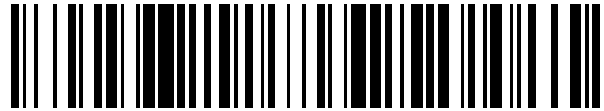


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 436 374**

51 Int. Cl.:

B61F 9/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.09.2010 E 10754733 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2013 EP 2477867**

54 Título: **Detección de fallos en la suspensión de un vehículo ferroviario**

30 Prioridad:

15.09.2009 GB 0916172

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.12.2013

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**SCHNEIDER, RICHARD y
BAERT, MIKE**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 436 374 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

Detección de fallos en la suspensión de un vehículo ferroviario

5 La presente invención se refiere a un vehículo ferroviario que comprende un cuerpo de vagón y un sistema de suspensión con un tren de rodaje que soporta el cuerpo de vagón. La presente invención se refiere además a un procedimiento para detectar un fallo de funcionamiento en un sistema de suspensión de un vehículo ferroviario de este tipo.

10 En vehículos ferroviarios modernos, se conoce generalmente detectar fallos de funcionamiento dentro del sistema de suspensión del vehículo ferroviario que tienen un efecto adverso en la estabilidad de marcha del vehículo ferroviario. Típicamente, se utilizan sensores de vibración o similares para capturar los valores reales de las variables de estado representativas de las aceleraciones que actúan sobre un componente específico del sistema de suspensión de un vehículo. Los datos obtenidos de esta manera se analizan a continuación para detectar situaciones con aceleraciones excesivas que actúan dentro del sistema de suspensión que son representativas de un fallo de funcionamiento del sistema de suspensión. Si se detecta una situación de fallo de funcionamiento de este tipo, se emiten las señales de advertencia de fallo de funcionamiento correspondientes para iniciar las contramedidas apropiadas para evitar situaciones peligrosas. Tales sistemas son conocidos por ejemplo a partir del documento WO 01/81147 A1.

20 Sin embargo, durante la operación de un vehículo ferroviario situaciones inaceptables y potencialmente peligrosas pueden no solo ser el resultado de un comportamiento vibratorio inapropiado del tren de rodaje del vehículo. Por ejemplo, los movimientos laterales excesivos del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje pueden dar lugar a una violación de la envolvente cinemática definida para la vía específico que el vehículo está negociando. Para evitar este tipo de violaciones de la envolvente cinemática bajo ninguna circunstancia, por lo general, el contorno exterior del cuerpo de vagón y del sistema de suspensión de un vehículo ferroviario se adaptan específicamente al sistema de vías sobre el que el vehículo se va a poner en operación.

25 Aunque, por este medio, en un sistema de suspensión pasivo una violación de la envolvente cinemática de la vía respectiva se puede evitar efectivamente, este enfoque tiene la desventaja de que, por un lado, da generalmente como resultado un contorno exterior en su lugar restringido del cuerpo de vagón que reduce la capacidad de transporte del vehículo y, por otro lado, en una suspensión más bien rígida del cuerpo de vagón que es indeseable en términos de la comodidad de los pasajeros.

30 Existe un problema adicional para los sistemas de suspensión activos que comprenden, por ejemplo, un control de inclinación activo del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje (es decir, un control del ángulo de inclinación o del ángulo de rodadura, respectivamente, del cuerpo de vagón sobre un eje de inclinación o eje de rodadura, respectivamente, que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal del cuerpo de vagón). En tales sistemas, por ejemplo, un fallo de funcionamiento del sistema de control de inclinación puede conducir a la introducción de excursiones excesivas en el cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje lo que conduce a violaciones de la envolvente cinemática. Lo mismo se aplica a un control de movimiento de balanceo activo del cuerpo de vagón.

40 Un problema adicional que puede surgir con tales sistemas de suspensión activos es que, por ejemplo, un fallo de funcionamiento del sistema de control de inclinación puede conducir a la introducción de excursiones laterales opuestas del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje delantero y al tren de rodaje trasero. Una situación de este tipo, debido a la cinemática específica de un sistema de inclinación de este tipo, daría lugar a una carga de torsión del cuerpo de vagón que conduce a la descarga indeseada de algunas de las ruedas de los trenes de rodaje y, en consecuencia, a un aumento considerable del riesgo de descarrilamiento.

El Documento JP-A-2000-071982 desvela el preámbulo de las reivindicaciones independientes 1 y 11.

45 Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un vehículo ferroviario como se describe anteriormente que, al menos en cierta medida, supera las desventajas anteriores. Un objeto adicional de la presente invención es proporcionar un vehículo ferroviario que proporciona tanto, una alta capacidad de transporte, así como una gran comodidad para los pasajeros al tiempo que garantiza una operación segura y fiable en cualquier circunstancia. Por último, un objeto de la presente invención es proporcionar un procedimiento para la detección del fallo de funcionamiento en un sistema de suspensión que permite la realización de un vehículo de este tipo.

50 Los objetos anteriores se consiguen a partir de un vehículo ferroviario de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 por las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 1. Los objetos anteriores se consiguen aún más a partir de un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 11 por las características de la parte caracterizadora de la reivindicación 11.

55 La presente invención se basa en la enseñanza técnica de que una operación segura y fiable de un vehículo ferroviario que proporciona una alta capacidad de transporte, así como una gran comodidad para los pasajeros, mientras que al mismo tiempo reduce el riesgo de violaciones inadvertidas de la envolvente cinemática de una vía dada sea negociado o que la reducción del riesgo de descarrilamiento se pueda lograr mediante la implementación de un sistema de supervisión que supervisa de la relación espacial entre una primera parte de referencia predefinida

asociada al tren de rodaje y una segunda parte de referencia predefinida asociada al cuerpo de vagón. El seguimiento de esta relación espacial permite realizar un análisis de fallos de funcionamiento identificando la presencia de una situación de fallo de funcionamiento cuando se sobrepasa un nivel de riesgo predefinido para una violación de la envolvente cinemática o un nivel de riesgo predefinido para un riesgo de descarrilamiento. En una situación de fallo de funcionamiento de este tipo, se puede emitir una señal de fallo de funcionamiento que, a su vez, se puede utilizar para iniciar contramedidas predefinidas para reducir significativamente este nivel de riesgo por debajo de un valor dado.

Se apreciará que, en el sentido de la presente invención, la relación espacial entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón se puede definir en uno o más de los seis grados de libertad (DOF) disponibles en el espacio. Por otra parte, el movimiento relativo entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón en uno o más de estos grados de libertad se puede considerar en el análisis de fallos de funcionamiento. Más precisamente, se puede considerar cualquier cambio en la posición (es decir, el movimiento en cualquiera de los tres grados de libertad de traslación), así como cualquier cambio en la orientación (es decir, el movimiento en cualquiera de los tres grados de libertad de rotación) (solo o en una combinación arbitraria) en el análisis de fallos de funcionamiento.

El estudio del sistema para una situación de fallo de funcionamiento de este tipo permite la realización de sistemas de suspensión activos con un control activo de la relación espacial entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón. Un control activo de este tipo permite, por una parte, maximizar el contorno exterior y, en consecuencia, la capacidad de transporte del cuerpo de vagón dado que la relación espacial del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje (y, en consecuencia, con respecto a la envolvente cinemática) se puede adaptar activamente a una envolvente cinemática dada. Por otra parte, un sistema de suspensión activo de este tipo se puede optimizar en términos de la comodidad de los pasajeros dado que su rigidez y características de amortiguación se pueden adaptar activamente a la situación actual de marcha del vehículo. Gracias al estudio de fallo de funcionamiento de acuerdo con la invención, ambas ventajas se consiguen sin aumentar el riesgo de una violación de la envolvente cinemática o del riesgo de descarrilamiento.

De este modo, se puede lograr un sistema de suspensión de vehículo activo que cumple sofisticados requisitos de seguridad. Los componentes que cooperan en el análisis de fallos de funcionamiento se pueden proporcionar de una manera redundante y/o pueden estar provistos de instalaciones de pruebas funcionales fiables (por ejemplo, circuitos de prueba que ponen a prueba periódicamente la operación correcta del componente respectivo) para mejorar el nivel de seguridad del sistema. En particular, con la invención, se puede lograr un sistema de suspensión del vehículo que cumple los requisitos de seguridad como se especifica en las normas tales como la norma IEC 61508, IEC 61508, EN 50126 a EN 50129. Más precisamente, se puede lograr un nivel de integridad de seguridad (SIL como se define en algunos de estas normas) hasta un nivel 2 (SIL2) y más.

Por tanto, de acuerdo con un primer aspecto, la invención se refiere a un vehículo ferroviario, que comprende un cuerpo de vagón y un sistema de suspensión, comprendiendo dicho sistema de suspensión un tren de rodaje que soporta dicho cuerpo de vagón. También incluyen un dispositivo de sensor y un dispositivo de control. El dispositivo de sensor capta un valor real de al menos una variable de estado, siendo dicha variable de estado representativa de una relación espacial entre una primera parte de referencia del dispositivo de sensor asociada a una parte del tren de rodaje y una segunda parte de referencia del dispositivo de sensor asociada al cuerpo de vagón. El dispositivo de control realiza un análisis de fallos de funcionamiento utilizando dicho valor real de dicha variable de estado, evaluando dicho análisis de fallos de funcionamiento el cumplimiento de al menos un criterio de fallo de funcionamiento predeterminado. Por último, el dispositivo de control proporciona una señal de fallo de funcionamiento si dicho análisis de fallos de funcionamiento revela que se cumple el criterio de fallo de funcionamiento.

Se apreciará en este contexto que, o bien una de estas primera y segunda partes de referencia no tiene necesariamente que ser solidaria a una parte del tren de rodaje y al cuerpo de vagón, respectivamente. Más bien, puede ser suficiente que exista una relación espacial suficientemente conocida con precisión entre la parte de referencia respectiva y su componente asociado para evaluar la relación espacial real de interés.

Por otra parte, se apreciará que, en el caso más simple de un análisis de fallos de funcionamiento de este tipo, el valor real de la variable de estado captada por el dispositivo de sensor se puede utilizar como un valor de comparación simple que a continuación se compara con un valor umbral simple para evaluar si existe una situación de fallo de funcionamiento (por ejemplo, en caso de que el valor de umbral sea superado por el valor real capturado de la variable de estado). Sin embargo, en otras variantes preferidas, el análisis de fallos de funcionamiento se puede basar en una pluralidad de valores capturados que luego se analizan de acuerdo con uno o más criterios de fallo de funcionamiento dados. Por ejemplo, en el análisis de fallos de funcionamiento, se puede evaluar por una pluralidad determinada de valores N de la variable de estado capturados en un intervalo de tiempo dado si un umbral de fallo de funcionamiento dado ha sido sobrepasado más de m veces (criterio de fallo de funcionamiento). Si este es el caso, el dispositivo de control puede determinar que existe una situación de fallo de funcionamiento y puede emitir la señal de fallo de funcionamiento.

Se apreciará además que, por supuesto, se pueden utilizar uno o más criterios de fallo de funcionamiento arbitrariamente sofisticados (además de o como alternativa) en el análisis de fallos de funcionamiento. En particular,

al menos una variable adicional de estado (es decir, una variable de estado adicional, diferente) capturada por el dispositivo de sensor se puede considerar en el análisis de fallos de funcionamiento.

5 La variable de estado puede ser cualquier variable adecuada que sea representativa de la relación espacial (posición y/u orientación) entre la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia (y, por consiguiente, entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón) en uno o más de los seis grados de libertad disponibles. El grado o grados de libertad seleccionados respectivos dependen de la dirección del movimiento o movimientos respectivos a considerarse que podrían conducir a una violación de la envolvente cinemática o a un aumento inadmisibles en el riesgo de descarrilamiento.

10 Preferentemente, el vehículo ferroviario define una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de la altura y la variable de estado es representativa de un desplazamiento transversal entre la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia en la dirección transversal. Por este medio, el movimiento transversal (también denominado movimiento lateral o movimiento de balanceo) del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje se puede considerar en el análisis de fallos de funcionamiento. Esto es particularmente ventajoso ya que, sobre todo en la negociación de curvas relativamente estrechas (radio de curvatura comparativamente pequeño) con un vehículo que tiene un cuerpo de vagón relativamente largo, este movimiento transversal normalmente es el principal factor limitante para respetar la envolvente cinemática. Por otra parte, el exceso de movimiento transversal opuesto con respecto a un tren de rodaje de delantero y a un tren de rodaje trasero puede ser el factor crucial en la evaluación del riesgo de descarrilamiento.

20 Además, o como alternativa, la variable de estado puede ser representativa de un desplazamiento de guiñada angular entre la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia sobre la dirección de la altura. Una vez más, especialmente en la negociación las curvas comparativamente estrechas con un vehículo que tiene un cuerpo de vagón comparativamente largo, este movimiento de guiñada proporciona también una indicación del movimiento transversal del cuerpo de vagón.

25 Dependiendo del tipo de vehículo, en particular, en función de la longitud del cuerpo de vagón (es decir, su dimensión a lo largo de la dirección longitudinal del vehículo), las características del dispositivo de sensor y/o del dispositivo de control se pueden definir de manera estática. Por ejemplo, especialmente con cuerpos de vagones relativamente cortos, un dispositivo de sensor simple con una característica de sensibilidad estática en la dirección transversal puede ser suficiente para detectar un movimiento lateral o transversal excesivo entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón bajo cualquier estado de operación del vehículo ferroviario (es decir, con independencia de la velocidad de marcha, la curvatura de la vía, el peralte de la vía, etc.).

30 Sin embargo, en particular, con cuerpos de vagones más largos (que muestran un desplazamiento transversal considerable con respecto al centro de la vía en ubicaciones remotas desde el tren de rodaje), se prefiere que el dispositivo de sensor y/o el dispositivo de control proporcionan una adaptación del análisis de fallos de funcionamiento para un estado de marcha real del vehículo ferroviario. En este caso, el estado de operación real puede, por ejemplo, definirse por una velocidad de marcha del vehículo y/o una dirección de marcha del vehículo y/o una geometría de la vía de una vía negociada actualmente por el vehículo. La geometría de la vía se puede definir por cualquier parámetro de vía adecuado. Preferentemente, la geometría de la vía se define por al menos uno de una curvatura de la vía, un peralte de la vía y un valor de torsión de la vía. Por este medio, es fácilmente posible definir adecuadamente (estado de operación dependiente) los límites admisibles del movimiento relativo entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón y considerar estos límites en el análisis de fallos de funcionamiento.

45 Por ejemplo, para un cuerpo de vagón comparativamente largo, el valor admisible de una excursión transversal del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje detectado en la región del tren de rodaje puede ser considerablemente menor en una vía curva, peraltada que en una vía recta, nivelada. Esto es debido al hecho de que, en una ubicación remota desde el tren de rodaje, un excursión transversal considerable del cuerpo de vagón (con respecto al centro de la vía) resulta simplemente de la geometría de la vía de tal manera que, a fin de respetar un envolvente cinemática dada, solo una deformación transversal adicional considerablemente más pequeña puede ser admisible en el área del tren de rodaje (cuando se realiza la detección de esta excursión).

50 Con las realizaciones preferidas de la invención, se realiza una adaptación activa del análisis de fallos de funcionamiento al estado de marcha o de operación real del vehículo. Para este fin, preferentemente, el dispositivo de sensor comprende una unidad de sensor del estado de marcha que captura un valor real de una variable de estado de marcha, siendo la variable del estado de marcha representativa del estado real de la marcha del vehículo ferroviario. El dispositivo de control ejecuta el análisis de fallos de funcionamiento como una función del valor real de la variable del estado de marcha proporcionado por la unidad de sensor del estado de marcha.

55 Para este fin, se puede utilizar cualquier variable representativa adecuada del estado real de marcha del vehículo ferroviario. Por ejemplo, la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento se realiza como una función de al menos una variable representativa de la curvatura real de la vía que se está negociado (como la variable del estado de marcha). Como se ha señalado anteriormente, el dispositivo de control puede ajustar el límite admisible para una deflexión transversal (aplicada en el análisis de fallos de funcionamiento) como una función de la curvatura actualmente detectada (como la variable del estado de marcha).

Además, o como alternativa, el dispositivo de sensor puede modificar su comportamiento de captura de la variable de estado como una función del valor real de la variable del estado de marcha. Esto se puede hacer de una manera activa también, es decir, como una función del valor real de una variable del estado de marcha capturado por y/o proporcionado al dispositivo de sensor.

- 5 Sin embargo, con otras realizaciones de la invención (preferidas debido a su diseño muy simple y robusto), una solución puramente pasiva se puede implementar. En una variante puramente pasiva de este tipo, el comportamiento de captura del dispositivo de sensor (por ejemplo, su característica sensibilidad) cambia de forma automática (pasiva) en función del estado de marcha respectivo del vehículo ferroviario.

10 Una adaptación pasiva de este tipo se puede conseguir simplemente mediante una disposición adecuada de los componentes del dispositivo de sensor. Por ejemplo, la primera y la segunda partes de referencia se pueden disponer de tal manera que sus cambios de posición relativa en la dirección transversal con un movimiento de guiñada (es decir, una rotación alrededor de un eje de guiñada paralelo a la dirección de la altura y definido por el sistema de suspensión en) del cuerpo de vagón con respecto al tren de rodaje, ya que se produce como una función de la curvatura de la vía que se está negociado. La distancia de las primera y segunda partes del dispositivo de sensor con respecto al eje de guiñada se puede seleccionar de tal manera que el desplazamiento transversal relacionado con el movimiento de guiñada conduce a una reducción de cualquier desplazamiento transversal adicional, que es admisible hasta que el análisis de fallos de funcionamiento detecta una situación de fallo de funcionamiento.

20 Por otra parte, con otras realizaciones de la invención, la geometría y/o la característica de sensibilidad de la primera y/o segunda partes de referencia se pueden adaptar para proporcionar la adaptación pasiva deseada del comportamiento de captura del dispositivo de sensor. Por ejemplo, un elemento de detección (que forma una de las primera y segunda partes de referencia del dispositivo de sensor) puede cooperar con un elemento de referencia (que forma la otra de las primera y segunda partes de referencia) para proporcionar una señal de detección. El elemento de detección puede tener una sensibilidad dependiente de la dirección, es decir, una sensibilidad en función de la respectiva dirección de detección (por ejemplo, de tal manera que la señal de detección se proporciona a distancias dadas, eventualmente diferentes, entre el elemento de detección y el segundo elemento de referencia en la respectiva dirección de detección). La sensibilidad dependiente de la dirección del elemento de detección se puede adaptar entonces a la aplicación específica de tal manera que, tras un cambio determinado en la posición relativa entre la primera y la segunda partes de referencia (es decir, un cambio en la posición relativa entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón) debido a la situación de operación actual, dicha señal de detección se proporciona a diferentes desplazamientos transversales entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón.

30 Por último, para un sensor con una sensibilidad independiente de la dirección (por encima de su campo de visión utilizable) un resultado de este tipo se puede obtener también mediante la adaptación de la geometría del elemento de referencia para proporcionar la adaptación deseada del análisis de fallos de funcionamiento para la situación de operación o estado de marcha respectivo del vehículo, respectivamente. Obviamente, se pueden utilizar combinaciones arbitrarias de las variantes anteriores de la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento.

40 Por lo tanto, con las variantes preferidas del vehículo ferroviario de acuerdo con la invención, el dispositivo de sensor comprende una unidad de sensor de la variable de estado que captura el valor real de la variable de estado en una dirección de detección. La unidad de sensor de la variable de estado tiene un comportamiento de captura en la dirección de detección, en particular, una sensibilidad en la dirección de detección, que varía como una función del estado real de la marcha del vehículo ferroviario. La unidad de sensor de la variable de estado puede tener cualquier característica de captura adecuada para su adaptación respectiva. Preferentemente, la unidad de sensor de variable de estado, al menos a modo de sección, tiene una característica de captura lineal y/o esférica.

45 En realizaciones muy simples y robustas, el unidad de sensor de la variable de estado comprende un elemento de detección y un elemento de referencia asociado, capturando el elemento de detección un valor representativo de al menos una distancia entre el elemento de detección y el elemento de referencia como el valor real de la variable de estado en la dirección de detección. El elemento de detección forma la primera parte de referencia o la segunda parte de referencia y el elemento de referencia forma la otra de la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia. Como se ha señalado anteriormente, el elemento de detección y el elemento de referencia se pueden disponer de tal manera que, al menos en la dirección de detección, una posición relativa entre el elemento de detección y el elemento de referencia varía como una función del estado de marcha real del vehículo ferroviario para proporcionar la variación en el comportamiento de captura en la dirección de detección. En diseños muy simples, el elemento de detección y el elemento de referencia se pueden disponer a una distancia, en particular, a una distancia a lo largo de la dirección longitudinal, desde un eje de guiñada definido por el sistema de suspensión entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón.

55 En principio, cualquier sensor que proporcione una señal representativa de la relación espacial entre la primera y la segunda partes de referencia se puede utilizar para el dispositivo de sensor. Preferentemente, el dispositivo de sensor comprende al menos un sensor de distancia que captura al menos un valor representativo de una distancia entre la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia.

- Se apreciará que el dispositivo de sensor no tiene que proporcionar necesariamente una medición continua de la relación espacial entre la primera y la segunda partes de referencia en una o más direcciones. Más bien, para el análisis de fallos de funcionamiento que se tiene que realizar, puede ser suficiente que la unidad de sensor solo proporcione una señal de detección correspondiente cuando se alcanza una relación espacial predeterminada entre la primera y la segunda partes de referencia. Por ejemplo, una señal binaria simple puede ser suficiente lo que indica que una cierta distancia entre la primera y la segunda partes de referencia se ha superado (por ejemplo, nivel de señal: 1) o no (por ejemplo, nivel de señal: 0). Por lo tanto, preferentemente, el al menos un sensor de distancia se puede diseñar en la forma de un interruptor de proximidad que proporciona típicamente una señal binaria simple de este tipo.
- El dispositivo de sensor se puede disponer, en principio, en cualquier lugar adecuado dentro del vehículo ferroviario para proporcionar el valor real de la variable de estado deseada. Preferentemente, el cuerpo de vagón se soporta en el tren de rodaje a través de un sistema de muelles secundario del sistema de suspensión y la primera parte de referencia y la segunda parte de referencia se disponen cinemáticamente paralelas a al menos una parte del sistema de muelles secundario.
- Como se ha mencionado anteriormente, la segunda parte de referencia no tiene que ser necesariamente solidaria al cuerpo de vagón. Por lo tanto, con las realizaciones preferidas de la invención, la primera parte de referencia se conecta a una primera parte del tren de rodaje, mientras que la segunda parte de referencia se conecta a una segunda parte del tren de rodaje, en particular a un travesaño soportado a través de una parte de la sistema de muelles secundario en la primera parte del tren de rodaje. Con otras realizaciones, sin embargo, la segunda parte de referencia se puede conectar también al cuerpo de vagón.
- Por otra parte, cualquier lugar adecuado puede ser elegido para la primera y segunda partes de referencia. Con ciertas realizaciones, más compactas de la invención, la primera parte de referencia y/o la segunda parte de referencia se integran en un componente del sistema de muelles secundario, en particular un muelle neumático del sistema de muelles secundario. Comparativamente disposiciones compactas se pueden conseguir también si la primera parte de referencia y/o la segunda parte de referencia se integran en un dispositivo accionador que genera fuerzas de ajuste y/o movimientos de ajuste entre el tren de rodaje y el cuerpo de vagón.
- La señal de fallo de funcionamiento se puede utilizar de manera arbitraria dentro del vehículo. Por ejemplo, en el caso más simple, la señal de fallo de funcionamiento se utiliza para accionar una señal de audio y/o de vídeo por la que el conductor del vehículo y/o un centro de control remoto son notificados de la situación de fallo de funcionamiento. El conductor y/o el centro de control remoto pueden entonces iniciar las contramedidas apropiadas contra la situación de fallo de funcionamiento potencialmente peligrosa.
- Sin embargo, preferentemente, la señal de fallo de funcionamiento se utiliza para iniciar automáticamente las contramedidas apropiadas. Por ejemplo, la señal de fallo de funcionamiento en sí misma se puede utilizar para controlar los componentes del sistema de suspensión activo. Por lo tanto, con las realizaciones ventajosas de la invención, el sistema de suspensión comprende un dispositivo de ejercer fuerza, el dispositivo de ejercer fuerza, bajo el control del dispositivo de control, ejerciendo una fuerza en el sistema de suspensión que influye en la al menos una variable de estado.
- El dispositivo de ejercer fuerza modifica preferentemente su operación como una función de la señal de fallo de funcionamiento para contrarrestar el funcionamiento inadecuado en una situación de fallo de funcionamiento de este tipo. Esto puede hacerse de diversas maneras. Por ejemplo, puede estar previsto que el dispositivo de ejercer fuerza, tras recibir la señal de fallo de funcionamiento, conmute a un modo en el que contrarresta cualquier movimiento que podría agravar potencialmente la situación de fallo de funcionamiento.
- Con las realizaciones, cuando el dispositivo de ejercer fuerza en sí es una fuente potencial de fallo de funcionamiento, preferentemente, el dispositivo de ejercer fuerza cambia a un modo desactivado de operación en respuesta a la señal de fallo de funcionamiento.
- Por otra parte, el dispositivo de ejercer fuerza se puede adaptar para ejercer, en el modo desactivado de operación, una fuerza de reposición dentro del sistema de suspensión, actuando la fuerza de reposición para restablecer el cuerpo de vagón en una posición neutra predeterminada con respecto al tren de rodaje. Por este medio, se puede lograr una reducción fiable del riesgo asociado con el fallo de funcionamiento.
- El dispositivo de ejercer fuerza puede tener cualquier diseño adecuado, así como situarse en lugares adecuados arbitrarios dentro del sistema de suspensión. Preferentemente, el dispositivo de ejercer fuerza comprende un dispositivo de accionamiento, en particular un actuador de inclinación que ajusta un ángulo de inclinación del cuerpo de vagón alrededor de un eje de inclinación que discurre en una dirección longitudinal del vehículo. Además, o como alternativa, el dispositivo de ejercer fuerza comprende un dispositivo de amortiguación, en particular, un dispositivo de amortiguación de guiñada, que amortigua los movimientos entre el tren de rodaje y el vagón. Como se ha mencionado anteriormente, en adición o como alternativa, la primera parte de referencia y/o la segunda parte de referencia se pueden integrar en un componente del dispositivo de ejercer fuerza, en particular en un dispositivo de accionamiento del dispositivo de ejercer fuerza, lo que conduce a un ventajosamente diseño compacto.

Se apreciará en este contexto que la primera y segunda partes de referencia pueden ser cualquier parte adecuada del dispositivo de ejercer fuerza que ejecuta un movimiento relativo definido cuando se ejerce la fuerza dentro del sistema de suspensión que influye en la al menos una variable de estado. Además, se apreciará que, en este caso, el movimiento relativo no tiene que medirse necesariamente de forma directa entre la primera y la segunda partes de referencia. Más bien, como se ha indicado anteriormente, puede estar previsto que el dispositivo de sensor capture un valor real de al menos una variable de estado representativa de una relación espacial entre la primera y la segunda partes de referencia.

Por ejemplo, si el dispositivo de ejercer fuerza es un actuador hidráulico con un pistón y un cilindro (que definen conjuntamente una cámara de trabajo del actuador), el dispositivo de sensor puede capturar simplemente el grado de llenado de la cámara de trabajo (por medios adecuados) que también es representativo de la posición relativa entre el pistón (por ejemplo, formando el primer elemento de referencia) y el cilindro (por ejemplo, formando el segundo elemento de referencia).

La presente invención se refiere además a un procedimiento para la detección de fallo de funcionamiento en un sistema de suspensión de un vehículo ferroviario con un cuerpo de vagón y un sistema de suspensión que comprende un tren de rodaje que soporta el cuerpo de vagón, en el que se captura un valor real de al menos una variable de estado, siendo la variable de estado representativa de una relación espacial entre una primera parte de referencia asociada al tren de rodaje y una segunda parte de referencia asociada al cuerpo de vagón. Por otra parte, se realiza un análisis de fallos de funcionamiento utilizando dicho valor real de dicha variable de estado, evaluando dicho análisis de fallos de funcionamiento el cumplimiento de al menos un criterio de fallo de funcionamiento predeterminado. Se proporciona una señal de fallo de funcionamiento si el análisis revela que se cumple el criterio de fallo de funcionamiento. Con este procedimiento, las ventajas y realizaciones según se indica anteriormente en el contexto del vehículo ferroviario se pueden conseguir en la misma medida de tal manera que aquí solo se refiere a las explicaciones proporcionadas anteriormente.

Otras realizaciones de la presente invención serán evidentes a partir de las reivindicaciones dependientes y de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas que hace referencia a las figuras adjuntas.

- La Figura 1 es una representación esquemática en sección de una realización preferida de un vehículo de acuerdo con la presente invención (vista a lo largo de la línea I-I de la Figura 3) con la que se puede ejecutar una realización preferida del procedimiento de acuerdo con la invención;
- La Figura 2 es una representación esquemática de un detalle del vehículo de la Figura 1 visto desde abajo (es decir, desde el nivel de vía como se indica por la línea II-II en la Figura 3);
- La Figura 3 es una vista lateral esquemática del vehículo de la Figura 1;
- La Figura 4A es una vista detallada esquemática de una parte del vehículo de la Figura 1;
- La Figura 4B es un diagrama de bloques esquemático de una parte del vehículo de la Figura 1;
- La Figura 4C es un diagrama de bloques esquemático de un diseño alternativo de la parte del vehículo que se muestra en la Figura 4A;
- La Figura 5 es una vista en sección esquemática de una realización preferida adicional del vehículo de acuerdo con la presente invención (en una vista similar al de la Figura 2).
- La Figura 6 es una vista en sección esquemática de una realización preferida adicional del vehículo de acuerdo con la presente invención (en una vista similar a la de la Figura 2).

Primera realización

Con referencia a las Figuras 1 a 4, una realización preferida de un vehículo 101 ferroviario de acuerdo con la presente invención se describirá ahora con mayor detalle. Para simplificar las explicaciones que figuran a continuación, el sistema de coordenadas xyz se ha introducido en las Figuras, en las que (en una vía recta, a nivel) el eje x designa la dirección longitudinal del vehículo 101, el eje y designa la dirección transversal del vehículo 101 y el eje z designa la dirección de la altura del vehículo 101.

El vehículo 101 incluye un cuerpo 102 de vagón soportado por un sistema 103 de suspensión. El sistema 103 de suspensión comprende dos trenes 104 de rodaje que se asientan en una vía 105 y que soportan el cuerpo 102 de vagón. Cada tren 104 de rodaje comprende dos juegos de ruedas 104.1 que soportan un bastidor 104.2 del tren de rodaje a través de una unidad 104.3 de muelles primaria. El bastidor 104.2 del tren de rodaje soporta el cuerpo 102 de vagón a través de una unidad 104.4 de muelles secundaria.

El sistema 103 de suspensión comprende una unidad 106 de inclinación activa dispuesta cinemáticamente en paralelo a la unidad 104.4 de muelles secundaria. La unidad 106 de inclinación forma una parte activa del sistema 103 de suspensión y sirve para ajustar un ángulo α_w de inclinación o de rodadura alrededor de un eje de inclinación o de rodadura dispuesto en paralelo a la dirección longitudinal (eje x) del vehículo 101. Para este fin, la unidad 106 de inclinación comprende un soporte 106.1 de rodadura conocido articulado al bastidor 104.2 del tren de rodaje y al cuerpo 102 de vagón. El soporte 106.1 de rodadura inclinado comprende uniones 106.2 inclinadas hacia el interior que proporcionan, de una manera bien conocida, un efecto de inclinación tras una excursión lateral del cuerpo 102 de vagón, es decir, una excursión relativa del cuerpo 102 de vagón con respecto al tren 104 de rodaje en la dirección transversal (eje y).

La unidad 106 de inclinación comprende además un dispositivo de ejercer fuerza activa en la forma de un actuador 106.3 de inclinación conectado, tanto, al bastidor 104.2 del tren de rodaje como al cuerpo 102 de vagón. El actuador 106 de inclinación, bajo el control de un dispositivo de control en la forma de una unidad 107 de control, sirve para ajustar activamente el ángulo α de inclinación como una función del estado actual de la marcha del vehículo 101. Por lo general, los algoritmos de control de inclinación implementados en la unidad 107 de control adaptados para evitar (en operación adecuada) cualquier violación de la envolvente 105.1 cinemática especificada para la vía 105 respectiva sobre la que se hace funcionar el vehículo 101.

Obviamente, es absolutamente obligatorio que la envolvente 105.1 cinemática se respete en cualquier estado de marcha de cualquier vehículo operado en la vía 105, en particular, también bajo un estado de fallo de cualquiera de los componentes activos de un sistema de inclinación del vehículo. Con los vehículos convencionales, este requisito se cumple mediante la limitación de, tanto, el contorno exterior del cuerpo de vagón como del movimiento transversal del cuerpo de vagón (por ejemplo, por medio de topes mecánicos o similares). Sin embargo, por una parte, la restricción al contorno exterior del cuerpo de vagón tiene un efecto adverso de la reducción de su capacidad de transporte. Por otro lado, limitar las excursiones laterales mediante topes mecánicos tiene también sus inconvenientes ya que estos topes se tienen que diseñar para adaptarse al escenario del peor de los casos, es decir, el estado de marcha del vehículo en un envolvente cinemática dada con las limitaciones más severas a las excursiones laterales. Por lo tanto, eventualmente, en condiciones de operación diferentes a este escenario del peor de los casos (es decir, en situaciones con restricciones menos severas a las excursiones laterales) puede no obtenerse un intervalo deseable de excursiones laterales, a pesar de ser admisible en una envolvente cinemática dado.

Para evitar estos problemas, el vehículo 101 de acuerdo con la invención comprende un dispositivo 109 de sensor que se conecta a la unidad 107 de control. El dispositivo 109 de sensor comprende dos disposiciones 109.1 y 109.2 de sensores, cada una comprendiendo una unidad 109.3 y 109.4 de sensor y los elementos 109.5 a 109.8 de referencia asociados, respectivamente. Las unidades 109.3 y 109.4 de sensor se conectan mecánicamente al bastidor 104.2 del tren de rodaje, mientras que los elementos 109.5 a 109.8 de referencia (en forma de placa) conectados mecánicamente al cuerpo 102 de vagón de tal manera que, en el estado neutro que se muestra en las Figuras 1 y 2, una cierta distancia transversal (en la dirección y) se encuentra entre la unidad 109.3 y 109.4 de sensor y la superficie del elemento 109.5 a 109.8 de referencia asociado respectivo.

En el sentido de la presente invención, las unidades 109.3 y 109.4 de sensor forman las primeras partes de referencia del dispositivo 109 de sensor, mientras que los elementos 109.5b a 109.8 de referencia forman las segundas partes de referencia del dispositivo 109 de sensor. Cada unidad 109.3 y 109.4 de sensor comprende dos elementos 109.9 de sensor asociados a cada uno de los elementos 109.5 a 109.8 de referencia.

Por lo tanto, en la realización mostrada, se proporcionan ocho elementos 109.9 de sensor. Sin embargo, con otras realizaciones de la invención, cualquier otro número adecuado de elementos de sensor se puede seleccionar, en particular, en función del nivel de redundancia seleccionado y de los sensores necesarios para el algoritmo de fallo de funcionamiento. Preferentemente, el número de sensores será al menos de dos hasta ocho.

Cada elemento 109.9 de sensor tiene una característica de captura predeterminada o una característica de sensibilidad, respectivamente, definida por un campo de visión 109.10 limitado que está principalmente dirigido en la dirección transversal (eje y). En la realización mostrada, cada unidad 109.3 y 109.4 de sensor es un sensor de distancia simple diseñado en la forma de un interruptor de proximidad. Más precisamente, cada elemento 109.9 de sensor proporciona una señal binaria, siendo el nivel de señal "0", siempre y cuando el elemento 109.5 a 109.8 de referencia asociado, respectivamente, no interfiera con el campo de visión 109.10, y conmutando el nivel de señal a "1" tan pronto como el elemento 109.5 a 109.8 de referencia asociado, respectivamente, interfiera con el campo de visión 109.10.

Por tanto, en el sentido de la presente invención, la señal proporcionada por cada elemento 109.9 de sensor representa un valor real de una variable de estado que es representativo de la relación espacial entre las respectivas primeras partes de referencia (unidades 109.3 y 109.4 de sensor, respectivamente) y las segundas partes de referencia asociadas (109.5 a 109.8, respectivamente), es decir, su distancia mutua en la dirección transversal (eje y). Dado que las primera y segunda partes de referencia se conectan al tren 104 de rodaje y al cuerpo 102 de vagón, respectivamente, estos valores reales (de la variable de estado) son también representativos de la relación espacial entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón en el dirección transversal (eje y).

La unidad 107 de control se adapta para controlar la operación de la unidad 106.3 de accionamiento de tal manera que, bajo cualquier estado de marcha o de operación del vehículo 101, se respeta la envolvente 105.1 cinemática y un nivel de riesgo de descarrilamiento dado. Para este fin, la unidad de control recibe las señales de los elementos 109.9 de sensor y realiza un análisis de fallos de funcionamiento utilizando estas señales.

5 En el caso más simple de un análisis de fallos de funcionamiento de este tipo, el valor real de las señales proporcionadas por el respectivo dispositivo 109 de sensor se utiliza como un valor de comparación simple que a continuación se compara con un valor umbral simple para evaluar si existe una situación de fallo de funcionamiento. Con las señales binarias simples proporcionadas por el respectivo dispositivo 109 de sensor, la unidad 107 de control, realiza simplemente una comprobación de si una de las señales de los elementos 109.9 de sensor está en el nivel "1" (es decir, la unidad 107 de control realiza una comprobación de si el valor umbral "1" se alcanza por uno de los valores capturados reales de la variable de estado). Si este es el caso, es decir, si se cumple el criterio de fallo de funcionamiento, la unidad 107 de control emite una señal de fallo de funcionamiento.

15 Sin embargo, en otras variantes, el análisis de fallos de funcionamiento se puede evaluar para una pluralidad dada de N valores discretos de las señales del elemento 109.9 de sensor en un intervalo T de tiempo dado, si un umbral de fallo de funcionamiento dado ha sido sobrepasado más de M veces (criterio de fallo de funcionamiento). Si este es el caso, la unidad 107 de control puede determinar que existe una situación de fallo de funcionamiento y puede emitir la señal de fallo de funcionamiento.

20 En la realización mostrada, la unidad 107 de control, por una parte, utiliza esta señal de fallo de funcionamiento como una señal para emitir una notificación al conductor del vehículo 101 de la situación de fallo de funcionamiento a través de un dispositivo 113 de señalización.

25 Por otra parte, en la realización mostrada, la unidad 107 de control utiliza esta señal de fallo de funcionamiento como una señal para apagar o desactivar el actuador 106.3. Dependiendo de la rigidez del sistema de suspensión, en particular, la rigidez del dispositivo 104.4 de muelles secundario, esto puede ser suficiente para evitar la violación de la envolvente 105.1 cinemática bajo ninguna circunstancia. Sin embargo, si este no es el caso, puede estar previsto que el actuador 106.3 en sí o cualquier otro componente que actúa entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón, en este estado desactivado del accionador 106.3, ejerza una fuerza de reposición en el cuerpo 102 de vagón que actúa para devolver el cuerpo 102 de vagón a su posición neutra ($\alpha_w = 0$) como se muestra en la Figura 1.

30 Como se puede observar en la Figura 2 (en el estado neutro del vehículo 101 parado sobre una vía recta a nivel) las unidades 109.3 y 109.4 de sensor se encuentran a una distancia D (en la dirección longitudinal) desde el eje de guiñada (dispuestas paralelas al eje de la altura o eje z, respectivamente) definido entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón. Esto tiene el efecto de que, en la negociación de una vía curva (como se indica en la Figura 2 por el contorno 111 de dos puntos y rayas), el cuerpo 102 de vagón con los elementos 109.5 a 109.8 de referencia ejerce un movimiento de guiñada (es decir, rota alrededor del eje de guiñada por un ángulo α_y de guiñada) lo que conduce a una distancia netamente modificada en la dirección transversal (eje y) entre las unidades 109.3, 109.4 de sensor y los elementos 109.5 a 109.8 de referencia como se indica por el contorno 112 de trazos en la Figura 2.

35 Por tanto, aunque hay una excursión TE1 lateral (admisible) entre el cuerpo 102 de vagón y el tren 104 de rodaje hasta que la unidad 107 de control emite la señal de fallo de funcionamiento (por ejemplo, debido a la interferencia del elemento 109.8 de referencia con el campo de visión 109.10 del elemento 109.9 de sensor asociado), en una vía 111 curva, la excursión TE2 lateral (admisible) entre el cuerpo 102 de vagón y el tren 104 de rodaje hasta la unidad 107 de control emita la señal de fallo de funcionamiento se reduce considerablemente. Esto tiene el efecto beneficioso de que el análisis de fallos de funcionamiento proporcionado por la unidad 107 de control se adapta automáticamente a la situación de marcha del vehículo 101 de una manera sencilla, pasiva.

40 Este estudio de adaptación del sistema 103 de suspensión para una situación de fallo de funcionamiento permite la realización de un sistema con un control activo de la relación espacial entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón. El control activo permite maximizar el contorno exterior y, en consecuencia, la capacidad de transporte del cuerpo 102 de vagón, puesto que la relación espacial del cuerpo 102 de vagón con respecto al tren 104 de rodaje se puede adaptar activamente a una envolvente 105.1 cinemática dada. Por otra parte, el sistema 103 de suspensión activo se puede optimizar en términos de la comodidad de los pasajeros dado que su rigidez y características de amortiguación se pueden adaptar activamente a la situación actual de la marcha del vehículo 101. Gracias al estudio de fallo de funcionamiento de acuerdo con la invención, se consiguen ambas ventajas sin aumentar el riesgo de una violación de la envolvente 105.1 cinemática.

45 Las dimensiones ejemplares para la disposición de un elemento 109.9 de sensor y un elemento 109.6 de referencia asociado y su ubicación en el sistema de suspensión se proporcionan en la Figura 4A para diferentes radios de curvatura de la vía negociada (a menos que se indique lo contrario, todas las dimensiones se proporcionan en milímetros). Como se puede observar fácilmente a partir de la Figura 4A, en función del radio de curvatura de la vía (-250m, -500m etc.).

50 Como se puede observar en la Figura 4A en una vía recta, la distancia del elemento 109.6 de referencia al elemento 109.9 de sensor es de 95mm (80mm de movimiento permitido y 15mm de zona de detección o campo de visión,

respectivamente, del elemento 109.9 de sensor). El elemento de sensor tiene que moverse 40mm hacia el elemento 109.6 de referencia para las curvas con un radio de curvatura de $R = -250\text{m}$, para restringir el movimiento transversal al cuerpo de vagón 40mm ($80\text{mm} - 40\text{mm} = 40\text{mm}$). Se apreciará que, por supuesto, con otras realizaciones de la invención, cualquier dimensión (diferente a 15mm) se puede seleccionar para la zona de detección o campo de visión, respectivamente, del elemento 109.9 de sensor.

Para este fin, el elemento 109.9 de sensor se tiene que situar a una cierta distancia $D = 1000\text{mm}$ longitudinal desde el eje de guiñada ubicado centralmente en el tren 104 de rodaje para tener este desplazamiento con un ángulo de guiñada $\alpha_y = 2,3^\circ$ (resultante para el vehículo 101 en un radio de curvatura R de este tipo). Obviamente, esta distancia D depende de la distancia longitudinal entre los dos trenes 104 de rodaje, ya que esta última define el ángulo α_y de guiñada en cualquier curvatura de la vía.

Para las curvas positivas, el elemento 109.9 de sensor se mueve más lejos del elemento 109.6 de referencia (por ejemplo, a 100 mm para $R = +500\text{ m}$). Para curvas más pequeñas de $R = +250\text{ m}$, el elemento 109.9 de sensor se mueve aún más lejos. Esto, sin embargo, puede no tener influencia específica en los casos en los que el actuador 106.3 se limita a un cierto movimiento en esta dirección (aquí, por ejemplo, a un recorrido máximo de 100mm en esta dirección). Cabe señalar que, en tales casos, podría incluso ser suficiente omitir la detección en un lado del cuerpo 102 de vagón, es decir, omitir los elementos 109.5 y 109.7 de referencia y utilizar los elementos 109.6 y 109.8 de referencia solamente.

Dependiendo de la forma del campo de visión 109.10 del elemento 109.1 de sensor puede haber un pequeño error debido al ángulo de rotación del sensor en las vías actuales. Para minimizar este error, el elemento 109.1 de sensor se sitúa mejor en la línea central longitudinal del tren 104 de rodaje.

Los elementos 109.5 a 109.8 de referencia tienen preferentemente un área superficial de al menos $45\text{mm} \times 45\text{mm}$ para un elemento 109.9 de sensor que trabaja con detección inductiva. Preferentemente, el área superficial es más grande para permitir los movimientos longitudinales y verticales entre el elemento 109.9 de sensor y el elemento 109.5 a 109.8 de referencia respectivo. Sin embargo, se apreciará que, con otra realización de la invención, se puede utilizar cualquier otro tipo de elemento de sensor que trabaje con un principio de detección diferente, por ejemplo, principios eléctricos, ópticos, mecánicos solos o en combinación arbitraria.

Con la invención, se puede lograr un sistema de suspensión de vehículo activo que cumple con los requisitos de seguridad sofisticados. Como se puede observar en la Figura 1, dos elementos 109.9 de sensor proporcionan su elemento 109.5 a 109.9 de referencia para proporcionar una disposición redundante.

Las Figuras 4B y 4C muestran diferentes posibilidades de cableado ejemplares para estos dos elementos 109.9de sensor dispuestos de forma redundante, a saber, en una disposición en serie (Figura 4B) y en una disposición en paralelo (Figura 4C). La disposición en paralelo que se muestra en la Figura 4C se prefiere bajo el aspecto de las pruebas, ya que permite el reconocimiento de un fallo de uno de los elementos 109.9 de sensor (para evitar fallos latentes). En cualquier caso, las instalaciones de pruebas funcionales fiables (por ejemplo, circuitería de prueba que comprueba periódicamente la operación correcta del componente respectivo) se pueden proporcionar para mejorar el nivel de seguridad del sistema. Por lo tanto, con la invención, se puede lograr un sistema 103 de suspensión del vehículo que cumpla con los requisitos de seguridad como se especifica en las normas tales como la norma IEC 61508, IEC 61508, EN 50126 a EN 50129. Más precisamente, se puede lograr un nivel de integridad de seguridad (SIL como se define en algunos de estas normas) hasta un nivel 2 (SIL2) y más.

Se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, el análisis de fallos de funcionamiento adaptativo (dependiente del estado de marcha) anterior se puede conseguir también de forma activa. Para este fin, el estado de marcha real se puede definir, por ejemplo, por una velocidad de marcha del vehículo y/o una dirección de marcha del vehículo y/o una geometría de la vía de una vía que se está negociado por el vehículo, y al menos un sensor del estado de marcha (como se indica por el contorno 114 de trazos en la Figura 1) del dispositivo de sensor puede capturar una o más variables del estado de marcha adecuadas representativas de estos componentes específicos que definen el estado de marcha real.

En este caso, el dispositivo 107 de control ejecuta el análisis de fallos de funcionamiento como una función del valor real de la variable del estado de marcha proporcionado por la unidad 114 de sensor del estado de marcha. Cualquier variable representativa adecuada del estado real de la marcha del vehículo ferroviario se puede utilizar. Por ejemplo, la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento se realiza como una función de al menos una variable representativa de la curvatura real de la vía que se está negociado (como la variable del estado de marcha). Como se ha señalado anteriormente, el dispositivo de control puede ajustar el límite admisible para una deflexión transversal (aplicada en el análisis de fallos de funcionamiento) como una función de la curvatura actualmente detectada por el sensor 114 del estado de marcha. En tal caso, puede ser suficiente tener un solo elemento 109.9 de sensor que captura la distancia al elemento 109.6 de referencia a una resolución lo suficientemente alta.

Además, o como alternativa, el dispositivo de sensor puede modificar su comportamiento de captura (por ejemplo, la forma y/o tamaño de su campo de visión 109.10) como una función del valor real de la variable del estado de marcha. Esto se puede hacer de una manera activa también, es decir, como una función del valor real de una

variable del estado de marcha capturado por y/o proporcionado al dispositivo de sensor.

Adicionalmente, se apreciará que, con otras realizaciones de la invención, además o como una alternativa a las primera y segunda partes 109.5 a 109.9 de referencia, las primera y segunda partes de referencia se pueden integrar en la unidad 106.3 de accionamiento. Las primera y segunda partes de referencia pueden ser cualquier parte adecuada de la unidad 106.3 de accionamiento que ejecuten un movimiento relativo definido cuando se ejerza fuerza en el sistema 103 de suspensión. Por ejemplo, el pistón de la unidad 106.3 de accionamiento puede formar la primera parte de referencia mientras que el cilindro de la unidad 106.3 de accionamiento forma la segunda parte de referencia.

Se apreciará además que, en este caso, el movimiento relativo no tiene necesariamente que medirse directamente entre la primera y la segunda partes de referencia utilizando cualquier sensor de distancia deseada y adecuada. Más bien, como se ha indicado anteriormente, puede estar previsto que el dispositivo 109 de sensor capture un valor real de al menos un estado variable representativo de una relación espacial entre la primera y la segunda partes de referencia. Por ejemplo, en el caso del accionador 106.3 hidráulico, el dispositivo de sensor puede simplemente capturar (por medios adecuados) el grado de llenado de la cámara de trabajo definida por el pistón y el cilindro del actuador 106.3 que también es representativo de la posición relativa entre el pistón y el cilindro.

Por último, se apreciará que se puede proporcionar cualquier número adecuado de actuadores que integran las primera y segunda partes de referencia para lograr la redundancia y la precisión deseadas. Por ejemplo, dos actuadores 106.3 se pueden proporcionar por los trenes de rodaje. Preferentemente, estos dos actuadores 106.3 se pueden disponer en una ubicación similar a la de las partes 109.5 a 109.9 de referencia como se ha indicado anteriormente.

Segunda realización

Con referencia a la Figura 5, una realización preferida adicional de un dispositivo 209 de sensor de acuerdo con la presente invención se describirá a continuación con mayor detalle. El dispositivo 209 de sensor puede sustituir el dispositivo 109 de sensor en el vehículo 101 de la Figura 1. El dispositivo 209 de sensor, en su diseño básico y funcionalidad, corresponde en gran medida con el dispositivo 109 de sensor de tal manera que se hará referencia principalmente solo a las diferencias. Por otra parte, a los componentes idénticos o similares se les proporcionan los mismos números de referencia aumentados en 100. A menos que se proporcionen explicaciones divergentes a continuación, aquí se hace referencia explícitamente a las explicaciones proporcionadas anteriormente con respecto a las características y funciones de estos componentes.

La diferencia con respecto al dispositivo 109 de sensor se encuentra en el hecho de que la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento al estado de marcha respectiva se proporciona a través de una adaptación de la geometría del elemento 209.5 de referencia (conectado al cuerpo 102 de vagón). Como se puede observar en la Figura 5, el elemento 209.9 de sensor (conectado al tren 104 de rodaje) y el elemento 209.5 de referencia (conectado al cuerpo 102 de vagón) se disponen de tal manera que, en el estado neutro del vehículo, los mismos se desplazan transversalmente pero no longitudinalmente con respecto al eje de guiñada (entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón).

La adaptación de la excursión transversal admisible en virtud del estado de marcha respectivo (por ejemplo, TE1 y TE2) y, por tanto, la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento se proporciona por la curvatura de la superficie de detección del elemento 209.5 de referencia. Se apreciará que, por este simple medio para modificar la superficie del elemento 209.5 de referencia se puede lograr prácticamente cualquier adaptación deseada al estado real de la marcha del vehículo. Se apreciará que se puede elegir cualquier geometría adecuada para el elemento 209.5 de referencia. En particular, se pueden elegir combinaciones arbitrarias adecuadas de secciones rectas y curvas, según sea necesario para la adaptación requerida del análisis de fallos de funcionamiento.

Tercera realización

Con referencia a la Figura 6, una realización preferida adicional de un dispositivo 309 de sensor de acuerdo con la presente invención se describirá a continuación con mayor detalle. El dispositivo 309 de sensor puede reemplazar el dispositivo 109 de sensor en el vehículo 101 de la Figura 1. El dispositivo 309 de sensor, en su diseño básico y funcionalidad, corresponde en gran medida al dispositivo 109 de sensor de tal manera que se hará referencia principalmente solo a las diferencias. Por otra parte, a los componentes idénticos o similares se les proporcionan los mismos números de referencia aumentados en 100. A menos que se proporcionen explicaciones divergentes a continuación, aquí se hace referencia explícitamente a las explicaciones proporcionadas anteriormente con respecto a las características y funciones de estos componentes.

La diferencia con respecto al dispositivo 109 de sensor se encuentra en el hecho de que la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento al estado de marcha respectivo se proporciona a través de una adaptación de las características de captura, aquí la geometría del campo de visión 309.10 del elemento 309.9 de sensor (conectado al tren 104 de rodaje). Como se puede observar en la Figura 6, el elemento 309.9 de sensor (conectado al tren 104 de rodaje) y el elemento 309.5 de referencia (conectado a el cuerpo 102 de vagón) se disponen de tal manera que, en el estado neutro del vehículo, los mismos se desplazan transversalmente pero no longitudinalmente con respecto

al eje de guiñada (entre el tren 104 de rodaje y el cuerpo 102 de vagón).

5 La adaptación de la excursión transversal admisible en virtud del estado de marcha respectivo (por ejemplo, TE1 y TE2) y, por tanto, la adaptación del análisis de fallos de funcionamiento se proporciona por la forma, más precisamente la curvatura del campo de visión 309.10 del elemento 309.9 de sensor. Se apreciará que, por este medio relativamente simple para modificar la forma del campo de visión 309.10 (es decir, la característica de sensibilidad) del elemento 309.9 de sensor, se puede lograr prácticamente cualquier adaptación deseada al estado real de la marcha del vehículo. Se apreciará que se puede elegir cualquier geometría adecuada para el campo de visión 309.10, así como para el elemento 309.5 de referencia. En particular, se pueden elegir combinaciones arbitrarias adecuadas de secciones rectas y curvas, según sea necesario para la adaptación requerida del análisis de fallos de funcionamiento

10 En lo anterior, la presente invención se ha descrito en el contexto de realizaciones en las que se ha logrado la observación de una envolvente cinemática dada y un riesgo de descarrilamiento dado. Se apreciará, sin embargo, que, con otras realizaciones de la invención, la observación de otros criterios o limitaciones puede ser un objetivo adicional o una alternativa a ser alcanzada. Por ejemplo, en una manera similar, se puede lograr la observación de las limitaciones de un sistema de nivelación de vehículos (ajustando el nivel del cuerpo de vagón por encima del nivel de la vía).

15 Aunque la presente invención, en lo que antecede, se ha descrito solo en el contexto de vehículos ferroviarios, se apreciará que también se puede aplicar a cualquier otro tipo de vehículo para superar problemas similares con respecto a una solución de ahorro de espacio para una suspensión de emergencia.

20

REIVINDICACIONES

1. Un vehículo ferroviario, que comprende

- un cuerpo (102) de vagón y
- un sistema (103) de suspensión que comprende un tren (104) de rodaje que soporta dicho cuerpo (102) de vagón, y
- un dispositivo (109; 209; 309) de sensor y un dispositivo (107) de control;

caracterizado porque

- dicho dispositivo (109; 209; 309) de sensor captura un valor real de al menos una variable de estado, siendo dicha variable de estado representativa de una relación espacial entre una primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia de dicho dispositivo (109; 209; 309) de sensor asociada a una parte de dicho tren (104) de rodaje y una segunda parte (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia de dicho dispositivo (109; 209; 309) de sensor asociada a dicho cuerpo (102) de vagón;
- dicho dispositivo (107) de control realiza un análisis de fallos de funcionamiento utilizando dicho valor real de dicha variable de estado, evaluando dicho análisis de fallos de funcionamiento el cumplimiento de al menos un criterio de fallo de funcionamiento predeterminado;
- dicho dispositivo (107) de control proporciona una señal de fallo de funcionamiento si dicho análisis revela de fallos de funcionamiento revela que se cumple dicho criterio de fallo de funcionamiento.

2. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1, en el que

- dicho vehículo ferroviario define una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de la altura;
- dicha variable de estado es representativa de un desplazamiento transversal entre dicha primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia y dicha segunda parte (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia en dicha dirección transversal y/o
- dicha variable de estado es representativa de un desplazamiento de guiñada angular entre dicha primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia y dicha segunda parte (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia sobre dicha dirección de la altura.

3. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que

- dicho dispositivo (109; 209; 309) de sensor y/o dicho dispositivo (107) de control proporcionan una adaptación de dicho análisis de fallos de funcionamiento a un estado de marcha real de dicho vehículo ferroviario;
- dicho estado de marcha real está, en particular, definido por una velocidad de marcha de dicho vehículo y/o una dirección de marcha de dicho vehículo y/o una geometría de la vía de una vía negociada actualmente por dicho vehículo;
- dicha geometría de la vía está, en particular, definida por al menos uno de una curvatura de dicha vía, un peralte de dicha vía y una torsión de dicha vía.

4. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 3, en el que

- dicho dispositivo (109; 209; 309) de sensor comprende una unidad (114) de sensor del estado de marcha que captura un valor real de una variable del estado de marcha;
- dicha variable del estado de marcha es representativa de dicho estado real de marcha de dicho vehículo ferroviario;
- dicho dispositivo (107) de control ejecuta dicho análisis de fallos de funcionamiento como una función de dicho valor real de dicha variable del estado de marcha proporcionado por dicha unidad de sensor del estado de marcha y/o
- dicho dispositivo (109) de sensor modifica su comportamiento de captura de dicha variable de estado como una función de dicho valor real de dicha variable del estado de marcha.

5. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 3 o 4, en el que

- dicho dispositivo (109) de sensor comprende una unidad (109.9) de sensor de la variable de estado que captura de dicho valor real de dicha variable de estado en una dirección de detección;
- dicha unidad (109.9) de sensor de la variable de estado tiene un comportamiento de captura en dicha dirección de detección, en particular, una sensibilidad en dicha dirección de detección, que varía como una función de dicho estado de marcha real de dicho vehículo ferroviario;
- dicha unidad (109.9) de sensor de la variable de estado, en particular, al menos en sección, tiene características de captura lineales y/o esféricas.

6. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 5, en el que

- dicha unidad (109.9; 209.9; 309.9) de sensor de la variable de estado comprende un elemento (109.9) de

detección y un elemento (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia asociado;

- dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección captura un valor representativo de al menos una distancia entre dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección y dicho elemento (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia como dicho valor real de dicha variable de estado en dicha dirección de detección;

5 - dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección forma dicha primera parte de referencia o dicha segunda parte de referencia y dicho elemento de referencia forma la otra de dicha primera parte de referencia y dicha segunda parte de referencia;

10 - dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección y dicho elemento (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia están dispuestos de tal manera que, al menos en dicha dirección de detección, una posición relativa entre dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección y dicho elemento (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia varía como una función de dicho estado de marcha real de dicho vehículo ferroviario para proporcionar dicha variación en dicho comportamiento de captura en dicha dirección de detección;

15 - dicho elemento (109.9; 209.9; 309.9) de detección y dicho elemento (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia están, en particular, dispuestos a una distancia, en particular, a una distancia a lo largo de dicha dirección longitudinal, desde un eje de guiñada definido por dicho sistema (103) de suspensión entre dicho tren (104) de rodaje y dicho cuerpo (102) de vagón.

7. El vehículo ferroviario de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que

- dicho dispositivo (109; 209, 309) de sensor comprende al menos un sensor (109.9, 209.9, 309.9) de distancia;

20 - dicho al menos un sensor (109.9; 209.9; 309.9) de distancia captura al menos un valor representativo de una distancia entre dicha primera parte de referencia y dicha segunda parte de referencia;

- dicho al menos un sensor (109.9; 209.9; 309.9) de distancia está, en particular, diseñado en la forma de un interruptor de proximidad.

8. El vehículo ferroviario de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que

25 - dicho cuerpo (102) de vagón está soportado en dicho tren (104) de rodaje a través de un sistema (104.4) de muelles secundario de dicho sistema (103) de suspensión;

- dicha primera parte de referencia y dicha segunda parte de referencia están dispuestas cinemáticamente paralelas a al menos una parte de dicho sistema (104.4) de muelles secundario;

30 - en particular, dicha primera parte de referencia está conectada a una primera parte de dicho tren (104) de rodaje y dicha segunda parte de referencia está conectada a una segunda parte de dicho tren (104) de rodaje, en particular a un travesaño soportado a través de una parte de dicho sistema de muelles secundario sobre dicha primera parte de dicho tren (104) de rodaje, o dicha segunda parte de referencia está conectada a dicho cuerpo de vagón;

35 - en particular, dicha primera parte de referencia y/o dicha segunda parte de referencia están integradas en un componente de dicho sistema (104.4) de muelles secundario, en particular en un muelle neumático de dicho sistema de muelles secundario;

9. El vehículo ferroviario de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que

- dicho sistema (103) de suspensión comprende un dispositivo (106.3) de ejercer fuerza;

40 - dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza, bajo el control de dicho dispositivo (107) de control, ejerce una fuerza dentro de dicho sistema (103) de suspensión, influyendo dicha fuerza en dicha al menos una variable de estado;

- dicho dispositivo de ejercer fuerza modifica particularmente su operación como una función de dicha señal de fallo de funcionamiento, en particular, dicho dispositivo de ejercer fuerza conmuta a un modo de operación desactivado en respuesta a dicha señal de fallo de funcionamiento;

45 - dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza está particularmente adaptado para ejercer, en dicho modo de operación desactivado, una fuerza de reposición dentro de dicho sistema de suspensión, actuando dicha fuerza de reposición para restablecer dicho cuerpo (102) de vagón en una posición neutra predeterminada con respecto a dicho tren (104) de rodaje.

10. El vehículo ferroviario de acuerdo con la reivindicación 9, en el que

50 - dicho dispositivo de ejercer fuerza comprende un dispositivo (106.3) de accionamiento, en particular un actuador de inclinación que ajusta el ángulo de inclinación de dicho cuerpo (102) de vagón sobre un eje de inclinación que discurre en una dirección longitudinal de dicho vehículo, y/o

- dicho dispositivo de ejercer fuerza comprende un dispositivo de amortiguación, en particular, un dispositivo de amortiguación de guiñada, que amortigua los movimientos entre dicho tren de rodaje y dicho vagón y/o

55 - dicha primera parte de referencia y/o dicha segunda parte de referencia están integradas en un componente de dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza, en particular en un dispositivo (106.3) de accionamiento de dicho dispositivo de ejercer fuerza.

11. Un procedimiento para detectar el fallo de funcionamiento en un sistema de suspensión de un vehículo ferroviario con un cuerpo (102) de vagón y un sistema (103) de suspensión que comprende un tren (104) de rodaje que soporta dicho cuerpo (102) de vagón, y un dispositivo (109; 209; 309) de sensor y un dispositivo (107) de control, **caracterizado por**

- 5 - capturar un valor real de al menos una variable de estado, siendo dicha variable de estado representativa de una relación espacial entre una primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia asociada a dicho tren (104) de rodaje y una segunda parte de referencia (109.5 a 109.8, 209.5, 309.5) asociada a dicho cuerpo (102) de vagón,
y
10 - realizar un análisis de fallos de funcionamiento utilizando dicho valor real de dicha variable de estado, evaluando dicho análisis de fallos de funcionamiento el cumplimiento de al menos un criterio de fallo de funcionamiento predeterminado;
- proporcionar una señal de fallo de funcionamiento si dicho análisis de fallo de funcionamiento revela que dicho criterio de fallo de funcionamiento se cumple.

12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que

- 15 - dicho vehículo ferroviario define una dirección longitudinal, una dirección transversal y una dirección de la altura;
- dicha variable de estado es representativa de un desplazamiento transversal entre dicha primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia y dicha segunda parte (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia en dicha dirección transversal
20 y/o
- dicha variable de estado es representativa de un desplazamiento de guiñada angular entre dicha primera parte (109.9; 209.9; 309.9) de referencia y dicha segunda parte (109.5 a 109.8; 209.5; 309.5) de referencia sobre dicha dirección de la altura.

13. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, en el que

- 25 - una adaptación de dicho análisis de fallos de funcionamiento a un estado de marcha real de dicho vehículo ferroviario es proporcionada;
- dicho estado de marcha real está, en particular, definido por una velocidad de marcha de dicho vehículo y/o una dirección de marcha de dicho vehículo y/o una geometría de la vía de una vía negociada actualmente por dicho vehículo;
30 - dicha geometría de la vía está, en particular, definida por al menos uno de una curvatura de dicha vía, un peralte de dicha vía y una torsión de dicha vía.

14. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 13, en el que

- un valor real de una variable del estado de marcha es capturado;
- dicha variable del estado de marcha es representativa de dicho estado real de marcha de dicho vehículo ferroviario;
35 - dicho análisis de fallos de funcionamiento es ejecutado como una función de dicho valor real de dicha variable del estado de marcha y/o
- se modifica un comportamiento de captura de dicha variable de estado como una función de dicho valor real de dicha variable del estado de marcha.

40 15. El procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que

- dicho sistema (103) de suspensión comprende un dispositivo (106.3) de ejercer fuerza;
- dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza ejerce una fuerza dentro de dicho sistema (103) de suspensión, influyendo dicha fuerza en dicha al menos una variable de estado;
45 - dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza modifica particularmente su operación como una función de dicha señal de fallo de funcionamiento, en particular, dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza conmuta a un modo de operación desactivado en respuesta a dicha señal de fallo de funcionamiento;
- dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza es particularmente un dispositivo de accionamiento siendo, en particular, ser un actuador de inclinación que ajusta un ángulo de inclinación de dicho cuerpo (102) de vagón sobre un eje de inclinación que discurre en una dirección longitudinal de dicho vehículo;
50 y/o
- dicho dispositivo de ejercer fuerza es particularmente un dispositivo de amortiguación siendo, en particular, un dispositivo de amortiguación de guiñada, que amortigua los movimientos entre dicho tren (104) de rodaje y dicho cuerpo (102) de vagón
y/o
55 - dicha primera parte de referencia y/o dicha segunda parte de referencia están integradas en un componente de dicho dispositivo (106.3) de ejercer fuerza, en particular, en un dispositivo (106.3) de accionamiento de dicho dispositivo de ejercer fuerza.

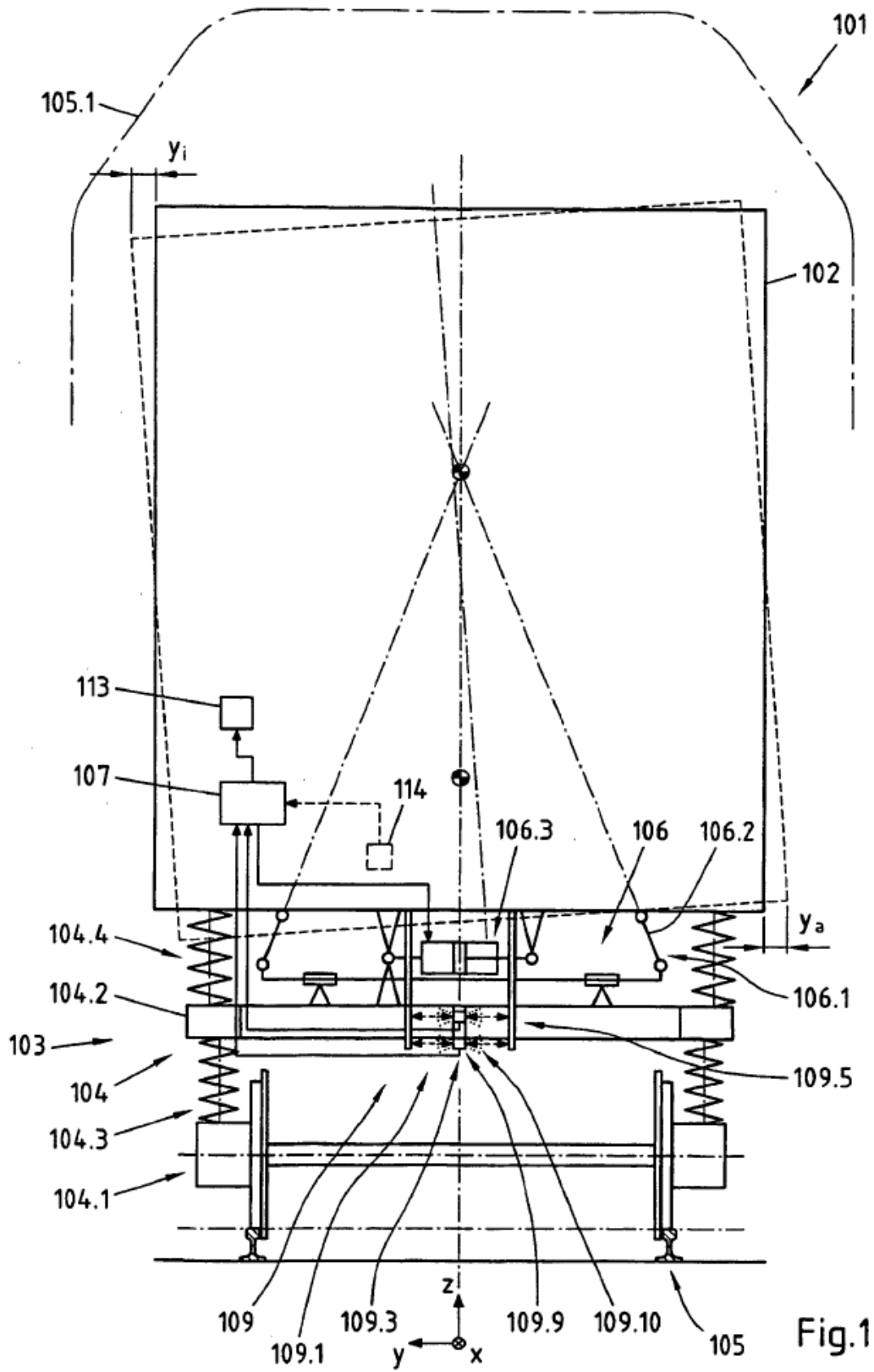


Fig.1

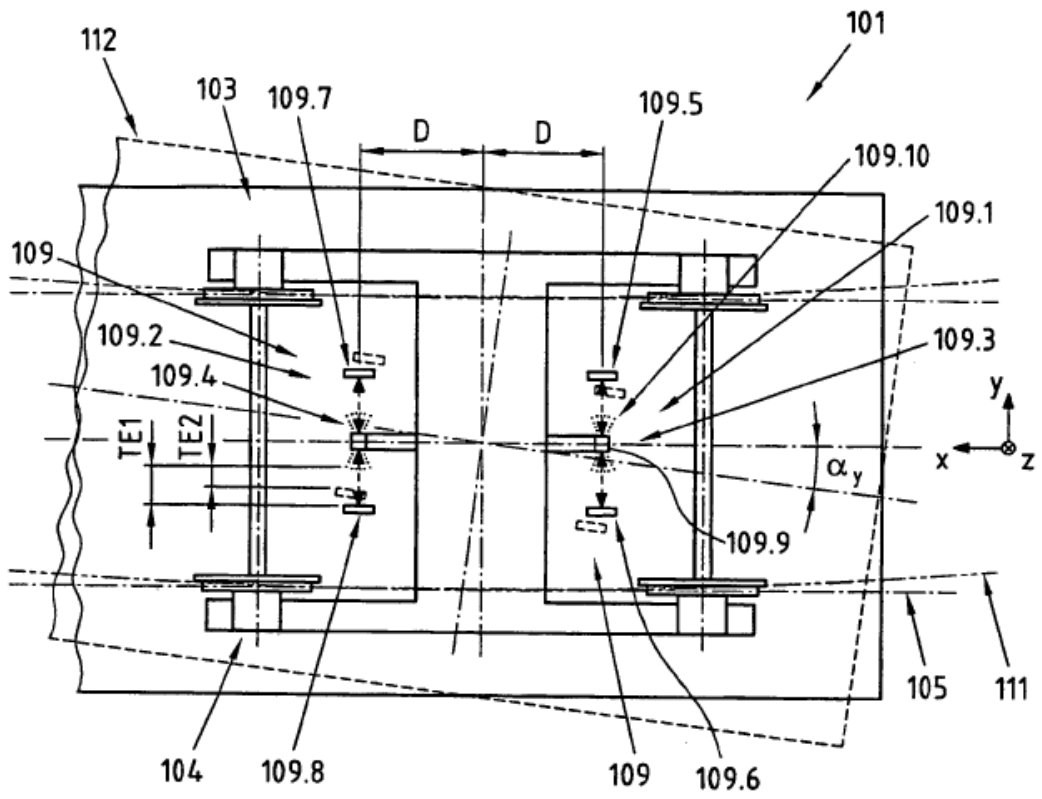


Fig.2

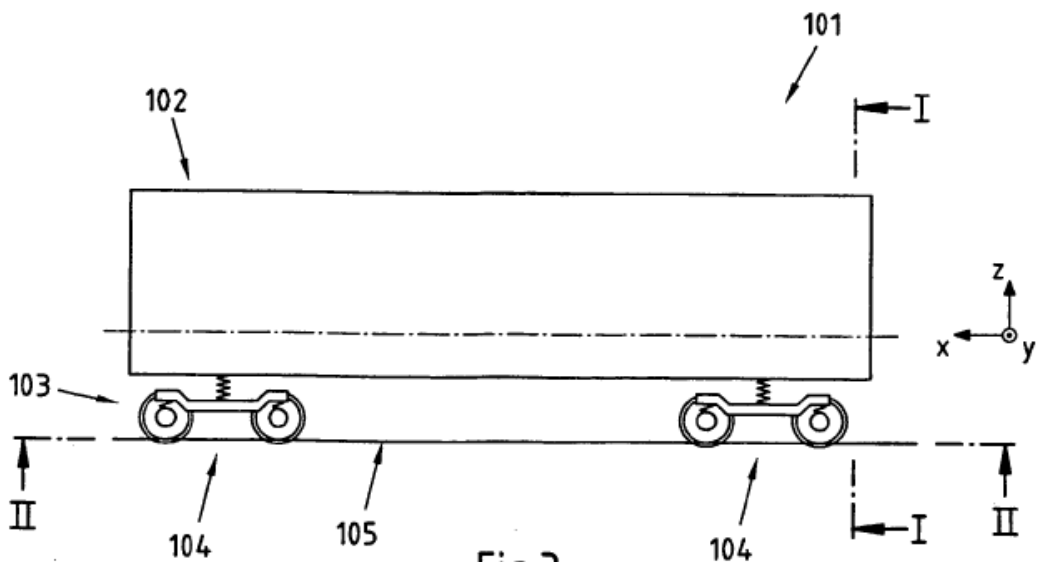


Fig.3

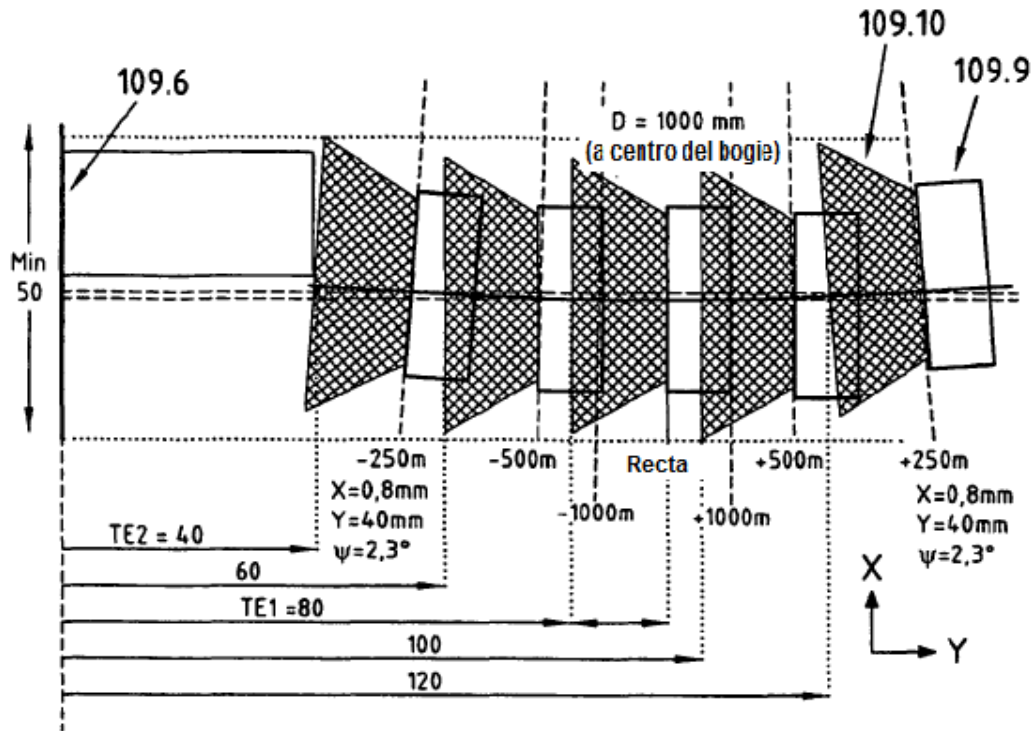


Fig.4a

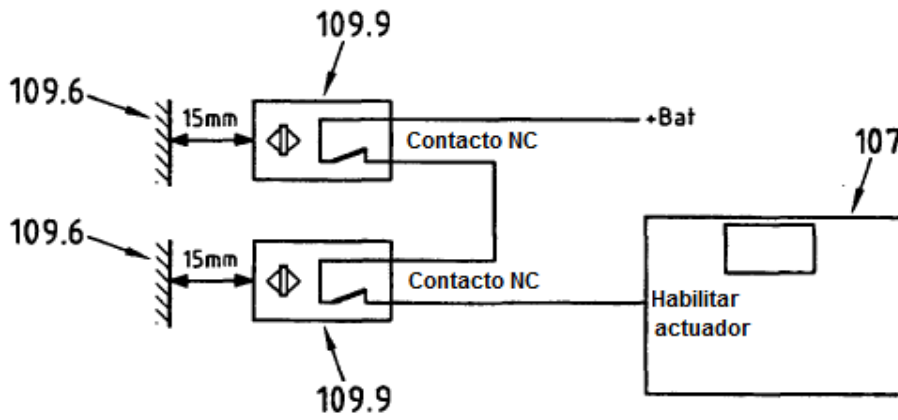


Fig.4B

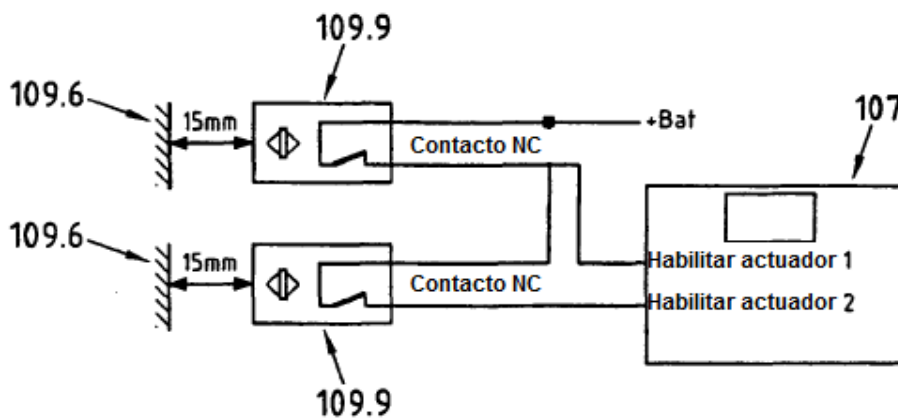


Fig.4C

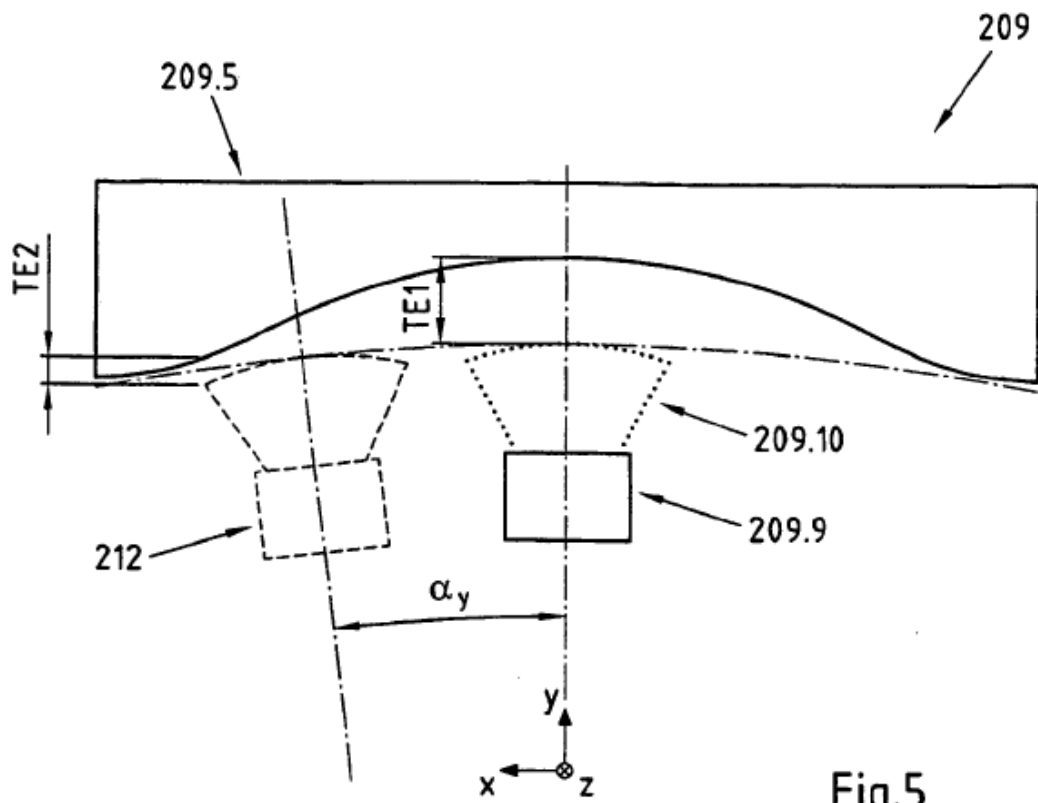


Fig.5

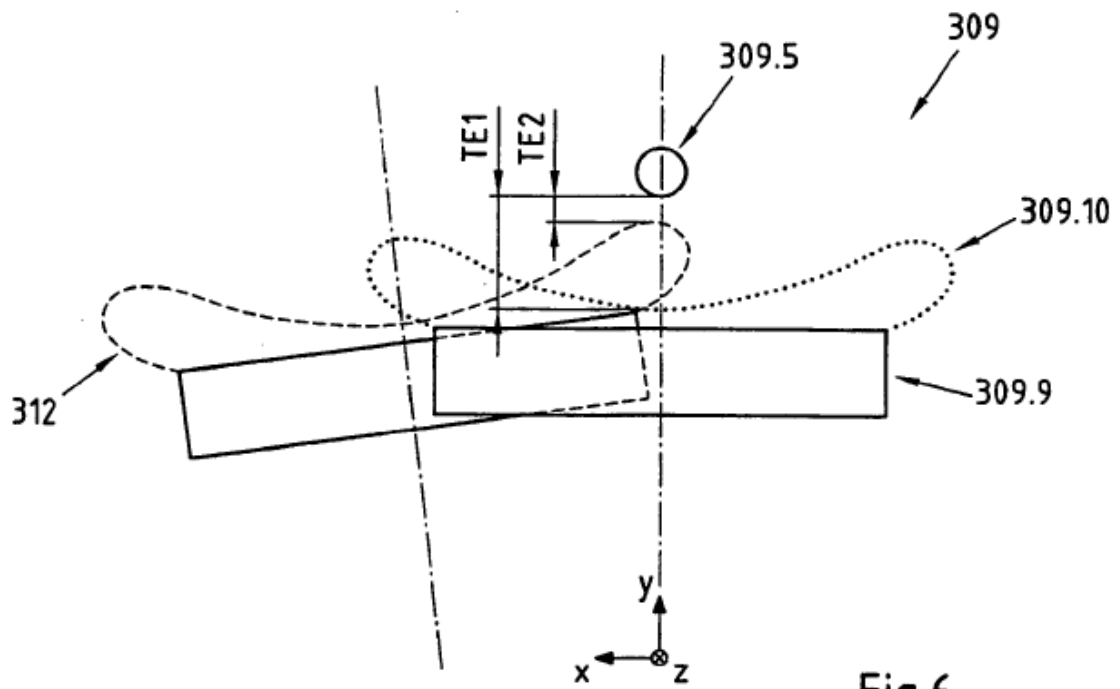


Fig.6