación de los mismos.

Cada terminal 3, 5, 7 puede comprender uno o más cables de conexión eléctrica. Por ejemplo, la red de energía eléctrica 4 puede proporcionar una corriente trifásica a la subestación de tracción de CC 1.

50 Según realizaciones, la subestación de tracción de CC 1 comprende una primera cadena de suministro de corriente 13 que conecta eléctricamente el primer terminal 3 al segundo terminal 5. Según una realización, la primera cadena de suministro de corriente 13 comprende un primer contador de electricidad 15, un primer transformador 17 y un primer convertidor CA/CC 19, en este orden.

55 El primer medidor de electricidad 15 se proporciona para medir la energía eléctrica proporcionada a la primera cadena de suministro de corriente 13 y, por ejemplo, está eléctricamente conectado entre el primer terminal 3 y el primer transformador 17.

60 El primer transformador 17 transforma una primera corriente CA, por ejemplo una corriente trifásica, que tiene una primera tensión en una segunda corriente CA que tiene una segunda tensión. Según algunas realizaciones, la segunda tensión es menor que la primera tensión. El primer lado de tensión del primer transformador 17 está dirigido hacia la red de energía eléctrica. La primera tensión puede estar entre 5 kV y 50 kV, en particular entre 10 kV y 20 kV, por ejemplo 10 kV, 11 kV o 20 kV. La segunda tensión es, por ejemplo, de un 20 a un 40 % más baja que la tensión de CC nominal para la corriente de accionamiento o tracción de los vehículos ferroviarios, como se explicó anteriormente.

Finalmente, el primer convertidor CA/CC 19 se conecta eléctricamente entre el primer transformador 17 y el segundo terminal 5. El primer convertidor CA/CC 19 es un convertidor CA/CC unidireccional que convierte la corriente alterna, por ejemplo del primer transformador 17 y/o de la red eléctrica 4 conectada al primer terminal 3 a una corriente continua destinada a proporcionar una corriente de accionamiento a, al menos, un vehículo ferroviario y/o proporcionar corriente de carga al dispositivo de almacenamiento de energía 11 para almacenar energía eléctrica. Por ejemplo, el primer convertidor CA/CC 19 puede ser un rectificador.

Alternativamente, el primer convertidor CA/CC 19 es un convertidor CA/CC bidireccional.

En algunas realizaciones, el primer transformador 17 puede omitirse en la primera cadena de suministro de corriente 13. Luego, el primer medidor eléctrico 15 se conecta directamente al convertidor CA/CC 19. En otras realizaciones, el primer medidor de electricidad 15 puede colocarse entre el primer transformador 17 y el primer convertidor CA/CC 19.

Según realizaciones, la subestación de tracción de CC 1 comprende una segunda cadena de suministro de corriente 23 que conecta eléctricamente el primer terminal 3 al tercer terminal 7. Según una realización, la segunda cadena de suministro de corriente 23 comprende un segundo contador de electricidad 25, un segundo transformador 27 y un segundo convertidor CA/CC 29, en este orden.

El segundo medidor de electricidad 25 que se proporciona para medir la energía eléctrica está conectado eléctricamente entre el primer terminal 3 y el segundo transformador 27. El segundo contador de electricidad 25 está adaptado para medir la energía eléctrica que fluye en ambas direcciones, hacia la red eléctrica 4 y desde la red eléctrica 4.

El segundo transformador 27 transforma una primera corriente alterna, por ejemplo una corriente trifásica, que tiene una primera tensión en una segunda corriente alterna que tiene una segunda tensión y viceversa. Según algunas realizaciones, la segunda tensión es menor que la primera tensión. El primer lado de tensión del segundo transformador 27 está dirigido hacia la red eléctrica 4. La primera tensión puede estar entre 5 kV y 50 kV, en particular entre 10 kV y 20 kV, por ejemplo 10 kV, 11 kV o 20 kV. La segunda tensión es, por ejemplo, entre 100 V y 10 kV, y/o depende del dispositivo de almacenamiento de energía 11 conectado en el tercer terminal 7.

El segundo convertidor CA/CC 29 está eléctricamente conectado entre el segundo transformador 27 y el tercer terminal 7. El segundo convertidor CA/CC 29 es un convertidor CA/CC bidireccional que convierte la corriente alterna, por ejemplo del segundo transformador 27 y/o de la red eléctrica 4 conectada al primer terminal 3, en una corriente continua destinada a proporcionar corriente de accionamiento a, al menos, un vehículo ferroviario y/o al dispositivo de almacenamiento de energía 11 para almacenar energía eléctrica, y viceversa.

En algunas realizaciones, el segundo transformador 27 puede omitirse en la segunda cadena de suministro de corriente 23. En otras realizaciones, el segundo medidor de electricidad 25 puede colocarse entre el segundo transformador 27 y el segundo convertidor CA/CC 29.

Según una realización, la subestación de tracción de CC 1 incluye un convertidor CC/CC 30, conectando eléctricamente el segundo terminal 5 con el tercer terminal 7. En otras palabras, la conexión del segundo terminal 5 al tercer terminal 7 se proporciona dentro de la subestación de tracción de CC. Para ello, el convertidor CC/CC está conectado a una primera conexión eléctrica 32 entre la primera cadena de suministro de corriente 13 y el segundo terminal 5 por un lado y a una segunda conexión eléctrica 34 entre la segunda cadena de suministro de corriente 23 y el tercer terminal 7 en el otro lado. La primera conexión eléctrica 32 y la segunda conexión eléctrica 34 se proporcionan dentro de la subestación de tracción de CC 1.

El convertidor CC/CC 30 es un convertidor bidireccional que convierte una corriente de CC que tiene una primera tensión para cargar o descargar el sistema de almacenamiento de energía 11 en una corriente de CC que tiene una segunda tensión para usar como corriente de tracción para vehículos ferroviarios.

En otras palabras, el convertidor CC/CC 30 define otra cadena de suministro para conectar eléctricamente el primer terminal 3 a través de la primera cadena de suministro de corriente 13 al dispositivo de almacenamiento de energía 11, para conectar eléctricamente el primer terminal 3 a través de la segunda cadena de suministro de corriente 23 al segundo terminal 5, o para conectar eléctricamente el dispositivo de almacenamiento de energía 11 al segundo terminal 5.

En una primera función, la subestación de tracción de CC 1 proporciona un suministro de energía de CC para vehículos ferroviarios a lo largo de la ruta mostrada con la flecha A, a través del primer transformador opcional 17, el primer convertidor o rectificador CA/CC 19, el segundo terminal 5 al conductor de suministro de energía 6 para proporcionar corriente de accionamiento a, al menos, un vehículo ferroviario.

En algunas realizaciones, otras cargas, como vehículos de carretera eléctricos, por ejemplo, autobuses eléctricos, camiones eléctricos, coches eléctricos, furgonetas eléctricas o incluso bicicletas eléctricas, podrían recibir corriente continua desde el segundo terminal 5.

5 En una segunda función, la subestación de tracción de CC 1 está adaptada para proporcionar energía eléctrica desde la red eléctrica 4 al sistema de almacenamiento de energía 11, por ejemplo para cargar una batería, a lo largo de la ruta que se muestra en la Figura 1 con la flecha B, a través del segundo transformador 27, el segundo convertidor CA/CC 29 y el tercer terminal 7.

10 En una tercera función, la subestación de tracción de CC 1 está adaptada para proporcionar energía eléctrica desde el sistema de almacenamiento de energía 11 a la red eléctrica 4 a lo largo de la ruta que se muestra en la Figura 1 con la flecha C.

15 En otras palabras, la subestación de tracción de CC 1, en particular el sistema de almacenamiento de energía 11, puede dimensionarse para calificar como una reserva de control primario. Para ello, el sistema de almacenamiento de energía 11 tiene una capacidad de al menos 350 kWh.

20 En otras palabras, la subestación de tracción de CC 1 puede usarse en una reserva de control primario para equilibrar el consumo de energía eléctrica en la red de energía eléctrica 4 con la producción de energía eléctrica. Para ello, la subestación de tracción de corriente continua 1 se controla midiendo la frecuencia de la red eléctrica 4 para actuar como reserva primaria de control. El objetivo de la activación de la reserva de control es mantener la frecuencia de la red eléctrica 4 en la frecuencia objetivo de por ejemplo 50 o 60 Hz y/o eliminar las desviaciones regionales en el balance de sus valores de referencia. Por ejemplo, como reserva de control primario se puede activar la carga y descarga del sistema de almacenamiento de energía 11 en 30 segundos y el periodo por incidencia a cubrir es de 0 a 30 minutos. La solicitud para actuar como solicitud de control primario se genera automáticamente, en particular de un controlador de la subestación de tracción de CC 1, en función de una desviación de frecuencia del valor nominal, por ejemplo 50 Hz como se indicó anteriormente, en la energía eléctrica cuadrícula 4. La potencia solicitada debe proporcionarse durante un tiempo determinado.

30 En otra función, la segunda cadena de suministro de corriente 23 y el convertidor CC/CC 30 se pueden utilizar para proporcionar la corriente continua de accionamiento o tracción para un vehículo ferroviario en el segundo terminal 5, véase la flecha D, a través del segundo transformador opcional 27, el segundo convertidor CA/CC 29 y el convertidor CC/CC 30. O viceversa, por ejemplo, si más vehículos ferroviarios utilizan frenado regenerativo que aceleración y el sistema de almacenamiento de energía 11 no debe recibir la energía.

35 En otra función, la primera cadena de suministro de corriente 13 y el convertidor CC/CC 30 pueden utilizarse para proporcionar energía al sistema de almacenamiento de energía 11, véase la flecha E, a través del primer transformador 17 opcional, el primer convertidor CA/CC 19 o rectificador y el convertidor CC/CC 30. Por lo tanto, el sistema de almacenamiento de energía 11 puede cargarse utilizando la primera cadena de suministro actual 13.

40 En otra función, el sistema de almacenamiento de energía 11 y el convertidor CC/CC 30 se utilizan para proporcionar corriente de tracción al conductor de suministro de energía 6 de un vehículo ferroviario, véase la flecha F.

45 La Figura 1 muestra otra función, a saber, el sistema de almacenamiento de energía 11 y el convertidor CC/CC 30 se utilizan para almacenar la energía proporcionada por el conductor de suministro de energía 6 a través del segundo terminal 5, por ejemplo, si más vehículos ferroviarios utilizan el frenado regenerativo que acelerando, ver flecha G.

50 Por lo tanto, para tener una función más fluida de potencia frente al tiempo en la red de suministro de energía (recorte de picos), el sistema de almacenamiento de energía 11 se puede usar para almacenar energía de la red de energía eléctrica 4 recibida a través del primer terminal 3 antes de suministrarla a los vehículos ferroviarios a través del convertidor CC/CC 30 (flechas B y F). Además, el exceso de energía del sistema de alimentación de riel de CC también se puede almacenar para su uso posterior (flecha G). Así, el número de resistencias de frenado para transformar la energía superflua en calor puede reducirse o incluso omitirse.

55 En algunas realizaciones, si falla la red eléctrica 4, el sistema de almacenamiento de energía puede proporcionar energía eléctrica (flecha F) a los vehículos ferroviarios para permitirles mover los trenes a posiciones seguras, por ejemplo para la evacuación de los pasajeros.

60 Según las realizaciones, la subestación de tracción de CC 1 está adaptada para cambiar entre las diferentes funciones, o puede usar incluso varias funciones incluso en paralelo, por ejemplo, el sistema de almacenamiento de energía 11 puede cargarse o descargarse utilizando la segunda cadena de suministro de corriente 23 (flechas B y C) en paralelo al suministro de energía eléctrica al segundo terminal 5 a través de la primera cadena de suministro de corriente 13 (flecha A).

De acuerdo con la invención, se proporciona el acoplamiento de la regulación de frecuencia para una red eléctrica de CA con un suministro de energía ferroviario eficiente en energía, con el fin de reducir la inversión.

5 Además, la reserva de control primario se mide, según una realización, con el segundo medidor de electricidad 25 mientras que el suministro de energía del riel se mide por separado con el primer medidor de electricidad 15.

10 Además, el equipo ya utilizado en la primera cadena de suministro actual 13 puede permanecer en su lugar cuando se actualice a la subestación de tracción de CC con la segunda cadena de suministro actual 23 y el convertidor CC/CC 30.

Finalmente, se reduce el consumo de energía de la red eléctrica 4.

15

REIVINDICACIONES

1. Subestación de tracción de CC (1) para la alimentación de al menos un vehículo, preferentemente ferroviario, con corriente continua, CC, que comprende:
 - un primer terminal (3) adaptado para conectar la subestación de tracción de CC (1) a una red de energía eléctrica de corriente alterna, CA, (4);
 - un segundo terminal (5) adaptado para conectar la subestación de tracción de CC (1) a un conductor de suministro de energía (6) para proporcionar corriente de accionamiento a, al menos, un vehículo o para recibir corriente de frenado regenerativo del al menos un vehículo;
 - un tercer terminal (7) adaptado para conectarse a un dispositivo de almacenamiento de energía (11) para almacenar energía eléctrica;
 - una o más primeras cadenas de suministro de corriente (13) que conectan eléctricamente el primer terminal (3) al segundo terminal (5), en donde la primera cadena de suministro de corriente comprende un primer convertidor CA/CC (19); en donde la subestación de tracción de CC comprende además una o más segundas cadenas de suministro de corriente (23) que conectan eléctricamente el primer terminal (3) al tercer terminal (7), en donde la segunda cadena de suministro de corriente comprende un segundo convertidor de CA/CD (29)), y en donde un convertidor CC/CC (30) conecta eléctricamente, dentro de la subestación de tracción de CC (1), el segundo terminal al tercer terminal, caracterizado porque el convertidor CC/CC está conectado a una primera conexión eléctrica (32) entre la primera cadena de suministro de corriente (13) y el segundo terminal (5) por un lado y a una segunda conexión eléctrica (34) entre la segunda cadena de suministro de corriente (23) y el tercer terminal (7) por el otro lado, en donde el segundo convertidor CA/CC (29) es un convertidor CA/CC bidireccional que convierte de una corriente alterna a una corriente continua y viceversa, y en donde el convertidor CC/CC (30) es un convertidor CC/CC bidireccional.
2. Subestación de tracción de CC (1) según la reivindicación 1, en donde el conductor de suministro de energía (6) es al menos uno seleccionado entre una catenaria, un riel de tierra y un riel aéreo.
3. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el dispositivo de almacenamiento de energía (11) es una batería recargable, un almacenamiento de energía hidroeléctrica por bombeo, un acumulador eléctrico de volante, un almacenamiento de energía por aire comprimido, al menos un condensador, o similar.
4. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el primer convertidor CA/CC (19) es un convertidor CA/CC unidireccional que convierte de corriente alterna a corriente continua.
5. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el primer convertidor CA/CC (19) es un convertidor bidireccional CA/CD que convierte de corriente alterna a corriente continua y viceversa.
6. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde, en la primera cadena de suministro de corriente (13), un primer contador de electricidad (15) para medir energía eléctrica está conectado eléctricamente entre el primer terminal y el primer convertidor CA/CC.
7. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde en la segunda cadena de suministro de corriente (23) se conecta eléctricamente un segundo contador de electricidad (25) para medir la energía eléctrica entre el primer terminal y el segundo convertidor CA/CC.
8. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde en la primera cadena de suministro de corriente (13) se conecta eléctricamente un transformador (17) entre el primer terminal y el primer convertidor CA/CC, preferentemente entre un primer contador de electricidad y el primer convertidor CA/CC.
9. Subestación de tracción de CC (1) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde en la segunda cadena de suministro de corriente (23) se conecta eléctricamente un transformador (27) entre el primer terminal y el segundo convertidor CA/CC, preferentemente entre un segundo contador de electricidad y el segundo convertidor CA/CC.

