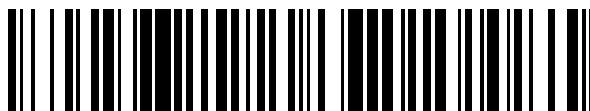


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 731 639**

51 Int. Cl.:

B61C 11/00 (2006.01)

B61C 7/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.02.2010** **PCT/EP2010/051879**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.12.2010** **WO10139489**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2010** **E 10706573 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2019** **EP 2437968**

54 Título: **Conducción con ahorro de energía de vehículos ferroviarios con al menos dos unidades de accionamiento**

30 Prioridad:

03.06.2009 DE 102009024146

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

18.11.2019

73 Titular/es:

SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)

Otto-Hahn-Ring 6

81739 München, DE

72 Inventor/es:

LAUER, STEFAN y

RASCHE, JENS

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 731 639 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

Conducción con ahorro de energía de vehículos ferroviarios con al menos dos unidades de accionamiento

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para controlar el accionamiento de un vehículo ferroviario que presenta un accionamiento con varias unidades de accionamiento, en el que las unidades de accionamiento se conectan al accionamiento o se desconectan de este, de modo que la suma de las fuerzas de tracción de las unidades de accionamiento es mayor que la fuerza de tracción requerida.
- 10 La invención se refiere además a un vehículo ferroviario con un accionamiento que presenta al menos dos unidades de accionamiento y una unidad de control conectada con el accionamiento, la cual está configurada para encender y apagar las unidades de accionamiento.
- 15 Un procedimiento tal y un vehículo ferroviario tal ya se conocen de la publicación internacional WO 2007/143850. Allí se describe un vehículo ferroviario con varios vehículos ferroviarios, en donde el número de las unidades de accionamiento utilizadas para accionar el vehículo ferroviario se determina a mano por el conductor de la locomotora.
- 20 Del documento DE 197 18 425 A1 se conoce un vehículo ferroviario que presenta un motor eléctrico, así como uno o dos motores diésel. El número y el tipo de las unidades de accionamiento utilizadas se determinan antes del inicio del viaje y no se cambian durante el viaje.
- 25 Del servicio de ferrocarriles de carga se conocen locomotoras dobles en las que dos locomotoras parciales o, con otras palabras, unidades de accionamiento, proporcionan la fuerza de tracción necesaria. Si se requiere una fuerza de tracción alta, por ejemplo, en el caso de cargas pesadas y pendiente parcialmente pronunciada de la vía, ambas locomotoras parciales permanecen continuamente conectadas, incluso si la fuerza de tracción alta solo se requiere en un tramo pequeño del trayecto total. El procedimiento ya conocido y el vehículo ferroviario ya conocido tienen, por lo tanto, la desventaja de que, debido al funcionamiento de ambas locomotoras parciales, se produce un alto consumo de energía con altos costes operativos como consecuencia.
- 30 De la solicitud de patente europea EP 1 849 676 A2 se conoce un dispositivo para motorizar un vehículo ferroviario con dos motores de combustión interna que están conectados entre sí a través de un sumador de potencia. En el caso de dos motores de combustión interna similares que se operan en el mismo rango de momento de torsión, el sumador de potencia genera el doble de energía en relación con un único motor. Esta energía se pone a disposición luego al módulo de accionamiento de una rueda accionada del vehículo ferroviario. En el funcionamiento de carga parcial, por
- 35 ejemplo, durante la desaceleración poco antes de una parada en el andén o en el caso de una rodadura con poco accionamiento hacia abajo de una pendiente, un motor puede, por ejemplo, apagarse y la demanda energética reducida puede ser satisfecha por el otro motor. En este caso, por medio de un dispositivo de control o regulación apropiado, se garantiza que la potencia de funcionamiento que deben aportar los motores de combustión interna instalados se divida de manera uniforme a lo largo del tiempo o según un régimen de funcionamiento que se desea establecer en los motores instalados.
- 40 El objetivo de la invención es, por lo tanto, proporcionar un procedimiento y un vehículo ferroviario del tipo mencionado al principio, de modo que se pueda reducir el consumo de energía.
- 45 La invención consigue este objetivo porque se calcula la fuerza de tracción requerida en función de la vía para tramos parciales de la vía y se cambia el número de las unidades de accionamiento conectadas durante el viaje y se ajusta a la fuerza de tracción requerida respectivamente, en donde, en los puntos de tramo determinados, se determina el punto de funcionamiento respectivo del vehículo ferroviario, para el punto de funcionamiento determinado para cada número de unidades de accionamiento que se pueden conectar se calcula un grado de eficiencia, los grados de
- 50 eficiencia determinados de esta manera se comparan entre sí para obtener un grado de eficiencia óptimo y, a continuación, se conectan tantas unidades de accionamiento que su número corresponde al número de unidades de accionamiento que se asignan al grado de eficiencia óptimo, en donde los grados de eficiencia se determinan tanto con respecto a la capacidad de retroalimentación en el funcionamiento de frenado como en cuanto a la fuerza de tracción que se puede generar.
- 55 Partiendo del vehículo ferroviario mencionado al principio, la invención consigue el objetivo porque la unidad de control presenta medios para proporcionar la fuerza de tracción requerida para determinados tramos parciales de la vía, en donde la unidad de control cambia el número de unidades de accionamiento durante el viaje y desconecta las unidades de accionamiento, siempre y cuando la suma de la fuerza de tracción de las unidades de accionamiento conectadas sea mayor que la fuerza de tracción requerida del tramo parcial respectivo.
- 60 Según la invención, se propone un vehículo ferroviario respetuoso con el medio ambiente con tracción doble o múltiple. Para ello, el vehículo ferroviario presenta al menos dos unidades de accionamiento que, según la invención, se pueden encender y apagar durante el viaje, de modo que se puede cambiar el número de las unidades de accionamiento operadas. El encendido y apagado de las unidades de accionamiento se realiza de tal manera que se obtiene el menor consumo de energía posible. La invención se basa en la idea de que una tracción múltiple que se puede aplicar en
- 65

principio solo debería tener lugar si esto es absolutamente necesario debido a la fuerza de tracción requerida. La fuerza de tracción necesaria depende, por un lado, del perfil de tramo, así como del estado de carga del vehículo ferroviario y puede determinarse mediante procedimientos conocidos por el especialista, por ejemplo, mediante una simulación. Como valores de entrada, la simulación requiere, por ejemplo, el perfil de tramo y el estado de carga del vehículo ferroviario, la temperatura y similares. En el vehículo ferroviario según la invención se prevén medios para proporcionar la fuerza de tracción requerida. Estos medios acceden a los datos determinados de la fuerza de tracción en función de la ubicación, de modo que la fuerza de tracción requerida en esta ubicación está disponible para el vehículo ferroviario para el punto de tramo respectivo. Si se determina en el marco de la invención que la fuerza de tracción requerida en una sección de tramo puede ser proporcionada por solo una unidad de accionamiento, las unidades de accionamiento no necesarias pueden desconectarse. De esta manera, el consumo de energía eléctrica del vehículo ferroviario se reduce, sobre todo también por medio de la pérdida de una parte de la energía auxiliar. Por lo tanto, también se reducen los costes operativos del vehículo ferroviario. Además, las unidades de accionamiento desconectadas se cargan menos.

Según una configuración preferida de la invención, la fuerza de tracción requerida se calcula con resolución local antes del inicio de un viaje. Debido al trayecto suficientemente conocido de manera exacta y a las condiciones marco externas del viaje, en particular el perfil de tramo, un cálculo tal de la fuerza de tracción es posible de antemano. Como resultado de este cálculo, la fuerza de tracción requerida se obtiene de antemano en función de determinados puntos de tramo. En este caso, no es necesario realizar de ninguna manera el cálculo en el propio vehículo ferroviario. El cálculo también se puede realizar fuera del vehículo ferroviario en una ubicación externa, por ejemplo, en un centro de control, en donde los resultados del cálculo se transmiten posteriormente al vehículo ferroviario, por ejemplo, por medio de transmisión de radio, WLAN o similares. El vehículo ferroviario recibe los datos transmitidos y los almacena, de modo que se posibilita cualquier acceso conveniente a los datos durante el viaje.

Ventajosamente, se cambia el número de las unidades de accionamiento conectadas en determinados puntos de tramo de la vía. Los puntos de tramo se marcan, por ejemplo, por el lado de la vía, de modo que el encendido y apagado de las unidades de accionamiento se puede realizar a mano por el maquinista. No obstante, en los puntos de tramo se disponen marcas eléctricas o inductivas en forma de balizas o similares, de modo que el vehículo ferroviario puede, automáticamente y sin la ayuda de un conductor de tren, controlar la llegada a un punto de tramo. El aprovechamiento de procedimientos de localización asistidos por satélite, como GPS o similares, también es posible en el marco de la invención.

Además, es ventajoso si la fuerza de tracción requerida se calcula para cada punto de tramo y, posteriormente, se conectan al menos tantas unidades de accionamiento que la suma de las fuerzas de tracción de las unidades de accionamiento conectadas es mayor que la fuerza de tracción requerida. Por medio de este perfeccionamiento, de nuevo se garantiza en cada punto de tramo que siempre se proporcione una fuerza de tracción suficientemente grande, de modo que el vehículo ferroviario puede continuar su viaje en cualquier caso.

Según la invención, en los puntos de tramo determinados se determina el punto de funcionamiento respectivo del vehículo ferroviario y, para el punto de funcionamiento determinado y para cada número de unidades de accionamiento conectadas, se calcula un grado de eficiencia, en donde los grados de eficiencia determinados de esta manera se comparan entre sí para obtener un grado de eficiencia óptimo y, posteriormente, se conectan tantas unidades de accionamiento que su número corresponde al número de unidades de accionamiento que se asignan al grado de eficiencia óptimo. En consecuencia, por razones de un consumo de energía óptimo, en determinados tramos parciales se conectan más unidades de accionamiento de las que son necesarias para proporcionar la fuerza de tracción requerida. Esto se basa en el conocimiento de que el grado de eficiencia del accionamiento puede ser más favorable si se conectan más unidades de accionamiento de las necesarias. Aquí, con grado de eficiencia se debe entender el porcentaje de la energía de tracción producida en relación con la energía eléctrica utilizada. El grado de eficiencia del accionamiento depende de distintos parámetros de influencia. Así, por ejemplo, los componentes de las unidades de accionamiento como, por ejemplo, el transformador principal, el convertidor de corriente, el motor de tracción, los engranajes y similares, presentan en diferentes áreas de trabajo distintos grados de eficiencia. El grado de eficiencia del motor de tracción varía, por ejemplo, con la velocidad del vehículo ferroviario. Por lo tanto, antes de que se pueda determinar el grado de eficiencia, primero se debe determinar un punto de funcionamiento del vehículo ferroviario. El punto de funcionamiento describe el estado del vehículo ferroviario. Este estado se describe por medio de la velocidad del vehículo ferroviario, la temperatura exterior, la elevación de la vía, el número de vagones del vehículo ferroviario y su carga, la ventilación seleccionada, la fricción y similares. El punto de funcionamiento se establece con estos datos. Los grados de eficiencia de los componentes de accionamiento individuales se almacenan en forma de tabla para determinadas áreas. El grado de eficiencia total de la unidad de accionamiento respectiva se compone de estos grados de eficiencia individuales de sus componentes y se puede calcular mediante simple multiplicación.

De manera conveniente, los puntos de funcionamiento respectivos y los grados de eficiencia que se pueden asignar a los puntos de funcionamiento se calculan antes del inicio del viaje del vehículo ferroviario.

El cálculo se puede realizar, por ejemplo, con la ayuda de una unidad de cálculo electrónica.

De manera conveniente, los grados de eficiencia se determinan con la ayuda de un procedimiento de simulación para

los puntos de tramo de la vía. Como ya se describió más arriba, la simulación requiere los datos de entrada necesarios para determinar el punto de funcionamiento, esto es, el perfil de tramo, las velocidades máximas permitidas, la temperatura, el número de vagones, el peso de carga y similares. Posteriormente, el viaje del vehículo ferroviario se simula, por ejemplo, para un funcionamiento con una unidad de accionamiento, en donde la simulación proporciona, por el lado de salida, los grados de eficiencia resultantes en función del curso del tramo. A continuación, la simulación se repite, por ejemplo, con dos unidades de accionamiento. Los grados de eficiencia se conocen, por lo tanto, en función de la ubicación.

Según la invención, los grados de eficiencia se determinan tanto con respecto a la capacidad de retroalimentación en el funcionamiento de frenado como también con respecto a la energía de tracción que puede generarse. Este perfeccionamiento ventajoso de la invención se basa en la idea de que un mayor número de unidades de accionamiento conectadas también puede ser conveniente si de esta manera se puede retroalimentar más energía a la red de suministro.

De manera conveniente, las unidades de accionamiento son respectivamente una locomotora parcial, en donde, por ejemplo, dos locomotoras parciales están configuradas como locomotora doble y, en este caso, representan respectivamente una unidad de accionamiento.

No obstante lo mencionado, las unidades de accionamiento son accionamientos eléctricos de un bogie. Tales unidades de accionamiento incluyen, además del motor de tracción real, también el convertidor, engranajes y similares. Sin embargo, tales unidades de accionamiento son conocidas por el especialista, por lo que no necesita ocuparse de esto con más detalle en este punto.

Según un perfeccionamiento del vehículo ferroviario según la invención, se prevén medios para determinar los grados de eficiencia del accionamiento en función del número de las unidades de accionamiento conectadas, en donde la unidad de control está instalada para conectar tantas unidades de accionamiento que se proporciona un grado de eficiencia máximo del accionamiento.

A continuación, se describen otras ventajas de la invención mediante un ejemplo de realización del procedimiento según la invención y del vehículo ferroviario según la invención en referencia a las figuras, en donde los números de referencia iguales indican elementos componentes de igual acción y en donde

la figura 1 muestra un perfil de tramo de una ruta con la velocidad máxima permitida respectivamente y

la figura 2 muestra la fuerza de tracción requerida calculada para el perfil de tramo según la figura 1 y la energía de tracción máxima de una locomotora parcial de una locomotora doble.

La figura 1 muestra un perfil de tramo en forma de una curva de nivel y una curva de la velocidad máxima permitida respectivamente asignada al perfil de tramo. En la abscisa se pone la distancia desde la estación de salida. Se pueden reconocer dos ordenadas. La primera ordenada presenta la velocidad como unidad de medida. La diferencia de altura con respecto a la estación de salida se pone en metros en la segunda ordenada trasera. Se puede reconocer que el trayecto del vehículo ferroviario comienza en la estación de salida a la altura de cero metros. Los primeros kilómetros del tramo se encuentran en el área urbana. Por lo tanto, se permite una velocidad máxima de solo 40 km/h. Como muestra la curva inferior, la vía aumenta a 6 m en los primeros 3 km. La velocidad máxima permitida es aquí de 80 km/h. Después de 43 km, la vía aumenta bruscamente a lo largo de 10 km.

La figura 2 muestra asimismo un diagrama de curvas, en donde en la abscisa se representa nuevamente el tramo en unidades de metros. En la ordenada se pone la potencia eléctrica. La curva aguda muestra la fuerza de tracción requerida calculada para el perfil de tramo según la figura 1. En este caso, se partió de una locomotora doble que presenta dos locomotoras parciales idénticas. La línea recta que transcurre en paralelo a la abscisa a 400 kN ilustra la potencia de tracción máxima de una locomotora parcial. Se puede reconocer que la línea dentada sobrepasa la línea recta de la potencia de tracción máxima en el área de pendientes pronunciadas de la vía. En estas áreas parciales, ambas locomotoras parciales de la locomotora doble se encienden, en el marco de la invención, de tal modo que se puede generar la fuerza de tracción requerida. En otros tramos parciales, el funcionamiento exclusivo de una única locomotora parcial es suficiente para satisfacer los requisitos de la potencia de tracción del accionamiento. Aun así, en estas áreas, sin embargo, puede ser más favorable, con respecto al consumo de energía o con respecto a la capacidad de retroalimentación de la energía de frenado, conectar ambas locomotoras parciales. Este es, pues, el caso cuando las dos locomotoras parciales juntas necesitan menos energía que una locomotora parcial sola, o cuando, en áreas con pendientes pronunciadas, ambas locomotoras parciales pueden retroalimentar más energía a la red de suministro que solo una locomotora parcial.

El funcionamiento de conducción se realiza, en el marco del ejemplo de realización del procedimiento según la invención, con dos locomotoras parciales, cuando la fuerza de tracción requerida en el punto de tramo lo hace necesario, en otras palabras, cuando la potencia de tracción máxima de una locomotora parcial es menor que la fuerza de tracción requerida. El funcionamiento también se realiza entonces con dos locomotoras parciales cuando con ello se puede lograr una mayor retroalimentación de la energía de frenado en el funcionamiento de frenado. Además,

también se utilizan dos locomotoras parciales cuando el grado de eficiencia total de ambas locomotoras parciales está por encima del grado de eficiencia de una locomotora parcial en el punto de tramo. Si no se cumple ninguna de las condiciones mencionadas anteriormente, el funcionamiento del vehículo ferroviario se realiza con una locomotora parcial.

5 En función del perfil de tramo, se modifica por lo tanto el número de las locomotoras parciales conectadas. En primer lugar, se establecen los puntos de tramo. Estos pueden ser puntos prominentes que anuncian el inicio de una elevación o de una pendiente pronunciada. Sin embargo, los puntos de tramo también se pueden distribuir equidistantemente a lo largo del tramo. Para los puntos de tramo, se determinan primero los puntos de funcionamiento del vehículo ferroviario. Como ya se mencionó más arriba, el punto de funcionamiento también se puede denominar como estado del vehículo ferroviario durante el viaje. El punto de funcionamiento incluye parámetros como la velocidad, la elevación de la vía en el punto de tramo, el calentamiento de los componentes de accionamiento, el número de revoluciones y más similares. Para cada uno de estos puntos de funcionamiento se calcula ahora un grado de eficiencia, esto es, la relación de la energía de tracción mecánica generada con respecto a la energía eléctrica utilizada. El cálculo se realiza con los grados de eficiencia almacenados en forma de tabla o descritos con fórmulas de los componentes de la unidad de accionamiento respectiva, como el transformador principal, el convertidor de corriente, el motor de tracción, los engranajes y similares. De esta manera, para cada punto de tramo se determina un grado de eficiencia del accionamiento con una locomotora parcial y un grado de eficiencia del accionamiento con dos locomotoras parciales. Según uno de los procedimientos de selección representados más arriba, el número de las unidades de accionamiento o locomotoras parciales se determina de tal manera que se genera un grado de eficiencia lo más alto posible durante el frenado o durante el funcionamiento de tracción, en donde se garantiza que se proporcione una energía de tracción suficientemente alta.

25 Para implementar el procedimiento según la invención en un vehículo ferroviario solo son necesarios gastos menores. Así, es posible, por ejemplo, adaptar en consecuencia el software de control del accionamiento de la locomotora. La conmutación se realiza, por ejemplo, automáticamente al recibirse informaciones de tramo en determinados puntos de tramo por medio de balizas o similares. Sin embargo, la llegada a un punto de tramo se le puede comunicar al software de control del accionamiento también con la ayuda de sistemas de localización asistidos por satélite como GPS o similares. En el marco de la invención también es posible una conmutación sobre la base de las entradas en el libro de ruta por parte del conductor.

35 Los primeros resultados en la implementación de la invención han demostrado que el consumo de energía total se puede reducir de un 3 a un 5 %. Además, se reducen las fallas de los componentes del accionamiento, ya que los componentes están menos cargados.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar el accionamiento de un vehículo ferroviario que presenta un accionamiento con varias unidades de accionamiento, en el que, en determinados puntos de tramo, las unidades de accionamiento se conectan al accionamiento o se desconectan de este, de modo que la suma de las fuerzas de tracción de las unidades de accionamiento conectadas es mayor que la fuerza de tracción requerida, en donde, para cada punto de tramo, la fuerza de tracción requerida se calcula en función de la vía para tramos parciales de la vía y, posteriormente, el número de las unidades de accionamiento conectadas se ajusta a la fuerza de tracción requerida respectivamente, en donde, en los puntos de tramo determinados, se determina el punto de funcionamiento respectivo del vehículo ferroviario, se calcula un grado de eficiencia para el punto de funcionamiento determinado para cada número de unidades de accionamiento conectadas, se comparan entre sí los grados de eficiencia determinados de esta manera para obtener un grado de eficiencia óptimo y, posteriormente, se conectan tantas unidades de accionamiento que su número corresponde al número de unidades de accionamiento que se asignan al grado de eficiencia óptimo, en donde los grados de eficiencia se determinan tanto con respecto a la capacidad de retroalimentación en el funcionamiento de frenado como también con respecto a la fuerza de tracción que se puede generar.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** los puntos de funcionamiento respectivos y los grados de eficiencia que se pueden asignar a los puntos de funcionamiento se calculan antes del inicio del viaje del vehículo ferroviario.
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** los grados de eficiencia para los puntos de tramo de la vía se determinan con la ayuda de un procedimiento de simulación.
4. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** las unidades de accionamiento son respectivamente una locomotora.
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** las unidades de accionamiento son módulos de accionamiento eléctrico de un bogie.
6. Procedimiento según la reivindicación 4, **caracterizado por que** dos locomotoras están configuradas como locomotora doble, en donde cada locomotora es una unidad de accionamiento.
7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la fuerza de tracción requerida se calcula con resolución local antes del inicio de un viaje para obtener un conjunto de datos.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, **caracterizado por que** el conjunto de datos se calcula en una ubicación situada por fuera del vehículo ferroviario y se transmite desde esta al vehículo ferroviario mediante comunicación de datos.
9. Vehículo ferroviario con un accionamiento que presenta al menos dos unidades de accionamiento y una unidad de control conectada con el accionamiento que está configurada para encender y apagar las unidades de accionamiento, en donde la unidad de control presenta medios para proporcionar la fuerza de tracción requerida para determinados tramos parciales de la vía, en donde la unidad de control cambia el número de las unidades de accionamiento durante el viaje y lo ajusta a la fuerza de tracción requerida del tramo parcial respectivo, **caracterizado por que** en los puntos de tramo determinados se determina el punto de funcionamiento respectivo del vehículo ferroviario, se calcula un grado de eficiencia para el punto de funcionamiento determinado para cada número de unidades de accionamiento que se pueden conectar, se comparan entre sí los grados de eficiencia determinados de esta manera para obtener un grado de eficiencia óptimo y, posteriormente, se conectan tantas unidades de accionamiento que su número corresponde al número de unidades de accionamiento que se asignan al grado de eficiencia óptimo, en donde los grados de eficiencia se determinan tanto con respecto a la capacidad de retroalimentación en el funcionamiento de frenado como también con respecto a la fuerza de tracción que se puede generar.
10. Vehículo ferroviario según la reivindicación 9, **caracterizado por** medios para determinar los grados de eficiencia del accionamiento en función del número de las unidades de accionamiento conectadas, en donde la unidad de control está configurada para conectar tantas unidades de accionamiento que se proporciona un grado de eficiencia máximo del accionamiento.

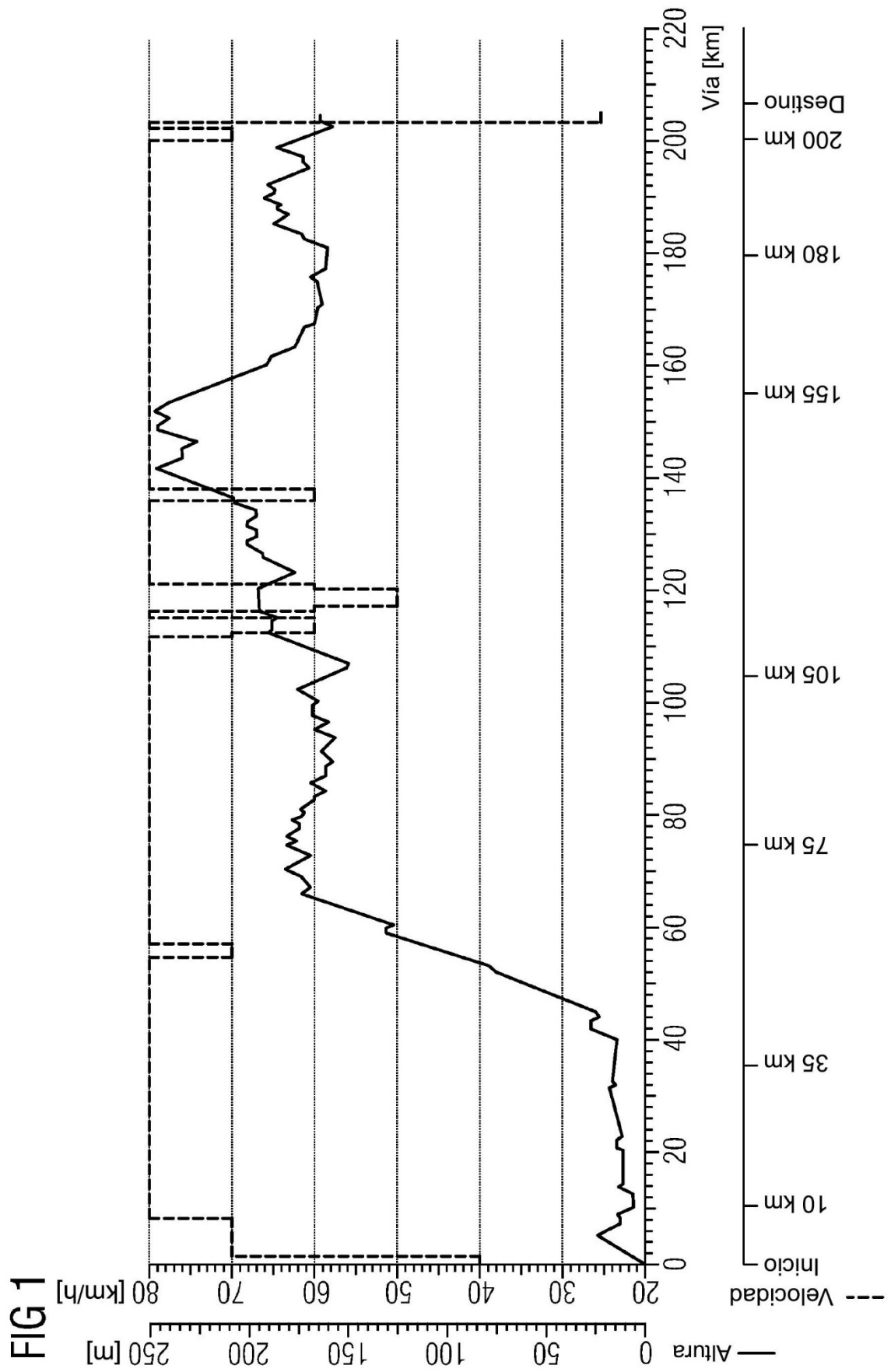


FIG 2

