

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 759 345**

51 Int. Cl.:

B62D 12/02	(2006.01)	B60D 1/48	(2006.01)
B60D 1/30	(2006.01)	B62D 47/00	(2006.01)
B62D 13/00	(2006.01)		
B62D 47/02	(2006.01)		
B60K 7/00	(2006.01)		
B60D 1/42	(2006.01)		
B60D 1/62	(2006.01)		
B60W 10/08	(2006.01)		
B60W 10/30	(2006.01)		
B60W 30/045	(2012.01)		

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.08.2016 PCT/FR2016/052162**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **09.03.2017 WO17037387**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.08.2016 E 16766027 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3344518**

54 Título: **Método de control de un convoy de vehículos a motor por carretera y un convoy de vehículos a motor por carretera**

30 Prioridad:

01.09.2015 FR 1558112

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
08.05.2020

73 Titular/es:

**COMMISSARIAT À L'ÉNERGIE ATOMIQUE ET
AUX ÉNERGIES ALTERNATIVES (100.0%)
Bâtiment "Le Ponant D", 25 rue Leblanc
75015 Paris, FR**

72 Inventor/es:

**CERVANTES, VALERY y
LABORDE, JÉRÔME**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 759 345 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

Método de control de un convoy de vehículos a motor por carretera y un convoy de vehículos a motor por carretera

5 La invención se refiere a un método para controlar un convoy de vehículos a motor por carretera. La invención también se refiere a un medio de registro de información para la puesta en práctica de este método de control. La invención por último se refiere a un convoy de vehículos a motor por carretera controlable.

10 Se conocen convoyes de vehículos a motor por carretera que están formados por una pluralidad de vehículos acoplados entre sí y capaces de desplazarse en rotación en bucle unos con respecto a los otros. En particular, se conocen los trenes de carretera o los sistemas de transporte urbano, tal como los autobuses poli-articulados. Un problema con dichos convoyes es que pueden presentar un movimiento de balanceo ("sway" en inglés) no controlado cuando circulan. Este balanceo produce oscilaciones laterales, es decir, perpendiculares a la dirección de movimiento del convoy. Dicho balanceo puede, por un lado, causar una pérdida de control del vehículo, y por otro lado es peligroso para otros vehículos y debe evitarse.

15 Un frenado disipativo es un frenado donde la energía cinética de las ruedas se convierte en calor. Suele tratarse de un frenado con pastillas de freno.

20 El uso del accionador, además de los frenos, tiene la ventaja de limitar la amplitud del par de frenado a ejercer sobre las ruedas para amortiguar el movimiento de balanceo. De hecho, este método de control distribuye el esfuerzo para estabilizar el convoy entre las ruedas frenadas y el accionador controlable de la articulación controlada en coherencia con las ruedas. Por lo tanto, la puesta en práctica repetida del método de control de la solicitud de patente US-4688818-A1 hace posible amortiguar el movimiento de balanceo mientras se ralentiza el convoy en menor medida que si solamente se usaran los frenos para amortiguar este movimiento de balanceo. Ello permite también limitar los riesgos de pérdida de adherencia de una rueda puesto que el par de frenado es menor. Sin embargo, dado que la puesta en práctica del método de control de la solicitud de patente US-4688818-A1 ralentiza el convoy, no puede ponerse en práctica de manera permanente y debe sólo utilizarse de manera ocasional. De manera habitual, este método se pone en práctica solamente si la amplitud del movimiento de balanceo excede un umbral predeterminado. Por lo tanto, el conductor del convoy debe admitir un movimiento débil de balanceo, es decir, un movimiento de balanceo cuya amplitud permanezca inferior a este umbral predeterminado.

El estado de la técnica también se conoce por:

- 35 - US2013/079980A1, y
- US2015/051795A1.

40 Por lo tanto, existe la necesidad de un método de control de un convoy de vehículos a motor que permita amortiguar el movimiento de balanceo mientras se ralentiza aún menos el convoy.

Por lo tanto, la invención se refiere a un método para controlar un convoy de vehículos a motor por carretera de conformidad con la reivindicación 1.

45 El control de las máquinas eléctricas de las ruedas primera y segunda de un tren de ruedas para acelerar la primera rueda sin frenar las segundas ruedas de este tren, permite crear un par en la articulación sin frenar las ruedas. Por lo tanto, el método de control reivindicado hace posible amortiguar el movimiento de balanceo de manera tan efectiva como el método de control de US-4688818-A1 al mismo tiempo que frena el convoy durante la puesta en práctica de este método. Por lo tanto, es posible poner en práctica de manera permanente el método de control reivindicado sin que ello conduzca a ralentizar de forma continua este convoy.

Las formas de realización de la invención pueden presentar, además, las siguientes ventajas:

- 55 - En el método reivindicado, la ausencia de frenado de las ruedas del convoy elimina el riesgo de bloqueo de una o más de estas ruedas. El riesgo de pérdida de adherencia de una rueda también es limitado. Por último, el método de control se simplifica.

60 Según otro aspecto, la invención también se refiere a un medio de registro de información que comprende instrucciones para la puesta en práctica de las etapas a) y b) del método reivindicado cuando estas instrucciones son ejecutadas por un ordenador electrónico.

Según otro aspecto, la invención también se refiere a un convoy de transporte por carretera de conformidad con la reivindicación 11.

65 La invención se comprenderá mejor con la lectura de la descripción proporcionada a continuación, dada únicamente a modo de ejemplo no limitativo y con referencia a los dibujos en los que:

- la Figura 1A es una ilustración esquemática de un convoy de vehículos a motor por carretera según una vista lateral;
- 5 - la Figura 1B es una ilustración esquemática del convoy de la Figura 1A según una vista superior simplificada;
- la Figura 2 es una ilustración esquemática de un vehículo del convoy de la Figura 1A;
- 10 - la Figura 3 es un diagrama de flujo de un método de control del convoy de la Figura 1A;
- la Figura 4 es una ilustración de la evolución en el tiempo de un ángulo de dirección de un vehículo de cabeza del convoy de la Figura 1A en respuesta a una orden de un usuario de ese vehículo;
- 15 - las Figuras 5 y 7 son ilustraciones de la evolución en el tiempo de un ángulo de articulación de un vehículo seguidor del convoy de la Figura 1A, en respuesta a la dirección ilustrada en la Figura 4, respectivamente, sin y con aplicación del método de la Figura 3;
- la Figura 6 es un ejemplo de una señal de control proporcionada por un dispositivo de control del convoy de la Figura 1B para limitar las oscilaciones del ángulo de articulación visibles en la Figura 5;
- 20 - la Figura 8 es una ilustración de otra forma de realización del convoy de las Figuras 1A y 1B;
- la Figura 9 es un diagrama de flujo de otra forma de realización del método de la Figura 3.

25 En estas figuras, se utilizan las mismas referencias para designar los mismos elementos.

En la siguiente descripción, las características y funciones bien conocidas por los expertos en esta técnica no se describen en detalle.

30 Las Figuras 1A y 1B muestran esquemáticamente un ejemplo de un convoy por carretera 2. Este convoy 2 comprende:

- 35 - un vehículo de cabeza 4, ubicado en la cabeza del convoy 2, y
- una pluralidad de vehículos, denominados vehículos seguidores, acoplados dos a dos uno tras otro en la parte trasera del vehículo 4. Uno de estos vehículos seguidores está acoplado directamente a la parte trasera del vehículo 4.

40 El convoy 2 y el vehículo 4 son similares a los descritos en la solicitud de patente WO2014/135310. Por lo tanto, posteriormente, solamente se describen en detalle los detalles técnicos necesarios para comprender la invención. Para simplificar, el convoy 2 comprende solamente tres vehículos: el vehículo 4 y dos vehículos seguidores acoplados uno detrás del otro y a la parte trasera del vehículo 4, tal como se describirá con más detalle a continuación. Estos vehículos seguidores llevan las referencias numéricas, respectivamente, 6 y 8. Los vehículos 6 y 8 son, en este caso, idénticos al vehículo 4. Además, solamente se describirá en detalle este último.

45 El convoy 2 puede desplazarse a lo largo de un plano de rodadura 9. El plano 9 se define como siendo el plano que pasa a través de las superficies de contacto entre las ruedas del vehículo 4 y la carretera en la que circula este vehículo. El plano 9 es, en este caso, horizontal.

50 La Figura 2 muestra con más detalle el vehículo 4. El vehículo 4 comprende en este caso:

- un bastidor que tiene partes de bastidor delantero 10 y trasero 12;
- 55 - una articulación 14 entre las partes 10 y 12;
- trenes de ruedas delanteras 16 y traseras 18, fijadas respectivamente en las partes 10 y 12;
- un dispositivo 20 para controlar la articulación 14.

60 En la Figura 2, se muestra el dispositivo 20 y varios otros dispositivos de control, para mejorar la legibilidad de la figura, ya que es como estando situados en un lado del vehículo 4. Sin embargo, en realidad, no es así y el dispositivo 20 así como todos los demás dispositivos de control están alojados dentro del vehículo 4.

65 El tren 16 comprende una rueda izquierda 30 y una rueda derecha 32, alineadas entre sí alrededor de un eje transversal 34. Las ruedas 30 y 32 pueden desplazarse en rotación alrededor de un eje de rotación de esta rueda.

ES 2 759 345 T3

Las ruedas 30 y 32 suelen estar alineadas perpendicularmente al eje 34 cuando no están giradas. Sus respectivos ejes de rotación están, en este caso, alineados con este eje 34. El eje 34 es, en este caso, solidario sin grado de libertad de la parte 10.

5 En este caso, la parte 10 comprende un dispositivo de dirección ("steering" en inglés) de las ruedas 30 y 32. Para simplificar la Figura 2, este dispositivo de dirección no está dibujado. Este dispositivo de dirección es controlable por un conductor del vehículo 4 para cambiar el ángulo de dirección φ de las ruedas 30 y 32 con el fin de dirigir el vehículo 4. A modo de ejemplo, este dispositivo de dirección es el descrito en la solicitud internacional WO2014/135310 con referencia en la Figura 10.

10 El ángulo de dirección φ se define, en este caso, como el ángulo agudo entre el plano vertical perpendicular al eje de rodadura de esta rueda y el plano vertical que contiene un eje longitudinal de la parte 10.

15 El eje longitudinal de la parte 10 se define como siendo un eje solidario sin grado de libertad de la parte 10 y que está alineado con el eje longitudinal del vehículo 4 cuando las partes 10 y 12 están alineadas entre sí y que las ruedas 30, 32 no son objeto de conducción. El eje longitudinal de la parte 10 es, en este caso, un eje paralelo al plano de rodadura 9, perpendicular al eje 34 y que pasa a través del centro geométrico de este eje 34. El centro geométrico del eje 34 se encuentra, en este caso, en equidistancia de los centros respectivos de las ruedas 30, 32. El eje de rotación respectivo de cada una de estas ruedas 30, 32 pasa a través del centro de esta rueda.

20 Cada rueda 30, 32 comprende una máquina eléctrica controlable capaz de funcionar como un motor y, de manera alternativa, como un generador. Cuando funciona como motor, impulsa esta rueda en rotación para impulsar el vehículo 4. Las máquinas de las ruedas 30 y 32 tienen respectivamente las referencias 36 y 38. A modo de ejemplo, las máquinas 36 y 38 son ruedas motrices integradas dentro de los respectivos cubos de las ruedas 30, 32. Estas son, a modo de ejemplo, máquinas eléctricas de corriente continua, tales como máquinas de colector con excitación en serie. Cada máquina 36, 38 puede proporcionar, en este caso, una potencia mayor o igual a 2kW o 7,5kW o 15kW.

30 Las máquinas 36 y 38 pueden proporcionar, cada una, una fuerza de frenado regenerativo (también denominado frenado de recuperación) cuando funcionan como generador y el vehículo 4 se desplaza. Por lo tanto, cada máquina 36, 38 está adaptada, en respuesta a una señal de control, para convertir en energía eléctrica una parte de la energía cinética rotacional de la rueda respectiva a la que pertenece. Esto ralentiza la rotación de la rueda y frena el vehículo 4.

35 A modo de ejemplo, en una máquina eléctrica de corriente continua y con excitación en serie, el frenado regenerativo se obtiene modificando la tensión eléctrica inducida en la máquina para que la corriente eléctrica inducida y, por lo tanto, la dirección de transferencia de potencia, cambie de sentido.

40 Las máquinas 36, 38 están conectadas a un circuito de control 37 del vehículo 4 que controla el funcionamiento de estas máquinas con independencia mutua entre sí. A modo de ejemplo, el circuito 37 incluye reóstatos controlables que controlan la corriente de excitación de las máquinas 36 y 38 con independencia mutua entre sí. En este caso, el circuito 37 puede controlar las máquinas 36, 38 para que las ruedas 30, 32 giren a diferentes velocidades y, en particular, para ejercer el frenado regenerativo. Para simplificar la Figura 2, no se muestra la conexión de las máquinas al circuito 37.

45 En este caso, cada una de las máquinas 36, 38 también está conectada eléctricamente a un circuito de potencia 39 del vehículo 4 capaz de suministrar energía eléctrica para alimentar esta máquina. Este circuito 39 comprende, a modo de ejemplo, un dispositivo de almacenamiento de energía eléctrica, tal como una batería de acumuladores eléctricos recargables. En particular, este circuito 39 puede recoger y almacenar la energía generada por cualquiera de las máquinas 36, 38 durante un frenado regenerativo de las ruedas 30 y/o 32.

50 En una realización ventajosa, el tren 16 también comprende frenos mecánicos controlables para frenar las ruedas 30 y 32. Estos frenos mecánicos ejercen, cuando son controlados para este propósito, por ejemplo, por un usuario del vehículo 4, un frenado disipativo en una rueda disipando, bajo la forma de energía térmica, al menos una parte de la energía cinética rotacional de esta rueda. A modo de ejemplo, son frenos de tambor o frenos de mandíbula o frenos de disco.

55 El tren 18 comprende las ruedas izquierda 40 y derecha 42 alineadas en un eje transversal 44. El tren 18 es, en este caso, idéntico al tren 16, excepto que las ruedas 40 y 42 no pueden ser objeto de conducción. Las máquinas eléctricas de las ruedas 40 y 42, respectivamente, llevan las referencias numéricas 46 y 48. Las máquinas 46 y 48 también están conectadas a los circuitos 37 y 39.

60 La articulación 14 permite un movimiento rotacional de las partes 10 y 12 entre sí alrededor de un eje 19 de rotación perpendicular al plano 9. En este caso, el eje 19 es vertical. A modo de ejemplo, la articulación 14 comprende una enlace de pivote 15 que conecta mecánicamente las partes 10 y 12 y que tiene como eje de rotación el eje 19. A modo de ejemplo, la articulación 14 es la descrita en la solicitud internacional WO2014/135310.

65

La articulación 14 comprende, además, un accionador controlable 50. El accionador 50 conecta mecánicamente las partes 10 y 12 entre sí. Este accionador 50 puede bloquear la articulación 14 y frenar la rotación entre sí de las partes 10 y 12 alrededor del eje 19. En particular, el accionador 50 puede ejercer el denominado momento mecánico de frenado ajustable, alrededor del eje 19, en respuesta a una señal de control emitida, en este caso, por el dispositivo 20. Por el contrario, el accionador 50 no puede desplazar las partes 10 y 12 entre sí.

A modo de ejemplo, el accionador 50 es un cilindro hidráulico con coeficiente de amortiguación variable, ajustable según una señal de control. Este cilindro comprende, en este caso, un depósito de un fluido tal como aceite, en donde un pistón está montado de forma deslizante. Este pistón separa, de manera conocida, el depósito en dos partes. Estas dos partes están conectadas de manera fluida entre sí por un conducto en donde se encuentra un limitador de flujo variable, tal como una electroválvula. A modo de ejemplo, esta electroválvula comprende dos válvulas de presión proporcional ("proportional pressure relief valve" en inglés) montadas en direcciones opuestas con calibradores de retención. Este reductor es controlable para modificar este flujo, que modifica el coeficiente de amortiguación del cilindro. Por lo tanto, este dispositivo es mucho más simple que el dispositivo activo que implica la puesta en práctica de una bomba hidráulica descrita en la patente US4688818.

Por lo tanto, una fuerza ejercida sobre el pistón puede ser selectivamente más o menos atenuada dependiendo del valor del coeficiente de amortiguación elegido. En este caso, el accionador 50 sirve para atenuar el movimiento de oscilación de las partes 10 y 12. Por lo tanto, el uso del accionador 50 consume muy poca energía eléctrica. En este caso, la energía consumida por el accionador 50 sirve solamente para ajustar los coeficientes de fricción.

En este caso, la articulación 14 comprende, además, un sensor de ángulo 52 que puede medir el ángulo de la articulación, referenciado θ , entre las partes 10 y 12. A modo de ejemplo, este ángulo θ se define como el más pequeño ángulo orientado, medido en un plano paralelo al plano 9, entre los ejes longitudinales de las partes 10 y 12. El sentido positivo de orientación de este ángulo θ se ilustra, en este caso, con la flecha 53. En el ejemplo de la Figura 2, el ángulo θ tiene un valor positivo.

Este sensor 52 está conectado, en este caso, a una interfaz de recogida de datos del dispositivo 20.

El dispositivo 20 es, en particular, adecuado para medir una oscilación del ángulo θ alrededor de un punto de ajuste θ_0 del ángulo de articulación gracias a los datos proporcionados por el sensor 52. En respuesta, el dispositivo 20 controla el accionador 50 de modo que ejerza sobre la articulación 14 un momento mecánico en oposición con respecto a las oscilaciones medidas para amortiguar estas mismas oscilaciones.

A modo de ejemplo, el dispositivo 20 comprende:

- un medio de registro de información 60;
- una calculadora electrónica programable 62;
- una interfaz de intercambio de datos 64.

El soporte 60 incluye las instrucciones para ejecutar el método de la Figura 3. La calculadora 62 efectúa la lectura y ejecuta las instrucciones registradas en el soporte 60. La interfaz 64 permite intercambiar y transferir datos, por ejemplo, procedentes del sensor 52. Por ejemplo, la calculadora 62 es un microprocesador de la familia 8086 de la compañía INTEL®.

Además, para ejercer el momento mecánico de frenado, el dispositivo 20 puede controlar al menos una de las máquinas 36, 38, 46 y 48 conjuntamente con la orden del accionador 50, para aumentar la velocidad de rotación de una u otra de las ruedas 30, 32, 40 y 42. A modo de ejemplo, el dispositivo 20 está conectado al circuito 37 para generar una señal de control de las máquinas 36, 38, 46 y 48.

En una realización ventajosa, el dispositivo 20 está programado, además, para cuando detecta que el vehículo 4 está a la cabeza del convoy 2, controlar el accionador 50 para que bloquee la articulación 14 en un ángulo θ igual a 0° , y dejar al conductor del vehículo 4 libre para accionar el dispositivo de dirección de este vehículo 4. Las partes 10 y 12 están entonces alineadas entre sí en sentido longitudinal y no pueden pivotar una con respecto a la otra alrededor del eje 19. Por el contrario, si el dispositivo 20 detecta que el vehículo al que pertenece no está a la cabeza del convoy, entonces controla el accionador 50 para no bloquear la articulación 14 y deja esta articulación libre para aplicar el momento mecánico en rotación.

En este caso, el vehículo 4 comprende, además, acoplamientos delanteros y traseros 70 y 72. Cada acoplamiento 70, 72 se puede desplazar en alternancia entre posiciones acopladas y desacopladas, por ejemplo, en respuesta a una señal de control de un usuario del convoy 2. El acoplamiento 70 puede cooperar con un acoplamiento trasero, a modo de ejemplo, idéntico al acoplamiento 72, instalado en la parte trasera de otro vehículo. Para este propósito, los

ES 2 759 345 T3

acoplamientos 70 y 72 presentan formas complementarias entre sí. En este caso, los acoplamientos 70 y 72 están fijados, respectivamente, a las partes 10 y 12 sin un grado de libertad en la rotación en bucle.

5 Por rotación en bucle, se designa, en este caso, un movimiento rotacional solamente alrededor de un eje perpendicular al plano 9.

A modo de ejemplo, los acoplamientos 70 y 72 son los descritos en la solicitud internacional de patente WO2014/135310.

10 En este caso, los vehículos 4, 6 y 8 se acoplan en pares por medio de los acoplamientos 70 y 72 provistos por estos vehículos respectivos. A modo de ejemplo, el vehículo 6 está unido a la parte trasera del vehículo 4 por medio de los acoplamientos 72 y 70 de los vehículos, respectivamente, 4 y 6. El vehículo 8 está unido a la parte trasera del vehículo 6.

15 En lo que sigue, para hacer referencia a los elementos del vehículo 6, se utiliza el mismo número de referencia que para el elemento correspondiente del vehículo 4 al que se agrega el sufijo "b". A modo de ejemplo, la articulación 14 del vehículo 6 tiene la referencia 14b. Se sigue el mismo procedimiento para el vehículo 8 con el sufijo "c".

20 A continuación, se describirá un ejemplo de funcionamiento de un método para amortiguar el movimiento de balanceo del convoy 2, con referencia al diagrama de flujo de la Figura 3 y con la ayuda de las Figuras 1 y 2. Para simplificar, este método se describe solamente con referencia al vehículo 8 que se encuentra en la cola del convoy 2. Sin embargo, todo lo que se describe con referencia a este vehículo 8 se puede transponer fácilmente al caso del vehículo 6.

25 En primer lugar, durante una etapa 100, el convoy 2 se forma uniendo los vehículos 4, 6 y 8 por medio de sus respectivos acoplamientos 70 y 72. El dispositivo 20 del vehículo 4 detecta que este vehículo está en la cabeza del convoy 2 y controla el bloqueo de la articulación 14 en la posición donde los ejes longitudinales de las partes 10 y 12 están alineados. Los dispositivos 20b y 20c detectan que los vehículos, respectivamente, 6 y 8, no están a la cabeza del convoy 2. Las articulaciones 14b y 14c están entonces libres de pivotar y permiten un desplazamiento en rotación. Por el contrario, los dispositivos 20b y 20c inhiben el accionamiento de los dispositivos de dirección de los vehículos 6 y 8 por un conductor de estos vehículos. De manera habitual, el ángulo de dirección de las ruedas 30b, 32b, 30c y 32c está bloqueado en una posición en donde el eje de rodadura de cada una de estas ruedas es paralelo al eje 34b o 34c.

35 A continuación, durante una etapa 102, el convoy 2 se pone en movimiento y se desplaza en el plano 9, por ejemplo, en línea recta. En este caso, el circuito 39 suministra las máquinas 36, 38, 46 y 48 para proporcionar un par de torsión para hacer girar las ruedas 30, 32, 40 y 42 alrededor de sus respectivos ejes de rotación a una velocidad predeterminada y en un mismo sentido. Lo mismo ocurre con los vehículos 6 y 8.

40 Durante este desplazamiento, si el método descrito, en este caso, no se puso en práctica, el convoy 2 podría presentar un movimiento de balanceo. Por movimiento de balanceo, se entiende un movimiento que fluctúa en el tiempo de uno o más vehículos del convoy 2 según una dirección paralela al plano 9 y sustancialmente perpendicular a la dirección del movimiento del convoy 2.

45 A modo de ejemplo, este movimiento de balanceo se produce como consecuencia de una conducción de las ruedas 30 y 32 controlada por un usuario del vehículo 4. También puede activarse por el viento lateral, el adelantamiento de otro vehículo o una variación en la pendiente de la calzada.

50 La Figura 4 representa esquemáticamente la evolución del ángulo φ de las ruedas 30 y 32 durante el tiempo t . En este caso, las ruedas 30 y 32 se alinean inicialmente y presentan un ángulo de dirección nulo. A continuación, se giran en una dirección con un ángulo φ_1 y luego, en una segunda vez, se giran en la dirección opuesta con un ángulo φ_2 que es igual a $-\varphi_1$. Por último, el ángulo φ vuelve a su valor inicial nulo. En respuesta, se propaga un movimiento de balanceo en los vehículos 6 y 8. Las partes delantera y trasera del bastidor de los vehículos del convoy 2 pivotan entre sí alrededor de sus articulaciones respectivas con un movimiento oscilatorio.

55 La Figura 5 representa la evolución del valor del ángulo θ de la articulación 14c del vehículo 8 durante el tiempo t , en respuesta a la desviación de las ruedas 30 y 32 de la Figura 4, cuando no se aplica ninguna corrección de trayectoria. Se observa un máximo (flecha 110) que corresponde a la variación del ángulo de dirección de las ruedas 30 y 32. Luego, en un segundo paso, a partir de un instante t_0 se observan oscilaciones de este valor del ángulo θ que persisten después de completar esta desviación (zona 112). Estas oscilaciones son, en este caso, periódicas y presentan una forma sinusoidal cuya amplitud aumenta linealmente con el tiempo. En esta situación, el balanceo no está controlado y puede causar la pérdida de control del convoy 2. Este aumento de amplitud puede amplificarse por la resonancia del movimiento de balanceo con las suspensiones del vehículo.

65 Durante este desplazamiento, durante una etapa 104 (Figura 3), el sensor 52c mide esta oscilación de las partes 10c y 12c alrededor del eje 19c.

A continuación, durante una etapa 116, el dispositivo 20c analiza de manera automática los datos medidos. Este último calcula de manera automática, a partir de las mediciones del sensor 52c y de un punto de ajuste θ_0 para el valor del ángulo θ de la articulación 14c, un momento mecánico total M de amortiguación de bucle alrededor del eje 19c que debe ser aplicado en la articulación 14c para oponerse a estas oscilaciones. En esta descripción, el valor del momento mecánico total M se define como la proyección en el eje vertical 19c, hacia arriba, del siguiente producto vectorial:

$$\vec{A_i P A F}$$

donde P es el punto de aplicación de la fuerza, A_i es la proyección ortogonal del punto P en el eje 19c y F es la fuerza aplicada.

A modo de ejemplo, el punto de ajuste θ_0 se elige para que sea igual al valor medio del ángulo θ promediado durante una duración predefinida. En el ejemplo considerado, el valor medio es nulo. El valor de consigna θ_0 es, por lo tanto, igual a cero.

Más concretamente, durante la etapa 116, el dispositivo 20c entrega de manera automática una señal de control, por un lado, al accionador 50c y, por otro lado, al circuito 37c para atenuar o incluso eliminar las oscilaciones. Estas señales de control, proporcionadas al accionador 50c y al circuito 37c, son una función de la diferencia entre el valor del ángulo medido θ y el punto de ajuste θ_0 .

A modo de ejemplo, el dispositivo 20c comprende un corrector proporcional del tipo PID que recibe como entrada el valor del ángulo medido θ y el punto de ajuste θ_0 , que luego genera, a la salida, la estimación del momento mecánico total M que se aplicará a la articulación 14c para atenuar las oscilaciones. En general, el valor de la señal de control aumenta a medida que el ángulo medido θ se desvía del punto de ajuste θ_0 . En este ejemplo, las etapas 104 y 116 se repiten en tiempo real, a medida que se miden las oscilaciones.

La Figura 6 representa un ejemplo del valor del momento mecánico total M que es calculado por el dispositivo 20c. El momento mecánico M es, en este caso, una señal periódica que, como la evolución del valor del ángulo θ de la Figura 5, tiene una amplitud que aumenta linealmente en valor absoluto.

A continuación, el dispositivo 20c distribuye de manera automática el momento mecánico total M entre:

- un momento mecánico MA que debe ser aplicado por el accionador 50c en la articulación 14c, y
- un momento mecánico MR que debe aplicarse en la articulación 14c usando las máquinas eléctricas del vehículo 8.

La suma de los momentos mecánicos MA y MR es igual al momento mecánico total M. De manera habitual, el momento mecánico MA es igual a $X \cdot M$ y el momento mecánico MR es igual a $(1-X) \cdot M$, donde X es un número real entre cero y uno y M es el valor calculado del momento mecánico total M. El símbolo "*" indica la operación matemática de la multiplicación. Dependiendo de las fases de la oscilación, la distribución X del momento mecánico total entre el accionador 50c y las máquinas eléctricas del vehículo 8 es diferente. Por ejemplo, cuando aumenta la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto, entre el ángulo θ y el punto de ajuste θ_0 , X suele estar y por lo general de forma sistemática está, comprendido entre 0,2 y 1 o entre 0,2 y 0,9 y preferiblemente entre 0,5 y 0,7. En este caso, X se elige igual a 0,5. Si la diferencia $|\theta - \theta_0|$ disminuye, X es igual a cero. Al final de esta distribución, se envía una señal de control al circuito 37c para controlar las máquinas eléctricas del vehículo 8 para aplicar el momento mecánico MR en la articulación 14c. En paralelo, también se envía una señal de control al accionador 50c para aplicar el momento mecánico MA a la articulación 14c.

En respuesta a estas señales de control, durante una operación 118, el accionador 50c aplica el momento mecánico de frenado MA. En esta forma de realización, siempre que aumente la diferencia $|\theta - \theta_0|$, el momento mecánico MA aplicado no es nulo. Por el contrario, cuando disminuye la diferencia $|\theta - \theta_0|$, el accionador 50c ejerce un momento mecánico de frenado MA cuya amplitud suele ser, por general, dos o diez veces menor que la amplitud del momento mecánico de frenado MA aplicado cuando aumenta la diferencia $|\theta - \theta_0|$. De manera preferible, cuando disminuye la diferencia $|\theta - \theta_0|$, la amplitud del momento mecánico de frenado es nula o casi nula. En este caso, para ello, el dispositivo 20c controla la electroválvula que ajusta el coeficiente de fricción del cilindro. Cuando aumenta la diferencia $|\theta - \theta_0|$, el coeficiente de fricción del cilindro se establece en un valor significativo para frenar este aumento. Por el contrario, cuando disminuye la diferencia $|\theta - \theta_0|$, el coeficiente de fricción del cilindro se establece en un valor diez o cincuenta veces menor. Por lo tanto, la amplitud del momento mecánico MA aplicado por el accionador 50c tiene una forma cuasi periódica, cuyo período depende del período de las oscilaciones 112.

Junto con esta aplicación de un momento mecánico de frenado por el accionador 50c, durante una operación 119, en respuesta a la señal de control que le está destinada, el circuito 37c controla las máquinas eléctricas del vehículo

8 para ejercer el momento mecánico MR en la articulación 14c. Este momento mecánico MR es del mismo signo y está en fase con el ángulo θ . Para este propósito, en esta forma de realización, el circuito 37c controla solamente las máquinas 46c y 48c. Además, en esta forma de realización, el control de una máquina eléctrica solamente consiste en ajustar su par para aumentar la velocidad de rotación de la rueda o para mantener esta velocidad constante. Más concretamente, el circuito 37c controla al menos una de las máquinas 46c y 48c para causar una diferencia entre las velocidades de rotación de las ruedas 40c y 42c. Esta diferencia entre las velocidades de rotación de las ruedas 40c y 42c aplica sobre la articulación 14c el momento mecánico MR.

A modo de ejemplo, en el caso de un ángulo θ como el que se muestra en la Figura 2, en respuesta a la señal de control recibida, el circuito 37c controla la máquina 46c para mantener constante el par en rotación en la rueda 40c, que se encuentra en el interior del viraje. La velocidad de rotación de la rueda 40c se mantiene así sustancialmente constante. En paralelo con lo que antecede, la máquina 48c es controlada por el circuito 37c para aumentar el par que proporciona a la rueda 42c que se encuentra en el exterior del viraje. Así, la rueda 42c acelera y aumenta su velocidad de rotación.

En paralelo, en este caso, el circuito 37c controla el par de torsión de las máquinas 36c y 38c para mantener constantes las velocidades de rotación de las ruedas 30 y 32. Ello facilita el control para aplicar el momento mecánico MR a la articulación 14c.

Las operaciones 118 y 119 se repiten, cuando sea apropiado con diferentes valores de momento mecánico a aplicar, hasta que desaparezcan las oscilaciones del ángulo θ . Se dice que la oscilación desaparece si la diferencia, en valor absoluto, entre el valor del ángulo θ y el punto de ajuste θ_0 es menor o igual a $0,1 \cdot \theta_0$ o $0,05 \cdot \theta_0$.

En paralelo con las etapas 104 y 116, el accionador 50b y las máquinas 46b y 48b del vehículo 6 se controlan de manera similar para amortiguar las oscilaciones del ángulo de articulación 14b.

La acción combinada del accionador 50c y de las máquinas 46c, 48c conduce así a aplicar, en cada instante dado, el momento mecánico total M en la articulación 14c que se opone a las oscilaciones del ángulo θ . Al eliminar las oscilaciones de cada uno de los vehículos 6 y 8, se elimina el movimiento de balanceo del convoy 2.

La operación 119, como complemento de la operación 118, permite ejercer un momento mecánico de amortiguación de bucle en todas las fases de la oscilación, y no solamente durante los períodos en que aumenta la diferencia de ángulos $|\theta - \theta_0|$. Ello permite, por lo tanto, amortiguar estas oscilaciones más rápidamente. Además, el uso simultáneo del accionador 50c y de las máquinas eléctricas 46c, 48c hace posible reducir el riesgo de pérdida de control ya que, en el caso más severo donde se perdería la adhesión en ambas ruedas, la articulación aún puede ser siempre controlada por el accionador 50c. Además, este método de control elimina o reduce en gran medida el frenado del convoy y, por lo tanto, permite que este método de control se aplique de forma continua durante períodos mucho más largos antes de que ello conduzca a la detención del convoy o a una desaceleración notable del convoy. Asimismo, reduce el desgaste de los frenos.

En el caso particular en donde la aceleración de la velocidad de rotación de cada rueda se establece para cancelar la ausencia de aceleración de la misma rueda durante una iteración previa de la operación 119, entonces la velocidad del convoy puede mantenerse constante mientras se aplica de forma continua el método de control.

Por último, el uso de un cilindro solamente capaz de frenar el movimiento de rotación de las partes 10c y 12c alrededor del eje 19c, limita el consumo de energía del vehículo. De hecho, para ello es simplemente necesario controlar el coeficiente de fricción de este cilindro. Esto consume mucha menos energía que si fuera necesario desplazar las partes 10c y 12c entre sí utilizando este cilindro.

La Figura 7 representa la evolución del valor del ángulo θ de la articulación 14c del vehículo 8 a lo largo del tiempo, en respuesta a la desviación de las ruedas 30 y 32 ilustradas en la Figura 4, cuando se aplica el método de la Figura 3. Como anteriormente, se observa primero un máximo 120 del valor del ángulo θ idéntico al máximo 110 (Figura 4). A continuación, por segunda vez, se observan oscilaciones (zona 122) que se atenúan rápidamente. El valor del ángulo θ por último tiende a un valor constante (zona 114) que corresponde al valor del punto de ajuste θ_0 .

La Figura 8 ilustra un convoy 200 adaptado para sustituir el convoy 2. En este convoy 200, a diferencia del convoy 2, los vehículos no están articulados, pero cada acoplamiento comprende una articulación. Así, el vehículo 4 es sustituido por un vehículo 204 que no incluye la articulación 14. De manera similar, los vehículos 6 y 8 son sustituidos por los vehículos 206 y 208, por ejemplo, idénticos al vehículo 204. Las partes 10 y 12 del mismo vehículo no están articuladas entre sí y no pueden desplazarse en rotación una con respecto a la otra en un funcionamiento normal del convoy. En esta forma de realización, los acoplamientos 70 y 72 se sustituyen por acoplamientos 210 y 212 que, cuando se acoplan entre sí, permiten una rotación de bucle alrededor de un eje perpendicular al plano de rodadura del convoy. Estos acoplamientos 210 y 212 forman entonces una articulación 214 que desempeña el mismo papel que la articulación 14. Esta articulación 214 es, a modo de ejemplo, idéntica a la articulación 14. Todo lo que se ha descrito con referencia a esta articulación 14 y el movimiento de la rotación de las partes 10 y 12 entre sí se aplica a esta articulación 214 y a la rotación de las partes del bastidor conectadas

directamente entre sí por estos acoplamientos 210 y 212. En particular, el accionador 50 conecta entonces, directamente entre ellos, los bastidores de los vehículos acoplados entre sí. El dispositivo 20 puede colocarse entonces en uno u otro de los vehículos que están unidos entre sí por medio de estos acoplamientos. El método de control del accionador 50 y de las máquinas eléctricas alojadas en las ruedas, para evitar el balanceo del convoy, es entonces idéntico al de la Figura 3.

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un método capaz de sustituir el método de la Figura 3. En este método, la etapa 104 se sustituye por una etapa 304 en donde el punto de ajuste θ_0 se determina de manera diferente. Este punto de ajuste θ_0 se determina, en este caso, a partir del cálculo de la trayectoria cinemática seguida por el vehículo 4.

Una forma de determinar esta trayectoria es, a modo de ejemplo, medir una magnitud representativa del radio de dirección del vehículo 4 durante el desplazamiento del vehículo 4. Esta magnitud representativa es, a modo de ejemplo, el ángulo φ . A partir de este valor, el punto de ajuste θ_0 de cada vehículo seguidor 6 y 8 del convoy 2 se determina, etapa a etapa, utilizando la siguiente fórmula: $\theta_0 = \theta_{ar} - \theta_{av}$, donde:

- θ_{ar} es el ángulo entre el eje longitudinal de la parte 12 y un eje de una referencia fija R del espacio,
- θ_{av} es el ángulo entre el eje longitudinal de la parte 10 y este mismo eje de la referencia R.

Para el vehículo 4, a la cabeza del convoy, la articulación 14 del vehículo 4 está bloqueada. En estas condiciones, las coordenadas X_s, Y_s del tren trasero 18, es decir, el centro del eje 44, en función de las coordenadas X, Y del centro del tren delantero 16, vienen dadas por las relaciones siguientes:

$X_s = X - L \cos(\theta_{ar})$	$Y_s = Y - L \sin(\theta_{ar})$
---------------------------------	---------------------------------

donde:

- L es la distancia entre ejes del vehículo 4, definida como la distancia, medida a lo largo del eje longitudinal del vehículo, entre los ejes 34 y 44;

El valor del ángulo θ_{ar} del vehículo 4 se determina resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales, por ejemplo, por medio del dispositivo 20b:

$\theta_{ar} = \frac{\int [\dot{Y} \cos(\theta_{ar}) - \dot{X} \sin(\theta_{ar})] dt}{L}$ $\dot{X} = V \cos(\theta_{av})$ $\dot{Y} = V \sin(\theta_{av})$
$\theta_{av} = \theta_{ar} - \varphi$

donde V es la velocidad del vehículo 4.

Para los vehículos seguidores 6 y 8, las coordenadas X_s, Y_s del centro del tren trasero 18 en función de las coordenadas X, Y del centro del tren delantero 16, vienen dadas por las siguientes relaciones:

$X_s = X - l_1 \cos(\theta_{av}) - l_2 \cos(\theta_{ar})$	$Y_s = Y - l_1 \sin(\theta_{av}) - l_2 \sin(\theta_{ar})$
---	---

donde:

- 5 - l_1 es la distancia entre el eje 19 y el centro del tren delantero 16, y
- l_2 es la distancia entre el eje 19 y el centro del tren trasero 18, de modo que $l_1 + l_2 = L$.

10 Para los vehículos seguidores, las coordenadas X, Y del centro del tren delantero son iguales a las coordenadas X_s , Y_s del centro del tren trasero al que está acoplado el vehículo seguidor. Además, puesto que los acoplamientos 70 y 72 no permiten ningún grado de libertad en la rotación de bucle, el ángulo θ_{av} del vehículo seguidor es igual al ángulo θ_{ar} del vehículo a cuya parte trasera está acoplado.

15 El valor del ángulo θ_{ar} del vehículo seguidor se determina resolviendo el siguiente sistema de ecuaciones diferenciales, por ejemplo, por medio del dispositivo 20b:

$\theta_{ar} = \frac{1}{l_2} \int \dot{Y} \cos(\theta_{ar}) - l_1 \dot{\theta}_{av} \cos(\theta_{av}) \cos(\theta_{ar}) - \dot{X} \sin(\theta_{ar}) - l_1 \dot{\theta}_{av} \sin(\theta_{av}) \sin(\theta_{ar}) dt$
$\dot{X} = V \cos(\theta_{av})$
$\dot{Y} = V \sin(\theta_{av})$

donde V es la velocidad del vehículo 4.

20 Por lo tanto, comenzando desde el vehículo en cabeza 4 y siguiendo hacia el vehículo 8 situado en la cola, el dispositivo 20 puede calcular gradualmente los ángulos θ_{av} y θ_{ar} de cada vehículo seguidor. A continuación, el punto de ajuste θ_0 de cada vehículo seguidor se calcula utilizando la siguiente relación:

$\theta_0 = \theta_{ar} - \theta_{av}$
--

25 Son posibles numerosas otras formas de realización. A modo de ejemplo, el convoy 2 es diferente. Puede comprender varios vehículos diferentes. Los vehículos 4, 6 y 8 pueden ser diferentes entre sí.

30 La articulación 14 puede ser diferente de la descrita. Como variante, el bloqueo de la articulación 14 se omite para el vehículo 4. En este caso, el punto de ajuste θ_0 del vehículo 4 se calcula tal como se describe para los vehículos seguidores.

35 El dispositivo 20 puede estar hecho de manera diferente. Como variante, el cálculo del momento mecánico total M a aplicar se realiza solamente por uno de los dispositivos 20, 20b y 20c. Este último transmite entonces a cada uno de estos otros dispositivos el valor del momento mecánico que se aplicará a la articulación correspondiente. Para este propósito, los dispositivos 20, 20b y 20c pueden conectarse entre sí mediante un enlace de intercambio de datos.

40 El dispositivo de dirección de las ruedas 30 y 32 puede ser diferente. Puede ser un dispositivo de dirección Ackermann ("Ackermann steering" en inglés).

ES 2 759 345 T3

Las máquinas 36, 38, 46, 48 pueden ser diferentes. A modo de ejemplo, en alternancia, se utilizan máquinas eléctricas asíncronas o máquinas de imanes permanentes. Como variante, solamente uno de los trenes 16 y 18 comprende máquinas eléctricas para hacer girar las ruedas de este tren. Por lo tanto, en alternancia, puede tener solamente las máquinas 46 y 48, o bien, las máquinas 36 y 38.

5 El número de ruedas transportadas por los trenes 16 y 18 puede ser diferente. A modo de ejemplo, el tren 16 tiene dos ruedas izquierdas y dos ruedas derechas, emparejadas en pares.

10 El número de trenes de ruedas montados directamente en la misma parte delantera o trasera del bastidor también puede ser mayor que uno. A modo de ejemplo, en la misma parte del bastidor, puede haber dos trenes de ruedas montados en tándem. En este caso, el método descrito anteriormente se aplica solamente a uno de estos trenes de ruedas o, simultáneamente, a varios de los trenes de ruedas montados en la misma parte del bastidor.

15 La forma de calcular el momento mecánico total M a aplicar puede ser diferente. A modo de ejemplo, el dispositivo 20 puede tener en cuenta, como parámetro de entrada para este cálculo, condiciones ambientales tales como la adhesión de la carretera o las propiedades dinámicas del convoy 2, tales como el número de vehículos o la masa de estos vehículos. El dispositivo 20 también puede tener en cuenta las medidas de sensores inerciales fijados en cada uno de los vehículos, de un dispositivo de determinación de trayectoria, de un acelerómetro que mida la aceleración transversal del vehículo o también de un sensor de la velocidad angular del lazo de la articulación. La etapa 104 se modifica entonces en consecuencia.

20 Para medir las oscilaciones, no es necesario medir directamente las oscilaciones del ángulo θ . De hecho, basta medir magnitudes físicas representativas de estas oscilaciones. A modo de ejemplo, el sensor 52 se sustituye por uno o más sensores que miden indirectamente estas oscilaciones. En condiciones normales, el sensor 52 puede sustituirse por un sensor que mide la velocidad angular en bucle de la parte del bastidor correspondiente o la derivada temporal del ángulo θ . El punto de ajuste del ángulo θ_0 se sustituye entonces por una velocidad de bucle de la velocidad de bucle de la parte del bastidor en cuestión o por un punto de referencia de derivada temporal del ángulo θ .

25 El movimiento de oscilación del ángulo θ alrededor de la articulación de un vehículo se puede medir de manera diferente. A modo de ejemplo, se mide a partir de la velocidad de rotación de las ruedas del vehículo, o de la aceleración lateral del vehículo, por separado o junto con la medición del ángulo por el sensor 52. A modo de ejemplo, este cálculo se realiza tal como se describe en la Patente de Estados Unidos 6523911B1 con referencia a la Figura 9 de esta patente. El dispositivo 20 y el sensor 52 se adaptan entonces en consecuencia.

30 El número X utilizado para distribuir de manera automática el momento mecánico total M entre los momento mecánicos MA y MR , cuando aumenta la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto, no es necesariamente una constante independiente del tiempo y de los valores de los ángulos θ y θ_0 . A modo de ejemplo, como una variante, el valor del número X varía en función de la diferencia $|\theta - \theta_0|$ cuando esta diferencia aumenta o en función de una duración δt desde el instante en que la diferencia $|\theta - \theta_0|$ comenzó a aumentar. El valor del número X también puede variar según otros parámetros o características del convoy de vehículos a motor.

35 La forma de aplicar el momento mecánico MR también puede ser diferente. A modo de ejemplo, durante la operación 119, el circuito 37c controla el par de las máquinas 46c y 48c para acelerar, a la vez, la velocidad de rotación de las ruedas 40c y 42c. Sin embargo, la aceleración de una de estas ruedas es entonces mayor que la aceleración de la otra de estas ruedas. Por lo tanto, el método de control se puede poner en práctica mientras se acelera el convoy.

40 En otra forma de realización, la unidad 37c solamente controla las máquinas 36c y 38c en lugar de las máquinas 46c y 48c para ejercer el momento mecánico MR . Por último, la unidad de control 37c también puede controlar simultáneamente las máquinas 36c, 38c, 46c y 48c para ejercer este momento mecánico MR .

45 En otra variante, durante la operación 119, la máquina 36 de un vehículo seguidor es controlada simultáneamente por la máquina 46 del vehículo que la precede. De manera similar, la máquina 38 de un vehículo seguidor puede controlarse simultáneamente con la máquina 48 del vehículo que la precede.

50 También es posible controlar el momento mecánico MR generado por las ruedas con un cambio de fase con respecto al ángulo θ . Así, el momento mecánico MR puede estar en avance de fase de 0 a 90° con respecto al ángulo θ . También es posible controlar la aplicación del momento mecánico MR generado por las ruedas con un retardo de fase de 0 a 45° con respecto al ángulo θ .

55 También es posible comenzar a aplicar el momento mecánico de frenado MA ejercido por el accionador 50c cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ disminuye y justo antes de que el valor de esta diferencia desaparezca.

60 La manera de calcular y/o aplicar el momento mecánico M no es necesariamente la misma para todos los vehículos del convoy 2.

5 El accionador 50 puede ser diferente. En particular, en alternancia, el accionador 50 puede proporcionar un trabajo para desplazar las partes 10 y 12 entre sí en rotación alrededor del eje 19 para alcanzar un valor dado de ángulo θ , en respuesta a una señal de control emitida por el dispositivo 20. A modo de ejemplo, el accionador 50 comprende un cilindro hidráulico controlable cuyas extremidades opuestas están fijadas, respectivamente, a las partes 10 y 12 sin grado de libertad. En otra variante, el accionador 50 no es un cilindro hidráulico sino un amortiguador magneto-reológico.

10 Las oscilaciones del valor del ángulo θ pueden tener una forma diferente de la descrita. A modo de ejemplo, no son periódicas. Su amplitud puede no ser modulada. Puede que no esté aumentando de forma continua.

Los acoplamientos 70 y 72 no son necesariamente controlables. También pueden ser diferentes.

15 En una variante, durante la etapa 104 o la etapa 304, el punto de ajuste θ_0 se determina de manera diferente. En alternancia, durante la etapa 304, la trayectoria se obtiene por medio de un dispositivo de geolocalización, a modo de ejemplo, el sistema GPS ("Global Positioning System" en inglés).

Los frenos mecánicos pueden omitirse.

20 En otra variante, en el caso de un ángulo θ tal como el representado en la Figura 2, en respuesta a la señal de control recibida, el circuito 37c ordena a la máquina 46c que deje de suministrar un par en rotación a la rueda 40c que se encuentra en el interior del viraje y, en su lugar, ejerza un frenado regenerativo en la rueda 40c. La máquina 46c funciona entonces como un generador de electricidad y convierte al menos una parte de la energía cinética rotacional de la rueda 40c en energía eléctrica, que se recoge y almacena en el circuito 39c. Ello reduce la velocidad de rotación de la rueda 40c. De manera ventajosa, en paralelo a lo que antecede, la máquina 48c está controlada por el circuito 37c para acelerar la velocidad de rotación de la rueda 42c que se encuentra en el exterior del viraje. Todavía más ventajosamente, para lograr esta aceleración, el circuito 39c suministra a la máquina 48c la energía generada por la máquina 46c durante el frenado regenerativo. Durante la próxima iteración de la operación 119, la máquina que funcionaba como generadora puede funcionar como motor y viceversa. Además, al usar simultáneamente un frenado regenerativo en una rueda y la aceleración en otra rueda, se mejora la estabilidad de la rueda del vehículo 8. De hecho, la fuerza de frenado ejercida por la rueda para obtener el mismo momento mecánico de amortiguación de bucle es menor, lo que reduce el riesgo de pérdida de adhesión en comparación con el caso en que el frenado se aplica solamente en las ruedas. En otra forma de realización, es la aceleración de la rueda 42c la que se omite durante la operación 119. La aceleración de la rueda 42c también se puede realizar sin utilizar la energía generada por la máquina 46c. Según otra variante, la aceleración de la rueda 42c se puede lograr consumiendo inmediatamente la energía generada por la máquina 46c sin que se almacene en el circuito 39. De manera ventajosa, cuando se alcanza el par de frenado máximo que puede ejercer una de las máquinas eléctricas mediante frenado regenerativo, el frenado regenerativo se completa con un frenado disipativo logrado mediante los frenos mecánicos. Este frenado disipativo puede ser necesario, a modo de ejemplo, en situaciones de emergencia, cuando el valor del ángulo θ se desvía demasiado del punto de ajuste θ_0 y debe corregirse rápidamente y el accionador 50c no es capaz de hacer esta corrección.

45 La forma de lograr el frenado regenerativo de una máquina puede ser diferente. En general, el experto en esta técnica sabe que depende de la naturaleza de la máquina eléctrica utilizada y del circuito 37.

REIVINDICACIONES

1. Un método para controlar un convoy de vehículos a motor por carretera (2), que comprende:

- 5 - un primer vehículo a motor por carretera (4), ubicado en la cabecera del convoy y provisto de un tren de ruedas,
- una pluralidad de segundos vehículos a motor por carretera (6, 8) acoplados en pares uno detrás del otro, estando uno de los segundos vehículos acoplado a la parte trasera del primer vehículo, comprendiendo cada segundo vehículo:
- 10 - un tren de ruedas;
- una articulación que permite un desplazamiento en rotación de al menos una parte del bastidor del segundo vehículo en relación con al menos una parte del bastidor del vehículo que lo precede, alrededor de un eje de rotación perpendicular al plano de rodadura del convoy;
- 15 - para cada articulación, un accionador controlable que conecta mecánicamente dichas partes del bastidor que pivotan entre sí alrededor del eje de rotación de esta articulación, estando el accionador adaptado para ejercer un momento mecánico ajustable sobre esta articulación;
- 20 - El método comprende, para cada articulación:
 - a) la medida (104) de las oscilaciones del ángulo de articulación (θ) alrededor de un punto de ajuste del ángulo de articulación (θ_0);
 - 25 b) la aplicación (116), en esta articulación, de un momento mecánico cuya amplitud varía en función de las oscilaciones medidas para amortiguar las oscilaciones medidas, siendo el momento aplicado sobre la articulación al controlar el accionador de esta articulación,

30 caracterizado porque

- este método también comprende proporcionar (100) para cada rueda del tren de ruedas de cada vehículo, una máquina eléctrica controlable para conducir la rueda en rotación para impulsar dicho vehículo, cada una de dichas máquinas de un mismo tren de ruedas siendo controlables independientemente de las otras máquinas de este tren de ruedas;
- 35 - y, durante la etapa b), para cada articulación, la aplicación (116) del momento mecánico comporta, conjuntamente con el control del accionador de esta articulación, el control:
 - 40 • de la máquina eléctrica de una primera rueda de uno de los trenes de ruedas que pertenece a una de dichas partes del bastidor que pivotan entre sí por medio de esta articulación, para aumentar el par de esta primera rueda, y simultáneamente
 - 45 • de la máquina eléctrica de una segunda rueda del mismo tren de ruedas para mantener su par constante o para aumentar el par de esta segunda rueda menos que el par de la primera rueda para aplicar a esta articulación, en combinación con el accionador, dicho momento mecánico.

2. Método según la reivindicación 1, en donde durante la etapa b):

- 50 - la máquina eléctrica de la primera rueda se controla para aumentar su velocidad de rotación más rápido que la velocidad de rotación de la segunda rueda, y simultáneamente
- la máquina eléctrica de la segunda rueda se controla para mantener una aceleración de su velocidad de rotación nula.

3. El método según la reivindicación 1 o 2, en donde, durante la etapa b), ninguna de las máquinas eléctricas del convoy se controla para funcionar como un generador de electricidad.

4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende:

- 60 - la distribución automática del momento mecánico para amortiguar las oscilaciones medidas entre:
 - un momento mecánico MA igual a $X \cdot M$ que debe ser aplicado por el accionador en la articulación, y
 - 65 • un momento mecánico MR igual a $(1-X) \cdot M$ que debe aplicarse en la articulación utilizando las máquinas eléctricas, donde M es el momento mecánico total que se aplicará en la articulación para amortiguar las

oscilaciones y X es un número real que está entre 0,2 y 1 cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto aumenta y que es igual a cero cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ disminuye, donde θ es el ángulo de articulación y θ_0 es el punto de ajuste del ángulo de articulación, luego

- 5 - la aplicación (116) del momento mecánico MA en la articulación controlando el accionador y, conjuntamente, la aplicación del momento mecánico MR en la articulación controlando las máquinas eléctricas.
- 10 **5.** Método según la reivindicación 4, en donde el número real X está sistemáticamente comprendido entre 0,2 y 0,9 cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto aumenta.
- 6.** El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde:
- este método comprende, además, la adquisición automática (304) de la trayectoria seguida por el primer vehículo del convoy por carretera, y
- 15 - durante la etapa b), el punto de ajuste del ángulo de cada articulación se calcula en función de la trayectoria adquirida.
- 7.** El método según la reivindicación 6, en donde dicha trayectoria se adquiere (304) midiendo una magnitud representativa del radio de dirección del primer vehículo.
- 8.** Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la etapa a) comprende el cálculo (104) del punto de ajuste del ángulo para esta articulación, luego la etapa b) comprende el servomecanismo (116) del accionador de esta articulación en el punto de ajuste del ángulo calculado.
- 25 **9.** Un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el accionador (50) es un cilindro con coeficiente de amortiguación controlable capaz de frenar la rotación de las partes del bastidor que se conecta mecánicamente entre sí y no puede desplazarse en rotación con respecto a las mismas partes del bastidor.
- 10.** Soporte de registro de información (60), caracterizado porque comprende instrucciones para la puesta en práctica de las etapas a) y b) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 cuando se ejecutan estas instrucciones por una calculadora electrónica.
- 30 **11.** Convoy de vehículos a motor (2), que comprende:
- 35 - un primer vehículo a motor por carretera (4) situado a la cabeza del convoy,
- una pluralidad de segundos vehículos a motor por carretera (6, 8) acoplados en pares uno detrás del otro, estando uno de los segundos vehículos acoplado a la parte trasera del primer vehículo, teniendo cada segundo
- 40 vehículo una articulación (14) que permite un desplazamiento de rotación de al menos una parte del bastidor del segundo vehículo en relación con al menos una parte del bastidor del vehículo que lo precede, alrededor de un eje de rotación (19) perpendicular al plan de rodadura (9) del convoy;
- cada uno de los vehículos primero y segundo comprende un tren de ruedas (16, 18);
- 45 - para cada articulación del convoy:
- un accionador controlable (50), que conecta mecánicamente entre sus extremos dichas partes del bastidor que pivotan entre sí alrededor del eje de rotación de esta articulación, siendo este accionador adecuado para ejercer un momento mecánico ajustable sobre la articulación;
 - un sensor (52) capaz de medir las oscilaciones del ángulo de esta articulación alrededor de un punto de ajuste del ángulo de articulación, y
 - un dispositivo de control (20) adaptado para controlar el accionador de esta articulación, para ejercer un momento mecánico sobre esta articulación cuya amplitud varía en función de las oscilaciones medidas para amortiguar las oscilaciones medidas;
- 50 caracterizado porque
- 60 - cada rueda (30, 32) de cada tren de ruedas está provista de una máquina eléctrica (36, 38) controlable para conducir la rueda en rotación para impulsar dicho vehículo, siendo cada una de dichas máquinas del mismo tren de ruedas controlable de manera independiente de las otras máquinas de ese tren de ruedas, y
- 65 - para cada articulación, el dispositivo de control también está adaptado, para aplicar dicho momento mecánico, junto con el control del accionador de esta articulación, para controlar:

- la máquina eléctrica (36) de una primera rueda de uno de los trenes de ruedas que pertenece a una de dichas partes del bastidor que pivotan entre sí por medio de esta articulación, para aumentar el par de esta primera rueda, y simultáneamente
 - la máquina eléctrica de una segunda rueda del mismo tren de ruedas para mantener su par constante o para aumentar el par de esta segunda rueda menos que el par de la primera rueda para aplicar a esta articulación, en combinación con el accionador, dicho momento mecánico.
12. El convoy según la reivindicación 11, en donde:
- el primer y el segundo vehículo son idénticos y cada uno de estos vehículos comprende:
 - partes delanteras y traseras del bastidor (10, 12), cada una de las cuales comprende un tren de ruedas del vehículo;
 - dicha articulación (14), estando esta articulación adaptada para pivotar dichas partes delantera y trasera del vehículo, una respecto de la otra, alrededor de su eje de rotación;
 - un dispositivo de dirección para dirigir el tren de ruedas de la parte delantera;
 - el dispositivo de control está programado para:
 - cuando detecte que está ubicado en el primer vehículo, controlar el accionador de la articulación de este primer vehículo para bloquear la articulación del primer vehículo en una posición donde las partes delantera y trasera del bastidor de este primer vehículo están alineadas mientras deja al conductor del primer vehículo libre para accionar el dispositivo de dirección del primer vehículo, y
 - cuando detecte que está ubicado en uno de los segundos vehículos, controlar el accionador de la articulación para amortiguar las oscilaciones medidas e inhibir el accionamiento del dispositivo de dirección por parte del conductor del segundo vehículo.
13. Convoy según cualquiera de las reivindicaciones 11 a 12, en donde el dispositivo de control está programado para:
- distribuir de manera automática el momento mecánico para amortiguar las oscilaciones medidas entre:
 - un momento mecánico MA igual a $X \cdot M$ que debe ser aplicado por el accionador en la articulación, y
 - un momento mecánico MR igual a $(1-X) \cdot M$ que debe aplicarse en la articulación utilizando las máquinas eléctricas, donde M es el momento mecánico total que se aplicará en la articulación para amortiguar las oscilaciones y X es un número real que está comprendido entre 0,2 y 1 cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto aumenta y que es igual a cero cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ disminuye, donde θ es el ángulo de articulación y θ_0 es el punto de ajuste del ángulo de articulación, entonces
 - aplicar el momento mecánico MA a la articulación controlando el accionador y aplicar conjuntamente el momento mecánico MR en la articulación controlando las máquinas eléctricas.
14. Un convoy según la reivindicación 13, en donde el dispositivo de control está programado para que el número real X esté sistemáticamente comprendido entre 0,2 y 0,9 cuando la diferencia $|\theta - \theta_0|$ en valor absoluto aumenta.
15. Un convoy según una cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en donde el accionador (50) es un cilindro con coeficiente de amortiguación controlable capaz de frenar la rotación de las partes del bastidor que se conecta mecánicamente entre sí y no puede desplazarse en rotación con respecto a las mismas partes del bastidor.

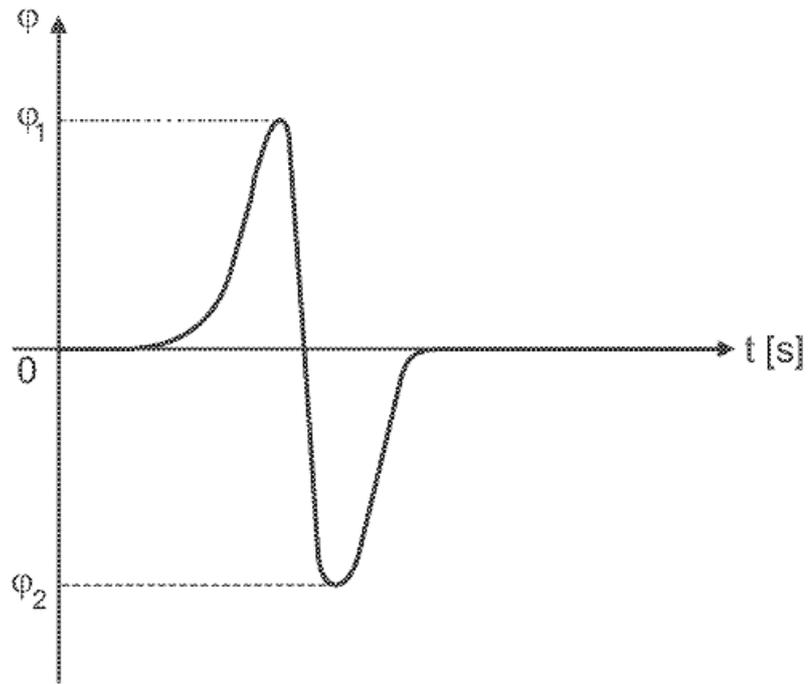


Fig. 4

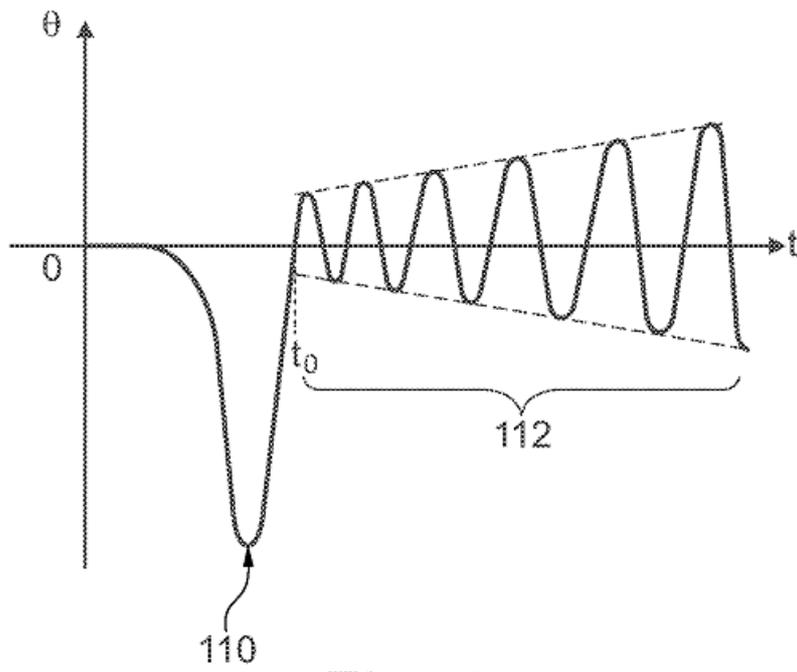


Fig. 5

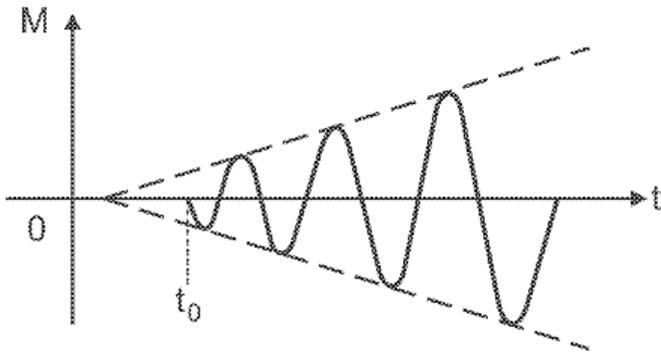


Fig. 6

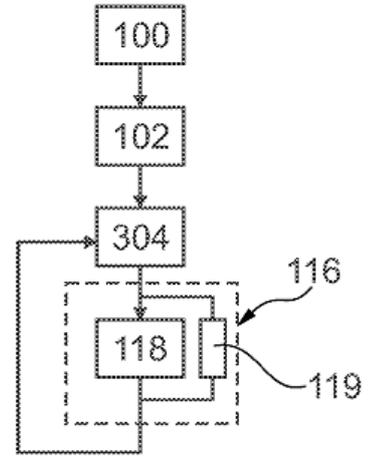


Fig. 9

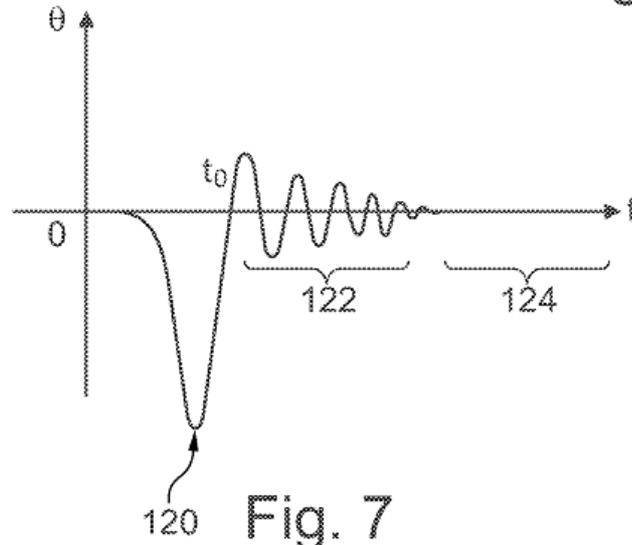


Fig. 7

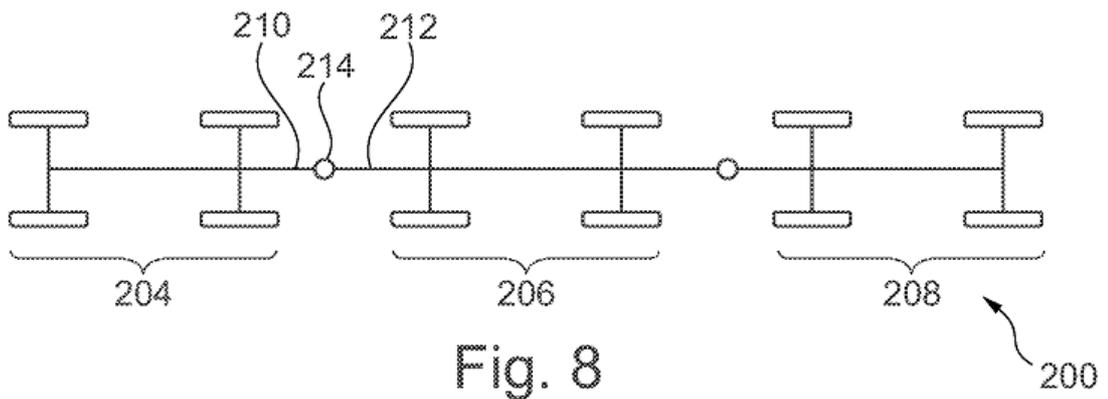


Fig. 8