

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 894**

51 Int. Cl.:

B60M 3/06 (2006.01)

B60L 5/38 (2006.01)

B61H 9/06 (2006.01)

B60M 7/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.03.2014 PCT/NL2014/050160**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2014 WO14200335**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.03.2014 E 14716440 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3007925**

54 Título: **Procedimiento y sistema para el uso de energía de frenado regenerativo de vehículos ferroviarios**

30 Prioridad:

14.06.2013 NL 2010983

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

26.11.2019

73 Titular/es:

**HEDGEHOG APPLICATIONS B.V. (100.0%)
Koningstraat 16
7315 HW Apeldoorn, NL**

72 Inventor/es:

HEINEN, ADRIANUS JOHANNES

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 732 894 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

Procedimiento y sistema para el uso de energía de frenado regenerativo de vehículos ferroviarios

Antecedentes

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para el uso de la energía de frenado generada por vehículos ferroviarios que comprenden medios de frenado regenerativo para la conversión de la energía de frenado de dichos vehículos ferroviarios en energía eléctrica, en particular, cuando dichos vehículos ferroviarios frenan y/o deceleran en una estación de ferrocarril o próxima a la misma. La presente invención además se refiere a un sistema de consumo y distribución de energía para el consumo y la distribución de dicha energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo de vehículos ferroviarios.
- 10 Se sabe de sistemas para la recuperación de energía de frenado de vehículos ferroviarios, por ejemplo, a partir del documento EP 1 985 490 que describe un sistema de recuperación de energía que comprende un vehículo ferroviario en una pista, por ejemplo, un vehículo de tren, que se conecta eléctricamente, a través de un pantógrafo, a una línea de alimentación de potencia para recoger potencia eléctrica de la misma. El vehículo ferroviario está provisto de un motor eléctrico adaptado para hacer girar las ruedas del vehículo ferroviario cuando se les proporciona la potencia eléctrica. Durante el frenado del vehículo ferroviario, el motor se puede operar como un generador para generar energía eléctrica, en cuyo caso la energía eléctrica generada durante el frenado se devuelve a la línea de alimentación de potencia. El sistema conocido comprende además estaciones de alimentación de potencia que se disponen en ubicaciones predeterminadas a lo largo de la pista, para el suministro de energía eléctrica desde una red eléctrica al vehículo ferroviario, y para recibir energía eléctrica desde el vehículo ferroviario durante el frenado y el transporte de esta energía de vuelta a la red eléctrica. En una realización, una porción de la energía que se genera durante el frenado de un vehículo ferroviario se utiliza directamente para alimentar la aceleración de otro vehículo ferroviario y la porción restante de energía regenerada se transporta, a través de las estaciones de alimentación de potencia, de nuevo a la red eléctrica.
- 15 20 25 Un inconveniente del sistema conocido es que, con el fin de convertir la energía eléctrica generada durante el frenado de un vehículo ferroviario en una forma de energía adecuada para su transporte dentro de la red eléctrica, un sistema de regulación de tensión y/o convertidor de potencia complejos se requieren en las estaciones de alimentación de energía. Las estaciones de alimentación de potencia están normalmente adaptadas para recibir energía eléctrica de la red eléctrica a una primera tensión, por ejemplo, una tensión de 10.000 V, en la que se transporta la energía eléctrica dentro de la red eléctrica, y para convertir esta energía en energía eléctrica adecuada para impulsar un vehículo ferroviario a una segunda tensión sustancialmente inferior, por ejemplo, una tensión de 1.500 V. Durante el frenado, el vehículo ferroviario genera energía eléctrica a una tercera tensión que está entre la primera tensión y la segunda tensión, por ejemplo, el vehículo ferroviario genera una tensión en un rango de aproximadamente 1.600 a 1.900 V durante el frenado. En consecuencia, además de la conversión de energía eléctrica de la primera tensión a la segunda tensión, en el sistema conocido del convertidor de potencia y/o el sistema de regulación de tensión deben también adaptarse para la conversión de energía de la tercera tensión a la primera tensión.
- 30 35 El documento KR 101 194 302 desvela un sistema de almacenamiento de energía de potencia, un procedimiento de almacenamiento de energía de potencia, un sistema para proporcionar potencia para cargar un vehículo eléctrico, y un procedimiento y sistema para la facturación de la potencia para la carga del vehículo eléctrico para cargar el vehículo eléctrico mediante el uso de la energía renovable procedente de un tren eléctrico.
- 40 El documento JP 2010 132209 desvela un sistema de intercambio de potencia que realiza intercambio de potencia automáticamente entre un ferrocarril de corriente continua y un ferrocarril eléctrico de CA.
- 45 50 El documento WO 2012/153755 desvela un sistema de gestión de potencia para la minería, que incluye: una primera línea aérea que se dispone en una pendiente ascendente, e intercambia potencia con un vehículo ascendente que viaja en la pendiente ascendente; una segunda línea aérea que se dispone en una pendiente descendente, e intercambia potencia con un vehículo descendente que viaja en la pendiente ascendente; y una fuente de alimentación y dispositivo de almacenamiento que intercambia potencia entre al menos la primera línea aérea y la segunda línea aérea. Un dispositivo de gestión para el sistema de gestión de potencia para la minería controla la distribución de potencia entre al menos las máquinas, el vehículo ascendente y el vehículo descendente, de tal manera que la potencia total consumida por las máquinas, el vehículo ascendente y el vehículo descendente es menor que o igual a la potencia total generada por las máquinas, el vehículo ascendente y el vehículo descendente.
- Un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento y un sistema más sencillo para el uso de la energía de frenado de vehículos ferroviarios, que permite el uso eficaz de la misma.

Sumario de la invención

- 55 Para este fin, de acuerdo con un primer aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para el uso de la energía de frenado de un grupo de vehículos ferroviarios, de acuerdo con la reivindicación independiente 6.

Típicamente, el periodo de tiempo predeterminado es un periodo de tiempo 18 o 24 horas durante el que los vehículos ferroviarios y buses propulsados eléctricamente se programan en el servicio de aportación. El suministro neto de energía es sustancialmente igual a una cantidad de energía suministrada por el grupo de vehículos ferroviarios a los medios de almacenamiento de energía menos una cantidad de energía - en su caso - extraída por dichos vehículos ferroviarios desde los medios de almacenamiento de energía durante el periodo de tiempo predeterminado. Por ejemplo, si durante un periodo predeterminado de tiempo de 18 horas cuatro vehículos ferroviarios frenan dentro de una distancia de 2 km con respecto a los medios de almacenamiento de energía cada hora, generando cada uno 120 kWh cuando frenan, entonces la cantidad total de energía generada por los medios de frenado regenerativo de los vehículos ferroviarios dentro de dicha distancia desde los medios de almacenamiento de energía es de $120 \text{ kWh} * 18 \text{ horas} * 4 = 8.640 \text{ kWh}$. Si, durante el mismo periodo de tiempo predeterminado, los vehículos ferroviarios no extraen energía de los medios de almacenamiento de energía, entonces la cantidad neta de energía que se transfiere a los medios de almacenamiento de energía es sustancialmente igual a la cantidad de energía generada, es decir, en este ejemplo, sustancialmente igual a 8.640 kWh.

Como sustancialmente la totalidad de la cantidad neta de energía eléctrica se transfiere a las baterías a bordo de los buses propulsados eléctricamente, sustancialmente la totalidad de esta energía neta se puede usar para impulsar el movimiento de dichos buses. Las pérdidas de energía debido a la conversión se reducen puesto que no hay necesidad para la conversión de la energía eléctrica a una forma adecuada para su transporte en una red eléctrica antes de transferir la energía eléctrica a las baterías a bordo de los buses propulsados eléctricamente. El procedimiento de acuerdo con la invención se puede realizar, por tanto, sin alterar las estaciones de alimentación de potencia existentes a lo largo de una pista férrea.

Por lo general, la transferencia de la energía generada por los medios de frenado regenerativo de un vehículo ferroviario a los medios de almacenamiento de energía para almacenar dicha energía en su interior se realiza durante el frenado del vehículo ferroviario dentro de dicha distancia.

De acuerdo con la invención, los vehículos ferroviarios están adaptados para recibir energía eléctrica desde una sección de línea de potencia a una tensión nominal, en la que el medio de almacenamiento de energía está conectado directamente a dicha sección de línea de potencia y adaptados para almacenar la energía eléctrica a sustancialmente dicha tensión nominal. Durante el frenado de un vehículo ferroviario, la energía eléctrica se transfiere así desde los medios de frenado regenerativo a los medios de almacenamiento de energía a través de la sección de la línea de potencia, que es típicamente una sección o porción de una línea de alimentación de potencia entre dos estaciones de alimentación de energía que están dispuestas a lo largo de una pista en la cual el vehículo ferroviario está viajando, y que están adaptadas para suministrar energía eléctrica al vehículo ferroviario a dicha tensión nominal. La sección de la línea de potencia es típicamente una línea conductora o una cinta conductora que se extiende sustancialmente paralela a una pista sobre la cual se desliza el vehículo ferroviario.

En una realización, los vehículos ferroviarios están adaptados para ser alimentados a través de dicha sección de línea de potencia, en el que la sección de línea de potencia está conectada en ambos lados a las estaciones de alimentación de energía, dichas estaciones de alimentación de potencia están conectados a una red eléctrica externa, y en el que la energía eléctrica fluye desde dicha red eléctrica a dicha sección de línea de potencia, pero no viceversa. El movimiento de un vehículo ferroviario puede así ser alimentado con energía de la red, por ejemplo, pero la energía regenerada durante el frenado del vehículo ferroviario no se transporta de vuelta a la red.

En una realización, dicho periodo de tiempo predeterminado es sustancialmente igual a 24 horas, y durante dicho periodo de tiempo predeterminado, la cantidad neta de energía que se transfiere a las baterías a bordo de dicho grupo de buses con alimentación eléctrica es de 2.000 kWh o más, preferentemente al menos 6.000 kWh.

En una realización, la cantidad neta de energía es mayor por al menos un factor dos, preferentemente al menos por un factor tres, que una capacidad de almacenamiento de energía máxima de los medios de almacenamiento de energía. Por ejemplo, incluso cuando se transfiere una cantidad neta de energía de 7.200 kWh desde los medios de almacenamiento de energía a las baterías a bordo durante el periodo de tiempo predeterminado, normalmente será suficiente un medio de almacenamiento de energía que tenga una capacidad máxima de almacenamiento de energía de 2400 kWh.

En una realización, los medios de almacenamiento de energía tienen una capacidad nominal (clasificación C) de entre 2,5 C y 3,5 C, preferentemente sustancialmente igual a 3 C. La clasificación C proporciona una indicación de la corriente máxima que se puede extraer de, o suministrarse a, los medios de almacenamiento de energía sin causar daños a los mismos, cuando la capacidad de almacenamiento de energía máxima de los medios de almacenamiento de energía se conoce. Igualmente, cuando la corriente máxima que será extraída o suministrada a los medios de almacenamiento de energía por los vehículos ferroviarios, así como una tensión máxima a la que se conoce dicho flujo de corriente, la clasificación C se puede usar para calcular la capacidad de almacenamiento de energía mínima que deben tener los medios de almacenamiento de energía para poder hacer frente a la corriente máxima a la tensión máxima, sin causar daños a los medios de almacenamiento de energía. Dicha capacidad de almacenamiento de energía mínima requerida se puede calcular como la corriente máxima en dicha sección de la línea de potencia durante el frenado de uno o varios vehículos ferroviarios multiplicada por la tensión máxima en dicha sección de la línea de potencia generada durante el frenado de dicho uno o varios vehículos ferroviarios, y dividido por la calificación C de

los medios de almacenamiento de energía. Por ejemplo, cuando se sabe que solo un vehículo ferroviario frena al mismo tiempo a lo largo de dicha sección de línea de potencia, y que la corriente suministrada a los medios de almacenamiento de energía durante el frenado de los mismos es a lo sumo 4.000 A y se suministra a una tensión de como máximo 1.800 V, con la clasificación C de los medios de almacenamiento de energía siendo 3, entonces los medios de almacenamiento de energía deben dimensionarse para tener una capacidad de almacenamiento de al menos $4.000 \text{ A} * 1.800 \text{ V} * (1\text{h}/3) = 2,4 \text{ MWh}$.

En una realización, la batería a bordo de cada bus alimentado eléctricamente se dimensiona para almacenar una cantidad de energía que es al menos igual al uso de potencia máxima de dichos buses que dura 1 hora y dividido por 2,5. Por ejemplo, cuando el consumo máximo de potencia de un bus eléctrico durante la aceleración es de 180 kW, es decir, la cantidad de energía extraída de la batería a bordo en cualquier momento es de 180 kW o menos, entonces la batería a bordo del bus debe tener una capacidad de al menos $180 \text{ kW} * 1 \text{ h}/2,5 = 72 \text{ kWh}$. El consumo total de energía de cada bus durante todo el periodo de tiempo predeterminado será típicamente sustancialmente más alto que la capacidad total de almacenamiento de energía de su batería a bordo, por ejemplo, al menos por un factor 2.

Cuando se conocen tanto la capacidad de almacenamiento de energía de la batería a bordo como la tensión utilizado para cargar dicha batería en una estación de carga, la corriente máxima que la batería de a bordo debe poder recibir cuando se carga en una estación de carga sin dañar la batería de a bordo se puede calcular dividiendo la capacidad de almacenamiento de energía de la batería de a bordo por la tensión de carga. Por ejemplo, cuando la capacidad de almacenamiento de energía es de 72 kWh, y la tensión para cargar la batería a bordo en la estación de carga es de 600 V, entonces la batería a bordo debe poder recibir $72 \text{ kWh}/600 \text{ V} = 120 \text{ A}$ de corriente sin daños. Las baterías a bordo de los buses pueden dimensionarse de acuerdo con la corriente de carga disponible para transferir energía eléctrica desde el almacenamiento de energía a las mismas y/o en función de un consumo de energía máximo predeterminado de los buses con alimentación eléctrica.

En una realización, una diferencia entre una cantidad máxima y mínima de energía almacenada por los medios de almacenamiento de energía durante el periodo de tiempo predeterminado en cualquier momento es sustancialmente menor que una capacidad almacenamiento de energía máximo de los medios de almacenamiento de energía, preferentemente al menos por un factor 10 o 15. Esto se puede lograr sincronizando las transferencias de energía eléctrica de los medios de frenado regenerativo a los medios de almacenamiento de energía, de tal manera que sean seguidos por las transferencias de energía de los medios de almacenamiento de energía a las baterías a bordo de los buses alimentados eléctricamente antes de que la diferencia sea mayor que una décima o una quinceava parte de la capacidad máxima de almacenamiento de los medios de almacenamiento de energía. A la inversa, cuando las estimaciones de los tiempos de transferencia y las cantidades de transferencia de energía correspondientes se determinan antes del inicio del periodo de tiempo predeterminado, un medio de almacenamiento de energía que tenga una capacidad de almacenamiento de energía máxima adecuada puede seleccionarse basándose en dichas estimaciones.

En una realización, dichos vehículos ferroviarios se detienen en una estación de ferrocarril de acuerdo con un horario predeterminado en el que se basa dicho periodo de tiempo predeterminado, en el que la estación de tren y la una o varias estaciones de carga están a una distancia de 2 km de los medios de almacenamiento de energía, preferentemente dentro de una distancia de 1 km, más preferentemente dentro de una distancia de 500 m. Una cantidad neta de energía esperada que es generada por los medios de frenado regenerativo puede, por lo tanto, calcularse por adelantado basándose en el horario predeterminado para los vehículos ferroviarios. El número de buses alimentados eléctricamente que se usa durante el mismo periodo de tiempo predeterminado se elige preferentemente de tal manera que consuman al menos dicha cantidad neta de energía esperada. Por lo general, el consumo de energía esperado de estos buses se puede calcular por adelantado según un horario de buses predeterminado.

En una realización, las estaciones de carga están ubicadas en las paradas de bus correspondientes y dichas baterías a bordo se recargan parcialmente durante las paradas de dichos buses con alimentación eléctrica en dichas paradas. Como las baterías a bordo solo se recargan parcialmente, generalmente se almacenará una mayor cantidad de energía en las baterías a bordo al comienzo del periodo de tiempo predeterminado que al final de las mismas, incluso cuando las baterías se recargan parcialmente en las estaciones de carga varias veces durante dicho periodo de tiempo predeterminado. Cuando los buses no están en servicio de ingreso, sus baterías a bordo pueden recargarse al menos a la cantidad de energía que se mantiene al comienzo del periodo de tiempo predeterminado.

En una realización, la transferencia de energía eléctrica desde los medios de almacenamiento de energía a los buses alimentados eléctricamente se realiza mediante estaciones de carga dispuestas en lugares donde los pasajeros embarcan y/o desembarcan en una parada de bus. Preferentemente, durante la hora del día en el que los buses están en servicio de ingresos, es decir, desde el principio hasta el final de los tiempos de bus de acuerdo con un horario de bus que normalmente coincide sustancialmente con el periodo de tiempo predeterminado, cada bus de los buses alimentados eléctricamente se desconecta de una estación de carga tan pronto como se ha conectado continuamente a la estación de carga durante un tiempo más largo que el tiempo predeterminado reservado para que los pasajeros suban o bajen de dicho bus. Esta duración de tiempo para el embarque/desembarque es preferentemente inferior a 10 minutos, preferentemente menos de 5 minutos. Así, entre el inicio del horario del bus y el final del horario del bus, un bus puede permanecer en operación sustancialmente constante sin tener que hacer paradas adicionales para cargar su batería a bordo.

5 En una realización, la transferencia de energía desde dichos medios de almacenamiento de energía a dichos buses alimentados eléctricamente se realiza usando una o varias estaciones de carga, preferentemente dentro de un periodo de carga de 6 minutos o menos, preferentemente 3 minutos o menos, después de lo cual dicho bus alimentado eléctricamente permanece desconectado de dichas estaciones de carga por al menos 8-9 veces dicho periodo de carga, después de lo cual el bus regresa preferentemente a la una o varias estaciones de carga. Por ejemplo, cuando un bus ha recargado parcialmente su batería a bordo en una estación de carga durante 3 minutos, permanecerá desconectado de todas las estaciones de carga mencionadas durante al menos otros 24 o 27 minutos.

10 En una realización, todo el tiempo dedicado a cargar cada bus en una estación de carga durante el periodo de tiempo predeterminado es inferior a una novena o una décima parte del periodo de tiempo predeterminado. Por ejemplo, durante un periodo de tiempo predeterminado completo, un bus puede regresar a una estación de carga en promedio después de 27 minutos de conducción y luego recargar parcialmente las baterías a bordo durante 3 minutos en promedio antes de salir de la estación de carga nuevamente.

15 En una realización se convierte una tensión de la energía eléctrica de dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica, preferentemente en una estación de carga para cargar la batería a bordo de un bus alimentado eléctricamente, en una posición separada de dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica, por ejemplo, por 5 m o 10 m o más, a una tensión adecuada para cargar uno o varios buses cargados eléctricamente o baterías a bordo de los mismos. Esta conversión, que se lleva a cabo preferentemente utilizando un súper cargador, solo tiene que tener lugar cuando uno o varios de los buses alimentados eléctricamente se están cargando en las estaciones de carga.

20 En una realización, la energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo del grupo de vehículos ferroviarios se usa para cargar al menos 10, preferentemente al menos 20, más preferentemente al menos 30 de dichos buses alimentados eléctricamente durante el periodo de tiempo predeterminado. Estas cantidades de buses pueden consumir grandes cantidades de energía neta generada por los vehículos ferroviarios. Preferentemente a lo largo de la duración, todo el periodo de tiempo predeterminado a cada bus está provisto de al menos 200 kWh de energía eléctrica de los medios de almacenamiento de energía. Por ejemplo, cuando durante un periodo de tiempo predeterminado completo se suministran 30 buses a cada uno con 216 kWh de energía eléctrica del medio de almacenamiento de energía, estos buses juntos dibujan 6,48 MWh desde los medios de almacenamiento de energía durante dicho periodo de tiempo predeterminado.

25 Más preferentemente, el número de buses alimentados eléctricamente para ser alimentados con la energía eléctrica que se convierte durante el periodo de tiempo predeterminado es al menos sustancialmente igual a la cantidad neta de energía eléctrica dividida por el consumo de energía promedio de un bus del grupo de buses alimentados eléctricamente.

30 En una realización, los medios de almacenamiento de energía eléctrica están situados en una posición de frenado y/o desaceleración frecuentes de dichos vehículos ferroviarios, por ejemplo, en una estación de tren o una parada de bus. Las estaciones de carga están dispuestas preferentemente en paradas de bus próximas a dicha estación de tren, por ejemplo, dentro de una distancia de 2 km de la misma.

35 En una realización, los medios de almacenamiento de energía son estacionarios durante dicha transferencia de energía eléctrica desde los medios de almacenamiento de energía eléctrica al grupo de vehículos de bus alimentados eléctricamente o baterías a bordo de los mismos. La ubicación de los medios de almacenamiento de energía en relación con la pista no cambia por lo tanto durante dicha transferencia de energía.

40 En una realización, la transferencia de energía desde los medios de almacenamiento de energía a los buses alimentados eléctricamente del grupo se realiza a una distancia de 2 km de los medios de almacenamiento de energía, preferentemente dentro de una distancia de 1 km, en lugar de dentro de dicha distancia de 500 m desde los medios de almacenamiento de energía.

45 De acuerdo con un segundo aspecto, la presente invención proporciona un sistema de consumo y distribución de energía de acuerdo con la reivindicación independiente 1.

50 Debido a que los componentes del sistema integrado, es decir, la sección de la línea de alimentación, el medio de almacenamiento de energía eléctrica, y la pluralidad de estaciones de carga, se encuentran cerca entre sí, se minimiza la pérdida de energía debida al transporte de energía eléctrica. Además, ya que no es necesario hacer uso de un convertidor para convertir la tensión de la sección de la línea de potencia a una tensión de los medios de almacenamiento de energía eléctrica, se minimiza la pérdida de energía debida a la conversión.

55 De acuerdo con la invención, dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica están conectados directamente a dicha sección de línea de potencia, permitiendo un flujo sustancialmente libre de energía eléctrica desde el medio de almacenamiento de energía a la sección de la línea de potencia y viceversa. Así, es posible un intercambio bidireccional directo de energía eléctrica entre los medios de almacenamiento de energía y dicha sección de línea de potencia. Una porción de la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía puede, por lo tanto, usarse para alimentar, al menos parcialmente, vehículos ferroviarios de aceleración, sin necesidad de conversión de la energía eléctrica, incluso cuando ningún vehículo ferroviario está frenando al mismo tiempo, y otra porción se puede

usar para cargar uno o varios vehículos del grupo de buses alimentados eléctricamente. En esta realización, es particularmente ventajoso si los medios de almacenamiento de energía están adaptados para almacenar dicha energía eléctrica a una tensión en función de la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía, es decir, cuanta más energía se almacena en los medios de almacenamiento de energía, mayor será la tensión a la que se almacena dicha energía. Así, cuando la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía está por debajo de un valor umbral mínimo, entonces la tensión en dichos medios de almacenamiento de energía estará en una tensión que es menor que la tensión nominal aplicado a la sección de la línea de potencia, y los medios de almacenamiento de energía recibirán energía eléctrica a través de la sección de la línea de potencia. Por otra parte, cuando un vehículo ferroviario que está en contacto con la sección de la línea de potencia está acelerando, la tensión en la sección de la línea de potencia cae por debajo de la tensión de los medios de almacenamiento de energía. Como resultado, la energía se suministra a la sección de la línea de potencia desde medios de almacenamiento de energía, para impulsar la aceleración del vehículo ferroviario.

En una realización, los medios de almacenamiento de energía y la sección de la línea de alimentación forman un sistema de flotación libre para que la energía pueda flotar, o ser transferida, en cualquier dirección. La cantidad de energía suministrada al almacenamiento de energía por los medios de frenado regenerativo del grupo de vehículos ferroviarios es generalmente mayor que la cantidad de energía extraída por estos vehículos ferroviarios desde los medios de almacenamiento de energía durante la aceleración, dando como resultado una alimentación neta de energía a los medios de almacenamiento de energía, por lo tanto. Esto se debe en parte a que, durante sustancialmente el frenado, toda la energía eléctrica es recibida por los medios de almacenamiento de energía, considerando que, durante la aceleración de un vehículo ferroviario, al menos una porción de la energía requerida para alimentar un vehículo ferroviario es suministrada por las estaciones de alimentación de potencia.

En una realización, dicho grupo de vehículos ferroviarios está adaptado para proporcionar sustancialmente una alimentación neta predeterminada de energía eléctrica a dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que dicho grupo de buses alimentados eléctricamente está adaptado para consumir sustancialmente al menos dicha cantidad neta de energía eléctrica dentro de dicho periodo de tiempo predeterminado.

El sistema integrado está ubicado preferentemente en una estación de transporte público que comprende tanto una estación de ferrocarril para los vehículos ferroviarios como una estación de buses para los buses. La cantidad neta de energía puede determinarse antes del inicio del periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo, al menos un día de antelación, basado en horarios de trenes y buses, capacidad de almacenamiento de energía eléctrica de los buses y/o consumo de energía esperado de los buses durante el periodo de tiempo predeterminado. La estación de ferrocarril y la estación de buses que comprenden la pluralidad de estaciones de carga están ubicadas preferentemente a poca distancia entre sí, por ejemplo, dentro de una distancia de 2 km o menos entre sí.

Durante el periodo de tiempo predeterminado, normalmente un periodo de tiempo 18 o 24 horas durante el que los vehículos ferroviarios y buses se programan en el servicio de aportación, hay varias veces durante las cuales los vehículos ferroviarios suministran energía a los medios de almacenamiento de energía eléctrica. Debido a que los medios de almacenamiento de energía actúan como un amortiguador de energía, la energía regenerada puede consumirse de una manera más gradual para cargar las baterías a bordo de los buses alimentados eléctricamente. Por ejemplo, durante un periodo de tiempo predeterminado que dura aproximadamente 18 horas, en promedio, al menos 4 vehículos ferroviarios pueden frenarse en la sección de la línea de potencia cada hora. Durante el mismo periodo de tiempo predeterminado, los buses alimentados eléctricamente del grupo de buses con alimentación eléctrica pueden suceder entre sí en las estaciones de carga, de manera que sustancialmente en cualquier momento durante el periodo de tiempo predeterminado, la batería incorporada de al menos un bus alimentado eléctricamente se está cargando con energía de los medios de almacenamiento de energía.

Como al menos la cantidad neta de energía eléctrica suministrada a los medios de almacenamiento de energía por el grupo de vehículos ferroviarios durante el periodo de tiempo predeterminado es consumida por el grupo de buses alimentados eléctricamente durante el mismo periodo de tiempo predeterminado, se puede asegurar que no se pierde nada de la cantidad neta de energía debido a la falta de capacidad de almacenamiento de energía. Por ejemplo, cuando durante un periodo de tiempo predeterminado de 18 horas, cuatro vehículos ferroviarios frenan en la sección de la línea de potencia cada hora, generando cada uno 120 kWh cuando frenan, entonces, la cantidad total de energía generada por los medios de frenado regenerativo de los vehículos ferroviarios en la sección de la línea de potencia es de 8.640 kWh. Si sustancialmente toda esta energía fuera almacenada en los medios de almacenamiento de energía, y no hubo energía que regresara de los medios de almacenamiento de energía a la sección de la línea de potencia, luego, la cantidad neta de energía suministrada a los medios de almacenamiento de energía durante el periodo de tiempo predeterminado es sustancialmente igual a 8.640 kWh.

Cuando los buses alimentados eléctricamente, por ejemplo, buses para el transporte público local, cada uno consume en promedio 1 kWh/km y cada unidad en promedio 240 km durante el mismo periodo de tiempo predeterminado, entonces cada bus consume alrededor de 240 kWh cada día, y la energía neta suministrada a los medios de almacenamiento de energía es suficiente para alimentar aproximadamente $8.640/240 = 36$ buses. Una estación combinada de trenes y buses típicamente proporcionará espacio para al menos un número de buses y un número correspondiente de estaciones de carga, de modo que se puede consumir sustancialmente toda la energía neta. En

caso de que no toda la energía generada por los medios de frenado regenerativo y suministrada a la sección de la línea de alimentación se utilice para alimentar los buses, parte de esta energía puede usarse para impulsar la aceleración de los vehículos ferroviarios que extraen energía de la sección de la línea de potencia.

5 Preferentemente, el consumo de energía de cada uno de dichos buses alimentados eléctricamente es de al menos 200 kWh durante un periodo de tiempo predeterminado de entre 18 y 24 horas. Si en lugar de los buses con motor eléctrico, se usaran vehículos con un menor consumo de energía, tal como las bicicletas con motor eléctrico o los automóviles de pasajeros con motor eléctrico, entonces se requeriría un número sustancialmente mayor de vehículos y estaciones de carga para garantizar que la energía consumida por estos vehículos, es decir, la energía utilizada para cargar las baterías a bordo de las mismas, sería al menos igual a la energía neta suministrada, para evitar el desperdicio de energía. Por ejemplo, suponiendo que un automóvil eléctrico promedio tenga una batería a bordo con una capacidad de 18 kWh, y que lleva aproximadamente 6 horas cargar completamente esta batería en una estación de carga, luego se pueden cargar aproximadamente 3 de estos automóviles en una estación de carga durante un periodo de tiempo predeterminado de 18 horas en el que se suministra energía neta a los medios de almacenamiento de energía. Así, durante todo el periodo de tiempo predeterminado, aproximadamente $8.640 \text{ kWh} / 18 \text{ kWh} = 480$ automóviles tendrían que estar cargando para tener sus baterías completamente cargadas con el fin de consumir toda la energía neta suministrada a los medios de almacenamiento de energía, y $480/3 = 160$ estaciones de carga serían requeridas. El estado de la técnica conocido por el solicitante no sugiere estacionar y cargar tantos números de automóviles eléctricos a una corta distancia de una estación de tren, por ejemplo, al menos en un radio de 2 km, preferentemente dentro de 1 km, más preferentemente dentro de una distancia de 500 m desde la estación de tren.

20 En una realización, la sección de línea de potencia está conectada en cualquier extremo a una estación de tensión nominal a dicha sección de línea de potencia, en el que dichos medios de frenado regenerativo están adaptados para, al menos durante el frenado, generar dicha energía eléctrica dentro de un rango de tensión que es más alto que dicha tensión nominal, y en el que dicho medio de almacenamiento de energía eléctrica está adaptado para almacenar dicha energía eléctrica a una tensión que es sustancialmente igual a dicha tensión nominal. La tensión nominal se define como una tensión suministrada por las estaciones de alimentación de energía a la sección de línea de potencia cuando sustancialmente ningún vehículo ferroviario está extrayendo energía de la sección de línea de potencia, por ejemplo, cuando no hay un vehículo ferroviario en una sección de una pista asociada con la sección de la línea de potencia.

30 Las estaciones de alimentación de energía están típicamente conectadas a una red eléctrica que está separada del sistema integrado de la presente invención, es decir, no se suministra energía eléctrica desde el sistema integrado a la red eléctrica. Estas estaciones de alimentación pueden por lo tanto funcionar independientemente del sistema integrado, es decir, estar adaptado para la alimentación de energía unidireccional a la sección de la línea de potencia, y no es necesario adaptarlo para recibir energía eléctrica de la sección de la línea de potencia.

Preferentemente, los medios de almacenamiento de energía eléctrica están adaptados para recibir energía eléctrica desde dicha sección de línea de potencia a una tensión en dicho rango de tensión.

35 En una realización, dichos medios de almacenamiento de energía están adaptados para suministrar energía eléctrica a dicha pluralidad de estaciones de carga y/o a dicha sección de línea de potencia, sustancialmente a dicha tensión nominal.

40 En una realización, los medios de almacenamiento de energía están conectados directamente a dicha sección de línea de energía y adaptados para almacenar la energía eléctrica a sustancialmente dicha tensión nominal o superior. La tensión más alta es preferentemente menor que la tensión máxima aplicada a la sección de la línea de potencia durante el frenado de un vehículo ferroviario. Los medios de almacenamiento de energía, tales como una batería, por lo tanto, se pueden usar con polos en una diferencia de potencial sustancialmente igual o superior a la tensión nominal. Típicamente, cuando un vehículo ferroviario viaja a una velocidad constante, recibe energía eléctrica de la sección de la línea de potencia a una tensión sustancialmente igual a 1.500 V. En tal caso, los medios de almacenamiento de energía están adaptados preferentemente para almacenar energía eléctrica a una tensión de 1.500 V o ligeramente superior, por ejemplo, sustancialmente a 1.550 V. Por lo tanto, la transferencia de energía desde las estaciones de alimentación de energía a través de la sección de línea de potencia a los medios de almacenamiento de energía cuando la sección de línea de potencia está sustancialmente en dicha tensión nominal, se reduce o evita por completo.

50 En una realización, el sistema integrado comprende, además, un convertidor conectado conductivamente entre dichos medios de almacenamiento de energía y dicha pluralidad de estaciones de carga, para convertir energía eléctrica de dichos medios de almacenamiento de energía a una tensión adecuada para dichas estaciones de carga. El convertidor y la pluralidad de estaciones de carga se ubican preferentemente a una distancia de 2 km de una estación de tren, preferentemente dentro de una distancia de 1 km, más preferentemente dentro de una distancia de 500 m de la misma.

55 En una realización, los medios de almacenamiento de energía son estacionarios durante dicha transferencia de energía eléctrica desde los medios de almacenamiento de energía eléctrica al grupo de vehículos de bus alimentados eléctricamente o baterías a bordo de los mismos.

En una realización, la transferencia de energía desde los medios de almacenamiento de energía a los buses alimentados eléctricamente del grupo se realiza a una distancia de 2 km de los medios de almacenamiento de energía,

preferentemente dentro de una distancia de 1 km, en lugar de dentro de una distancia de 500 m desde los medios de almacenamiento de energía.

5 En una realización, dichos vehículos de dicho grupo de vehículos ferroviarios están adaptados para recibir energía eléctrica a sustancialmente dicha tensión nominal, para accionar el movimiento de dicho vehículo ferroviario. Los
 10 vehículos ferroviarios pueden así extraer energía de los medios de almacenamiento de energía sin requerir el uso de un convertidor de tensión. Los vehículos ferroviarios también pueden adaptarse para recibir energía eléctrica a una tensión dentro de un rango de tensión nominal que comprende dicha tensión nominal. Por ejemplo, cada vehículo ferroviario puede comprender cada uno un motor eléctrico para conducir el movimiento de dicho vehículo sobre una pista cuando se le proporciona energía eléctrica dentro del rango de tensión nominal, por ejemplo, dentro de un rango de tensión nominal de 1.400 V - 1.700 V, por ejemplo, a una tensión nominal de 1.500 V.

En una realización, cada vehículo ferroviario está provisto de un motor eléctrico para conducir el movimiento de dicho vehículo sobre una pista, en el que dicho motor eléctrico también puede funcionar como el medio de frenado regenerativo de dicho vehículo ferroviario.

15 En una realización en la que la sección de la línea de potencia también se usa para proporcionar energía eléctrica al vehículo ferroviario desde otras fuentes distintas a los medios de almacenamiento eléctrico, por ejemplo, desde las estaciones de alimentación de energía dispuestas a ambos lados de la sección de la línea de potencia, los medios de almacenamiento de energía eléctrica funcionan como un regulador de tensión para la sección de la línea de potencia. Cuando un vehículo ferroviario que se acciona a través de la sección de la línea de potencia se mueve a una velocidad sustancialmente constante, extrae energía sustancialmente constante de la línea de alimentación y la tensión en dicha
 20 sección de la línea de alimentación también suele ser sustancialmente constante. La tensión en la sección de la línea de potencia cae cuando el vehículo ferroviario consume más energía eléctrica, por ejemplo, al acelerar, y aumenta cuando la energía eléctrica es suministrada a la sección de la línea de potencia por los medios de frenado regenerativo del vehículo ferroviario. Cuando los medios de almacenamiento de energía están conectados directamente a la sección de línea de potencia, suaviza la tensión de la sección de línea de potencia.

25 Por ejemplo, un vehículo ferroviario está adaptado para operar dentro de un rango de tensión entre 1.400 y 2.100 V, y típicamente recibe una tensión de aproximadamente 1.500 V cuando se extrae una cantidad de energía sustancialmente constante por unidad de tiempo, por ejemplo, cuando se viaja a velocidad constante. Durante el frenado del vehículo, sus medios de frenado regenerativo suministran energía eléctrica a través de la sección de la línea de potencia a los medios de almacenamiento de energía a 1.800 V. Cuando, en otro momento, un vehículo
 30 ferroviario extrae energía del almacenamiento de energía eléctrica significa que esta energía se suministra automáticamente dentro del rango de tensión operativa del vehículo ferroviario, sin requerir ninguna conversión.

35 En una realización, dicha sección de línea de potencia está dispuesta en una ubicación donde se produce frecuentemente el frenado y/o desaceleración de dichos vehículos ferroviarios de dicho grupo de vehículos ferroviarios, por ejemplo, en una estación de tren, en una sección de esquina de una pista, en un cruce de ferrocarril que se encuentra a 2 km de una estación de buses, y así sucesivamente.

40 En una realización, dicho sistema integrado comprende, además, un convertidor conectado conductivamente entre dichos medios de almacenamiento de energía y dicha pluralidad de estaciones de carga, para convertir energía eléctrica de dichos medios de almacenamiento de energía a una tensión adecuada para dichas estaciones de carga. Por ejemplo, el convertidor, por ejemplo, un súper cargador, puede adaptarse para convertir la energía eléctrica que recibe de los medios de almacenamiento de energía y/o de la sección de la línea de potencia a una tensión entre 400 y 600 V y una corriente sustancialmente igual a 350 Amperios, para cargar las baterías a bordo de los buses. Preferentemente, el convertidor solo convierte la energía eléctrica a una tensión que sea adecuada para dichas estaciones de carga cuando sea necesario, es decir, cuando se suministra energía eléctrica a las baterías a bordo de los buses.

45 En una realización, el sistema integrado comprende además medios de conmutación adaptados para encender o apagar individualmente: una primera conexión entre la línea de alimentación y el convertidor, una segunda conexión entre la línea de alimentación y los medios de almacenamiento de energía, y una tercera conexión entre los medios de almacenamiento de energía y el convertidor. Estas conexiones son conexiones conductoras a través de las cuales se puede transportar la energía eléctrica generada por el frenado de un vehículo ferroviario.

50 Cuando la primera y la segunda conexión se desconectan mientras la tercera conexión está encendida, luego, a los buses se les puede proporcionar energía desde los medios de almacenamiento de energía a través del convertidor hasta que se consuman sustancialmente prácticamente todos los medios almacenados en los medios de almacenamiento de energía. En esta configuración, no se suministra energía desde la sección de la línea de potencia a los medios de almacenamiento de energía o al convertidor. Mientras haya suficiente energía almacenada en los
 55 medios de almacenamiento de energía, los medios de almacenamiento de energía pueden proporcionar energía eléctrica al convertidor, para que los buses puedan ser cargados. Así, incluso cuando los trenes funcionan mal, o de lo contrario no se suministra energía de frenado regenerativo a los medios de almacenamiento de energía, los buses todavía pueden recargarse en las estaciones de carga, preferentemente durante al menos un periodo de tiempo predeterminado adicional. Típicamente, hay suficiente energía almacenada en los medios de almacenamiento de

- energía para proporcionar energía consumida por los buses durante dicho periodo adicional de tiempo predeterminado, cuando los medios de almacenamiento de energía se cargan al menos al 75 % de su capacidad máxima. Este periodo de tiempo predeterminado adicional es preferentemente igual a al menos un tercio del periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo, cuando el periodo de tiempo predeterminado es de 18 horas, entonces, el periodo de tiempo predeterminado adicional es preferentemente al menos 6 horas.
- 5 En caso de que los medios de almacenamiento de energía no puedan almacenar o proporcionar energía eléctrica, por ejemplo, durante un mal funcionamiento o cuando sustancialmente no se almacena energía eléctrica en su interior, la segunda y la tercera conexión pueden desconectarse mientras la primera conexión está activada, de modo que el convertidor reciba directamente la energía de la sección de la línea de alimentación y pueda así suministrar energía eléctrica a los buses. Por lo tanto, los buses pueden mantenerse en servicio de ingresos operativos cuando los medios de almacenamiento de energía están desconectados del convertidor y de la sección de la línea de potencia.
- 10 Cuando la primera y la tercera conexión se desconectan mientras la segunda conexión está encendida, luego, la energía eléctrica generada durante el frenado de un vehículo ferroviario se almacena en los medios de almacenamiento de energía. En esta configuración no hay transporte de energía desde los medios de almacenamiento de energía al convertidor para cargar las baterías a bordo de los buses, y no hay transporte de energía desde la sección de la línea de potencia al convertidor. En esta configuración, los medios de almacenamiento de energía pueden cargarse completamente rápidamente, por ejemplo, dentro de aproximadamente 2-4 horas.
- 15 En caso de emergencia, los medios de conmutación están adaptados para desconectar todas las conexiones, reduciendo así el riesgo de descarga eléctrica para los trabajadores de emergencia y/o reparación.
- 20 En una realización, los medios de conmutación comprenden una unión conductora que tiene al menos tres patas, en los que una primera pata de dicha unión conductora comprende un primer interruptor conectado a la sección de la línea de potencia, una segunda pata de dicha unión conductora comprende un segundo interruptor conectado a dichos medios de almacenamiento de energía, y una tercera pata de dicha unión conductora comprende un tercer interruptor conectado a dicho convertidor. Cuando los interruptores del primera y segunda pata están activados, la energía eléctrica puede transferirse desde la sección de la línea de potencia a los medios de almacenamiento de energía o viceversa. Cuando los interruptores de la segunda y tercera pata están activados, la potencia puede transferirse desde los medios de almacenamiento de energía al convertidor. Cuando los interruptores de la primera y tercera patas están activados, la potencia se puede transferir directamente desde la sección de la línea de alimentación al convertidor.
- 25 En una realización dicha sección de línea de potencia, dicho medio de almacenamiento de energía eléctrica, dicho convertidor y dicha pluralidad de estaciones de carga se ubican a una distancia de 2 km de tal ubicación, preferentemente dentro de una distancia de 1 km, más preferentemente dentro de una distancia de 500 m de la misma.
- 30 En una realización, los medios de almacenamiento de energía eléctrica están adaptados para el intercambio de una forma de energía eléctrica desde dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica a dicha estación de carga. Esto se puede lograr, por ejemplo, usando un rectificador dispuesto entre los medios de almacenamiento de energía eléctrica y las estaciones de carga.
- 35 En una realización, cada una de dichas estaciones de carga está adaptada para hacer un contacto conductor deslizante o rodante con un bus alimentado eléctricamente. Las baterías a bordo de dichos buses con alimentación eléctrica pueden cargarse al menos parcialmente mientras se mueven en relación con la estación de carga, por ejemplo, cuando un número de dichos buses se alinean en una cola. Preferentemente, durante la carga, cada bus hace contacto conductor con al menos dos conductores, uno para transportar una corriente desde la estación de carga al bus, y un conductor de retorno.
- 40 En una realización, cada una de dichas estaciones de carga comprende una línea conductora superior para proporcionar energía eléctrica a una batería a bordo de un bus alimentado eléctricamente. Preferentemente, cada una de dichas estaciones de carga comprende dos líneas conductoras superiores para conectar con un bus alimentado eléctricamente, una línea para transportar una corriente desde la estación de carga al bus, y una línea de retorno.
- 45 En una realización, dichos buses alimentados eléctricamente están provistos cada uno de un pantógrafo para recibir energía eléctrica desde la línea del conductor superior. Adicionalmente, o como alternativa, los buses alimentados eléctricamente pueden estar provistos de dos polos de carrito, uno para la conexión conductora con una línea conductora de sobrecarga de corriente de una estación de carga, y uno para la conexión con una línea aérea de retorno de una estación de carga.
- 50 En una realización, dicho sistema comprende dicho grupo de vehículos ferroviarios y/o dicho grupo de buses alimentados eléctricamente. Esto facilita la estimación anticipada de la energía neta que se generará por el grupo de vehículos ferroviarios y/o el consumo de energía del grupo de buses alimentados eléctricamente durante un periodo de tiempo predeterminado.
- 55 En una realización preferente, al menos durante el periodo de tiempo predeterminado, sustancialmente toda la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía eléctrica se proporciona a través de la línea de alimentación de energía. De este modo, los medios de almacenamiento de energía pueden funcionar de manera sustancialmente

independiente de una red eléctrica conectada a las estaciones de alimentación de energía, dicha red no forma parte del sistema integrado de la invención.

De acuerdo con un tercer aspecto, la presente invención proporciona un sistema de distribución y consumo de energía para usar con un primer grupo de vehículos que comprenden vehículos ferroviarios que están provistos de medios de frenado regenerativo para generar energía eléctrica durante el frenado, y un segundo grupo de vehículos compuesto por buses alimentados eléctricamente, comprendiendo cada bus un motor eléctrico para impulsar el movimiento de sus ruedas y una batería a bordo conectada a dicho motor eléctrico, comprendiendo dicho sistema: una sección de línea de potencia, dispuesta para recibir energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo de un vehículo ferroviario de dicho primer grupo durante el frenado de dicho vehículo ferroviario; unos medios de almacenamiento de energía eléctrica conectados a dicha sección de línea de potencia y adaptados para almacenar la energía eléctrica recibida por dicha sección de línea de potencia durante el frenado de dicho vehículo ferroviario; una pluralidad de estaciones de carga, cada una adaptada para conectarse a un vehículo de dicho segundo grupo, para cargar la batería a bordo de la misma con energía eléctrica de dicho dispositivo eléctrico los medios de almacenamiento de energía; en el que dicho primer grupo de vehículos está adaptado para proporcionar sustancialmente una alimentación neta predeterminada de energía eléctrica a dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que dicho segundo grupo de vehículos alimentados eléctricamente está adaptado para consumir sustancialmente al menos dicha cantidad neta de energía eléctrica dentro de dicho periodo de tiempo predeterminado; y en la que dicha sección de la línea de potencia, dicho medio de almacenamiento de energía eléctrica, dicha pluralidad de estaciones de carga forma un sistema integrado y están ubicadas a una distancia de 10 km entre sí, preferentemente dentro de una distancia de 4 km, más preferentemente dentro de una distancia de 1 km. Durante el periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo, un periodo de tiempo 18 o 24 horas durante el que los vehículos ferroviarios y buses se programan en el servicio de aportación, hay varias veces durante las cuales los vehículos ferroviarios suministran energía a los medios de almacenamiento de energía eléctrica, y se consume de manera más gradual por los vehículos del segundo grupo. Por ejemplo, durante un periodo de tiempo predeterminado que dura aproximadamente 18 horas, en promedio, al menos 4 acciones de frenado pueden ocurrir cada hora. Durante el mismo periodo de tiempo predeterminado, los vehículos del segundo grupo pueden suceder entre sí en las estaciones de carga, de manera que sustancialmente en cualquier momento durante el periodo de tiempo predeterminado, al menos un vehículo del segundo grupo recibe energía de los medios de almacenamiento de energía.

En una realización, la energía eléctrica generada durante el frenado o la desaceleración de un vehículo ferroviario del primer grupo de vehículos se usa para alimentar al menos dos buses alimentados eléctricamente, preferentemente al menos cuatro, más preferentemente, al menos, 6 buses alimentados eléctricamente del segundo grupo de vehículos durante el periodo de tiempo predeterminado.

En una realización, el sistema integrado comprende además medios de conmutación adaptados para encender o apagar individualmente: una primera conexión entre la línea de alimentación y el convertidor, una segunda conexión entre la línea de alimentación y los medios de almacenamiento de energía encendidos o apagados, y una tercera conexión entre los medios de almacenamiento de energía y el convertidor. Estas conexiones son conexiones conductoras a través de las cuales se puede transportar la energía eléctrica generada por el frenado de un vehículo ferroviario.

Cuando la primera y la segunda conexión se desconectan mientras la tercera conexión está encendida, luego, a los buses se les puede proporcionar energía desde los medios de almacenamiento de energía a través del convertidor hasta que se consuman sustancialmente prácticamente todos los medios almacenados en los medios de almacenamiento de energía. En esta configuración, no se suministra energía desde la sección de la línea de potencia a los medios de almacenamiento de energía o al convertidor. Mientras haya suficiente energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía, los medios de almacenamiento de energía pueden proporcionar energía eléctrica al convertidor, para que los buses puedan ser cargados. Así, incluso cuando los trenes funcionan mal, los buses pueden recargarse en las estaciones de carga. Preferentemente, cuando los medios de almacenamiento de energía se cargan al menos al 75 % de su capacidad máxima, se almacena suficiente energía en los mismos para proporcionar la energía consumida por los buses durante un periodo de tiempo predeterminado adicional. Este periodo de tiempo predeterminado adicional es preferentemente igual a al menos un tercio del periodo de tiempo predeterminado, por ejemplo, cuando el periodo de tiempo predeterminado es de 18 horas, entonces, el periodo de tiempo predeterminado adicional es 6 horas

En caso de que los medios de almacenamiento de energía no puedan almacenar o proporcionar energía eléctrica, por ejemplo, durante un mal funcionamiento o cuando sustancialmente no se almacena energía eléctrica en su interior, la segunda y la tercera conexión pueden desconectarse mientras la primera conexión entre medias está activada, de modo que el convertidor reciba directamente la energía de la sección de la línea de alimentación y pueda así suministrar energía eléctrica a los buses. Por lo tanto, los buses pueden mantenerse en servicio de ingresos operativos cuando los medios de almacenamiento de energía están desconectados del convertidor y de la sección de la línea de potencia.

Cuando la primera y la tercera conexión se desconectan mientras la segunda conexión está encendida, luego, la energía eléctrica generada durante el frenado de un vehículo ferroviario se almacena en los medios de

almacenamiento de energía. En esta configuración no hay transporte de energía desde los medios de almacenamiento de energía al convertidor para cargar las baterías a bordo de los buses, y no hay transporte de energía desde la sección de la línea de potencia al convertidor. Por lo general, en esta configuración, se demoran entre 2 y 4 horas para que los medios de almacenamiento de energía estén completamente cargados.

- 5 En caso de emergencia, los medios de conmutación están adaptados para desconectar todas las conexiones, reduciendo así el riesgo de descarga eléctrica para los trabajadores de emergencia y/o reparación.

En una realización, los medios de conmutación comprenden una unión conductora que tiene al menos tres patas, en los que un primer tramo de dicha unión conductora comprende un primer interruptor conectado a la sección de la línea de potencia, una segunda pata de dicha unión conductora comprende un segundo interruptor conectado a dichos medios de almacenamiento de energía, y una tercera pata de dicha unión conductora comprende un tercer interruptor conectado a dicho convertidor.

10 En una realización, dichos medios de almacenamiento de energía están adaptados para recoger y/o liberar energía eléctrica desde y/o a dicha sección de línea de potencia en dicho rango de tensión predeterminado durante al menos 40 segundos, preferentemente por al menos 60 segundos.

- 15 Los diversos aspectos y características descritos y mostrados en la memoria descriptiva pueden aplicarse, individualmente, donde sea posible. Estos aspectos individuales, en particular, los aspectos y características descritos en las reivindicaciones dependientes adjuntas, pueden ser objeto de solicitudes de patentes divisionales.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explicará basándose a una realización ejemplar mostrada en los dibujos adjuntos, en los que:

- 20 La Figura 1A muestra una vista esquemática de un sistema de distribución y consumo de energía de acuerdo con la presente invención,
la Figura 1B muestra un detalle de una sección de la Figura 1A, mostrando una vista parcial de un vehículo ferroviario, la Figura 1C muestra otro detalle de una sección de la Figura 1A, mostrando una vista parcial de un bus alimentado eléctricamente,
25 la Figura 2 muestra una segunda realización de un sistema de acuerdo con la presente invención,
la Figura 3 muestra esquemáticamente un gráfico de la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía, energía regenerada por medios de frenado regenerativo, y la energía consumida por los buses alimentados eléctricamente, contra el tiempo,
la Figura 4 muestra un gráfico de la energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía sobre una
30 cantidad predeterminada de tiempo,
la Figura 5A muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de la presente invención,
la Figura 5B muestra un diagrama de flujo de otra realización del procedimiento de la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- 35 La Figura 1A muestra una vista esquemática de una primera realización de un sistema 1 de distribución y consumo de energía de acuerdo con la presente invención. Las figuras 1B y 1C muestran, respectivamente, secciones detalladas y parcialmente recortadas del vehículo 20 ferroviario y del vehículo 83 de bus alimentado eléctricamente, como se muestra en la figura 1A. El sistema 1 está dispuesto próximo a una estación 2 de tren en la que los vehículos ferroviarios, tales como el vehículo 20 ferroviario, frecuentemente acelera y desacelera, por ejemplo, para subir y bajar a los pasajeros, y/o para cargar o descargar carga de los vehículos ferroviarios. El tren o vehículo 20 ferroviario se
40 alimenta eléctricamente y comprende un vehículo 10 ferroviario motorizado que está provisto de un motor 11 eléctrico (ver la Figura 1B) para conducir la rotación de las ruedas 14 del vehículo 10 ferroviario motorizado sobre el carril o la pista 5. El vehículo 10 ferroviario motorizado comprende además un inversor 12, que junto con el motor 11 forma medios 13 de frenado regenerativo para convertir la energía de frenado del vehículo 10 ferroviario en energía eléctrica. La energía eléctrica regenerada se transfiere a través de una sección 31 de línea de conducción eléctrica conductora, o sección de alimentación de potencia, al medio 40 de almacenamiento de energía eléctrica que se encuentra cerca
45 de la estación 2 de tren, es decir, a 2 km de la misma. Tanto el medio 40 de almacenamiento de energía como la pista 5 están conectados de manera conductiva a tierra, de modo que se puedan formar circuitos de retorno para la energía eléctrica. El vehículo 20 ferroviario comprende además al menos un vagón 21 de tren para acomodar pasajeros y/o mantener carga.
- 50 Cuando el vehículo 10 ferroviario motorizado está conduciendo a velocidad constante o está acelerando, el motor eléctrico 11 está provisto de energía eléctrica a través de una línea 30 de alimentación de energía de la que forma parte la sección 31 de línea de energía. La sección 31 de la línea de alimentación está conectada en ambos extremos a las estaciones 3, 4 de alimentación de potencia que están dispuestos a lo largo de la pista 5 a unos 4 km aproximadamente uno del otro, y que están adaptados para proporcionar energía eléctrica a una tensión V1
55 sustancialmente constante nominal en sus puntos de contacto con la sección de la línea 31 de alimentación. Como las estaciones 3, 4 de alimentación de energía están separadas por una distancia relativamente grande, puede producirse una caída de tensión en la sección 31 de línea de potencia entre las estaciones 3 y 4 de alimentación de potencia, en particular, cerca de la mitad de dicha sección de línea de potencia. Para los vehículos ferroviarios

convencionales, la tensión suministrada por las estaciones 3, 4 de alimentación es típicamente sustancialmente igual a 1.500 V.

Aunque en la realización mostrada, el vehículo 10 ferroviario es alimentado eléctricamente, en su lugar, se pueden usar otros tipos de vehículos ferroviarios que funcionan con otros medios. Por ejemplo, en lugar del vehículo 10 ferroviario motorizado que recibe energía eléctrica a través de la sección 31 de línea de potencia como se muestra en la figura 1A, se puede usar un vehículo ferroviario alimentado eléctricamente por diésel que comprende un motor de diésel que genera electricidad para conducir un motor eléctrico del vehículo ferroviario, o puede usarse un vehículo ferroviario que comprende un motor de combustión para conducir de forma directa y mecánica la rotación de las ruedas del vehículo ferroviario. Sin embargo, el vehículo ferroviario o al menos uno de sus vagones debe estar provisto de medios de frenado regenerativo.

La Figura 1B muestra un detalle parcialmente recortado del vehículo 10 ferroviario motorizado de la Figura 1A. Cuando el vehículo 10 ferroviario frena o reduce la velocidad, sus medios de frenado 13 regenerativo generan energía eléctrica. Por ejemplo, en la realización mostrada, los medios 13 de frenado regenerativo del vehículo 10 ferroviario pueden generar energía eléctrica a una tensión V2 de 1.800 voltios y una corriente A2 de 4.000 amperios mientras frena durante unos 60 segundos. El frenado tiene lugar sustancialmente dentro de la longitud de la sección 31 de línea de alimentación, y la cantidad de energía eléctrica generada durante el frenado en este ejemplo es sustancialmente igual a $1.800V * 4.000 A * (60 s/3.600 s) = 120 kWh$. Esta energía eléctrica se transporta desde los medios 13 de frenado regenerativo del vehículo 10 ferroviario, a través de la sección 31 de línea de potencia, al medio 40 de almacenamiento de energía eléctrica que almacena la energía eléctrica a una tensión V3 que es sustancialmente igual o ligeramente inferior a la tensión V1. Debido a que la tensión V3 en la que se almacena la energía eléctrica en los medios 40 de almacenamiento de energía es sustancialmente igual o inferior a la tensión V1 nominal suministrada a la sección 31 de línea de potencia por las estaciones 3, 4 de potencia, en general, no se transfiere energía desde los medios 40 de almacenamiento de energía a la sección 31 de línea de potencia cuando ningún vehículo ferroviario está acelerando a lo largo de la sección 31 de línea de potencia.

Para permitir el almacenamiento de la energía eléctrica en los medios 40 de almacenamiento de energía durante el tiempo relativamente corto que tarda un vehículo ferroviario en frenar, los medios 40 de almacenamiento de energía mostrados en la Figura 1A para almacenar al menos 15 veces, preferentemente al menos 20 veces, la energía eléctrica que se genera típicamente durante el frenado de un único vehículo 20 ferroviario. Basándose en la energía de frenado de 120 kWh en el ejemplo anterior, el medio 40 de almacenamiento de energía está así dimensionado para almacenar al menos 1,8 MWh de energía eléctrica, preferentemente al menos 2,4 MWh de energía eléctrica.

El medio 40 de almacenamiento de energía está conectado a través de una conexión 41 unidireccional, por ejemplo, que comprende un rectificador, a un convertidor 50 de energía eléctrica, que se conecta a su vez a través de uno o varios cables 51 conductores a varias estaciones 61-66 de carga. Aunque solo se muestran seis estaciones de carga para cargar simultáneamente una misma cantidad de buses 81-86 alimentados eléctricamente, el número real de estaciones de carga se elige típicamente de tal manera que las estaciones 61-66 de carga puedan cargar un número suficiente de buses alimentados eléctricamente para consumir al menos una cantidad neta de energía eléctrica suministrada a los medios 40 de almacenamiento de energía por los vehículos ferroviarios que frenan o desaceleran en la estación 2 de tren o a lo largo de la sección 31 de línea de potencia, durante un periodo de tiempo predeterminado.

El convertidor 50 de energía eléctrica, que está conectado entre los medios 40 de almacenamiento de energía y las estaciones 61-66 de carga, está adaptado para convertir la energía eléctrica que se suministra desde los medios 40 de almacenamiento de energía a la tensión V3 en energía eléctrica a una tensión V4 más baja, que es adecuada para cargar baterías a bordo de vehículos de buses 81-86 alimentados eléctricamente. La tensión V4 es típicamente más baja que la tensión V3, al menos por un factor 4,5. En la realización mostrada, la tensión V4 con la que las estaciones 61-66 de carga cargan los vehículos de buses 81-86 se encuentra en el rango de 400-600 V, y la corriente de carga es sustancialmente igual a 350 A.

Cada estación 61-66 de carga comprende un par de líneas 61a-66a conductoras aéreas y líneas 61b-66b de retorno correspondientes para suministrar energía eléctrica a un vehículo 81-86 correspondiente en una posición P1-P6 sustancialmente predeterminada con respecto a dicha estación de carga. Los buses 81-86 alimentados eléctricamente en las estaciones de carga están provistos cada uno de un motor 92 eléctrico (ver Figura 1C) para impulsar el movimiento de dichos buses, y cada uno provisto de una batería 91 a bordo para almacenar energía eléctrica, como se muestra en la figura 1C. Cada uno de los buses alimentados eléctricamente comprende además dos pantógrafos respectivos 81a, 81b, 82a, 82b, 83a, 83b, 84a, 84b, 85a, 85b y 86a, 86b para la conexión conductiva a las respectivas líneas 61a, 61b - 66a, 66b conductoras aéreas de las respectivas estaciones de carga. Las estaciones 61-63 y 63-65 de carga están dispuestas en colas, de tal manera que cuando los buses 81,82 y 83 o buses 84,85 y 86 forman una cola mientras esperan que los pasajeros suban o bajen del bus, las baterías a bordo de estos buses se pueden cargar al mismo tiempo. Cuando el bus 81 deja la posición P1 en la cola, los buses 82 y 83 pueden avanzar en la misma cola desde las posiciones P3 y P2 a las posiciones P2 y P1 respectivamente, para tener sus baterías a bordo más cargadas en las estaciones de carga 62 y 61 respectivamente.

Cada bus normalmente realiza varios viajes de ida y vuelta durante el periodo de tiempo predeterminado, regresando a una de las estaciones de carga después de cada viaje. Mientras el bus está en la posición de la estación P1-P6 de carga esperando que los pasajeros suban o bajen del bus, la batería a bordo del bus está parcialmente recargada. Las baterías a bordo de los buses no necesariamente se recargan completamente cuando se detienen en la estación 6 de buses para recoger o dejar a los pasajeros. Preferentemente, al comienzo del día, las baterías a bordo de los buses alimentados eléctricamente están sustancialmente cargadas del todo, y la energía almacenada en las baterías a bordo disminuye gradualmente durante el día, excepto por tiempos relativamente breves, por ejemplo, durante 5 o 3 minutos, durante el cual los pasajeros pueden subir o bajar de un bus, y durante el cual el bus recarga parcialmente su batería a bordo en una estación de carga en la parada 6 de bus.

La Figura 2 muestra una vista esquemática de una segunda realización de un sistema de acuerdo con la presente invención, en la que los números de referencia similares se refieren a elementos similares como en la Figura 1. La segunda realización comprende además medios 70 de conmutación, para cambiar individualmente las conexiones entre la sección 31 de línea de potencia, los medios 40 de almacenamiento de energía y el convertidor 50 están encendidos o apagados.

Los medios 70 de conmutación comprenden una unión conductora que tiene al menos una primera, segunda y tercera pata 75, 76, 77 conductora. La primera pata 75 de la unión 70 conductora comprende un primer interruptor 71 conectado a la sección 31 de línea de potencia en un lado y la unión conductora en el otro lado. La segunda pata 76 de dicha unión conductora comprende un segundo interruptor 72 conectado a dicho convertidor 50 en un lado y a la unión conductora en el otro lado. La tercera pata 77 de la unión conductora comprende un tercer interruptor 73 conectado a dichos medios 40 de almacenamiento de energía en un lado y a la unión conductora en el otro lado.

Al encender o apagar individualmente los interruptores 71-73, es decir, colocar los interruptores en un estado conductor o en un estado no conductor respectivamente, se puede establecer la ruta por la que puede viajar la energía eléctrica en los medios de conmutación. Los medios 70 de conmutación están adaptados para cerrar el primer interruptor 71 y el tercer interruptor 73 durante el frenado de un vehículo ferroviario, manteniendo el segundo interruptor 72 abierto. De este modo, se forman conexiones conductoras entre la sección 31 de línea de potencia y los medios 40 de almacenamiento de energía durante el frenado del vehículo ferroviario, de tal manera que la energía generada por los medios de frenado regenerativo puede almacenarse en los medios 40 de almacenamiento de energía. Los medios 70 de conmutación están además adaptados para cerrar el segundo conmutador 72 y uno o ambos del primer y tercer conmutador 71,73, cuando uno o varios buses alimentados eléctricamente están cargando sus baterías a bordo. Cuando el segundo interruptor 72 y el tercer interruptor 73 están cerrados mientras el primer interruptor 71 está abierto, la energía eléctrica puede fluir desde los medios 40 de almacenamiento de energía al convertidor 50. En este caso, el rango de tensión de entrada que el convertidor debe poder manejar puede ser relativamente estrecho, es decir, sustancialmente igual a la tensión nominal de los medios 40 de almacenamiento de energía. Cuando el primer interruptor 71 y el segundo interruptor 72 están cerrados mientras el tercer interruptor 73 está abierto, la energía eléctrica generada por un vehículo ferroviario que frena a lo largo de la sección 31 de línea de potencia puede transferirse directamente al convertidor 50, que luego debe ser capaz de manejar un rango más amplio de tensiones de entrada que el rango estrecho mencionado anteriormente.

Los medios 70 de conmutación están además adaptados para abrir el primer, segundo y tercer interruptores durante el mantenimiento y/o durante el mal funcionamiento de una porción del sistema.

En la realización mostrada, el medio 70 de conmutación comprende además un cuarto interruptor 74, para conmutar una conexión a tierra del convertidor 50 y los medios 40 de almacenamiento de energía tanto en encendido como en apagado.

La Figura 3 muestra esquemáticamente gráficos de la energía almacenada en los medios 301 de almacenamiento de energía, energía regenerada por medios 302 de frenado regenerativo, y la energía consumida por los buses 303 alimentados eléctricamente, todo contra el tiempo. La escala de tiempo mostrada abarca 63,5 minutos. Al comienzo de la escala de tiempo, en el tiempo $t=0$, los medios de almacenamiento de energía almacenan a aproximadamente el 80 % de su capacidad, almacenando 2 MWh de energía eléctrica. A partir de los 7,5 minutos después de la hora, un vehículo ferroviario frena en una estación cada 7,5 minutos, generando 75 kWh de energía eléctrica durante el frenado. Así, 30 minutos después de $t=0$ cuatro vehículos ferroviarios han frenado en la estación de tren, y un total de 0,3 MWh de energía eléctrica se ha generado por los medios de frenado regenerativo de los vehículos ferroviarios y añadida a los medios de almacenamiento de energía. A partir de los 30 minutos de la hora, una cantidad de buses que funcionan con electricidad llegan prácticamente sustancialmente al mismo tiempo a las estaciones de carga cercanas a la estación de tren, y empezar a extraer sobre 0,30 MWh de energía del almacenamiento de energía significa que la cantidad de energía eléctrica almacenada en los medios de almacenamiento se reduce a 2 MWh. El procedimiento de adición de energía a los medios de almacenamiento de energía mediante el frenado de los vehículos ferroviarios y la extracción de energía de los medios de almacenamiento de energía por los buses alimentados eléctricamente puede repetirse durante todo el periodo de tiempo predeterminado.

La Figura 4 muestra esquemáticamente un gráfico de la cantidad de energía eléctrica almacenada en los medios de almacenamiento de energía sobre un periodo predeterminado de tiempo que se expande 18 horas. Durante este periodo de tiempo, hay una serie de momentos predeterminados $t_1... t_{72}$ en los que un vehículo ferroviario comienza

a frenar cerca de una estación de tren y proporciona energía eléctrica a los medios de almacenamiento de energía en dicha estación de tren. En la gráfica de la Figura 4, hay 72 tales momentos $t_1... t_{72}$, que ocurren a intervalos de 15 minutos más o menos.

5 Cada tiempo $t_1... t_{72}$ que un vehículo ferroviario frena, la cantidad de energía almacenada en el almacenamiento de energía significa picos durante un periodo de tiempo $At_1... At_{72}$ hace que el vehículo ferroviario frene, lo que suele ser de aproximadamente 1 minuto, pero puede variar un poco, por ejemplo, At_1 puede durar 70 segundos, mientras que At_2 y At_3 pueden durar 55 y 65 segundos respectivamente. En cualquier caso, el vehículo ferroviario desacelera a partir de una velocidad normal del tren que viaja, por ejemplo, 120 m/s para detenerse completamente mientras su pantógrafo hace contacto con la sección de línea de alimentación a la que están conectados los medios de
10 almacenamiento de energía.

Como puede verse a partir de la energía almacenada en el tiempo t_1 y la energía almacenada al final del periodo de tiempo predeterminado, es decir, quince minutos después de t_{72} , sustancialmente toda la energía suministrada a los medios de almacenamiento de energía durante el frenado o los vehículos ferroviarios se usa dentro del mismo periodo de tiempo predeterminado de 18 horas, para cargar baterías a bordo de buses alimentados eléctricamente.

15 La energía se suministra a los buses de manera más gradual que la que se recibe de los vehículos ferroviarios en los medios de almacenamiento de energía. Mientras que, sustancialmente, toda la energía generada durante el frenado de un vehículo ferroviario se suministra a los medios de almacenamiento de energía dentro de la suma de los tiempos de frenado, por ejemplo, dentro de 72 minutos asumiendo que cada vehículo frena en promedio dentro de un minuto, toda esta energía se consume gradualmente cargando los buses durante todo el periodo de tiempo predeterminado.

20 La Figura 5A muestra un diagrama de flujo 250 de un procedimiento para usar la energía eléctrica generada durante la desaceleración y el frenado de los vehículos ferroviarios, tales como uno o varios vehículos ferroviarios provistos de medios de frenado regenerativo, durante un periodo de tiempo predeterminado. En la etapa 200, la energía eléctrica generada durante el frenado por los medios de frenado regenerativo se transporta a los medios de almacenamiento de energía eléctrica. Para poder recibir y almacenar la energía eléctrica, dentro del tiempo en que un vehículo
25 ferroviario está frenando, los medios de almacenamiento eléctrico están adaptados para almacenar al menos 20 veces la cantidad de energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo de un vehículo ferroviario. En la etapa 201, esta energía eléctrica se transporta desde los medios de almacenamiento de energía eléctrica a las baterías a bordo de uno o varios buses alimentados eléctricamente, tales como buses alimentados eléctricamente para el transporte de pasajeros.

30 La Figura 5B muestra un diagrama de flujo 190 de etapas adicionales del procedimiento que pueden realizarse antes del inicio del periodo de tiempo predeterminado, para equilibrar la cantidad de energía consumida por los buses alimentados eléctricamente con la cantidad de energía almacenada en los medios de almacenamiento de energía eléctrica. En la etapa 197 se hace una estimación de la cantidad de energía eléctrica que se generará durante el frenado de los vehículos ferroviarios durante un periodo de tiempo predeterminado, es decir, durante al menos un día,
35 y que debe almacenarse en los medios de almacenamiento de energía eléctrica, basándose en un número predeterminado de vehículos ferroviarios que se detienen en una estación de tren.

En la etapa 198, se hace una estimación del consumo de energía de los vehículos eléctricos durante el mismo periodo de tiempo. En la etapa 199 se calcula una serie de vehículos eléctricos a los que se va a transportar la energía eléctrica desde los medios de almacenamiento eléctrico a las baterías a bordo, basándose en las estimaciones realizadas en
40 la etapa 198 y la etapa 199, y realizada de tal manera que estas estimaciones correspondan sustancialmente. Una vez que el periodo de tiempo predeterminado ha comenzado, las etapas del procedimiento 200 y 201 se llevan a cabo.

En resumen, la presente invención se refiere a un sistema de distribución y consumo de energía que comprende: un grupo de vehículos ferroviarios provistos de medios de frenado regenerativo; un grupo de vehículos de buses alimentados eléctricamente que comprenden cada uno una batería a bordo; una sección de línea de potencia,
45 dispuesta para recibir energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo de un vehículo ferroviario; unos medios de almacenamiento de energía eléctrica conectados a dicha sección de línea de potencia y adaptados para almacenar la energía eléctrica recibida por dicha sección de línea de potencia durante el frenado de dicho vehículo ferroviario; una pluralidad de estaciones de carga, cada una adaptada para conectar al bus un vehículo, para cargar la batería a bordo de los mismos con energía eléctrica desde dicho medio de almacenamiento de energía eléctrica; en el que dicho grupo de vehículos ferroviarios está adaptado para proporcionar sustancialmente una alimentación neta predeterminada de energía eléctrica a dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que dicho grupo de vehículos de bus está adaptado para consumir sustancialmente al menos dicha cantidad neta de energía eléctrica dentro de dicho periodo de tiempo predeterminado.

50 Debe entenderse que la descripción anterior se incluye para ilustrar el funcionamiento de las realizaciones preferentes y no pretende limitar el alcance de la invención. De la discusión anterior, muchas variaciones serán evidentes para un experto en la materia que todavía estarían abarcadas por el alcance de las presentes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un sistema de consumo y distribución de energía para uso con un grupo de vehículos (20) ferroviarios que cuentan con medios (13) de frenado regenerativo para generar energía eléctrica durante el frenado, y un grupo de buses (81-86) alimentados eléctricamente, comprendiendo cada bus un motor eléctrico para impulsar el movimiento de sus
 10 ruedas y una batería a bordo conectada a dicho motor eléctrico, comprendiendo dicho sistema:
 una sección (31) de línea de potencia, dispuesta para recibir energía eléctrica generada por los medios de frenado regenerativo de un vehículo ferroviario de dicho grupo de vehículos ferroviarios durante el frenado de dicho
 15 vehículo ferroviario, en el que dicha sección de línea de potencia está conectada en cualquier extremo a una estación de alimentación (3, 4) de energía adaptada para aplicar una tensión (V1) nominal a dicha sección de línea
 20 de potencia para alimentar un vehículo ferroviario de dicho grupo de vehículos ferroviarios, un medio (40) de almacenamiento de energía eléctrica que está conectado directamente a dicha sección (31) de la línea de potencia que permite un flujo sustancialmente libre de energía eléctrica desde el medio (40) de almacenamiento de energía
 eléctrica a la sección (31) de la línea de potencia y viceversa, en el que dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica están adaptados para almacenar la energía eléctrica recibida por dicha sección de línea de potencia
 25 durante el frenado de dicho vehículo ferroviario, en el que el medio (40) de almacenamiento de energía están dimensionados para almacenar al menos 1,8 MWh de energía eléctrica,
 una pluralidad de estaciones (61-66) de carga, cada estación de carga de dicha pluralidad de estaciones de carga está adaptada para conectarse a un bus alimentado eléctricamente desde dicho grupo de buses alimentados
 eléctricamente, para cargar la batería a bordo de los mismos con energía eléctrica desde dicho medio (40) de
 almacenamiento de energía eléctrica,
 en el que dicho medio (40) de almacenamiento de energía eléctrica, dicha sección (31) de línea de potencia y dicha pluralidad de estaciones (61-66) de carga forman un sistema integrado y están ubicadas a una distancia de
 2 km entre sí, en el que dichos medios de frenado regenerativo están adaptados para generar dicha energía
 eléctrica dentro de un rango de tensión que es más alto que dicha tensión (V1) nominal, y en el que dicho medio
 (40) de almacenamiento de energía eléctrica está adaptado para almacenar dicha energía eléctrica a una tensión
 que es sustancialmente igual a dicha tensión (V1) nominal.
- 30 2. Sistema de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, dicho grupo de vehículos (20) ferroviarios y dicho grupo de buses (81-86) alimentados eléctricamente, en el que dicho grupo de vehículos (20) ferroviarios está adaptado para proporcionar una alimentación neta de energía eléctrica sustancialmente predeterminado a dicho medio
 (40) de almacenamiento de energía eléctrica durante un periodo de tiempo predeterminado que es sustancialmente
 igual a 24 horas, en el que dicho sistema está adaptado para, durante dicho periodo de tiempo predeterminado,
 35 transferir una cantidad neta de energía de 2.000 kWh o más desde el medio (40) de almacenamiento de energía a las baterías a bordo de dicho grupo de buses (81-86) eléctricos, y en el que dicho grupo de buses (81-86) eléctricos está adaptado para consumir sustancialmente al menos dicha cantidad neta de energía eléctrica dentro de dicho periodo
 de tiempo predeterminado, preferentemente en el que el medio (40) de almacenamiento de energía está adaptado
 para almacenar al menos 20 veces la energía eléctrica que se genera típicamente durante el frenado de un vehículo
 de un solo riel.
- 40 3. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios (40) de almacenamiento de energía eléctrica están adaptados para recibir energía eléctrica desde dicha sección (31) de línea de potencia a una tensión en dicho rango de tensión.
4. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos medios (40) de almacenamiento de energía están adaptados para suministrar energía eléctrica a dicha pluralidad de estaciones (61-66) de carga y/o a dicha sección (31) de línea de potencia, sustancialmente a dicha tensión (V1) nominal.
- 45 5. Sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho sistema integrado comprende, además, un convertidor (50) conectado conductivamente entre dichos medios (40) de almacenamiento de energía y dicha pluralidad de estaciones (61-66) de carga, para convertir energía eléctrica de dichos medios (40) de almacenamiento de energía a una tensión adecuada para dichas estaciones (61-66) de carga.
- 50 6. Procedimiento para el uso de la energía de frenado de un grupo de vehículos (20) ferroviarios, cada uno provisto de medios (13) de frenado regenerativo para generar energía eléctrica durante el frenado, en el que dicho grupo de vehículos (20) ferroviarios está adaptado para proporcionar una alimentación neta de energía eléctrica sustancialmente predeterminado al medio (40) de almacenamiento de energía durante un periodo de tiempo predeterminado, en el que el medio (40) de almacenamiento de energía están dimensionados para almacenar al menos 1,8 MWh de energía eléctrica,
 55 en el que dicho periodo de tiempo predeterminado es sustancialmente igual a 24 horas, y en el que durante dicho periodo de tiempo predeterminado se transfiere una cantidad neta de energía de 2.000 kWh o más desde dichos medios de almacenamiento de energía a las baterías a bordo de un grupo de buses (81-86) eléctricos, en el que dichos vehículos (20) ferroviarios están adaptados para recibir energía eléctrica desde una sección (31) de línea de potencia a una tensión nominal, en la que el medio (40) de almacenamiento de energía está conectado directamente a dicha sección (31) de línea de energía y adaptados para almacenar la energía eléctrica a

- 5 sustancialmente dicha tensión nominal, en el que dicho suministro neto de energía es sustancialmente igual a una cantidad de energía suministrada por el grupo de vehículos (20) ferroviarios a los medios (40) de almacenamiento de energía menos una cantidad de energía - en su caso – extraída por dichos vehículos (20) ferroviarios desde los medios (40) de almacenamiento de energía durante el periodo de tiempo predeterminado, dicho procedimiento, durante dicho periodo de tiempo predeterminado, comprendiendo la etapa de:
- almacenar la energía eléctrica generada durante el frenado por los medios (13) de frenado regenerativo en dichos medios (40) de almacenamiento de energía,
- 10 en el que dichos medios (40) de almacenamiento de energía están separados de dichos vehículos (20) ferroviarios y dichos buses (81-86) alimentados eléctricamente, y en el que dicha transferencia de energía eléctrica desde dichos medios (40) de almacenamiento de energía a dicho grupo de buses (81-86) eléctricos se realiza dentro de una distancia de 2 km desde los medios (40) de almacenamiento de energía.
7. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el número de buses (81-86) alimentados eléctricamente para ser alimentados con la energía eléctrica que se convierte durante el periodo de tiempo predeterminado es al menos sustancialmente igual a la cantidad neta de energía eléctrica dividida por el consumo de energía promedio de un bus del grupo de buses (81-86) eléctricos.
- 15 8. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, en el que el medio (40) de almacenamiento de energía está adaptado para almacenar al menos 20 veces la energía eléctrica que se genera típicamente durante el frenado de un vehículo de un solo riel.
- 20 9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-8, en el que dichos vehículos (20) ferroviarios están adaptados para ser alimentados a través de dicha sección (31) de línea de potencia, en el que la sección (31) de línea de potencia está conectada en ambos lados a las estaciones (3, 4) de alimentación de energía, dichas estaciones (3, 4) de alimentación están conectados a una red eléctrica externa, y en el que la energía eléctrica fluye desde dicha red eléctrica a dicha sección (31) de línea de potencia, pero no viceversa.
- 25 10. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-9, en el que la cantidad neta de energía es mayor por al menos un factor dos, preferentemente al menos por un factor tres, que una capacidad de almacenamiento de energía máxima de los medios (40) de almacenamiento de energía, y en el que al menos la cantidad neta de energía eléctrica suministrada a los medios (40) de almacenamiento de energía por el grupo de vehículos (20) ferroviarios durante el periodo de tiempo predeterminado es consumida por el grupo de buses (81-86) eléctricos durante el mismo periodo de tiempo predeterminado.
- 30 11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-10, en el que una diferencia entre una cantidad máxima y mínima de energía almacenada por los medios (40) de almacenamiento de energía durante el periodo de tiempo predeterminado en cualquier momento es sustancialmente menor que un almacenamiento de energía máximo de los medios de almacenamiento de energía, al menos por un factor 10.
- 35 12. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-11, en el que los medios (40) de almacenamiento de energía tienen una capacidad nominal de entre 2,5 C y 3,5 C, preferentemente sustancialmente igual a 3 C, y/o en el que las baterías (81-86) a bordo de los buses alimentados eléctricamente están dimensionadas para almacenar una cantidad de energía que es al menos igual a un consumo máximo de energía de dichos buses por 1 hora y dividido por 2,5.
- 40 13. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-12, en el que dichas estaciones (61-66) de carga están ubicadas en las paradas de bus correspondientes, en el que dichas baterías a bordo se recargan parcialmente durante las paradas de dichos buses alimentados eléctricamente en dichas paradas, preferentemente en el que dicha carga de un bus alimentado eléctricamente en dicha una o varias estaciones (61-66) de carga se realiza dentro de un periodo de carga de 6 minutos o menos, preferentemente 3 minutos o menos, después de lo cual dicho bus alimentado eléctricamente permanece desconectado de dichas estaciones (61-66) de carga por al menos 8 veces dicho periodo de carga.
- 45 14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-13, en el que se convierte una tensión de dicha energía eléctrica de dichos medios de almacenamiento de energía eléctrica, en una posición separada de dichos medios (40) de almacenamiento de energía eléctrica, a una tensión adecuado para cargar dichas baterías a bordo de dichos buses (81-86) eléctricos.
- 50 15. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 6-14, en el que dicha energía eléctrica generada por los medios (13) de frenado regenerativo de dicho grupo de vehículos (20) ferroviarios se usa para cargar al menos 10, preferentemente al menos 20, más preferentemente al menos 30 de dichos buses (81-86) eléctricos durante dicho periodo de tiempo predeterminado.

FIG. 1A

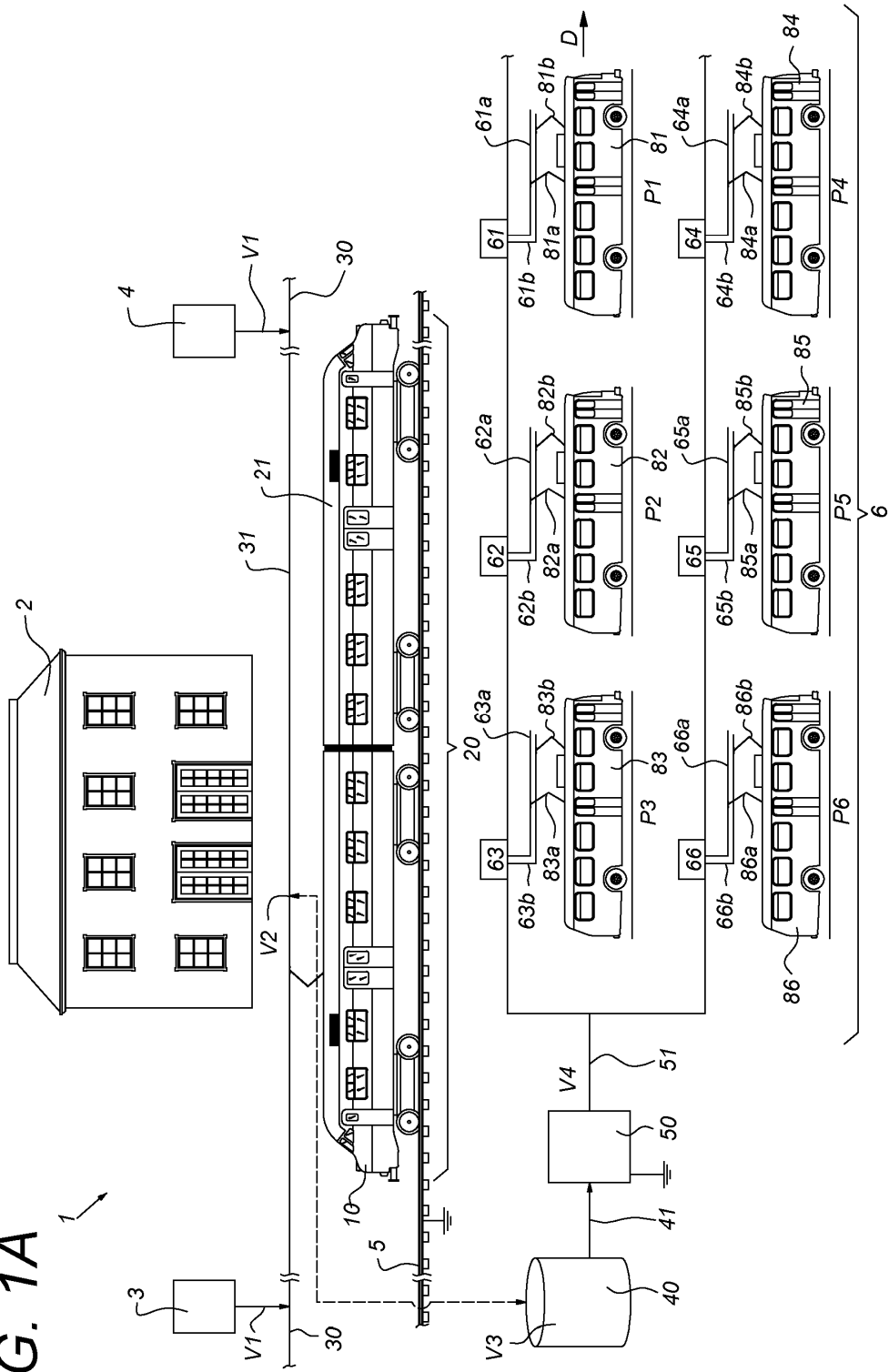


FIG. 1B

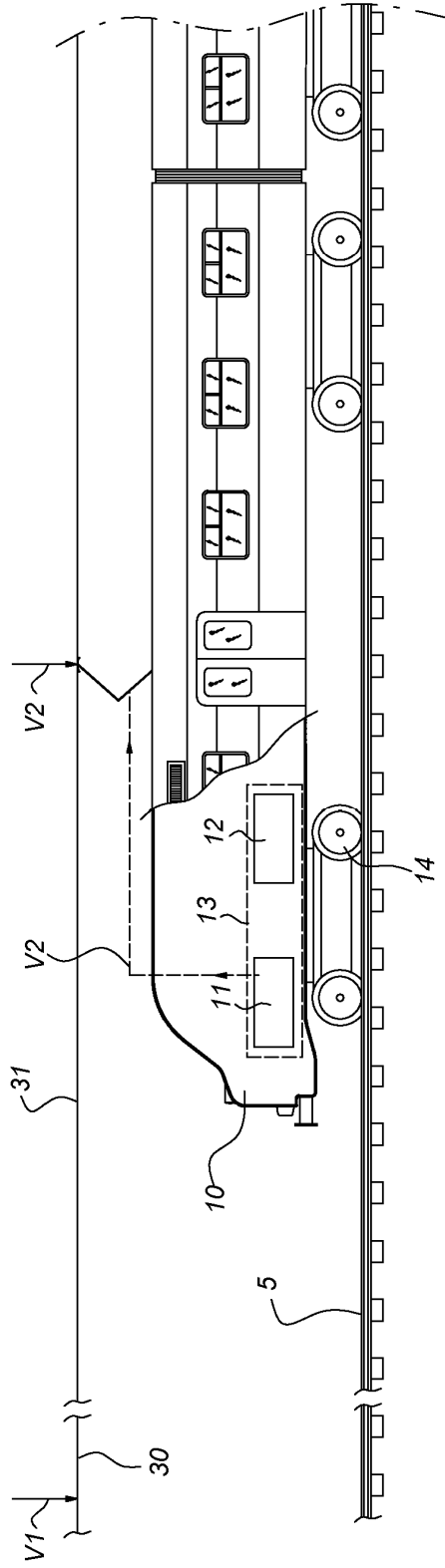


FIG. 1C

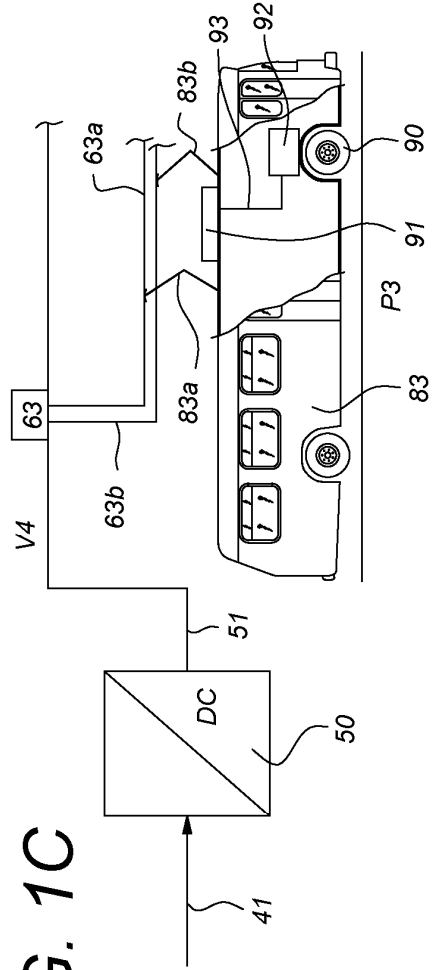
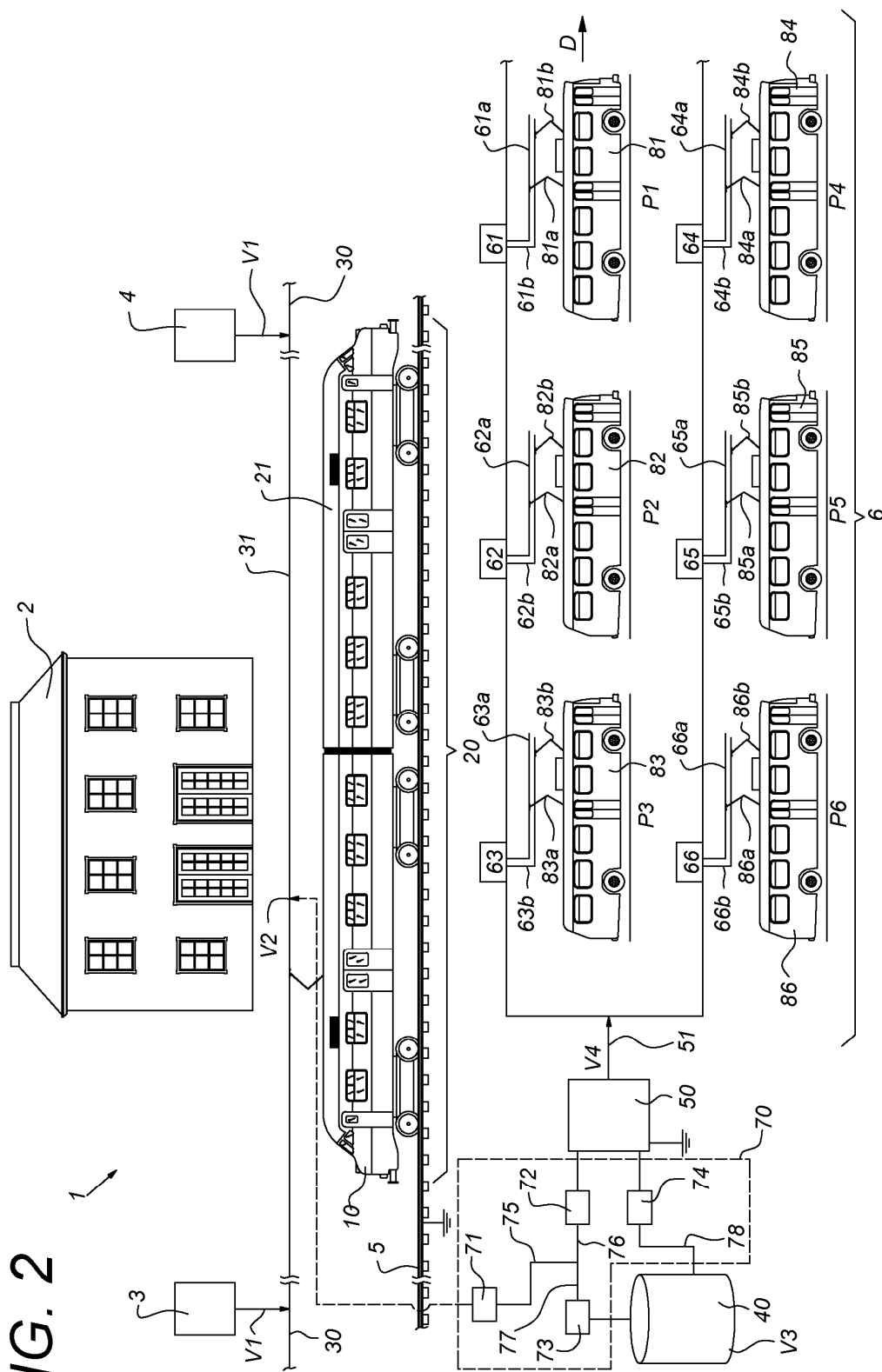


FIG. 2



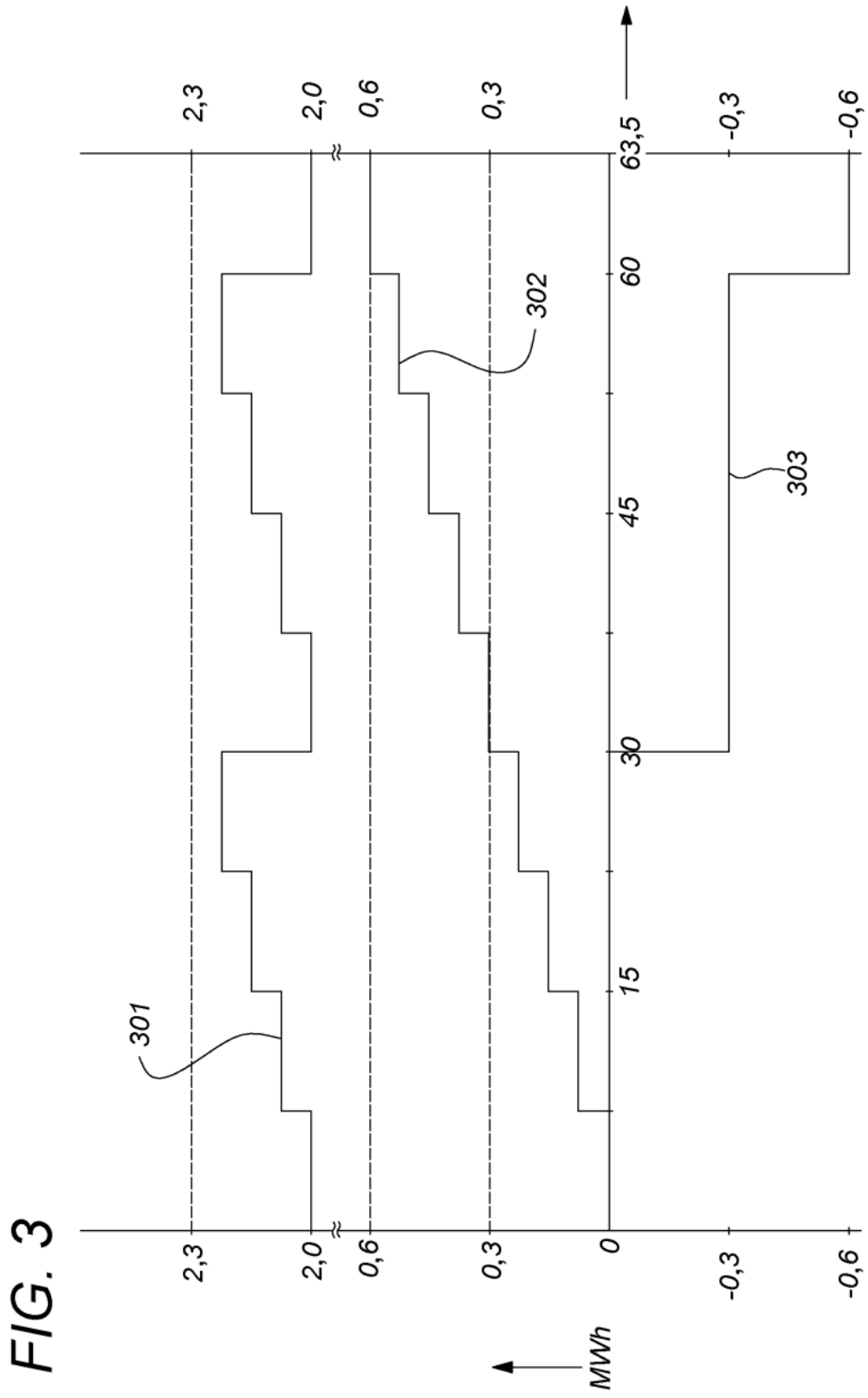


Fig. 4

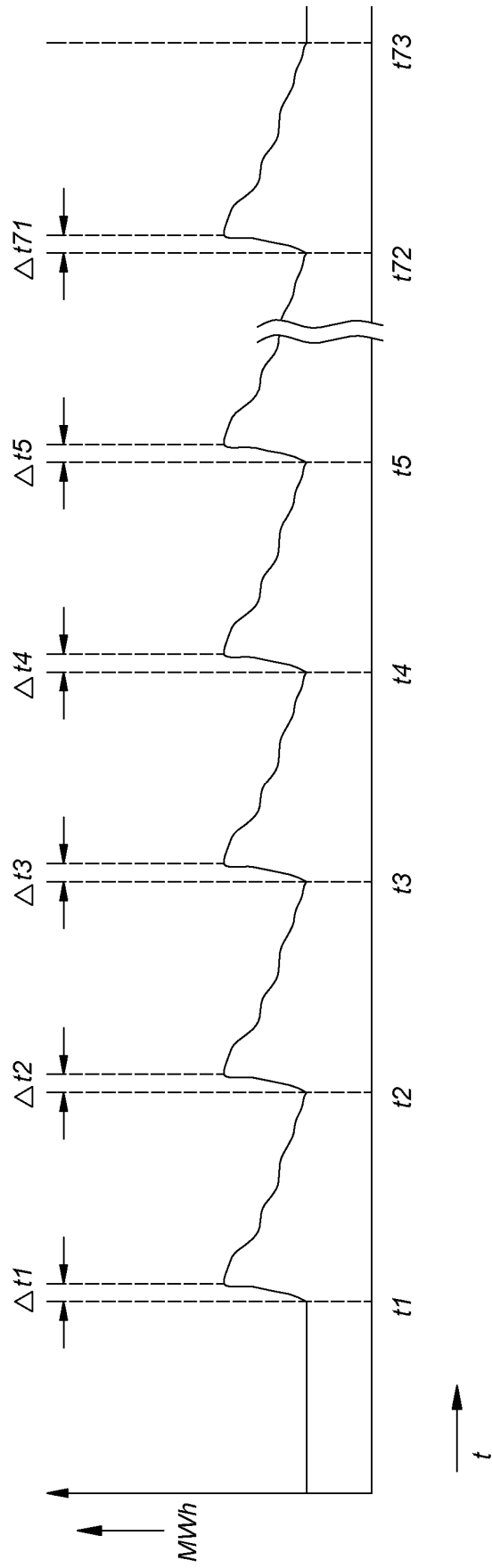


Fig. 5a 250

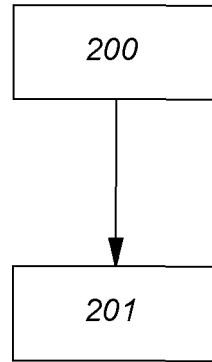


Fig. 5b 190

