

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 716 978**

51 Int. Cl.:

G06G 7/48 (2006.01)

G01M 13/02 (2009.01)

G01M 15/02 (2006.01)

G01M 17/007 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.12.2011 PCT/US2011/066782**

87 Fecha y número de publicación internacional: **28.06.2012 WO12088393**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.12.2011 E 11851537 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.02.2019 EP 2656275**

54 Título: **Sistemas y métodos para simulación de deslizamiento de rueda**

30 Prioridad:

23.12.2010 US 977375

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

18.06.2019

73 Titular/es:

**HORIBA INSTRUMENTS, INC. (100.0%)
17671 Armstrong Avenue
Irvine, California 92614, US**

72 Inventor/es:

**JOHNSON, DONALD BRYCE;
NEWBERGER, NORMAN MALCOLM y
ANSELMO, ISAAC COHEN**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 716 978 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

Sistemas y métodos para simulación de deslizamiento de rueda

5 Antecedentes

Pueden usarse plataformas de ensayo para ensayar el grupo motopropulsor de un vehículo mediante la simulación de la resistencia a la rodadura de las ruedas y el comportamiento en la aceleración del vehículo por medio de máquinas de carga eléctrica montadas sobre los ejes de tracción.

10 El documento EP2161560 divulga un método para la operación de dicha plataforma de desarrollo para las transmisiones de potencia de un vehículo incluyendo la ejecución de un comportamiento funcional de las ruedas de una transmisión de potencia del vehículo mediante máquinas eléctricas.

15 Sumario

La invención se expone en las reivindicaciones.

20 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama de bloques de una plataforma de ensayo para un vehículo.

25 La figura 2 es un diagrama de bloques que ilustra el controlador, accionador y motor del dinamómetro de la figura 1.

La figura 3 es un trazado de la fuerza del neumático respecto al deslizamiento de la rueda.

La figura 4 es un diagrama de bloques de diversos controladores de rueda.

30 La figura 5 es un diagrama de bloques de la simulación del neumático de la figura 2.

Descripción detallada

35 Según se requiere, se divulgan en el presente documento realizaciones detalladas de la presente invención; sin embargo, ha de entenderse que las realizaciones divulgadas son meramente de ejemplo de la invención que puede realizarse en formas diversas y alternativas. Las figuras no están necesariamente a escala; algunas características pueden estar exageradas o minimizadas para mostrar detalles de componentes particulares. Por lo tanto, los detalles estructurales y funcionales específicos divulgados en el presente documento no han de interpretarse como limitadores, sino meramente como bases representativas para la enseñanza a un experto en la materia del empleo de modo variado de la presente invención.

40 Los dinamómetros usados como unidades de carga sobre las plataformas de ensayo del grupo motopropulsor pueden tener una inercia relativamente grande (por ejemplo, 5 a 10 kg·m²). Los llamados dinamómetros de alta inercia, baja dinámica son comunes en la industria. Estos dinamómetros sustituyen una inercia relativamente pequeña (por ejemplo, 1 kg·m²) cuando simulan, por ejemplo, un conjunto de neumático y rueda. La simulación apropiada del deslizamiento de la rueda, sin embargo, requiere que la inercia vista por el vehículo sea la misma cuando se simula el conjunto de neumático y rueda para reproducir la frecuencia natural de la línea de tracción, la fuerza de la rueda, el par en el eje, velocidades, amortiguaciones y amplitudes. (Los términos deslizamiento de rueda y deslizamiento de neumáticos se usan en el presente documento de modo intercambiable.) Puede necesitarse la inercia de rueda y neumático apropiados para asegurar que la frecuencia natural de la línea de tracción es correcta. En conjunto con la inercia, la amortiguación provocada por las propiedades del neumático y la línea de tracción determina la amortiguación de la frecuencia natural. El modelo de neumático puede asegurar que se generan las fuerzas de neumático apropiadas. La simulación apropiada del deslizamiento de la rueda puede requerir una fuerza de neumático, inercia de neumático y rueda apropiadas (o simulación de las mismas) y amortiguación de la frecuencia natural resultante.

55 Ciertas técnicas de simulación del deslizamiento de rueda convencionales requieren el uso de dinamómetros de baja inercia, elevada dinámica dado que los dinamómetros de alta inercia, baja dinámica pueden no acelerar y/o desacelerar suficientemente rápido para la simulación del deslizamiento de la rueda durante un evento de derrape de rueda. Los dinamómetros de baja inercia, alta dinámica, sin embargo, pueden ser relativamente caros y menos comúnmente disponibles. Puede ser deseable por lo tanto usar dinamómetros de alta inercia, baja dinámica para ejecutar algoritmos de deslizamiento de rueda. Ciertas técnicas / sistemas / algoritmos contemplados en el presente documento permiten el uso de dinamómetros de alta inercia para la simulación del deslizamiento de rueda.

65 Las técnicas de simulación de deslizamiento de rueda convencionales pueden permitir la pérdida de control de velocidad y par del dinamómetro durante un evento de deslizamiento para pedir que la inercia del dinamómetro se

comporte de la misma manera que la inercia del conjunto de neumático y rueda que se está simulando. (Esta pérdida de control efectiva puede tener lugar cuando el par del vehículo excede el par de reacción de las fuerzas del neumático simuladas o cuando el par del vehículo excede el par de apriete impuesto sobre la demanda de tracción.) La pérdida de control de velocidad del dinamómetro durante eventos de deslizamiento requiere que la inercia real del dinamómetro sea igual a la inercia del conjunto de neumático y rueda que se está simulando si se ha de revelar por sí misma la frecuencia natural de la línea de tracción apropiada. Pueden surgir problemas, sin embargo, debido a que las características de resorte y amortiguación del neumático pueden no estar apropiadamente simuladas. Aunque puede conseguirse alguna capacidad de ajuste de la amortiguación por medio de un compensador, este compensador puede no permitir el control o capacidad de ajuste de la frecuencia natural. Ciertas realizaciones divulgadas en el presente documento retienen el control de velocidad del dinamómetro durante eventos de deslizamiento. Con ello, se consiguen el control y la capacidad ajuste de la frecuencia natural de la línea de tracción y la amortiguación del mismo.

Puede ser difícil en técnicas de simulación de deslizamiento de rueda convencionales impartir diferentes velocidades a diferentes ruedas para simular el giro o negociación de una curva. El modelo lateral-longitudinal-Pacejka con ángulo de dirección, por ejemplo, puede usarse para determinar las velocidades de rueda. (Puede usarse, sin embargo, cualquier modelo de neumático adecuado/conocido.) El modelo Pacejka, sin embargo, es complejo y los parámetros pueden no estar disponibles. El cálculo cinemático de ganancias que forman el control del deslizamiento, por ejemplo, puede ser difícil. Ciertas realizaciones contempladas en el presente documento aplican incrementos de velocidades para imitar la entrada de la dirección para la velocidad del vehículo, simplificando el cálculo de la dirección para un cálculo cinemático.

Con referencia a la figura 1, un dinamómetro 10 incluye un controlador 12, accionador 14 y motor 16. El accionador 14 está en comunicación con/bajo el control del controlador 12 y acciona el motor 16. Se conecta mecánicamente un sensor de par 18 entre el motor 16 y el tren de tracción del vehículo 20 a través de ejes 22. El sensor de par 18 está en comunicación con el control 12. Se conecta mecánicamente un sensor de velocidad 24 para el dinamómetro 10 en ambos lados del motor 16. Este sensor 24 se usa para el control de velocidad del motor 16. La medición del par desde el sensor de par 18 representa el par creado por las fuerzas del neumático (por ejemplo, fuerzas transmitidas entre el neumático y la superficie de la carretera) de acuerdo con la simulación del neumático 30. La medición del par incluye la fuerza que acelera la inercia del neumático simulado y la inercia de la rueda ($\text{Par medido} = \text{Fuerza neumático} * \text{Radio neumático} + \text{Aceleración neumático} * \text{Inercia de neumático y rueda}$, en donde el Radio del neumático y la Inercia de neumático y rueda (características inerciales de rotación deseadas) vienen dados y la aceleración del neumático se deduce de la velocidad del neumático simulada). La simulación del neumático 30 separa estas fuerzas para calcular la fuerza del neumático y la velocidad de deslizamiento (por ejemplo la diferencia de velocidad entre el neumático y la carretera). Estas fuerzas simuladas (fuerza del neumático y fuerzas de aceleración del neumático) son iguales a la fuerza del dinamómetro generadas por el motor 16 más la fuerza de aceleración sobre la inercia del motor 16.

La inercia de rotación del motor 16 en combinación con la inercia de rotación de los sensores 18, 24 y ejes 22 forma la inercia de rotación de la plataforma de ensayo. Esta inercia de rotación debería compensarse si no es la misma que la inercia de rotación de los componentes que se están simulando. (Esto es, si no es la misma que la inercia de rotación de los componentes retirados del vehículo.) Como se ha explicado anteriormente, el controlador 12 controla el accionador 14/motor 16 de modo que la inercia de rotación de la plataforma de ensayo imita la inercia de rotación de, por ejemplo, un conjunto de rueda y neumático deslizando (pueden simularse, naturalmente, otros componentes). La señal de demanda (demanda) al accionador 14 es típicamente una demanda de par dado que es típica para la mayor parte de plataformas de ensayo de dinamómetro. Alternativamente, la demanda es una solicitud de corriente (amperios) para el actuador 14, etc.

Aunque la figura 1 solo muestra una configuración de dinamómetro simple para una entrada simple al tren de tracción del vehículo 20, se entiende que dicha configuración podría fijarse a cada uno de los bujes de rueda de un vehículo que contiene cualquier número de ruedas (por ejemplo, 10 ruedas).

Con referencia a la figura 2, el accionador 14 y motor 16 se controlan con un bucle de realimentación de velocidad mediante un controlador de velocidad 26. El punto de consigna del controlador de velocidad 26 (velocidad deseada) es la velocidad de rueda que se calcula por la suma de la velocidad de deslizamiento y la velocidad del vehículo (para ese neumático). Dicho control de velocidad proporciona un medio para la simulación inercial. Los eventos de elevada dinámica, sin embargo, pueden requerir un elemento de anticipación en el controlador de velocidad 26 para proporcionar una respuesta de elevado ancho de banda para cambios en el deslizamiento. Este elemento de anticipación puede proporcionar también los medios para simulación inercial, y por lo tanto controlar la frecuencia natural de la línea de tracción. El incremento de la ganancia del elemento de anticipación disminuye la inercia efectiva, dando como resultado una frecuencia natural en la línea de tracción más elevada. La reducción de la ganancia de anticipación incrementa la inercia efectiva, dando como resultado una frecuencia natural en la línea de tracción más baja. La amortiguación se controla efectivamente mediante los elementos proporcional y derivativo del bucle de velocidad.

La velocidad del vehículo es el resultado de cálculos basados en las bien conocidas ecuaciones de carga de carretera en una simulación de vehículo 28 combinadas con las fuerzas del neumático calculadas en una simulación de neumático 30, dando como resultado una fuerza que, cuando funciona sobre una inercia del vehículo 32, da como resultado una aceleración del vehículo que, cuando se integra 34, conduce a la velocidad del vehículo. Los bloques 28, 32, 34 pueden combinarse para crear el bien conocido bloque de cálculo de carga de la carretera 38. Dichos cálculos pueden incluir, pero sin limitación, bien conocidos cálculos adicionales tales como pendiente, velocidad del viento y cálculos de frenado. La fuerza del neumático representa la fuerza de aceleración del vehículo y la fuerza del vehículo representa fuerzas que resisten a la aceleración. Por ello, el controlador de velocidad 26 no necesita inhabilitarse durante cualquier evento de deslizamiento en esta aplicación particular de control de velocidad para simulación de deslizamiento de rueda.

La simulación del neumático 30 usa una variedad de modelos de neumático (por ejemplo, el modelo de neumático longitudinal de Pacejka, un modelo de neumático simplificado, etc.) en ciertas implementaciones, se usa un algoritmo iterativo para resolver el deslizamiento a partir de una función cuya variable independiente es el deslizamiento. Como un ejemplo, la ecuación de Pacejka describe la fuerza del neumático en función del deslizamiento. Las circunstancias pueden obligar, sin embargo, a que el deslizamiento se calcule a partir de la fuerza del neumático. No hay una solución en forma cerrada a la ecuación de Pacejka para deslizamiento dado que la ecuación no puede invertirse. Por ello, el deslizamiento se resuelve imperativamente en función de la fuerza de neumático.

La ecuación de Pacejka conocida viene dada por

$$\text{FuerzaNeumático} = D * \text{sen} (b0 * \text{atan}(\text{Deslizamiento} * B + E * (\text{atan}(\text{Deslizamiento} * B) - \text{Deslizamiento} * B)))$$

en la que D, B y E se calculan, como es conocido en la técnica, a partir de parámetros de Pacejka, y b0 es el parámetro de Pacejka. La ecuación de Pacejka no tiene inversa para el deslizamiento. A partir de la ecuación anterior, se pueden escribir al menos cuatro ecuaciones para la integración. El ensayo ha revelado, sin embargo, que solo una de las cuatro ecuaciones converge globalmente. La ecuación para deslizamiento viene dada por

$$\text{Deslizamiento} = (\tan(1/b0 * \text{asen}(\text{FuerzaNeumático}/D)) - E * \text{atan}(\text{Deslizamiento} * B)) / (B - E * B)$$

que puede resolverse iterativamente hasta que converge el deslizamiento dentro de algún umbral.

La simulación del neumático 30 contiene un modelo de deslizamiento de rueda, como se ilustra en la figura 3, que determina el deslizamiento en función de la fuerza. Este modelo es representativo de un modelo simple que puede sustituirse alternativamente por cualquier número de modelos de neumático conocidos/adecuados, tales como un modelo de neumático de Pacejka.

Los ingenieros de ensayo pueden no tener acceso a los parámetros de Pacejka para simulación de deslizamiento de rueda. Ciertas implementaciones contempladas en el presente documento usan por lo tanto un modelo simplificado similar al descrito anteriormente de modo que los ingenieros de ensayo puedan definir el modelo simplificado basándose en datos de la pista. Las soluciones previas pueden haber implementado un modelo simple mediante la imposición de una sujeción sobre la demanda de accionamiento para representar la fuerza de neumático máxima y un factor de ganancia que representa el deslizamiento para cada neumático. Dicha solución, sin embargo, puede no crear el deslizamiento en función de la fuerza, y puede dar como resultado la pérdida de control del dinamómetro cuando se excede la sujeción.

La figura 4 ilustra un medio simplificado para permitir los cálculos de diferencias de velocidad entre neumáticos (por ejemplo, velocidad delta). Por ejemplo, un vehículo de tracción a las 4 ruedas que negocia una curva experimentará diferentes velocidades de rueda mientras mantiene una velocidad del vehículo. El bloque de cálculo de la velocidad delta 36 se inserta entre un cálculo de velocidad del vehículo 38 y el controlador de velocidad de rueda 26. La salida del bloque de cálculo de la velocidad delta 36 son las velocidades de rueda individuales deseadas que se espera si no hay deslizamiento de rueda (demanda de velocidad de rueda = velocidad de vehículo + velocidad delta (es decir, la diferencia entre las velocidades de rueda simuladas debido a, por ejemplo, curvatura de la carretera, etc.)) mediante el ajuste de la velocidad delta usando una plataforma de automatización o simulación de acuerdo con las dimensiones físicas del vehículo y del ángulo de dirección, se adaptan las diferencias de velocidad debidas a la dirección. Por ello, como se ha explicado anteriormente, las velocidades delta se aplican para imitar la entrada de la dirección en la velocidad del vehículo, simplificando el cálculo de la dirección en un cálculo cinemático. Alternativamente, los cálculos reales para la entrada del ángulo de dirección junto con las dimensiones del vehículo proporcionan una solución integrada que se ejecuta en el controlador.

Con referencia de nuevo a la figura 3, el deslizamiento de rueda se divide lógicamente en dos zonas. La primera zona (deslizamiento) describe las condiciones en las que desliza la rueda basándose en una función de uno a uno de deslizamiento y fuerza del neumático. En esta zona, hay solo un valor de deslizamiento para cada valor de fuerza de neumático y viceversa (comúnmente conocida como la zona de deslizamiento). La segunda zona (derrape) describe las condiciones en las que puede haber más de un valor para el deslizamiento para una fuerza de

neumático dada (comúnmente conocida como la zona de derrape). En la zona de derrape, la aceleración del neumático se determina únicamente por la fuerza resultante que actúa sobre la inercia del neumático. La velocidad del neumático debida a esta aceleración es calculable como se ha descrito anteriormente.

5 Ciertas técnicas convencionales para simular el deslizamiento de rueda requieren que la inercia de rotación del
 dinamómetro sea igual a la inercia de rotación del conjunto de neumático y rueda. Adicionalmente, estas técnicas
 pueden perder el control efectivamente sobre la velocidad de la rueda durante un evento de derrape de rueda en la
 10 esperanza de que el dinamómetro derrapará con un ritmo similar al de la rueda debido a que las inercias son las
 mismas. Dicho sistema puede excluir la simulación de la inercia de rotación de la rueda a través de técnicas de
 control debido a que por definición, se debe tener control del dinamómetro en todo momento para crear la fuerza
 necesaria para simular la inercia de rotación. Los sistemas / técnicas / algoritmos contemplados en el presente
 documento, sin embargo, retienen el control de velocidad del dinamómetro para asegurar que la rueda acelera de
 modo que imite al neumático y rueda derrapando en un vehículo tanto en las zonas de derrape como de
 deslizamiento.

15 Con referencia a la figura 5, la simulación del neumático 30 incluye dos componentes: un modelo de neumático 40
 que define una velocidad de deslizamiento de neumático y un cálculo de derrape 42 (como se ha explicado
 anteriormente) que define la velocidad de derrape adicional para la zona de derrape. El modelo de neumático 40 (los
 20 modelos de neumático son conocidos en la técnica) calcula la fuerza del neumático en función de la realimentación
 de par, normalizada μ_n y fuerza normal. El modelo de neumático 40 calcula entonces el deslizamiento en función
 de la fuerza del neumático usando un planteamiento iterativo o un modelo de neumático simple como se ha descrito
 anteriormente. Cualquier fuerza adicional a partir de la realimentación del par sobre y por encima de la fuerza del
 neumático actúa para acelerar la inercia de rotación del conjunto de neumático y rueda en el cálculo de derrape 42.
 Este cálculo permite un control apropiado de la velocidad de rueda durante un evento de derrape.

25 Los algoritmos divulgados en el presente documento pueden suministrarse a un dispositivo de procesamiento, que
 puede incluir cualquier unidad de control electrónica o unidad de control electrónica dedicada, en muchas formas
 que incluyen, pero sin limitación, información permanentemente almacenada en un medio de almacenamiento no
 30 escribible tales como dispositivos ROM e información almacenada de modo alterable sobre medios de
 almacenamiento que son escribibles tales como discos flexibles, cintas magnéticas, CD, dispositivos RAM y otros
 medios magnéticos y ópticos. Los algoritmos pueden implementarse también en un objeto ejecutable de software.
 Alternativamente, los algoritmos pueden realizarse en todo o en parte usando componentes de hardware
 adecuados, tales como circuitos integrados de aplicación específica (ASIC), matrices de puertas programables en
 campo (FPGA), máquinas de estado, controladores u otros componentes o dispositivos de hardware, o una
 35 combinación de componentes de hardware, software y firmware.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de simulación de deslizamiento de rueda de un vehículo que comprende:

5 un controlador (12) configurado para
recibir información de velocidad y par acerca de un dinamómetro (10) que simula un conjunto de rueda-
neumático deslizando con relación a una superficie de carretera, estando configurado el controlador para,
10 determinar una velocidad de deslizamiento y una fuerza del neumático basándose en la información del par, y
para
determinar una velocidad del vehículo basándose en la fuerza del neumático;
caracterizado por que el controlador se configura además para determinar una velocidad de punto de
consigna del conjunto de rueda-neumático simulado calculada por la suma de la velocidad de deslizamiento y
15 velocidad del vehículo, y
generar una demanda para el dinamómetro (10) basándose en la información de velocidad, velocidad de
punto de consigna y una inercia simulada del conjunto rueda-neumático simulado para hacer que el
dinamómetro (10), en respuesta a la satisfacción de la demanda, presente la velocidad de punto de consigna
durante un evento de derrape de modo que dé como resultado una frecuencia natural de la línea de tracción
20 asociada con un tren de tracción del vehículo conectado con el dinamómetro (10).

2. Un medio de almacenamiento legible por ordenador que tiene instrucciones almacenadas en él que cuando se
ejecutan hacen que un dispositivo de procesamiento
reciba información de velocidad y par acerca de un dinamómetro que simula un conjunto de rueda-neumático
deslizando con relación a una superficie de carretera, las instrucciones cuando se ejecutan hacen que el dispositivo
25 de procesamiento
determine una velocidad de deslizamiento y una fuerza del neumático basándose en la información del par, y
determine una velocidad del vehículo basándose en la fuerza del neumático;
caracterizado por que las instrucciones cuando se ejecutan hacen además que el dispositivo de procesamiento
determine una velocidad de punto de consigna del conjunto de rueda-neumático simulado calculada por la suma de
30 la velocidad de deslizamiento y velocidad del vehículo, y genere una demanda para el dinamómetro basándose en la
información de velocidad, velocidad de punto de consigna y una inercia simulada del conjunto rueda-neumático
simulado para hacer que el dinamómetro, en respuesta a la satisfacción de la demanda, presente la velocidad de
punto de consigna durante un evento de derrape de modo que dé como resultado una frecuencia natural de la línea
de tracción asociada con un tren de tracción del vehículo conectado con el dinamómetro.
35

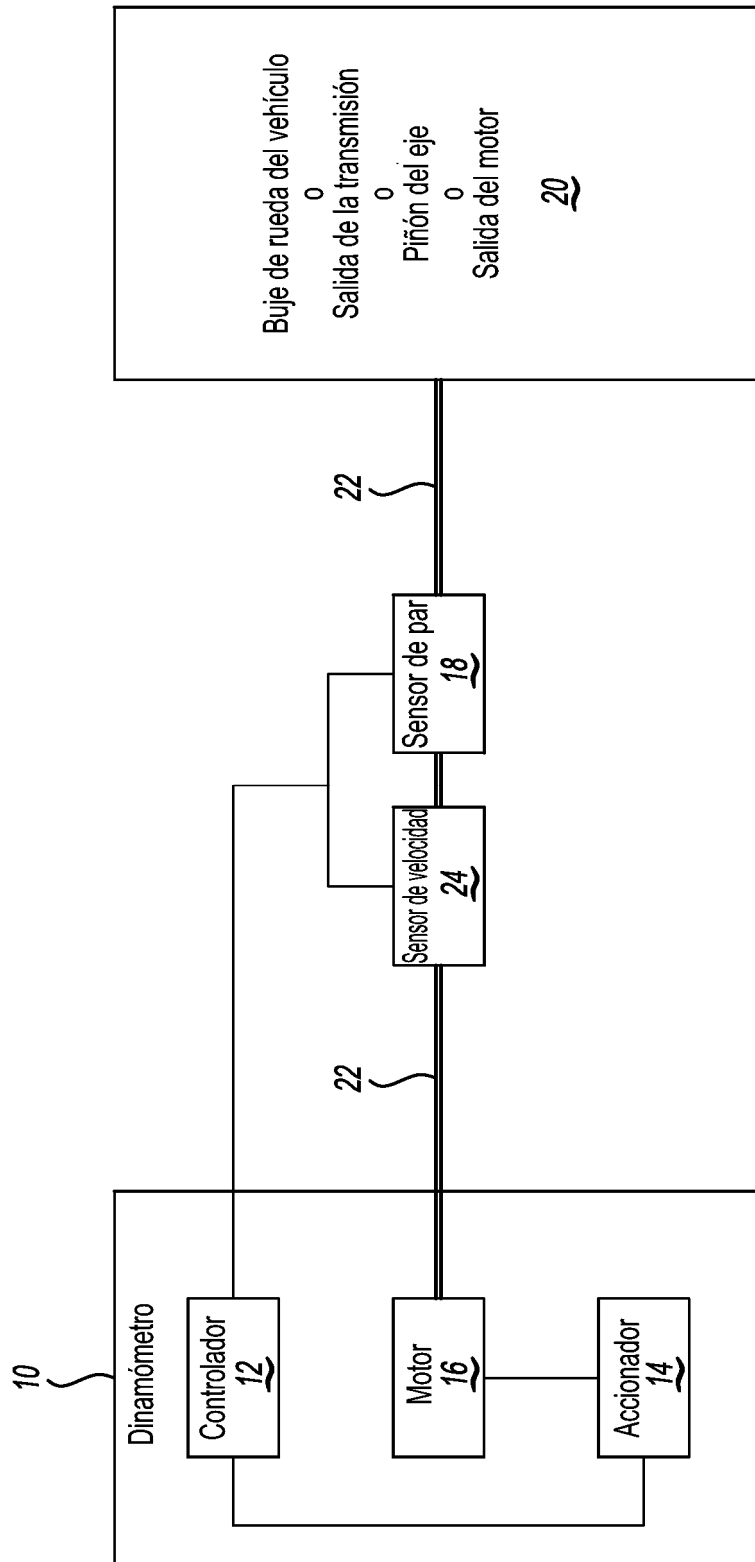


Fig-1

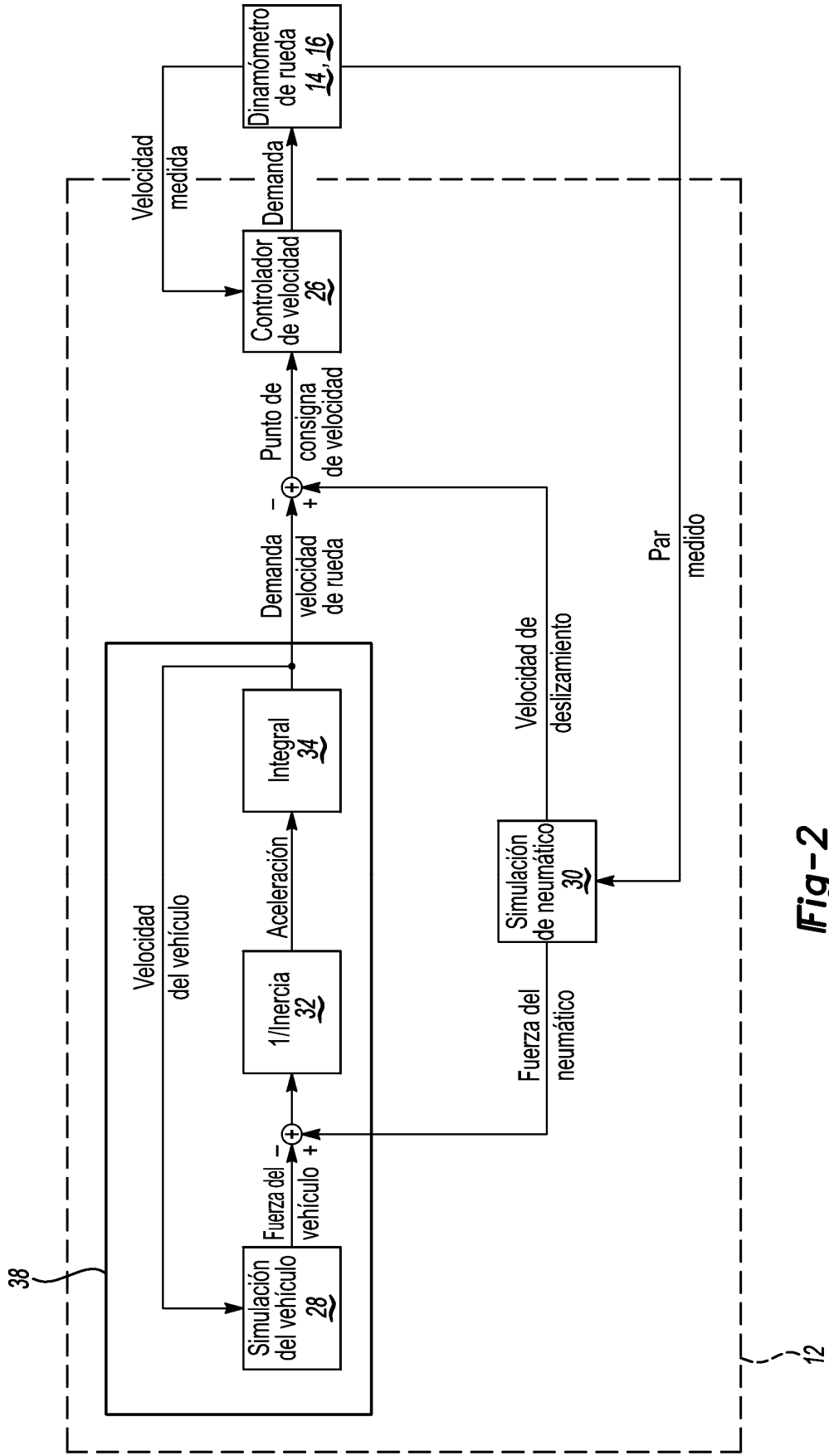


Fig-2

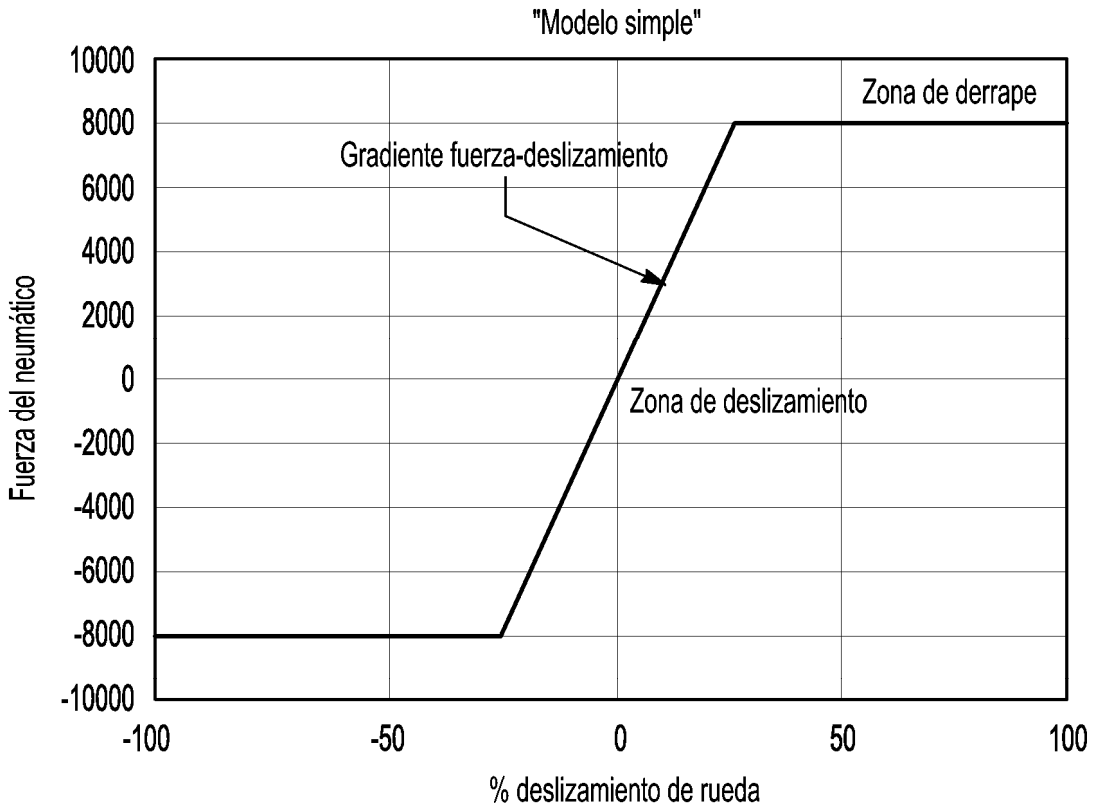


Fig-3

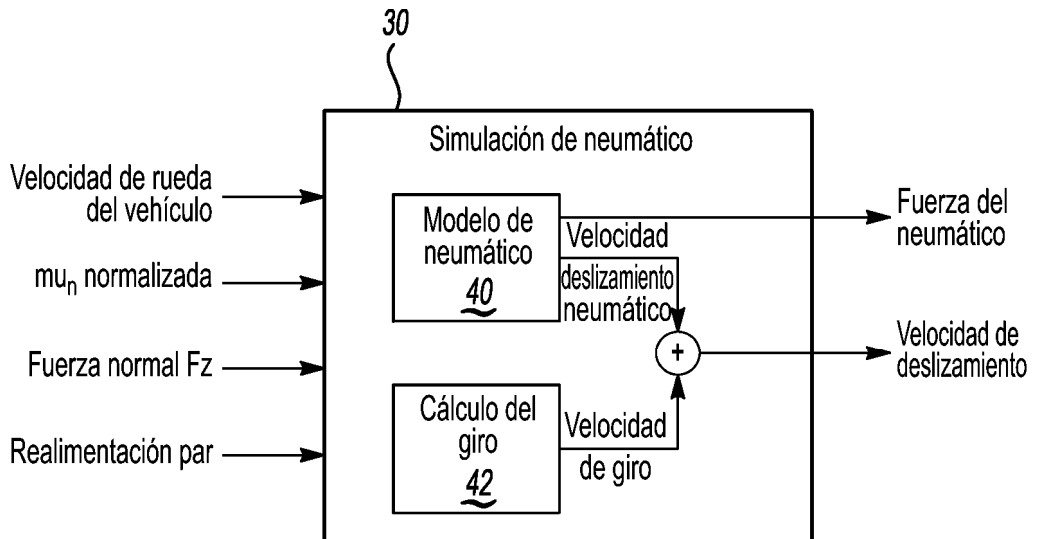


Fig-5

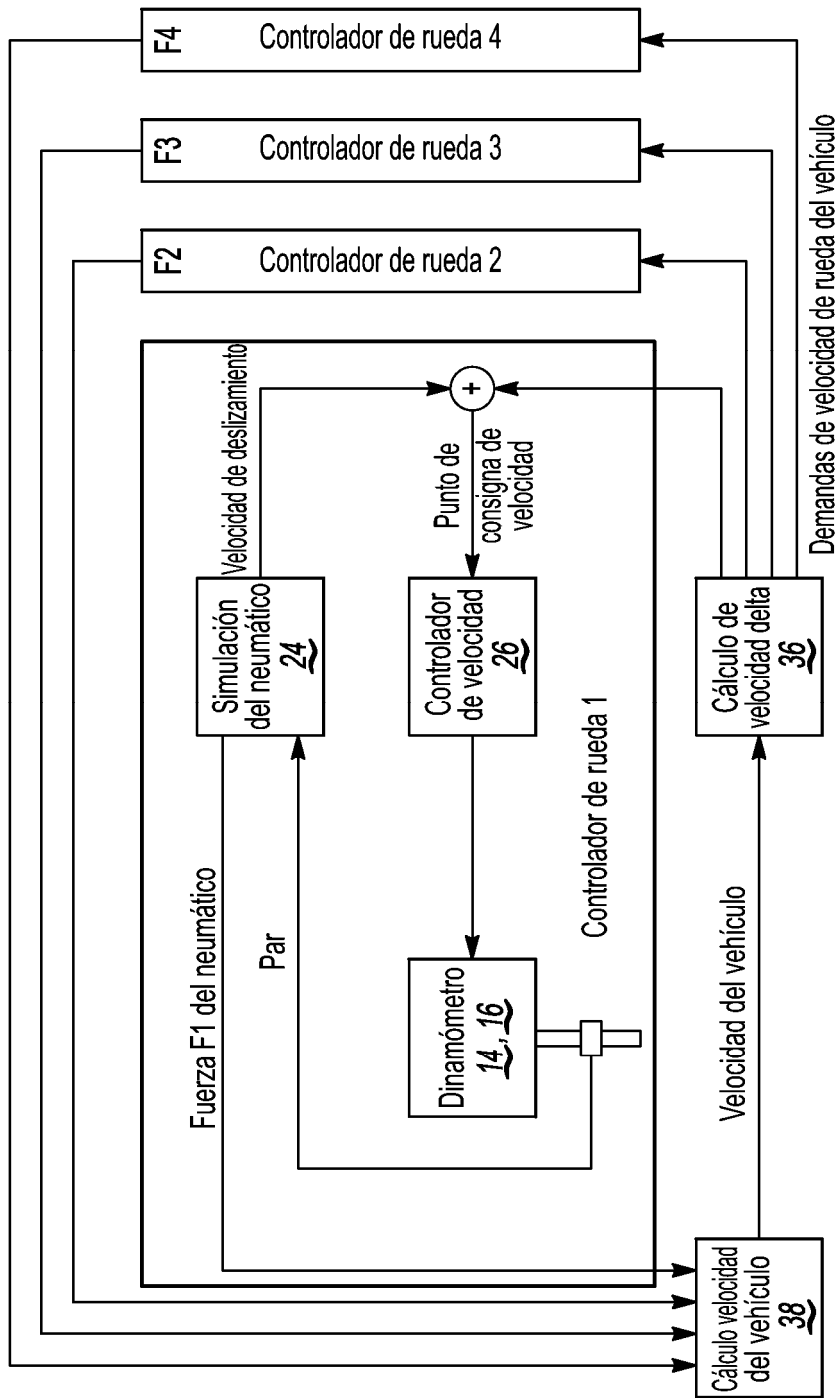


Fig-4