

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 983 618**

51 Int. Cl.:

B61L 21/10 (2006.01)

B61L 23/34 (2006.01)

B61L 27/20 (2012.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **20.11.2018 PCT/EP2018/081917**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.06.2019 WO19110293**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.11.2018 E 18815520 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.02.2024 EP 3697667**

54 Título: **Procedimiento para operar vehículos ferroviarios con una distancia absoluta del recorrido de frenado**

30 Prioridad:
04.12.2017 DE 102017221812

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.10.2024

73 Titular/es:
**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:
BÜNGENER, WALTER

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 983 618 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 para operar vehículos ferroviarios con una distancia absoluta del recorrido de frenado

La presente invención hace referencia a un procedimiento para operar vehículos ferroviarios, donde para un vehículo ferroviario que circula detrás de un vehículo ferroviario que circula delante, se determina una distancia absoluta del recorrido de frenado que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario que circula delante, y el vehículo ferroviario que circula detrás es operado de manera que el mismo observa al menos esa distancia absoluta del recorrido de frenado con respecto al vehículo ferroviario que circula delante. Un procedimiento de esa clase es conocido en el área de la tecnología ferroviaria.

La norma ferroviaria IEEE Std 1474.1-2004 define las exigencias fundamentales para los sistemas de protección de trenes para el tráfico de corta distancia en base a CBTC (Communication-Based Train Control, control de trenes basado en comunicaciones). El parámetro esencial que describe la capacidad de funcionamiento es el intervalo de tiempo entre trenes que puede alcanzarse (denominado como "Design Headway" (espacio entre vehículos planificado) en el apartado 5.1 de la norma). El tiempo de intervalo entre trenes, desde la perspectiva del CBTC, así como en los sistemas CBTC, es limitado por la observancia segura de una distancia que debe alcanzarse (denominada como "Safe train separation" (separación segura entre trenes) en el apartado 6.1.2 de la norma) y el modelo "Safe Braking" utilizado (modelo de frenado seguro, véase el apartado 6.2.1 de la norma) con el parámetro GEBR ("guaranteed emergency brake rate", desaceleración garantizada por frenado de emergencia).

El valor GEBR aquí es particularmente crítico. Los valores habituales se encuentran entre $0,8 \text{ m/s}^2$ y $1,2 \text{ m/s}^2$. Por razones de seguridad, el valor GEBR debería seleccionarse suficientemente reducido para cubrir todos los incidentes previsibles y condiciones climáticas; por otra parte, un valor más reducido afecta marcadamente el tiempo de intervalo entre trenes que puede alcanzarse. En la práctica operativa se observa que en particular durante el funcionamiento en la superficie (por fuera de túneles), por momentos, en función de las condiciones climáticas (por ejemplo follaje húmedo sobre el raíl), el coeficiente de fricción entre la rueda y el raíl puede seleccionarse muy reducido, de modo que entonces se alcanzan valores de desaceleración de tan sólo $0,5 \text{ m/s}^2$ o incluso valores inferiores.

Una adaptación del valor GEBR a esos casos excepcionales empeoraría en alto grado el tiempo de intervalo entre trenes que puede alcanzarse. Los casos excepcionales de esa clase a menudo se cubren mediante medidas operativas, por ejemplo una reducción de la desaceleración de frenado de servicio, en función de las condiciones climáticas. La dificultad reside en detectar a tiempo esas situaciones y en comunicar las mismas. De este modo, no se alcanza el nivel de seguridad habitual.

El problema de un valor GEBR insuficiente en situaciones especiales se manifiesta con toda su gravedad sólo después de la creciente introducción de sistemas CBTC en vías expuestas a las condiciones climáticas. Los sistemas CBTC, expresado en lenguaje especializado, funcionan en la distancia de "moving block" (bloque móvil), mientras que los sistemas convencionales, expresado en lenguaje especializado, funcionan en la distancia de "fixed block" (bloque fijo) y siempre contienen reservas de seguridad. El "moving block" se ha liberado de esas reservas de seguridad en favor de una potencia aumentada. Si ahora no se observan valores "garantizados", con frecuencia un sistema CBTC ingresa de inmediato a un área crítica en cuanto a la seguridad. Para los operadores de sistemas de tráfico de corta distancia a menudo ésta es una nueva situación para la que aún no hay soluciones establecidas. Algunos sistemas permiten conmutar a una desaceleración de servicio más reducida o una desaceleración por frenado de emergencia más reducida (GEBR), lo que sin embargo queda a criterio del operador.

El documento DE 198 28 878 A1 describe un procedimiento sobre la aproximación de vehículos ferroviarios a vehículos ferroviarios que pueden aproximarse unos a otros sólo hasta el recorrido de frenado requerido. Los vehículos están virtualmente acoplados y se mueven juntos, pero independientemente unos de otros, hacia delante, mediante la utilización de un dispositivo de seguridad de distancia dispuesto en los vehículos. Los vehículos virtualmente acoplados son considerados como una combinación de vehículos por una unidad ferroviaria. El primer vehículo de los vehículos que circulan delante conforma la cabeza, y el vehículo, de los vehículos consecutivos, conforma el extremo.

En el documento US 2011/172856 A1 se describe un sistema de control de trenes que comprende un dispositivo de comunicaciones que está asociado al menos a una unidad de control, y que se encuentra en un primer tren, y un dispositivo de comunicaciones que está asociado al menos a una unidad de control, y que se encuentra en el segundo tren. Al menos una de las unidades de control del primer tren y del segundo tren está configurada para recibir una señal de autorización que contiene datos para identificar el primer tren y el segundo tren como un tren de esa clase, en el dispositivo de comunicaciones asociado. Los datos de los trenes, entre el tren guía y el tren posterior, se intercambian mediante al menos una conexión de comunicaciones entre pares.

El objeto de la presente invención consiste en proporcionar un procedimiento para operar vehículos ferroviarios, el cual posibilite un funcionamiento especialmente seguro de vehículos ferroviarios, a pesar de tiempos de intervalo entre trenes reducidos.

5 Dicho objeto, según la invención, se soluciona mediante un procedimiento con las características según la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican configuraciones ventajosas del procedimiento según la invención.

Conforme a ello se prevé que el vehículo ferroviario que circula detrás sea operado de manera que adicionalmente con respecto a la distancia absoluta del recorrido de frenado observe una distancia adicional que depende de la velocidad del vehículo ferroviario que circula delante.

10 Una ventaja esencial del procedimiento según la invención consiste en que mediante la distancia adicional, proporcionada adicionalmente, se alcanza un grado especialmente elevado de seguridad operativa, en particular en cuanto a las explicaciones anteriores relacionadas con la inseguridad de los valores de desaceleración.

Se considera ventajoso que la distancia adicional se fije en cero cuando el vehículo ferroviario que circula delante alcance o supere un umbral de velocidad predeterminado.

15 En el caso de que el vehículo ferroviario que circula delante no alcance el umbral de velocidad predeterminado, preferentemente se aumenta la distancia adicional al aumentar la diferencia entre la velocidad del vehículo ferroviario que circula delante y el umbral de velocidad.

La distancia adicional, según la invención, se calcula según:

$$A_z = (V_0^2 - V_1(t)^2) / (2 \cdot a_1) \text{ para } V_1(t) \leq V_0,$$

20 donde A_z denomina la distancia adicional, $V_1(t)$ la respectiva velocidad del vehículo ferroviario que circula delante, V_0 el umbral de velocidad predeterminado y a_1 un valor de desaceleración de frenado predeterminado para el comportamiento de frenado del vehículo ferroviario que circula delante, preferentemente considerando la influencia de la inclinación de la vía.

25 Se considera especialmente ventajoso que la distancia adicional se determine en función de un valor de desaceleración de frenado que se calcula mediante la adición de un valor de desaceleración base que indica la desaceleración máxima posible o máxima previsible del vehículo ferroviario que circula delante, y un valor de desaceleración de frenado adicional predeterminado.

30 El valor de desaceleración de frenado adicional preferentemente se determina considerando la incertidumbre de localización en la localización del vehículo ferroviario que circula delante, donde el valor de desaceleración de frenado adicional se selecciona tanto más grande cuanto mayor sea la incertidumbre de localización, de la localización.

35 Por ejemplo, en cuanto a un funcionamiento de maniobras o de acoplamiento, se considera ventajoso que se suspenda la observancia de la distancia adicional y que al vehículo ferroviario que circula detrás se le permita ingresar al área de la distancia adicional cuando la velocidad del vehículo ferroviario que circula detrás alcanza o se ubica por debajo de una velocidad de entrada admisible predeterminada.

Después de ingresar al área de la distancia adicional, la velocidad del vehículo ferroviario que circula detrás preferentemente se limita a la velocidad de entrada admisible.

40 Además, la invención hace referencia a un dispositivo de control para operar uno o varios vehículos ferroviarios. Según la invención, con respecto a un dispositivo de control de esa clase se prevé que el mismo esté configurado de manera que pueda operar uno o varios vehículos ferroviarios, en particular un vehículo ferroviario que circula detrás de un vehículo ferroviario que circula delante, según un procedimiento como el antes descrito.

45 El dispositivo de control preferentemente comprende un ordenador y una memoria en la que está almacenado un programa operativo. El programa operativo reproduce el procedimiento antes descrito preferentemente en forma de un código de software. Al ejecutar el programa operativo, el ordenador ejecuta entonces un procedimiento del modo antes descrito.

Además, la invención hace referencia a una instalación ferroviaria con al menos dos vehículos ferroviarios que circulan por la misma. Según la invención, con respecto a una instalación ferroviaria de esa clase, se prevé que la misma presente un dispositivo de control como el antes descrito.

5 La invención hace referencia además a un vehículo ferroviario. Según la invención se prevé que el vehículo ferroviario presente un dispositivo de control como el antes descrito. Preferentemente, el dispositivo de control está configurado de manera que el mismo determina una distancia mínima de su vehículo ferroviario con respecto a un vehículo ferroviario que circula delante, a saber, mediante la adición o al menos mediante la adición de una distancia absoluta del recorrido de frenado que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario que circula delante, y una distancia adicional que depende de un valor de velocidad que indica la velocidad del vehículo ferroviario que circula delante.
10

A continuación, la presente invención se explica en detalle mediante ejemplos de ejecución; a modo de ejemplo muestran

15 Figura 1 un ejemplo de ejecución de una instalación ferroviaria en la que vehículos ferroviarios se comunican directamente unos con otros y cada vehículo ferroviario determina por sí solo su distancia mínima con respecto al vehículo ferroviario que circula delante,

Figura 2 un ejemplo de ejecución de una instalación ferroviaria en la que vehículos ferroviarios determinan por sí solos su respectiva ubicación y su respectiva velocidad, y transmiten esa información a una central que reenvía la respectiva información a vehículos ferroviarios que circulan detrás,

20 Figura 3 un ejemplo de ejecución de una instalación ferroviaria en la que una central determina la ubicación y la velocidad de vehículos ferroviarios que circulan por la instalación ferroviaria, y envía la información correspondiente a los vehículos ferroviarios para que éstos puedan determinar por sí solos su distancia mínima con respecto a un vehículo ferroviario que circula delante,

25 Figura 4 un ejemplo de ejecución de una instalación ferroviaria en la que una central, para cada vehículo ferroviario que circula por la instalación ferroviaria, respectivamente calcula una distancia adicional y/o una distancia mínima en base a ello, y la envía a los respectivos vehículos ferroviarios, y

Figura 5 a modo de ejemplo, un diagrama de recorrido - tiempo para un posible intervalo entre trenes.

Para una mayor claridad, en las figuras se utilizan siempre los mismos símbolos de referencia para los componentes idénticos o comparables.

30 La figura 1 muestra una instalación ferroviaria EA por la que circulan dos vehículos ferroviarios 1 y 2. Los vehículos ferroviarios 1 y 2, por ejemplo, pueden tratarse de trenes, de manera que los mismos a continuación también se denominan como tren 1, así como tren 2.

35 Los dos vehículos ferroviarios 1 y 2 se mueven a lo largo de la dirección de la flecha P en la Figura 1, de izquierda a derecha; conforme a ello, el vehículo ferroviario 1, derecho en la Figura 1, puede denominarse como vehículo ferroviario que circula delante, y el vehículo ferroviario 2, izquierdo en la Figura 1, como vehículo ferroviario que circula detrás.

40 Por ejemplo, los dos vehículos ferroviarios 1 y 2 pueden estar realizados iguales en cuanto a la construcción, de lo que se parte a continuación, de forma ilustrativa. Los dos presentan respectivamente un dispositivo de comunicaciones 10 y un dispositivo de control 20 para controlar un accionamiento, no representado en detalle. El dispositivo de control 20 comprende un ordenador 21 y una memoria 22. En la memoria 22 está almacenado un programa operativo BP que en total establece el modo de trabajo del ordenador 21 y, con ello, el modo de trabajo del dispositivo de control 20.

45 En el ejemplo de ejecución según la Figura 1, los vehículos ferroviarios 1 y 2, mediante sensores propios y/o dispositivos de medición propios, respectivamente determinan su propia ubicación $X1(t)$, $X2(t)$, así como su propia velocidad $V1(t)$, $V2(t)$, y envían los valores de medición correspondientes, mediante su dispositivo de comunicaciones 10, respectivamente por sí solos, al menos al vehículo ferroviario que circula detrás.

En el ejemplo de ejecución según la Figura 1, por tanto, el vehículo 1 que circula delante envía su respectiva ubicación $X1(t)$ y su velocidad $V1(t)$ al vehículo ferroviario 2 que circula detrás, para el que se encuentra disponible tanto información sobre la ubicación y la velocidad del vehículo ferroviario 1 que circula delante, como también, debido a mediciones propias, son conocidas la propia ubicación $X2(t)$ y la propia velocidad $V2(t)$.

ES 2 983 618 T3

El programa operativo BP en la memoria 22 del dispositivo de control 20 está configurado de manera que el vehículo ferroviario 2 que circula detrás determina por sí solo su distancia mínima A_{min} con respecto al vehículo ferroviario 1 que circula delante, preferentemente del siguiente modo:

$$A_{min} = A_b + A_z,$$

5 donde

A_{min} denomina la distancia mínima, A_b una distancia absoluta del recorrido de frenado, que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario 1 que circula delante, y A_z denomina una distancia adicional que depende de la velocidad del vehículo ferroviario que circula delante.

10 La distancia absoluta del recorrido de frenado preferentemente se calcula del modo habitual, como se conoce por el estado de la técnica; a este respecto se remite a las explicaciones anteriores relacionadas con el estado de la técnica, así como a la norma IEEE Std 1474.1-2004 correspondiente. Por ejemplo, la distancia absoluta del recorrido de frenado puede calcularse según:

$$A_b = (V_2(t) + dV_2(t))^2 / (2 * (GEBR + N_{min} * g)) + (V_2(t) + dV_2(t)) * T_v$$

15 donde dV_2 es el error de medición de velocidad, N_{min} la inclinación mínima de la vía en el recorrido de frenado del vehículo ferroviario 2 (valores negativos en el caso de pendientes), g la aceleración de la gravedad y T_v el tiempo de desaceleración de respuesta del freno del vehículo ferroviario 2.

La distancia adicional A_z , según la invención, se calcula según:

$$A_z = (V_0^2 - V_1(t)^2) / (2 * a_1) \text{ para } V_1(t) \leq V_0$$

y

20
$$A_z = 0 \text{ para } V_1(t) > V_0$$

y

25 donde A_z denomina la distancia adicional, $V_1(t)$ la respectiva velocidad del vehículo ferroviario 1 que circula delante, V_0 el umbral de velocidad predeterminado y a_1 un valor de desaceleración de frenado predeterminado para el comportamiento de frenado del vehículo ferroviario 1 que circula delante, considerando la influencia de la inclinación de la vía.

Con respecto al valor de desaceleración de frenado a_1 se considera ventajoso que el mismo se calcule mediante la adición de un valor de desaceleración base que indica la desaceleración máxima posible o máxima previsible del vehículo ferroviario 1 que circula delante, y un valor de desaceleración de frenado adicional predeterminado.

30 El valor de desaceleración de frenado adicional preferentemente se determina considerando la incertidumbre de localización en la localización del vehículo ferroviario 1 que circula delante, por tanto, considerando la incertidumbre de localización en la determinación de $X_1(t)$, de este modo, el valor de desaceleración de frenado adicional se selecciona tanto más grande cuanto mayor sea la incertidumbre de localización, de la localización.

35 En cuanto a un funcionamiento especial de los vehículos ferroviarios, en particular en cuanto a un acoplamiento conjunto de vehículos ferroviarios, se considera ventajoso que se suspenda la observancia de la distancia adicional A_z y que al vehículo ferroviario 2 que circula detrás se le permita ingresar al área de la distancia adicional A_z cuando la velocidad del vehículo ferroviario 2 que circula detrás alcanza o se ubica por debajo de una velocidad de entrada admisible predeterminada. En caso de que el vehículo ferroviario 1, derecho en la Figura 1, esté precedido por un vehículo ferroviario no mostrado en la Figura 1, entonces el vehículo ferroviario 1, con respecto a los datos de ubicación y de velocidad que provienen del vehículo ferroviario no mostrado, preferentemente opera como el

40 vehículo ferroviario 2, izquierdo en la Figura 1.

En caso de que al vehículo ferroviario 2, izquierdo en la Figura 1, le siga un vehículo ferroviario no mostrado en la Figura 1, entonces el vehículo ferroviario 2, con respecto a los datos de ubicación y de velocidad que provienen del vehículo ferroviario no mostrado, preferentemente opera como el vehículo ferroviario 1, derecho en la Figura 1.

5 La Figura 2 muestra un ejemplo de ejecución de una instalación ferroviaria EA en la que para controlar los vehículos ferroviarios 1 y 2 adicionalmente está proporcionada una central 100. La central 100, desde los vehículos ferroviarios 1 y 2 que circulan por la instalación ferroviaria EA, recibe respectivamente los datos de ubicación $X1(t)$ y $X2(t)$, así como los valores de velocidad $V1(t)$ y $V2(t)$, y reenvía esa información a todos los vehículos ferroviarios en la instalación ferroviaria EA, o al menos a los vehículos ferroviarios que respectivamente circulan detrás (por tanto, los datos del vehículo ferroviario 1 al vehículo ferroviario 2 que circula detrás del mismo, etc.).

10 A diferencia del ejemplo de ejecución según la Figura 1, el vehículo ferroviario 2 que circula detrás recibe la información de ubicación $X1(t)$ y la velocidad $V1(t)$ desde el vehículo ferroviario 1 que circula delante, por tanto, no de forma directa, sino con la participación de la central 100 que trabaja como estación repetidora y reenvía los valores desde el vehículo ferroviario 1 que circula delante.

Por lo demás, en el ejemplo de ejecución según la Figura 2 se aplican de modo correspondiente las explicaciones anteriores con relación a los ejemplos de ejecución según la Figura 1.

15 La Figura 3 muestra una variante de ejecución de una instalación ferroviaria EA, en donde la central 100 determina por sí sola los datos de ubicación $X1(t)$ y $X2(t)$ y los datos de velocidad $V1(t)$ y $V2(t)$, mediante dispositivos del lado de la vía, y reenvía los valores determinados a los vehículos ferroviarios 1, así como 2. El cálculo de la distancia mínima A_{min} , así como de la distancia adicional A_z , se realiza entonces del lado del vehículo ferroviario, mediante los dispositivos de control 20 en los vehículos ferroviarios 1 y 2, como ha sido explicado anteriormente con relación a las Figuras 1 y 2.

20 La Figura 4 muestra una variante de ejecución de una instalación ferroviaria EA, en donde la central 100, para cada uno de los vehículos ferroviarios 1 y 2, respectivamente determina la distancia mínima y/o la distancia adicional, y transmite los valores respectivamente determinados a los vehículos ferroviarios 1 y 2 asociados. En la Figura 4, A_{min1} denomina la distancia mínima para el vehículo ferroviario 1, A_{min2} la distancia mínima para el vehículo ferroviario 2, A_{z1} la distancia adicional para el vehículo ferroviario 1 y A_{z2} la distancia adicional para el vehículo ferroviario 2.

25 Los vehículos ferroviarios 1 y 2, así como sus dispositivos de control 20, en esta configuración, no deben calcular por sí solos la distancia mínima A_{min1} , así como A_{min2} y/o la distancia adicional A_{z1} , así como A_{z2} , ya que los mismos reciben los valores correspondientes desde la central 100.

Por lo demás se aplican de modo correspondiente las explicaciones anteriores en relación con los ejemplos de ejecución según las Figuras 1 a 3.

30 De forma resumida, en los ejemplos de ejecución según las Figuras 1 a 4, la función de la observancia segura de una distancia entre los vehículos ferroviarios, así como trenes ("safe train separation", separación de trenes segura), puede mejorarse en el sentido de que se proporcionan distancias de seguridad adicionales allí donde es ventajoso, en caso de no cumplirse con el "modelo de frenado seguro" ("safe braking model"), y al mismo tiempo no limita el tiempo de intervalo entre trenes.

35 El punto que limita el tiempo de intervalo entre trenes, entre dos paradas, habitualmente se encuentra allí en donde el vehículo ferroviario 1 que circula delante (a continuación, de forma abreviada, denominado tren 1), ha abandonado por completo la parada y, adicionalmente, también la sección de protección después de la parada, requerida para el ingreso del vehículo ferroviario 2 que circula detrás (a continuación denominado de forma abreviada como tren 2). La situación más riesgosa para observar la distancia, en cambio, se presenta cuando el tren 1 que circula delante se detiene en la parada, mientras que el tren 2 que circula detrás se dirige a esa parada y la distancia con respecto al tren 1 que circula delante se acorta de manera constante.

40 En el marco de los ejemplos de ejecución descritos, la distancia de seguridad adicional A_z detrás del tren 1 que circula delante y, con ello, entre los dos trenes 1 y 2 consecutivos, se introduce cuando el tren 1 que circula delante se desplaza lentamente o se detiene. Para evitar variaciones repentinas de la distancia de seguridad adicional A_z , la distancia de seguridad A_z se aumenta de forma continua en caso de no alcanzarse un umbral de velocidad determinado del tren 1 que circula delante, hasta que el mismo, al detenerse el tren 1 que circula delante, alcanza su valor máximo. Después de que el tren 1 que circula delante vuelve a circular, esa distancia de seguridad adicional A_z se reduce nuevamente al aumentar la velocidad.

50 En un caso ideal, la distancia de seguridad adicional A ya está reducida antes de que se alcance el punto crítico para el tiempo de intervalo entre trenes, con lo cual, el tiempo de intervalo entre trenes no resulta afectado. El aumento y la reducción de la distancia de seguridad adicional tiene lugar en un sistema CBTC, por ejemplo en el marco del cálculo del permiso de marcha ("movement authority", autorización para el movimiento) del tren 2 que circula detrás, pero también puede tener lugar en otro punto del cálculo de la observancia de distancia segura ("safe

train separation", separación de trenes segura), y no necesita ninguna clase de hardware adicional, ya que la velocidad del tren 1 que circula delante es conocida en el sistema CBTC.

5 En el caso de un aumento de la distancia de seguridad adicional A_z debería considerarse la desaceleración de servicio mayor del tren 1 que circula delante, en sentido estricto, la desaceleración aparente del extremo del tren que incluye también un posible aumento de la incertidumbre de localización ("location uncertainty").

10 Si el aumento de la distancia de seguridad adicional A_z comienza en el caso de un umbral de velocidad V_0 y es la desaceleración aparente a_1 , entonces el tren 1 que circula delante circula aún al menos $s_1 = V_0^2/(2*a_1)$ hasta la detención. La distancia de seguridad adicional A_z , por tanto, puede aumentarse hasta s_1 , por ejemplo según $A_z = (V_0^2 - V_1(t)^2)/(2*a_1)$, con $V_1(t)$ como la velocidad del tren 1 que circula delante. Preferentemente, esa función se aplica de forma continua, por tanto, independientemente del frenado y de la aceleración, y V_0 debería adaptarse al punto crítico para el tiempo de intervalo entre trenes.

15 Una distancia de seguridad adicional A_z puede ser limitante en cuanto a la operación cuando el tren 2 que circula detrás, en situaciones especiales, debe acercarse al tren 1 que circula delante, por ejemplo para un acoplamiento o para el estacionamiento próximo de trenes. Para evitar esas limitaciones puede limitarse el efecto de la distancia de seguridad adicional a velocidades $V_2(t)$ del tren 2 que circula detrás, que son mayores que una velocidad mínima predeterminada. De este modo, la distancia de seguridad adicional A_z ya no actúa en el caso de velocidades reducidas del tren 2 que circula detrás, pero un posible recorrido de frenado erróneo para ese tren, por ejemplo debido a un valor GEBR no observado ("guaranteed emergency brake rate", desaceleración garantizada por frenado de emergencia), en el caso de velocidades menores que la velocidad mínima, también resulta reducido.

20 La ventaja del procedimiento descrito con relación a las Figuras 1 a 4 reside en el hecho de que también en el caso de una circulación en el "bloque móvil" en la distancia del tiempo de intervalo entre trenes mínimo definido, en función de la situación operativa, se encuentran disponibles reservas de seguridad y las mismas pueden utilizarse para una distancia de seguridad adicional detrás de un tren que circula detrás, sin empeorar el tiempo de intervalo entre trenes ("design headway"). Esto muestra a modo de ejemplo la Figura 5, en donde está representado un diagrama de recorrido-tiempo (ubicación S en metros sobre el tiempo t en segundos) para un intervalo entre trenes posible.

25 En la Figura 5, con una curva K_1 está representado el curso de la punta del tren, de un tren que circula delante; la curva K_2 muestra la punta del tren, del tren que circula detrás. La curva K_1s describe la ubicación del extremo del tren o del fin del tren, del tren que circula delante. K_3 visualiza la distancia adicional A_z detrás de K_1s .

30 K_4 muestra el área de circulación admisible (en lenguaje especializado "movement authority", autorización para el movimiento) al menos requerida para la velocidad de circulación momentánea, del tren que circula detrás, en base a la distancia absoluta del recorrido de frenado A_b . Puede apreciarse que en el punto RP , relevante para el intervalo entre trenes, en el que la curva K_4 se aproxima lo más cerca a la curva K_1s , la distancia adicional A_z ya está completamente reducida y, con ello, no empeora el tiempo de intervalo entre trenes.

35 Dependiendo de los parámetros del sistema, por ejemplo, pueden obtenerse entre 50 y 100 m de distancia de seguridad adicional detrás de un tren detenido. En situaciones excepcionales, en las que no se observa el "modelo de frenado seguro" ("safe braking model"), de este modo, sin embargo, puede proporcionarse la seguridad de la instalación. Incluso distancias de seguridad adicionales A_z aún mayores pueden alcanzarse empeorando sólo de forma reducida el tiempo de intervalo entre trenes. La implementación técnica, de manera ventajosa, puede tener lugar solamente en el cálculo de la "movement authority", autorización para el movimiento), sin ninguna necesidad de hardware adicional.

40 Si bien la invención fue ilustrada y descrita en detalle mediante ejemplos de ejecución preferentes, la invención no está limitada por los ejemplos descritos, y el experto puede deducir de éstos otras variaciones, sin abandonar el alcance de protección de la invención, que se define mediante las reivindicaciones.

45

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para operar vehículos ferroviarios (1, 2), donde

- 5 - para un vehículo ferroviario (2) que circula detrás de un vehículo ferroviario (1) que circula delante, se determina una distancia absoluta del recorrido de frenado (A_b) que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario (1) que circula delante, y
- el vehículo ferroviario (2) que circula detrás es operado de manera que el mismo observa al menos esa distancia absoluta del recorrido de frenado (A_b) con respecto al vehículo ferroviario (1) que circula delante,
- 10 - el vehículo ferroviario (2) que circula detrás es operado de manera que adicionalmente con respecto a la distancia absoluta del recorrido de frenado (A_b) observa una distancia adicional (A_z) que depende de la velocidad ($V_1(t)$) del vehículo ferroviario (1) que circula delante,

caracterizado porque

la distancia adicional (A_z) se calcula según:

$$A_z(t) = (V_0^2 - V_1(t)^2) / (2 * a_1) \text{ para } V_1(t) \leq V_0,$$

15 donde A_z denomina la distancia adicional, $V_1(t)$ la respectiva velocidad del vehículo ferroviario (1) que circula delante,

V_0 el umbral de velocidad predeterminado y a_1 un valor de desaceleración de frenado predeterminado para el comportamiento de frenado del vehículo ferroviario (1) que circula delante.

2. Procedimiento según la reivindicación 1,

caracterizado porque

20 la distancia adicional (A_z) se fija en cero cuando el vehículo ferroviario (1) que circula delante alcanza o supera un umbral de velocidad predeterminado (V_0).

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

25 en el caso de que el vehículo ferroviario (1) que circula delante no alcance el umbral de velocidad predeterminado (V_0), se aumenta la distancia adicional (A_z) al aumentar la diferencia entre la velocidad ($V_1(t)$) del vehículo ferroviario (1) que circula delante y el umbral de velocidad (V_0).

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

30 la distancia adicional (A_z) se determina en función de un valor de desaceleración de frenado (a_1) que se calcula mediante la adición de un valor de desaceleración base que indica la desaceleración máxima posible o máxima previsible del vehículo ferroviario (1) que circula delante, y un valor de desaceleración de frenado adicional predeterminado.

5. Procedimiento según la reivindicación 4,

caracterizado porque

35 el valor de desaceleración de frenado adicional se determina considerando la incertidumbre de localización en la localización del vehículo ferroviario (1) que circula delante, donde el valor de desaceleración de frenado adicional se selecciona tanto más grande cuanto mayor sea la incertidumbre de localización, de la localización.

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,

caracterizado porque

se suspende la observancia de la distancia adicional y al vehículo ferroviario (2) que circula detrás se le permite ingresar al área de la distancia adicional cuando la velocidad ($V2(t)$) del vehículo ferroviario (2) que circula detrás alcanza o se ubica por debajo de una velocidad de entrada admisible predeterminada.

5 7. Procedimiento según la reivindicación 6,

caracterizado porque

después del ingreso al área de la distancia adicional, la velocidad ($V1(t)$) del vehículo ferroviario (2) que circula detrás se limita a la velocidad de entrada admisible.

10 8. Dispositivo de control (20) para operar uno o varios vehículos ferroviarios (1, 2), que comprende un ordenador (21) y una memoria (22),

caracterizado porque

15 en la memoria (22) está almacenado un programa operativo (BP) que establece el modo de trabajo del dispositivo de control (20) de manera que opera uno o varios vehículos ferroviarios (1, 2), en particular un vehículo ferroviario (2) que circula detrás de un vehículo ferroviario (1) que circula delante, según un procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes.

9. Dispositivo de control (20) según la reivindicación 8,

caracterizado porque

20 el dispositivo de control (20) está configurado de manera que el mismo, para un vehículo ferroviario (2), puede determinar una distancia mínima con respecto a un vehículo ferroviario (1) que circula delante, a saber, mediante la adición o al menos mediante la adición de una distancia absoluta del recorrido de frenado (A_b) que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario (1) que circula delante, y una distancia adicional (A_z) que depende de un valor de velocidad que indica la velocidad ($V1(t)$) del vehículo ferroviario (1) que circula delante.

10. Instalación ferroviaria con al menos dos vehículos ferroviarios (1, 2) que circulan por la misma,

caracterizada porque

25 la instalación ferroviaria presenta un dispositivo de control (20) según una de las reivindicaciones 8 a 9 precedentes.

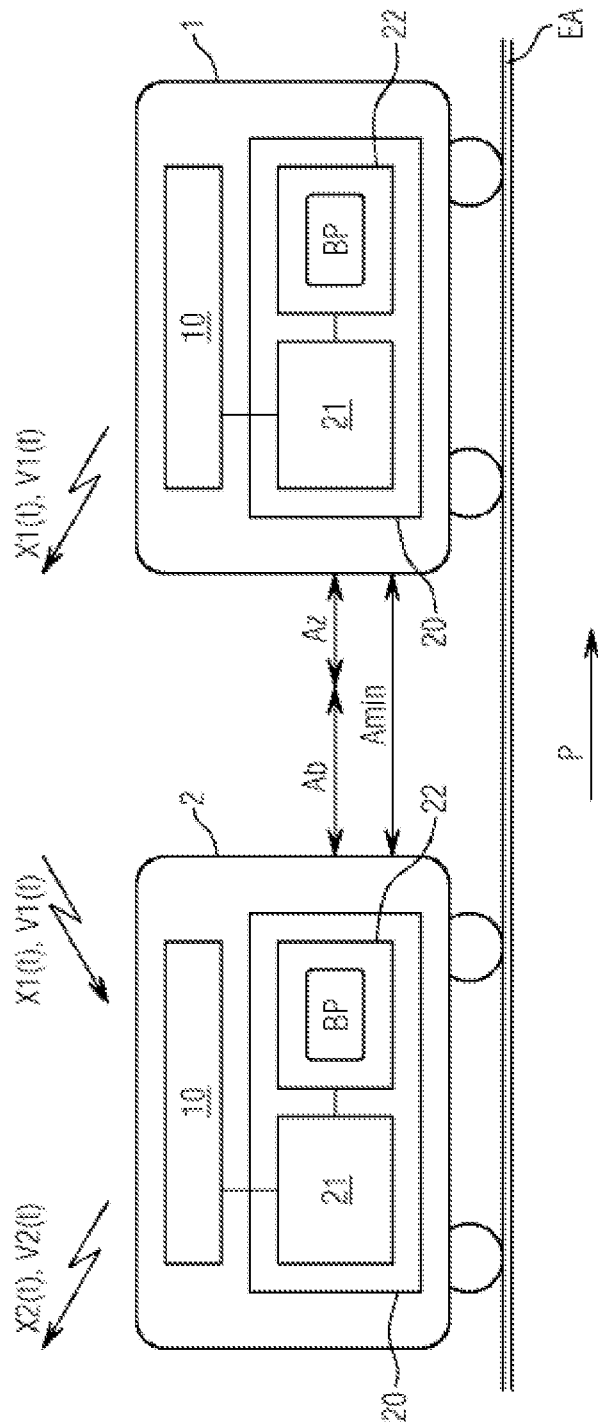
11. Vehículo ferroviario (2),

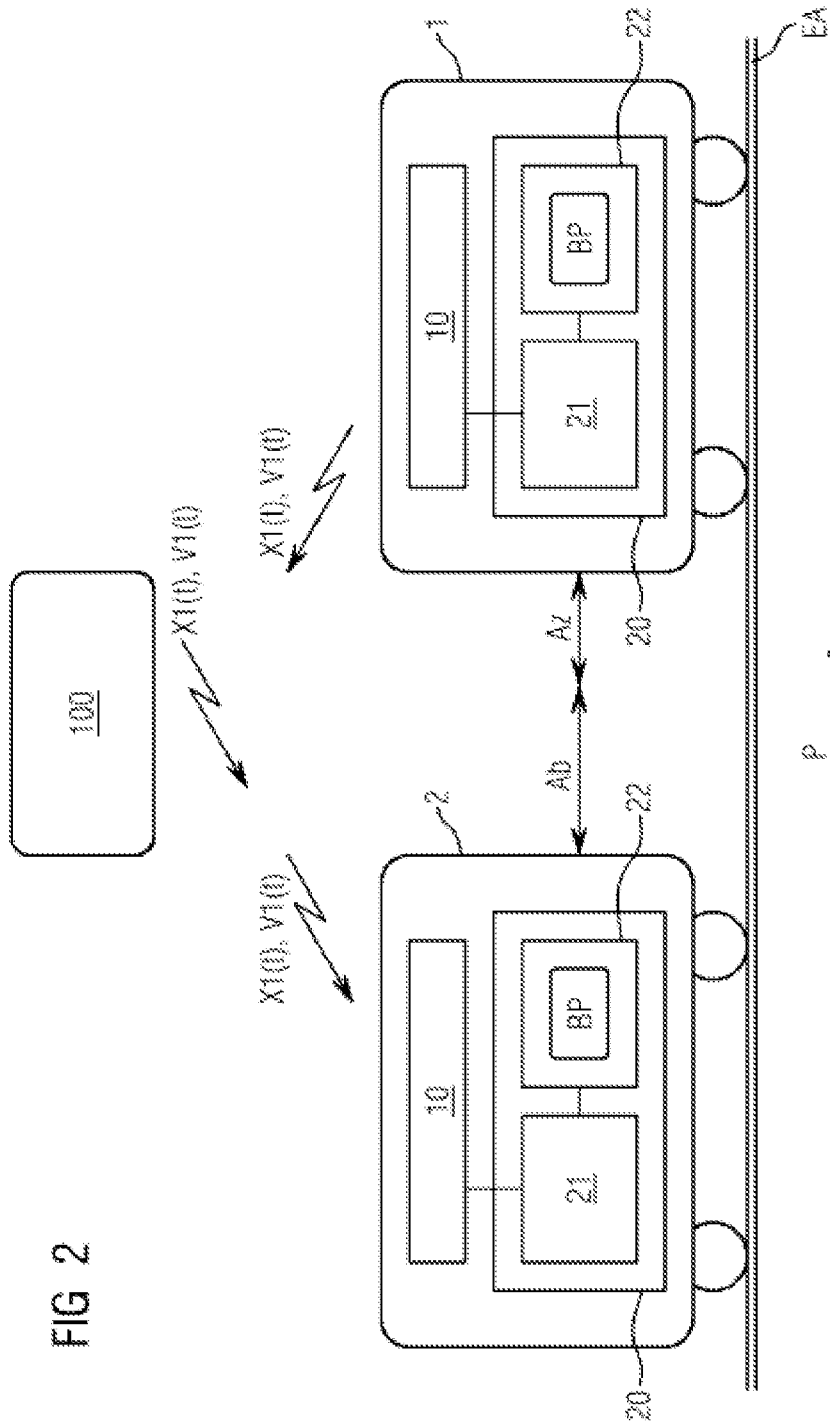
caracterizado porque

- el vehículo ferroviario (2) presenta un dispositivo de control (20) según una de las reivindicaciones 8 a 9 precedentes, y

30 - el dispositivo de control (20) está configurado de manera que el mismo determina una distancia mínima de su vehículo ferroviario (2) con respecto a un vehículo ferroviario (1) que circula delante, a saber, mediante la adición o al menos mediante la adición de una distancia absoluta del recorrido de frenado (A_b) que evita, o al menos debería evitar, un choque contra el vehículo ferroviario (1) que circula delante, y una distancia adicional (A_z) que depende de un valor de velocidad que indica la velocidad ($V1(t)$) del vehículo ferroviario (1) que circula delante.
35

FIG 1





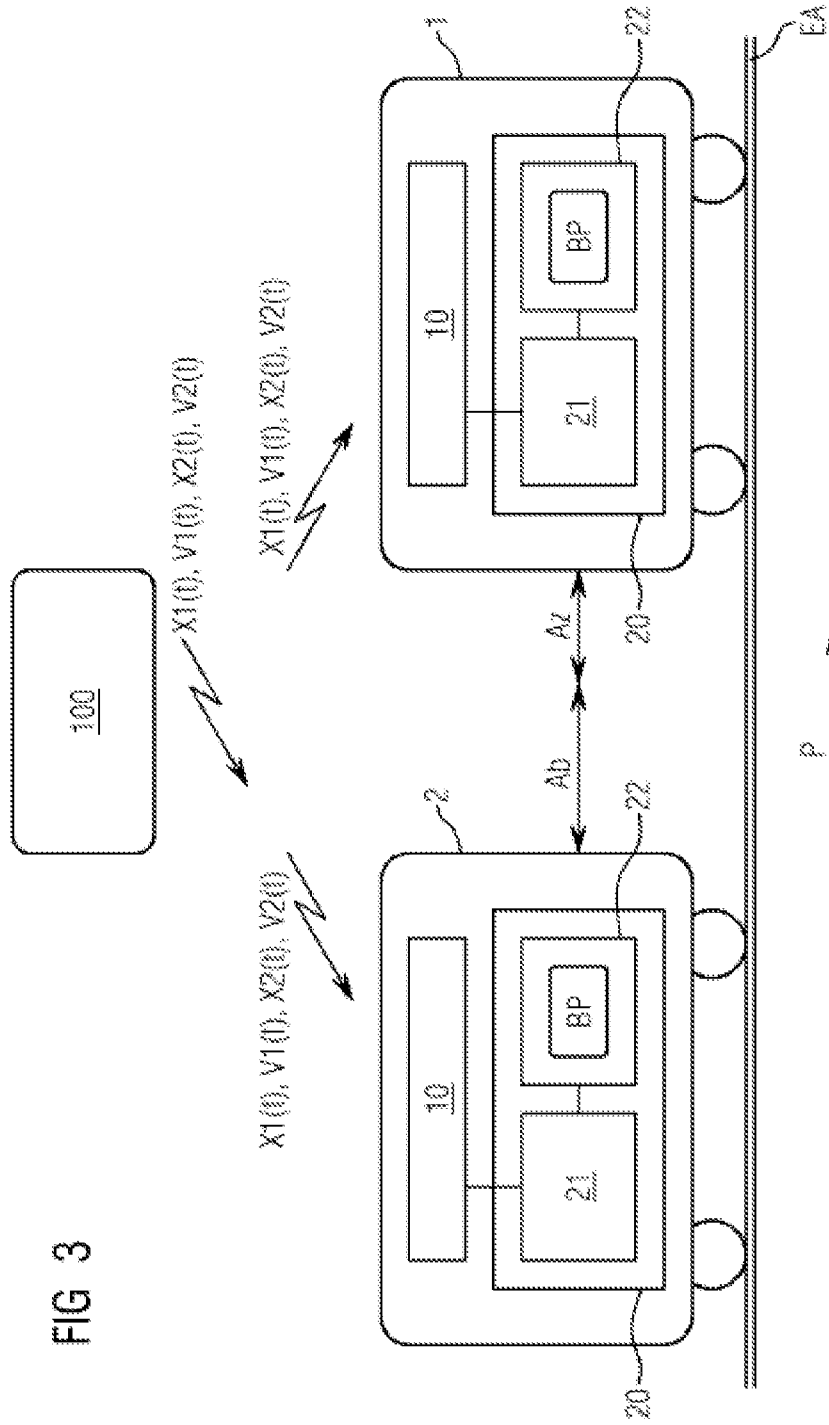
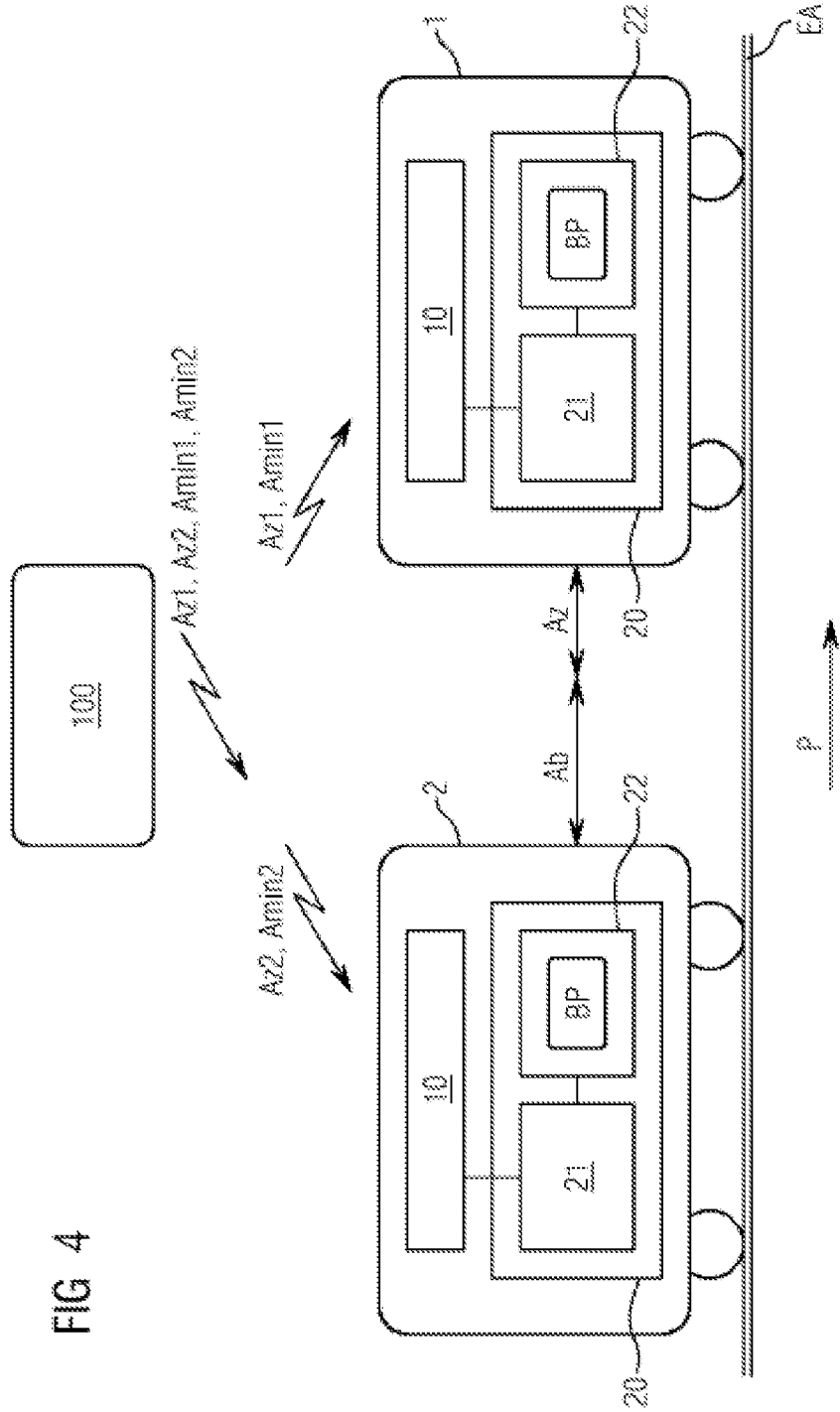


FIG 3



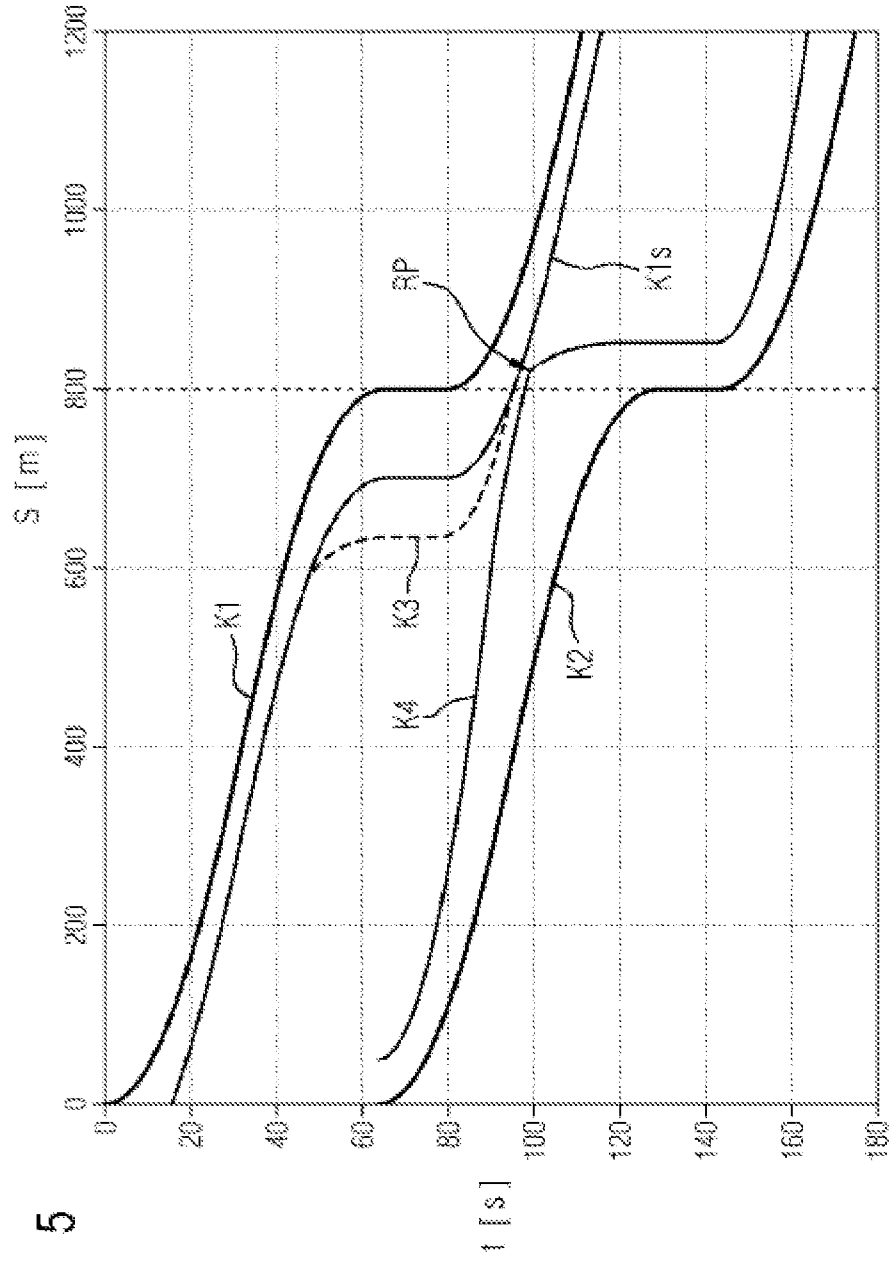


FIG 5