

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 275**

51 Int. Cl.:

B60T 17/22 (2006.01)
B60T 8/172 (2006.01)
B60T 8/18 (2006.01)
B60T 8/32 (2006.01)
G01G 19/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2022** **E 22182891 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.08.2024** **EP 4303088**

54 Título: **Controlador para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario, procedimiento implementado por ordenador para este, programa informático y portadora de datos no volátil**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
25.11.2024

73 Titular/es:
DELLNER BUBENZER AB (100.0%)
Teknikergatan 1
781 70 Borlänge, SE

72 Inventor/es:
PRIM, VIKTOR y
LENNARTSSON, SVANTE

74 Agente/Representante:
ISERN JARA, Jorge

ES 2 989 275 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

Controlador para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario, procedimiento implementado por ordenador para este, programa informático y portadora de datos no volátil

5 Campo técnico

La presente invención se refiere, en general, a disposiciones de seguridad para sistemas de frenado de vehículos ferroviarios. Específicamente, la invención se refiere a un controlador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario para permitir un frenado mejorado del vehículo ferroviario. La invención también se refiere a un procedimiento correspondiente implementado por ordenador, a un programa informático y a una portadora de datos no volátil que almacena dicho programa informático.

15 Antecedentes

En la operación de un vehículo ferroviario eléctrico, los motores a bordo suelen actuar como generadores para desacelerar el vehículo ferroviario. Sin embargo, por razones de eficiencia y seguridad, no se puede depender únicamente de esta estrategia de frenado. En particular, siempre se necesitará una función de freno dedicada para garantizar la funcionalidad de frenado de emergencia y que el vehículo ferroviario permanezca estacionario después de que se haya detenido. En muchos casos, las mismas unidades de freno se utilizan para diferentes tipos de funcionalidades de frenado, como frenado de servicio, frenado de emergencia y frenado de estacionamiento.

Al frenar un vehículo ferroviario, es fundamental contar con información precisa sobre las condiciones de adherencia en la interfaz rueda-carril, es decir, el coeficiente de fricción cinética aplicable. Sin embargo, para lograr una verdadera retardación eficiente del vehículo ferroviario, es importante saber cómo se distribuye el peso del vehículo ferroviario sobre sus ejes de ruedas. Es decir, solo se puede aplicar una fuerza de frenado comparativamente baja a un eje relativamente poco cargado antes de que sus ruedas comiencen a deslizarse contra los rieles, mientras que un eje relativamente cargado puede estar sujeto a una fuerza de frenado comparativamente alta antes de que sus ruedas comiencen a deslizarse contra los rieles. Tanto por razones de eficiencia como para evitar daños materiales, principalmente en las ruedas, se debe evitar en la medida de lo posible el deslizamiento de las ruedas. Por lo tanto, en muchos casos, para estar seguros, un peso estimado mínimo del eje puede determinar la fuerza máxima de frenado que puede aplicarse al vehículo ferroviario. Por supuesto, esto resulta en un rendimiento de frenado general subóptimo.

Se han realizado varios intentos para determinar el peso total de un vehículo. Por ejemplo, la patente US 9,358,846 describe un sistema de estimación de carga y un procedimiento para estimar la carga de un vehículo. El sistema incluye un contador de rotación de neumáticos para generar un recuento de rotación a partir de la rotación de un neumático; un aparato para medir la distancia recorrida por el vehículo; un calculador de radio efectivo para calcular el radio efectivo del neumático a partir de la distancia recorrida y el recuento de rotación; y un calculador de estimación de carga para calcular la carga transportada por el neumático del vehículo a partir del radio efectivo del neumático. Se puede realizar una estimación de la altura del centro de gravedad a partir de una carga total estimada transportada por los neumáticos que soportan el vehículo conforme a una estimación del radio efectivo para cada neumático y una carga calculada transportada por cada neumático a partir de los respectivos radios efectivos.

El documento US 9,500,514 muestra un procedimiento y un sistema para estimar un peso para un vehículo en base a al menos dos fuerzas que actúan sobre el vehículo. Las fuerzas son una fuerza motriz y al menos una fuerza adicional, y la información topográfica para una sección relevante de la carretera. La estimación se realiza cuando al menos dos fuerzas están dominadas por la fuerza motriz.

El documento US 9,211,879 divulga dispositivos y procedimientos, que se refieren a la disposición de un sensor en el eje de un vehículo ferroviario para determinar su masa. Por ejemplo, se evalúa una señal de salida de un sensor de aceleración, que está dispuesto en un eje del vehículo ferroviario. La masa de un vagón de carga puede determinarse en que vibra de una manera típica a la masa (frecuencia, amplitud) después del impacto (impacto de conmutación, al pasar por un interruptor). El impacto puede ser determinado en dirección e intensidad por el sensor de aceleración en el eje, la vibración puede ser determinada por el mismo sensor de aceleración o por otro sensor en el chasis. A partir de estos datos de medición, se puede determinar la masa del vagón y la masa de la carga con el peso vacío conocido y, por lo tanto, el estado de carga. Un ejemplo adicional se conoce del documento US 4 896 090 A.

Los documentos anteriores describen diferentes estrategias para determinar el peso, así como otras propiedades características de los vehículos. Sin embargo, todavía no existe una solución satisfactoria para determinar cómo se distribuye el peso total de un vehículo sobre sus ejes, de manera que, por ejemplo, se pueda mejorar el frenado del vehículo.

65

Sumario

El objeto de la presente invención es resolver los problemas mencionados anteriormente y ofrecer una solución que permita determinar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario de manera precisa y fiable.

De acuerdo con un aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un controlador para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario con un número de ejes de rueda y un conjunto de unidades de freno configuradas para aplicar una fuerza de frenado respectiva a cada uno de los ejes de rueda para provocar la desaceleración del vehículo ferroviario. El controlador está configurado para obtener señales de potencia y velocidad. La señal de potencia indica la cantidad de potencia producida por un motor a bordo para acelerar el vehículo ferroviario desde una primera velocidad hasta una segunda velocidad. La señal de velocidad indica valores respectivos de la primera y segunda velocidades. En base a las señales de potencia y velocidad, el controlador está configurado para estimar un peso total del vehículo ferroviario. El controlador está además configurado para:

- (a) obtener señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades de rotación respectivas de los ejes de las ruedas,
- (b) producir una señal de control de freno a una unidad de freno específica en el conjunto de unidades de freno, de manera que esta unidad de freno aplique una fuerza de frenado gradualmente creciente a un eje de rueda específico de dichos ejes de rueda,
- (c) determinar, repetidamente durante la producción de la señal de control de freno, una diferencia absoluta entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico y una velocidad de rotación promedio de los ejes de rueda excepto el eje de rueda específico, y en respuesta a que la diferencia absoluta exceda un valor umbral
- (d) determinar un parámetro que refleje un coeficiente de fricción entre un par de ruedas en el eje de rueda específico y un par de rieles sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario, repetir los pasos (a) a (c) para cada uno de los ejes de rueda del vehículo ferroviario, y en base a esto estimar una fracción respectiva del peso total transportado por cada uno de dichos ejes de rueda.

El controlador anterior es ventajoso porque proporciona valores precisos del peso total del vehículo ferroviario, así como de los pesos individuales de los ejes. Como efecto adicional, esto también permite que el vehículo ferroviario acelere sin riesgo de deslizamiento.

Además, el controlador propuesto es beneficioso, ya que permite la adaptación dinámica de la funcionalidad de frenado durante el viaje en respuesta a la redistribución de la carga, por ejemplo, debido al movimiento de los pasajeros. Más importante, la operación de los frenos puede ajustarse adecuadamente cada vez que la carga se carga y/o descarga de una manera muy conveniente.

De acuerdo con una realización de este aspecto de la invención, el controlador contiene al menos una interfaz configurada para recibir la primera y segunda señales vectoriales. El primer vector de señal expresa una aceleración del vehículo ferroviario, como tal, por ejemplo lateral y verticalmente. El segundo vector de señal expresa un movimiento rotacional respectivo de las ruedas en cada uno de los ejes de rueda del vehículo ferroviario. Por lo tanto, el movimiento de rotación se realiza en un plano que es ortogonal a un eje de rotación respectivo del eje de la rueda. El controlador está configurado para obtener las señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades de rotación respectivas en base a la primera y segunda señales vectoriales. Por lo tanto, se pueden obtener valores precisos de la velocidad de la rueda sin necesidad de un tacómetro. Esto, a su vez, garantiza mediciones sólidas y fiables.

Preferentemente, la primera señal vectorial también expresa un ángulo de inclinación del vehículo ferroviario con respecto a un plano horizontal. Es decir, esto permite al controlador ajustar la señal de potencia que indica la cantidad de potencia producida por el motor a bordo y/o la señal de velocidad que indica la segunda velocidad en base al ángulo de inclinación al estimar el peso total del vehículo ferroviario. Es necesario realizar dicho ajuste si se estima el peso total del vehículo ferroviario cuando este viaja sobre terreno no horizontal, ya que en una pendiente ascendente una parte de la potencia del motor se convierte en energía potencial, y, por el contrario, en una pendiente descendente una parte de la energía cinética proviene de la energía potencial.

De acuerdo con otra realización de este aspecto de la invención, el controlador está configurado para proporcionar las fracciones respectivas del peso total a un controlador de frenado para permitir al controlador de frenado producir una señal de fuerza de frenado respectiva a cada unidad de freno en el conjunto de unidades de freno. Por lo tanto, las señales de fuerza de frenado respectivas pueden basarse en las fracciones respectivas del peso total, y el vehículo ferroviario puede ser retardado de manera optimizada.

Preferentemente, en base a lo anterior, el controlador está ubicado en la misma ubicación que el controlador de frenado. Por ejemplo, el controlador puede estar integrado en el controlador de frenos, o viceversa.

De acuerdo con otra realización de este aspecto de la invención, el controlador está configurado para transmitir la señal de control de freno a través de un bus de datos en el vehículo ferroviario. Esto hace que la implementación sea rentable y flexible.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un procedimiento implementado por ordenador para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario con un número de ejes de ruedas y un conjunto de unidades de freno configuradas para aplicar una fuerza de frenado respectiva a cada uno de los ejes de ruedas para provocar la desaceleración del vehículo ferroviario, el cual se realiza en al menos un procesador e implica obtener una señal de potencia que indica la cantidad de potencia producida por un motor a bordo para acelerar el vehículo ferroviario desde una primera velocidad hasta una segunda velocidad, obtener una señal de velocidad que indica los valores respectivos de la primera y segunda velocidades, y en base a esto estimar un peso total del vehículo ferroviario. El procedimiento además implica:

(a) obtener señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades de rotación respectivas de los ejes de las ruedas,

(b) producir una señal de control de freno a una unidad de freno específica en el conjunto de unidades de freno de manera que esta unidad de freno aplique una fuerza de frenado gradualmente creciente a uno específico de los ejes de las ruedas,

(c) determinar, repetidamente durante la producción de la señal de control de freno, una diferencia absoluta entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico y una velocidad de rotación promedio de los ejes de rueda excepto el eje de rueda específico; y en respuesta a que la diferencia absoluta exceda un valor umbral

(d) determinar un parámetro que refleje un coeficiente de fricción entre un par de ruedas en el eje de rueda específico y un par de rieles sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario,

repetir los pasos (a) a (c) para cada uno de dichos ejes de rueda, y en base a esto estimar una fracción respectiva del peso total transportado por cada uno de dichos ejes de rueda.

Las ventajas de este procedimiento, así como sus realizaciones preferidas, son evidentes a partir de la discusión anterior con referencia al controlador propuesto.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante un programa informático que puede cargarse en una portadora de datos no volátil conectado de forma comunicativa a una unidad de procesamiento. El programa informático incluye software para ejecutar el procedimiento anterior cuando el programa se ejecuta en la unidad de procesamiento.

De acuerdo con otro aspecto de la invención, el objetivo se logra mediante una portadora de datos no volátil que contiene el programa informático mencionado anteriormente.

Más ventajas, características beneficiosas y aplicaciones de la presente invención serán evidentes a partir de la siguiente descripción y las reivindicaciones dependientes.

Breve descripción de las figuras

La invención se explicará ahora más detalladamente mediante realizaciones preferidas, que se divulgan como ejemplos, y haciendo referencia a las figuras adjuntas.

Figura 1 ilustra esquemáticamente un vehículo ferroviario equipado con un controlador según una realización de la invención;

Figura 2 muestra una unidad de freno según una realización de la invención;

Figura 3 muestra un gráfico que ilustra un ejemplo del coeficiente de fricción en función del deslizamiento de la rueda;

Figura 4 ilustra esquemáticamente un acelerómetro según una realización de la invención;

Figura 5 muestra un diagrama de bloques de un controlador según una realización de la invención; y

Figura 6 ilustra, mediante un diagrama de flujo, el procedimiento general de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

En la Figura 1, vemos una ilustración esquemática de un vehículo ferroviario 100 equipado con un controlador 140 según una realización de la invención.

El controlador 140 está dispuesto a estimar los pesos individuales de los ejes del vehículo ferroviario 100, que tiene varios ejes de ruedas. La Figura 1 ejemplifica cuatro ejes de rueda de este tipo en forma de 131, 132, 133 y 134 respectivamente. Por lo general, en la práctica, un vehículo ferroviario contiene un número sustancialmente mayor de ejes de ruedas. Tradicionalmente, cada bogie tiene dos ejes de rueda que llevan en total cuatro ruedas, y cada carrocería del vehículo ferroviario 100 incluye un bogie respectivo en los extremos delantero y trasero.

El vehículo ferroviario 100 también contiene un conjunto de unidades de freno 101, 102, 103 y 104 respectivamente configuradas para aplicar una fuerza de frenado respectiva a cada uno de los ejes de rueda 131, 132, 133 y 134. Por consiguiente, al operar las unidades de freno 101, 102, 103 y 104, el vehículo ferroviario 100 puede ser provocado a retardar/decelerar.

Haciendo referencia ahora a la Figura 5, el controlador 140 está configurado para obtener una señal de potencia P_m que indica la cantidad de potencia producida por un motor a bordo para acelerar el vehículo ferroviario 100 desde una primera velocidad v_1 hasta una segunda velocidad V_2 , por ejemplo, desde el reposo hasta 10 km/h. Por supuesto, sin embargo, de acuerdo con la invención, la señal de potencia P_m también puede ser recibida durante la aceleración entre cualquier otro par de niveles de velocidad. En cualquier caso, el controlador 140 está configurado para obtener una señal de velocidad que indique los valores respectivos de la primera y segunda velocidades V_1 y V_2 .

Basándose en la señal de potencia P_m y en los valores de las primer y segunda velocidades V_1 y V_2 , el controlador 140 está configurado para estimar un peso total m_{tot} del vehículo ferroviario 100.

Esto se puede hacer bajo la suposición de que cualquier pérdida en el motor y las pérdidas debidas al viento y la resistencia a la rodadura son despreciables, lo cual es básicamente cierto para velocidades bajas. Es decir, si es así, toda la potencia suministrada se convierte en energía cinética del vehículo ferroviario, es decir, $P \cdot t = W_k$, donde P es la potencia suministrada, t es el tiempo durante el cual se ha suministrado la potencia y W_k es la energía cinética resultante.

La energía cinética resultante W_k , a su vez, puede expresarse como:

$$W_k = m_{tot} \cdot V^2/2,$$

donde $V = V_2 - V_1$.

En otras palabras, el controlador 140 puede calcular el peso total m_{tot} del vehículo ferroviario 100 como:

$$m_{tot} = \frac{(V_2 - V_1)^2}{2Pt}$$

Haciendo referencia ahora también a la Figura 2, el controlador 140 está adicionalmente configurado para:

(a) obtener señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades de rotación respectivas ω_1 , ω_2 , ω_3 y ω_4 de los ejes de las ruedas 131, 132, 133 y 134 respectivamente,

(b) producir una señal de control de freno B1 a una unidad de freno específica 101 en el conjunto de unidades de freno de manera que esta unidad de freno 101 aplique una fuerza de frenado gradualmente creciente a un eje de rueda específico en el vehículo ferroviario 100, aquí ejemplificado por 131,

(c) determinar, repetidamente durante la producción de la señal de control de freno B1, una diferencia absoluta $|\omega_1 - \omega_a|$ entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico 131 y una velocidad de rotación promedio ω_a de todos los ejes de rueda 100 del vehículo ferroviario excepto el eje de rueda específico 131, y en respuesta a que la diferencia absoluta $|\omega_1 - \omega_a|$ exceda un valor umbral,

(d) determinar un parámetro μ_m que refleje un coeficiente de fricción μ_e entre un par de ruedas 121a y 121b respectivamente en el eje de rueda específico 131 y un par de rieles 181 y 182 sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario 100.

La Figura 3 muestra un gráfico que ilustra un ejemplo de cómo el coeficiente de fricción cinética μ_k puede expresarse como una función del deslizamiento de la rueda s , que aquí se entiende como un movimiento de deslizamiento de la rueda en relación con el riel. Sin embargo, técnicamente, el deslizamiento de la rueda s también puede expresar igualmente un movimiento de giro de la rueda en relación con el riel. En otras palabras, el deslizamiento de la rueda s es aplicable tanto a un escenario de retardo como a un escenario de aceleración.

Característicamente, para valores más bajos, el coeficiente de fricción cinética μ_k aumenta de manera relativamente proporcional con el aumento del deslizamiento de la rueda s . Al acercarse a un valor máximo μ_e , sin embargo, el coeficiente de fricción cinética μ_k se estabiliza en cierta medida. Después de haber pasado el valor máximo, el coeficiente de fricción cinética μ_k es esencialmente constante para todos los valores del deslizamiento de la rueda s . Por lo tanto, el valor pico del coeficiente de fricción μ_e está asociado con un deslizamiento óptimo de la rueda s , después del cual un aumento adicional del deslizamiento de la rueda s resulta en una reducción gradual, y luego casi constante, del coeficiente de fricción cinética μ_k .

De acuerdo con la invención, se determina un parámetro μ_m que refleja el coeficiente de fricción entre las ruedas del vehículo ferroviario 100 y los rieles 181 y 182 sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario 100. Idealmente, se debería derivar el valor pico μ_e . Por ejemplo, el valor pico μ_e puede derivarse de la siguiente manera. Cuando la diferencia absoluta $|\omega_1 - \omega_a|$ entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico 131 y una velocidad de rotación promedio ω_a de todos los ejes de rueda 100 del vehículo ferroviario excepto el eje de rueda específico 131 excede el valor umbral, esto corresponde a una situación en la que las ruedas 121a y 121b en el eje de rueda

específico 131 experimentan un deslizamiento de rueda s_m cerca del deslizamiento de rueda óptimo s_e . El coeficiente de fricción cinética μ_k se da por la expresión:

$$\mu_k = \frac{F}{m_{tot} \cdot g}$$

donde F es la fuerza aplicada por la unidad de freno,
 m_{tot} es el peso total del vehículo ferroviario 100, y
 g es la aceleración estándar debido a la gravedad.

Bajo la suposición de que el deslizamiento de la rueda s_m está cerca del deslizamiento óptimo de la rueda s_e , el valor pico μ_e del coeficiente de fricción cinética μ_k puede estimarse de manera relativamente precisa; y la proximidad del deslizamiento de la rueda s_m al deslizamiento óptimo de la rueda s_e se asegura mediante dicho valor umbral para la diferencia absoluta $|\omega_1 - \omega_a|$ entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico 131 y la velocidad de rotación promedio ω_a de todos los ejes de rueda 100 del vehículo ferroviario excepto el eje de rueda específico 131.

Finalmente, el controlador 140 está configurado para repetir los pasos (a) a (c) para cada eje de rueda 131, 132, 133 y 134 del vehículo ferroviario 100, y en base a esto estimar una fracción respectiva m_1, m_2, \dots, m_n del peso total m_{tot} transportado por cada uno de estos ejes de rueda.

Vale la pena mencionar que el eje de rueda específico mencionado anteriormente 131 no necesita ser un eje de rueda en particular, por ejemplo, un eje de rueda delantero o trasero del vehículo ferroviario 100. Por el contrario, el procedimiento anterior puede comenzar con un eje de rueda seleccionado arbitrariamente en el vehículo ferroviario 100.

Además, generalmente es ventajoso ejecutar el procedimiento anterior de acuerdo con un horario, fijo o dinámico, en el que cada eje de rueda en el vehículo ferroviario 100 alternativamente representa el eje de rueda específico o está incluido en el conjunto complementario, es decir, todos los ejes de rueda excepto el eje de rueda específico. La ejecución repetida del procedimiento es, no obstante, beneficiosa para permitir el ajuste de la funcionalidad de frenado en respuesta a cualquier cambio en el peso total m_{tot} y/o una redistribución del peso total m_{tot} sobre los ejes de las ruedas.

El controlador 140 puede estar configurado para producir señales de control B1, B2, B3 y B4 a las unidades de freno 101, 102, 103 y 104 respectivamente, de manera que una fuerza de frenado promedio aplicada a los ejes de las ruedas 132, 133 y 134, excepto los ejes de rueda específicos 131, se reduzca gradualmente cuando la fuerza de frenado aplicada al eje de rueda específico 131 aumenta gradualmente. En otras palabras, el frenado en los otros ejes de rueda 132, 133 y 134 compensa la fuerza algo excesiva aplicada al eje de rueda específico 131.

Preferentemente, esta compensación está temporalmente sincronizada. Esto significa que el controlador 140 está configurado para producir las señales de control B1, B2, B3 y B4 de tal manera que, en cada momento, la disminución gradual de la fuerza de frenado promedio aplicada a los ejes de las ruedas 132, 133 y 134, excepto los ejes de rueda específicos 131, corresponde al aumento gradual de la fuerza de frenado aplicada al eje de rueda específico 131. Es decir, de esta manera la fuerza de freno desviada aplicada al eje de rueda específico 131 es enmascarada por la desviación opuesta representada por la fuerza de freno aplicada a los ejes de rueda 132, 133 y 134 excepto los ejes de rueda específicos 131.

Haciendo referencia nuevamente a la Figura 2, vemos una unidad de freno 101 de acuerdo con una realización de la invención. La unidad de freno 101 está configurada para recibir las señales de control, por ejemplo, representando una orden de freno B1 del controlador 140, por ejemplo a través de un bus de datos 150. En respuesta a esto, la unidad de freno 101 está configurada para ejecutar una acción de frenado. La unidad de freno 101 puede contener un miembro rotativo 111, primer y segundo miembros de presión, aquí simbolizados por 211, un actuador de freno 220, un conjunto de engranajes (no mostrado) y un motor eléctrico 230. El miembro giratorio 111, que puede representarse por un disco de freno o un tambor de freno, está vinculado mecánicamente a al menos una rueda 121 del vehículo ferroviario 100. Específicamente, en respuesta a la orden de freno B1, el actuador de freno 220 está preferentemente configurado para producir una señal de fuerza de freno BF1 al motor eléctrico 230, el cual, a su vez, hace que el motor eléctrico 230 haga que los primer y segundo miembros de presión 211 se muevan en relación al miembro giratorio 111.

Debería señalarse que, de acuerdo con la invención, el motor eléctrico 230 puede ser reemplazado por un sistema de pistón y cilindro operado neumáticamente configurado para accionar los primer y segundo miembros de presión 211.

Además, para mejorar la eficiencia general, el bus de datos 150 puede, por supuesto, estar configurado para transmitir todas las señales de control B1, B2, B3 y B4 desde el controlador 140 a cada unidad de freno en el conjunto de unidades de freno 101, 102, 103 y/o 104.

Cada uno de los primeros y segundos miembros de presión 211 está configurado para moverse en relación con el miembro giratorio 111 para ejecutar la acción de freno. Por lo general, la acción de frenado implica aplicar una fuerza de freno particular en el miembro rotativo 111. Sin embargo, la acción de frenado también puede implicar reducir o liberar una fuerza de frenado ya aplicada.

5 Haciendo referencia ahora a las Figuras 4 y 5, según una realización de la invención, el controlador 140 contiene al menos una interfaz 511 y 512 configurada para recibir respectivamente las señales vectoriales VS1 y VS2. La primera señal vectorial VS1 expresa una aceleración a_x , a_y , a_z , a_R , a_P y/o a_W del vehículo ferroviario 100 en al menos una dimensión, por ejemplo, de forma lineal en una o más direcciones espaciales y/o rotaciones alrededor de una o más de estas direcciones. La segunda señal vectorial VS2 expresa un movimiento rotacional respectivo de las
10 ruedas 121a, 121b; 122a, 122b; 123a, 123b y 124a, 124b en cada uno de los ejes de las ruedas. Por consiguiente, dado que cada rueda está configurada para girar alrededor de uno respectivo de los ejes de las ruedas, el movimiento rotacional se realiza en un plano que es ortogonal a un respectivo eje de rotación del eje de la rueda.

15 El controlador 140 está configurado para obtener las señales de velocidad de las ruedas que indican las respectivas velocidades de rotación ω_1 , ω_2 , ω_3 y ω_4 en base a la primera y segunda señales vectoriales VS1 y VS2 mediante la aplicación de algoritmos de mecánica física conocidos en la técnica. Por supuesto, determinar la velocidad de rotación promedio ω_a es trivial una vez que se conoce cada una de las velocidades de rotación individuales ω_1 , ω_2 , ω_3 y ω_4 .

20 La Figura 4 ilustra esquemáticamente un primer acelerómetro 425 de acuerdo con una realización de la invención. El primer acelerómetro 425 está dispuesto en un elemento de bastidor 110 del vehículo ferroviario 100. El primer acelerómetro 425 está configurado para producir la primera señal vectorial VS1 que representa una aceleración del vehículo ferroviario 100 en al menos una dimensión, típicamente en cada una de las tres direcciones espaciales a_x , a_y y a_z y las respectivas rotaciones a_R , a_P y a_W alrededor de ejes a lo largo de cada una de estas direcciones.

25 Preferentemente, de acuerdo con una realización de la invención, la primera señal vectorial VS1 expresa además un ángulo de inclinación α del vehículo ferroviario 100 con respecto a un plano horizontal H. Aquí, el controlador 140 está configurado para ajustar la señal de potencia P_m que indica la cantidad de potencia producida por el motor a bordo y/o la señal de velocidad que indica la segunda velocidad V_2 en base al ángulo de inclinación α al estimar el peso total m_{tot} del vehículo ferroviario 100. Por consiguiente, la estimación del peso total m_{tot} puede ajustarse adecuadamente si el vehículo ferroviario 100 viaja sobre terreno no horizontal al obtener la señal de potencia P_m y la señal de velocidad, de manera que en una pendiente ascendente se descarte la parte de la potencia del motor que se convierte en energía potencial; y, por el contrario, en una pendiente descendente se descarte la parte de la
35 energía cinética que proviene de la energía potencial.

Naturalmente, por las mismas razones, también es preferible compensar el ángulo de inclinación α al ejecutar repetidamente los pasos anteriores (a) a (c) para estimar la fracción respectiva m_1 , m_2 , ..., m_n del peso total m_{tot} transportado por cada uno de los ejes de rueda 131, 132, 133 y 134 del vehículo ferroviario 100.

40 La Figura 2 ilustra un segundo acelerómetro 235 que está dispuesto excéntricamente con respecto a un eje de rotación de al menos una rueda, digamos 121. El segundo acelerómetro 235 está configurado para producir la segunda señal vectorial VS2 que expresa los movimientos del segundo acelerómetro 235 en un plano ortogonal al eje de rotación de al menos una rueda 121, y transmitir una señal que contiene la segunda señal vectorial VS2 al controlador 140.

45 La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del controlador 140 según una realización de la invención. El controlador 140 incluye circuitos de procesamiento en forma de al menos un procesador 530 y una unidad de memoria 520, es decir, una portadora de datos no volátil, que almacena un programa informático 525, que a su vez contiene software para hacer que el al menos un procesador 530 ejecute las acciones mencionadas en esta divulgación cuando el programa informático 525 se ejecuta en el al menos un procesador 530.

50 El controlador 140 contiene interfaces de entrada configuradas para recibir las la primera y segunda señales vectoriales VS1 y VS2 respectivamente, así como la señal de potencia P_m y la señal de velocidad que expresa las velocidades V_1 y V_2 respectivamente. Además, el controlador 140 contiene salidas configuradas para proporcionar a las señales de control B1, B2, B3 y B4 información sobre los pesos individuales de los ejes, como las respectivas fracciones m_1 , m_2 , ..., m_n del peso total m_{tot} . Como se mencionó anteriormente, una o más de las señales de entrada y/o salida pueden ser comunicadas a través del bus de datos 150.

55 De acuerdo con una realización de la invención, el controlador 140 está configurado para proporcionar las respectivas fracciones m_1 , m_2 , ..., m_n del peso total m_{tot} a cada controlador de freno 161, 162, 163 y 164 para permitir que los controladores de freno hagan que su actuador de freno asociado 220 produzca una señal de fuerza de freno BF1 apropiada respectiva. La señal de fuerza de frenado apropiada BF1 es aquí una señal de fuerza de frenado que se basa en la fracción respectiva m_1 del peso total m_{tot} aplicable al eje de la rueda en cuestión, por ejemplo, 131.

60

De acuerdo con una realización de la invención, el controlador 140 está ubicado en la misma ubicación que el controlador de frenado. Por lo tanto, por ejemplo, el controlador 140 puede estar integrado en el controlador de freno 161, o viceversa. Alternativamente, la funcionalidad del controlador 140 puede distribuirse en dos o más de los controladores de freno 161, 162, 163 y/o 164.

5 Para resumir, y haciendo referencia al diagrama de flujo en la Figura 6, describiremos ahora el procedimiento implementado por ordenador para un vehículo ferroviario que es llevado a cabo por el controlador 140.

10 En un primer paso 605, se obtienen señales que expresan la primera y segunda velocidades V_1 y V_2 y la cantidad de potencia producida por un motor a bordo del vehículo ferroviario 100 para acelerarlo desde la primera velocidad v_1 hasta la segunda velocidad V_2 .

15 En un paso 610 posteriormente, se obtiene una señal de velocidad, que indica una velocidad de rotación ω_1 de uno específico de los ejes de rueda del vehículo ferroviario 100, digamos 131.

20 En un paso 615, preferiblemente esencialmente paralelo al paso 610, se obtiene un valor promedio, que representa un promedio ω_a de las velocidades de rotación ω_2 , ω_3 y ω_4 de los ejes de rueda 132, 133 y 134 del vehículo ferroviario 100, excepto el eje de rueda específico 131.

25 En un paso 620 posterior al paso 610 y preferiblemente esencialmente paralelo al paso 615, se produce una señal de control de freno que está configurada para hacer que una unidad de freno aplique una fuerza de frenado aumentada al eje de rueda específico 131.

30 A continuación, un paso 625 verifica si una diferencia absoluta $|\omega_1 - \omega_a|$ entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico 131 y la velocidad de rotación promedio ω_a de los ejes de rueda excepto el eje de rueda específico supera un valor umbral. En tal caso, continúa al paso 630. De lo contrario, el procedimiento vuelve a los pasos 610 y 615.

35 En el paso 630, se determina un parámetro μ_m que refleja un coeficiente de fricción μ_e entre las ruedas 121a y 121b en el eje de rueda específico 131 y los rieles 181 y 182 sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario 100.

40 Posteriormente, en el paso 635 se verifica si se han probado todos los ejes de rueda 131, 132, 133 y 134 del vehículo ferroviario 100. En tal caso, el procedimiento finaliza. Si no, el procedimiento continúa hasta el paso 640 en el que se selecciona un eje de rueda aún no probado.

45 Entonces, en un paso 645, se obtiene una señal de velocidad, que indica una velocidad de rotación ω_1 del eje de la rueda seleccionada.

50 En un paso 650, preferiblemente esencialmente paralelo al paso 645, se obtiene un valor promedio, que representa un promedio de las velocidades de rotación ω_a de los ejes de rueda del vehículo ferroviario 100, excepto el eje de rueda seleccionado.

55 En un paso 655 posterior al paso 645 y preferiblemente esencialmente paralelo al paso 650, se produce una señal de control de freno que está configurada para hacer que una unidad de freno aplique una fuerza de frenado aumentada al eje de rueda seleccionado.

60 A continuación, un paso 660 verifica si una diferencia absoluta entre la velocidad de rotación del eje de la rueda seleccionada y la velocidad de rotación promedio ω_a de los ejes de las ruedas excepto el eje de la rueda seleccionada supera un valor umbral. En tal caso, continúa al paso 665. De lo contrario, el procedimiento vuelve a los pasos 645 y 650.

65 En el paso 665, se estima una fracción respectiva del peso total m_{tot} transportado por el eje de rueda seleccionado. A continuación, el procedimiento vuelve al paso 635. Se debe tener en cuenta que la fracción del peso total m_{tot} transportado por el primer eje de rueda puede determinarse como una fracción restante del peso total m_{tot} cuando las respectivas fracciones en todos los demás ejes de rueda hayan sido determinadas.

70 Todos los pasos del proceso, así como cualquier subsecuencia de pasos, descritos con referencia a la Figura 6, pueden ser controladas mediante un procesador programado. Además, aunque las realizaciones de la invención descritas anteriormente con referencia a las figuras comprenden un procesador y procesos realizados en al menos un procesador, la invención se extiende también a programas informáticos, en particular programas informáticos en o en una portadora, adaptados para poner en práctica la invención. El programa puede estar en forma de código fuente, código objeto, un código intermedio entre código fuente y objeto, como en forma parcialmente compilada, o en cualquier otra forma adecuada para su uso en la implementación del proceso de acuerdo con la invención. El programa puede formar parte de un sistema operativo o ser una aplicación independiente. La portadora puede ser cualquier entidad o dispositivo capaz de transportar el programa. Por ejemplo, la portadora puede comprender un medio de almacenamiento, como una memoria Flash, una ROM (Memoria de Solo Lectura), por ejemplo un DVD

(Disco Digital Versátil), un CD (Disco Compacto) o una ROM de semiconductores, un EPROM (Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable), un EEPROM (Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente), o un medio de grabación magnética, por ejemplo un disquete o disco duro. Además, la portadora puede ser una portadora transmisible como una señal eléctrica u óptica que puede ser transmitida a través de un cable eléctrico u óptico, o por radio u otros medios. Cuando el programa se incorpora en una señal, que puede ser transmitida directamente por un cable u otro dispositivo o medio, la portadora puede estar constituido por dicho cable o dispositivo o medio. Alternativamente, la portadora puede ser un circuito integrado en el que el programa esté incrustado, estando el circuito integrado adaptado para realizar, o para su uso en la realización de, los procesos relevantes.

El término "comprende/que comprende", cuando se utiliza en esta memoria descriptiva, se considera que especifica la presencia de las características, enteros, pasos o componentes indicados. El término no excluye la presencia o adición de uno o más elementos, características, enteros, pasos o componentes adicionales o grupos de los mismos. El artículo indefinido "un" o "una" no excluye la pluralidad. En las reivindicaciones, la palabra "o" no debe interpretarse como un "o" exclusivo (a veces denominado como "XOR"). Por el contrario, expresiones como "A o B" abarcan todos los casos de "A y no B", "B y no A" y "A y B", a menos que se indique lo contrario. El simple hecho de que ciertas medidas se mencionen en reivindicaciones dependientes mutuamente diferentes no indica que una combinación de estas medidas no pueda ser utilizada en beneficio. Cualquier signo de referencia en las reivindicaciones no debe interpretarse como limitante del ámbito.

Las variaciones a las realizaciones divulgadas pueden ser comprendidas y llevadas a cabo por los expertos en la técnica al practicar la invención reivindicada, a partir de un estudio de las figuras, la descripción de la invención y las reivindicaciones adjuntas.

La invención no está limitada a las realizaciones descritas en las figuras, sino que puede variarse libremente dentro del ámbito de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un controlador (140) para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario (100) que comprende una serie de ejes de rueda (131, 132, 133, 134) y un conjunto de unidades de freno (101, 102, 103, 104) configuradas para aplicar una fuerza de frenado respectiva a cada uno de los ejes de rueda (131, 132, 133, 134) para provocar la desaceleración del vehículo ferroviario (100), cuyo controlador (140) está configurado para obtener:
- una señal de potencia (P_m) que indica la cantidad de potencia producida por un motor a bordo para acelerar el vehículo ferroviario (100) desde una primera velocidad (V_1) hasta una segunda velocidad (V_2),
 - una señal de velocidad que indica los valores respectivos de la primera y segunda velocidades (V_1 , V_2),
- y en base a esto estimar un peso total (m_{tot}) del vehículo ferroviario (100), caracterizado porque el controlador (140) está además configurado para:
- (a) obtener señales de velocidad de rueda que indiquen las velocidades de rotación respectivas (ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4) de los ejes de las ruedas (131, 132, 133, 134),
 - (b) producir una señal de control de freno (B1) a una unidad de freno específica (101) en el conjunto de unidades de freno de manera que esta unidad de freno aplique una fuerza de frenado gradualmente creciente a un eje de rueda específico (131) de dichos ejes de rueda,
 - (c) determinar, repetidamente durante la producción de la señal de control de freno (B1), una diferencia absoluta ($|\omega_1 - \omega_a|$) entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico (131) y una velocidad de rotación promedio (ω_a) de dichos ejes de rueda excepto el eje de rueda específico; y en respuesta a que la diferencia absoluta exceda un valor umbral
 - (d) determinar un parámetro (μ_m) que refleje un coeficiente de fricción (μ_e) entre un par de ruedas (121a, 121b) en el eje de rueda específico (131) y un par de rieles (181, 182) sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario (100),
- repetir los pasos (a) a (c) para cada uno de dichos ejes, y en base a esto estimar una fracción respectiva (m_1 , m_2 , m_n) del peso total (m_{tot}) transportado por cada uno de dichos ejes.
2. El controlador (140) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al menos una interfaz (511, 512) configurada para recibir la primera y segunda señales vectoriales (VS1, VS2), en el que
- la primera señal vectorial (VS1) expresa una aceleración (a_x , a_y , a_z , a_R , a_P , a_W) del vehículo ferroviario (100) en al menos una dimensión, y
 - la segunda señal vectorial (VS2) expresa un movimiento rotacional respectivo de las ruedas (121a, 121b; 122a, 122b; 123a, 123b; 124a, 124b) en cada eje de rueda de dichos ejes de rueda (131, 132, 133, 134), cuyo movimiento rotacional se realiza en un plano ortogonal a un eje de rotación respectivo del eje de rueda, y en el que el controlador (140) está configurado para obtener las señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades rotacionales respectivas (ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4) en base a la primera y segunda señales vectoriales (VS1, VS2).
3. El controlador (140) de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la primera señal vectorial (VS1) expresa además un ángulo de inclinación (α) del vehículo ferroviario (100) con respecto a un plano horizontal (H), y el controlador (140) está configurado para ajustar al menos una de la señal de potencia (P_m) que indica la cantidad de potencia producida por el motor a bordo y la señal de velocidad que indica la segunda velocidad (V_2) en base al ángulo de inclinación (α) al estimar el peso total (m_{tot}) del vehículo ferroviario (100).
4. El controlador (140) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador (140) está configurado para proporcionar las fracciones respectivas (m_1 , m_2 , m_n) del peso total (m_{tot}) a un controlador de freno para permitir al controlador de freno producir una señal de fuerza de freno respectiva (BF1) a cada unidad de freno (101) en el conjunto de unidades de freno (101, 102, 103, 104), cuya señal de fuerza de freno respectiva (BF1) se basa en las fracciones respectivas (m_1 , m_2 , m_n) del peso total (m_{tot}).
5. El controlador (140) de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el controlador (140) está ubicado en la misma ubicación que el controlador de frenado (161, 162, 163, 164).
6. El controlador (140) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el controlador (140) está configurado para transmitir la señal de control de freno (B1, B2, B3, B4) a través de un bus de datos (150) en el vehículo ferroviario (100).
7. Un procedimiento implementado por ordenador para estimar los pesos individuales de los ejes de un vehículo ferroviario (100) que comprende una serie de ejes de rueda (131, 132, 133, 134) y un conjunto de unidades de freno (101, 102, 103, 104) configuradas para aplicar una fuerza de frenado respectiva a cada uno de los ejes de rueda (131, 132, 133, 134) para provocar la desaceleración del vehículo ferroviario (100), cuyo procedimiento se realiza en al menos un procesador (530) y comprende:
- obtener una señal de potencia (P_m) que indica una cantidad de potencia producida por un motor a bordo para acelerar el vehículo ferroviario (100) desde una primera velocidad (V_1) hasta una segunda velocidad (V_2),
 - obtener una señal de velocidad que indica valores respectivos de la primera y segunda velocidades (V_1 , V_2), y en base a esto
 - estimar un peso total (m_{tot}) del vehículo ferroviario (100), caracterizado por:
- (a) obtener señales de velocidad de rueda que indican las velocidades de rotación respectivas (ω_1 , ω_2 , ω_3 , ω_4) de los ejes de las ruedas (131, 132, 133, 134),

(b) producir una señal de control de freno (B1) a una unidad de freno específica (101) en el conjunto de unidades de freno de manera que esta unidad de freno aplique una fuerza de frenado gradualmente creciente a un eje de rueda específico (131) de dichos ejes de rueda.

(c) determinar, repetidamente durante la producción de la señal de control de freno (B1), una diferencia absoluta ($|\omega_1 - \omega_a|$) entre la velocidad de rotación del eje de rueda específico (131) y una velocidad de rotación promedio (ω_a) de dichos ejes de rueda excepto el eje de rueda específico; y en respuesta a que la diferencia absoluta exceda un valor umbral

(d) determinar un parámetro (μ_m) que refleje un coeficiente de fricción (μ_e) entre un par de ruedas (121a, 121b) en el eje de rueda específico (131) y un par de rieles (181, 182) sobre los cuales viaja el vehículo ferroviario (100),

repetir los pasos (a) a (c) para cada uno de dichos ejes de rueda, y en base a esto

estimar una fracción respectiva (m_1, m_2, m_n) del peso total (m_{tot}) transportado por cada uno de los ejes de las ruedas.

8. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 7, que comprende:

recibir la primera y segunda señales vectoriales (VS1, VS2) a través de al menos una interfaz (511, 512), cuya primera señal vectorial (VS1) expresa una aceleración ($a_x, a_y, a_z, a_R, a_P, a_W$) del vehículo ferroviario (100) en al menos una dimensión, y cuya segunda señal vectorial (VS2) expresa un movimiento rotacional respectivo de las ruedas (121a, 121b; 122a, 122b; 123a, 123b; 124a, 124b) en cada eje de rueda de dichos ejes de rueda (131, 132, 133, 134), cuyo movimiento rotacional se realiza en un plano ortogonal a un respectivo eje de rotación del eje de rueda, y

obtener las señales de velocidad de las ruedas que indican las velocidades de rotación respectivas ($\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$) en base a la primera y segunda señales vectoriales (VS1, VS2).

9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la primera señal vectorial (VS1) además expresa un ángulo de inclinación (α) del vehículo ferroviario (100) con respecto a un plano horizontal (H), y el procedimiento comprende:

ajustar al menos una de la señal de potencia (P_m) que indica la cantidad de potencia producida por el motor a bordo y la señal de velocidad que indica la segunda velocidad (V_2) en base al ángulo de inclinación (α) al estimar el peso total (m_{tot}) del vehículo ferroviario (100).

10. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, que además comprende:

proporcionar las fracciones respectivas (m_1, m_2, m_n) del peso total (m_{tot}) a un controlador de frenado para permitir al controlador de frenado producir una señal de fuerza de frenado respectiva (BF1) a cada unidad de freno (101) en el conjunto de unidades de freno (101, 102, 103, 104), cuya señal de fuerza de frenado respectiva (BF1) se basa en las respectivas

fracciones (m_1, m_2, m_n) del peso total (m_{tot}).

11. El procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, que comprende:

transmitir la señal de control de freno (B1, B2, B3, B4) a través de un bus de datos (150) en el vehículo ferroviario (100).

12. Un programa informático (525) que puede cargarse en una portadora de datos no volátil (520) conectada de forma comunicativa a al menos un procesador (530), el programa informático (525) que comprende software para ejecutar el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11 cuando el programa informático (525) se ejecuta en el al menos un procesador (530).

13. Una portadora de datos no volátil (520) que contiene el programa informático (425) de la reivindicación 12.

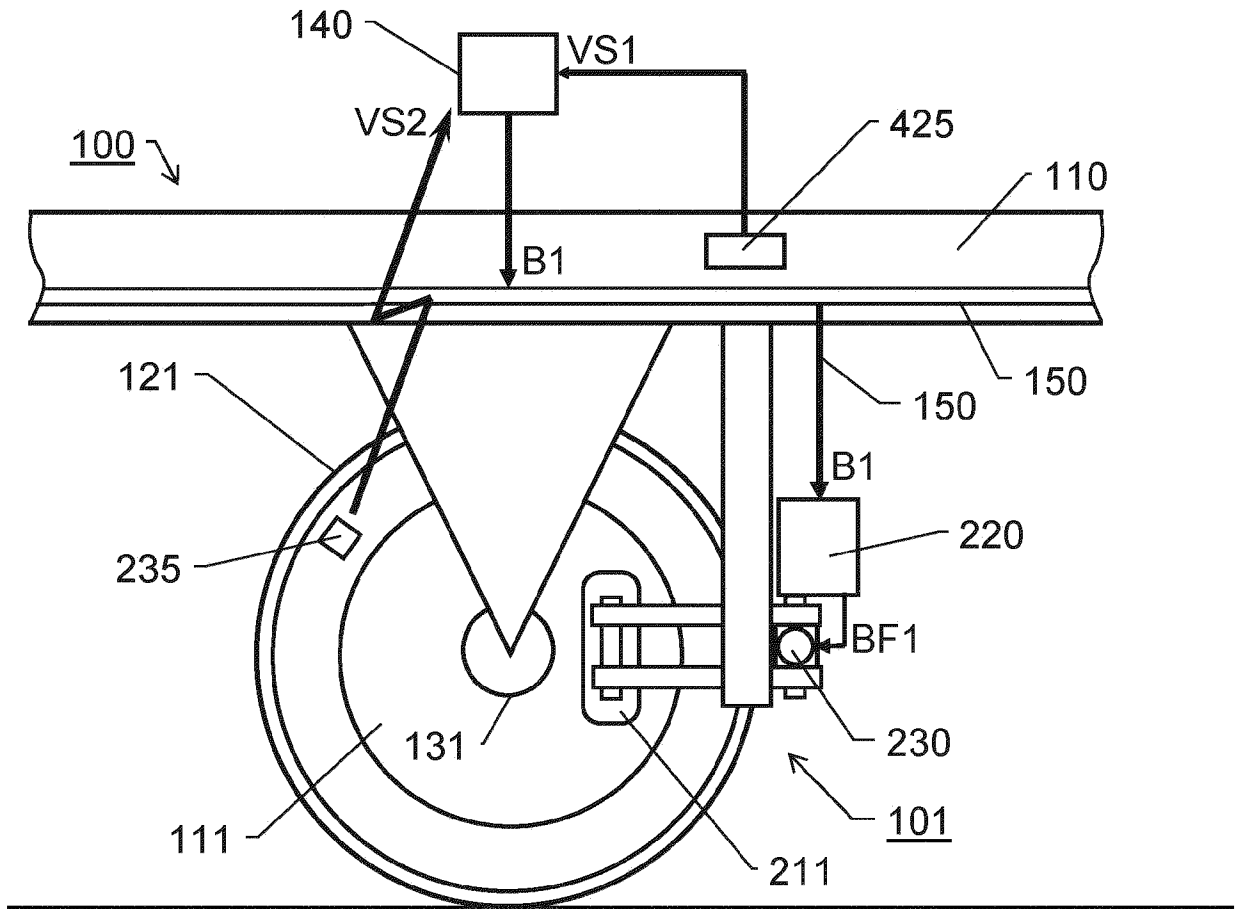


Figura 2

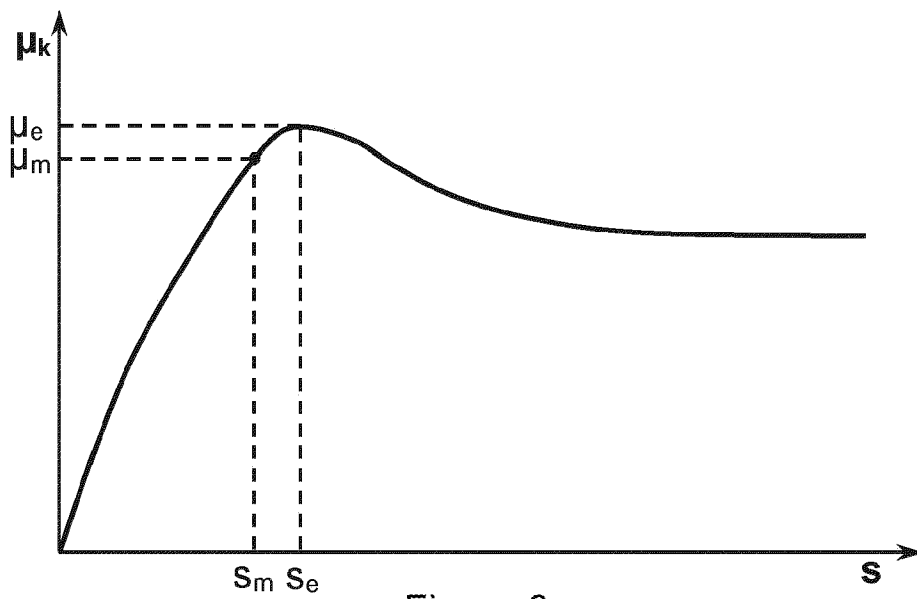


Figura 3

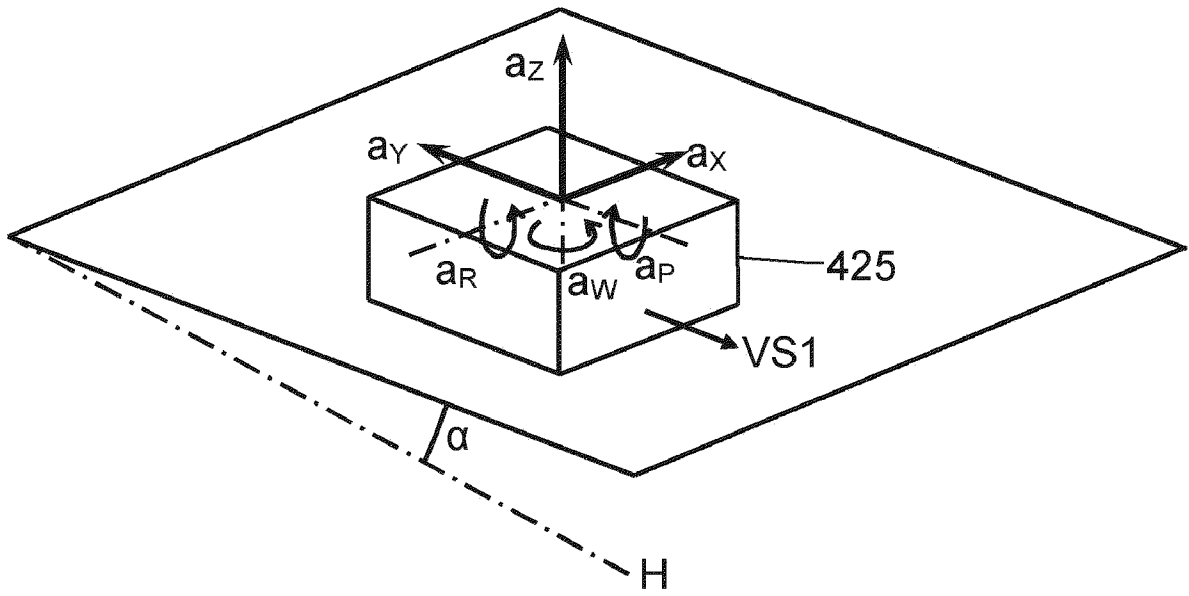


Figura 4

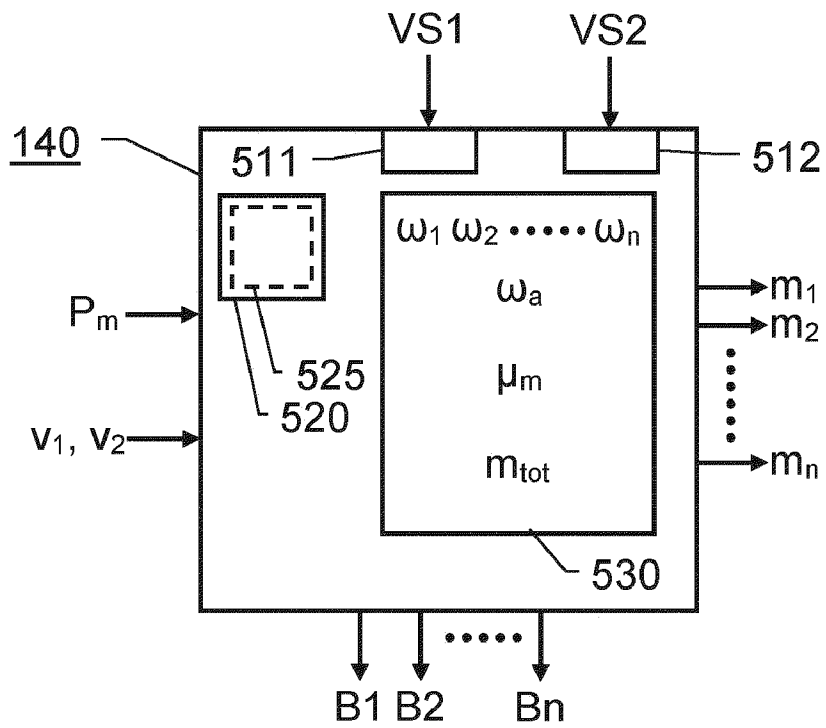


Figura 5

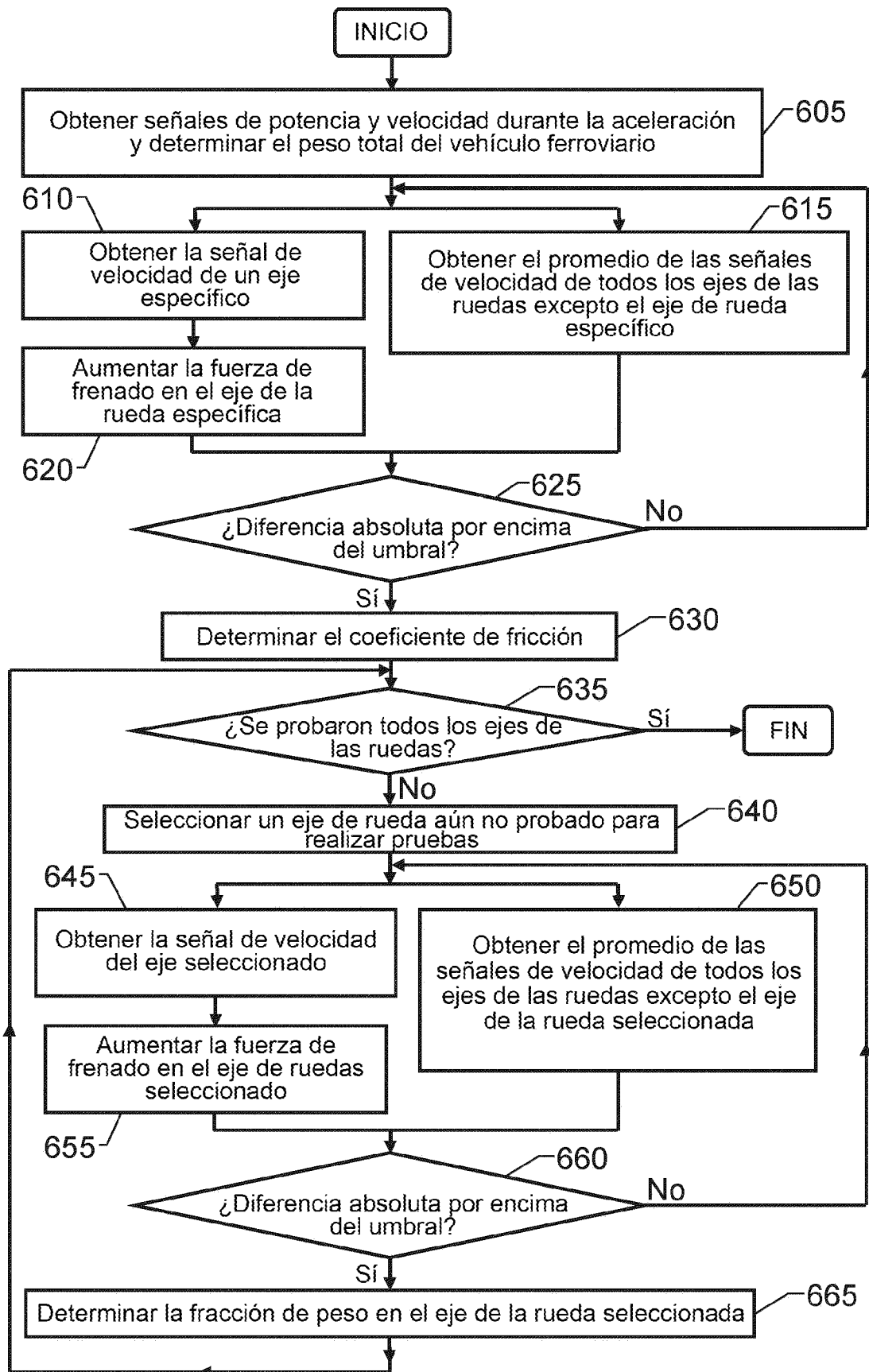


Figura 6