

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 387 468**

51 Int. Cl.:
B60G 17/018 (2006.01)
B60G 17/06 (2006.01)
F16F 9/46 (2006.01)
F16F 9/53 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **07012957 .2**
96 Fecha de presentación: **02.07.2007**
97 Número de publicación de la solicitud: **1876042**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **09.01.2008**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de control para un amortiguador**

30 Prioridad:
03.07.2006 JP 2006183493

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
24.09.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
24.09.2012

73 Titular/es:
KAYABA INDUSTRY CO., LTD.
WORLD TRADE CENTER BLDG., 4-1,
HAMAMATSU-CHO 2-CHOME
MINATO-KU, TOKYO 105-6190, JP

72 Inventor/es:
Masamura, Tatsuya

74 Agente/Representante:
Miltenyi, Peter

ES 2 387 468 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

Dispositivo y procedimiento de control para un amortiguador

5 Campo de la invención

Esta invención se refiere al control de un amortiguador para un vehículo que tiene una característica de amortiguación no lineal.

10 Antecedentes de la invención

JPH06-247117A, publicada por la Oficina de Patentes Japonesa en 1994, describe la aplicación de control *Sky Hook* para el control de la fuerza de amortiguación de un amortiguador para un vehículo.

15 El dispositivo de control de acuerdo con esta técnica anterior calcula un coeficiente amortiguación C del amortiguador mediante una relación $C = C_s \cdot V / V_s$ cuando el signo de la velocidad de un elemento suspendido V y una velocidad de carrera V_s del amortiguador es positivo. En cambio, el dispositivo de control calcula el coeficiente de amortiguación C del amortiguador mediante una relación $C = C_s \cdot V$ cuando el signo es negativo. Aquí C_s indica un coeficiente de amortiguación *Sky Hook*.

20 En el control *Sky Hook*, cuando el signo de la velocidad de los elementos suspendidos V y el de la velocidad de carrera V_s del amortiguador son idénticos, el control *Sky Hook* se calcula multiplicando la velocidad de los elementos suspendidos V por el coeficiente de amortiguación *Sky Hook* C_s . Por otro lado, cuando los signos son diferentes, el control debe realizarse para provocar que la fuerza de control *Sky Hook* se vuelva cero.

25 El dispositivo de la técnica anterior ajusta el valor del coeficiente de amortiguación C del amortiguador de manera que la fuerza de control *Sky Hook* $C_s \cdot V$, que se requiere cuando los signos de la velocidad de los elementos suspendidos V y la velocidad de carrera V_s del amortiguador son idénticas, se vuelve igual a un valor $V_s \cdot C$, que es una fuerza de amortiguación del amortiguador que se obtiene como producto de la velocidad de carrera V_s del amortiguador y el coeficiente de amortiguación C .

Descripción de la invención

35 Sin embargo, cuando se ajusta el coeficiente de amortiguación C de acuerdo con la técnica anterior, puede resultar imposible controlar la fuerza de amortiguación de un amortiguador tal como se pretende.

Haciendo referencia a la figura 10, cuando la característica de una fuerza de amortiguación generada respecto a una velocidad de carrera de un amortiguador (en lo sucesivo denominado característica de amortiguación del amortiguador) mantiene una característica lineal, la fuerza de amortiguación del amortiguador se controla de manera óptima mediante el ajuste del coeficiente de amortiguación C .

45 Haciendo referencia a la figura 11, en un amortiguador en el que la fuerza de amortiguación se regula mediante el ajuste de una presión de apertura de una válvula de amortiguación, o en un amortiguador en el cual la característica de amortiguación se desplaza en paralelo utilizando un fluido electrorreológico o un fluido magnetorreológico, la característica de amortiguación puede tener una característica no lineal. En un amortiguador que tiene esa característica de amortiguación, es difícil regular la fuerza de amortiguación simplemente alterando el coeficiente de amortiguación C obtenido mediante el procedimiento anterior. En otras palabras, cuando la línea indicativa de la característica de amortiguación es lineal y pasa por el origen donde se cruza el eje de la velocidad de carrera y el eje de la fuerza de amortiguación, puede provocarse que el amortiguador genere una fuerza de amortiguación preferible simplemente alterando el coeficiente de amortiguación C , pero en un amortiguador que presente una característica de amortiguación no lineal tal como se muestra en la figura 11, como que el gradiente de la línea característica de amortiguación varía a lo largo de su curso, puede resultar imposible hacer que el amortiguador genere una fuerza de amortiguación preferible simplemente alterando el coeficiente de amortiguación C .

55 Además, si la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador variaba completamente en proporción a la velocidad de carrera del amortiguador, la regulación de la fuerza de amortiguación en función del ajuste del coeficiente de amortiguación C resultaría eficaz, pero es difícil realizar dicha característica de amortiguación en un amortiguador, y por lo tanto puede producirse una desviación entre la fuerza de amortiguación real y una fuerza de amortiguación calculada por el control *Sky Hook*, lo cual puede afectar negativamente al confort de marcha del vehículo.

Aún más, la técnica anterior divide la fuerza de control *Sky Hook* $C_s \cdot V$ por la velocidad de carrera V_s para calcular el coeficiente de amortiguación C . Cuando la velocidad de carrera V_s toma un valor de aproximadamente cero, el coeficiente de amortiguación C toma un valor muy grande y el error de cálculo aumenta inevitablemente.

65

En una zona del recorrido en la que la velocidad de carrera V_s es aproximadamente cero, es difícil controlar la fuerza de amortiguación con precisión, y por lo tanto no puede generarse una fuerza de amortiguación estable debido a un fenómeno conocido como "Hunting".

- 5 Por lo tanto, un objetivo de esta invención es optimizar el control de la fuerza de amortiguación de un amortiguador que presenta una característica de amortiguación no lineal.

10 Con el fin de lograr el objetivo anterior, esta invención presenta un dispositivo de control de la fuerza de amortiguación para controlar la fuerza de amortiguación generada por un amortiguador interpuesto entre un elemento suspendido y un elemento no suspendido de un vehículo. El dispositivo comprende un mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación que complementa una fuerza de amortiguación mínima que puede ser generada por el amortiguador con una fuerza de amortiguación variable, y una parte de control funciona para calcular la fuerza de amortiguación mínima en base a la velocidad de carrera del amortiguador para calcular una desviación entre un valor objetivo de la fuerza de amortiguación y la fuerza de amortiguación mínima; y controlar en bucle abierto el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación de acuerdo con la desviación de manera que la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador coincida con el valor objetivo de la fuerza de amortiguación.

20 Esta invención también dispone un procedimiento de control de la fuerza de amortiguación para un amortiguador provisto del mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación tal como se ha descrito anteriormente. El procedimiento comprende calcular la fuerza de amortiguación mínima en base a la velocidad de carrera del amortiguador, calcular una desviación entre un valor objetivo de la fuerza de amortiguación y la fuerza de amortiguación mínima, y controlar en bucle abierto el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación de acuerdo con la desviación de manera que la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador coincida con el valor objetivo de la fuerza de amortiguación.

25 Los detalles así como otras características y ventajas de esta invención se exponen en el resto de la memoria y se muestran en los dibujos adjuntos.

30 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 es un diagrama esquemático de un dispositivo de control para un amortiguador de acuerdo con esta invención.

- 35 La figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de un vehículo que indica la ubicación de sensores de aceleración de los elementos suspendidos de acuerdo con esta invención.

La figura 3 es un diagrama que muestra una característica de amortiguación del amortiguador.

- 40 La figura 4 es una vista en sección longitudinal de un mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación instalado en el amortiguador.

La figura 5 es una vista esquemática en sección longitudinal del amortiguador.

- 45 La figura 6 es una vista esquemática en sección longitudinal de otro amortiguador al cual puede aplicarse esta invención.

La figura 7 es un diagrama de bloques de una parte de control del dispositivo de control de acuerdo con esta invención.

- 50 La figura 8 es un diagrama que muestra una característica de un mapa de la fuerza de amortiguación mínima almacenado por la parte de control.

La figura 9 es un diagrama de flujo que describe una rutina de control de la fuerza de amortiguación ejecutada por la parte de control.

- 55 La figura 10 es un diagrama que muestra una característica de amortiguación de un amortiguador de acuerdo con un ejemplo de la técnica anterior.

- 60 La figura 11 es un diagrama que muestra una característica de amortiguación de un amortiguador de acuerdo con otro ejemplo de la técnica anterior.

Descripción de las realizaciones preferidas

Haciendo referencia a la figura 1 de los dibujos, un vehículo A comprende cuatro ruedas soportadas, respectivamente, por una carrocería a través de cuatro muelles de suspensión S1-S4 y cuatro amortiguadores D1-D4. Desde un punto de vista mecánico, las ruedas corresponden a elementos no suspendidos W1-W4 de los muelles de suspensión S1-S4. Además, el vehículo corresponde a elementos suspendidos B1-B4 de los muelles de suspensión S1-S4. La suma del peso de los elementos suspendidos B1-B4 es igual al peso del vehículo.

Un dispositivo de control 1 de los amortiguadores D1-D4 comprende una parte de control 2 instalada en una posición arbitraria en la carrocería del vehículo, tres sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3 que detectan una aceleración en una dirección vertical de las distintas partes la carrocería del vehículo, unos sensores de aceleración de los elementos suspendidos GU1-GU4 que detectan una aceleración de elementos no suspendidos Y1-Y4 de los elementos no suspendidos W1-W4 en una dirección vertical, respectivamente, y unos mecanismos de variación de la fuerza de amortiguación 3 que varían una fuerza de amortiguación generada por los amortiguadores D1-D4, respectivamente.

El amortiguador D1 se encuentra interpuesto entre el elemento suspendido B1 y el elemento no suspendido W1 en paralelo con el muelle de suspensión S1. El amortiguador D2 se encuentra interpuesto entre el elemento suspendido B2 y el elemento no suspendido W2 en paralelo con el muelle suspendido S2. El amortiguador D3 se encuentra interpuesto entre el elemento suspendido B3 y el elemento no suspendido W3 en paralelo con el muelle de suspensión S3. El amortiguador D4 se encuentra interpuesto entre el elemento suspendido B4 y el elemento no suspendido W4 en paralelo con el muelle de suspensión S4.

Haciendo referencia a la figura 2, los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3 son sensores que detectan la aceleración de la carrocería del vehículo 10 en una dirección vertical, y están dispuestos en tres posiciones arbitrarias en la carrocería del vehículo 10 que no están alineadas en una línea anterior-posterior o una línea lateral del vehículo.

Los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3 envían señales de tensión correspondientes a la aceleración detectada $\alpha_1 - \alpha_3$ a la parte de control 2 del dispositivo de control 1 de los amortiguadores D1-D4. En base a estas señales de tensión, la parte de control 2 calcula una aceleración $\alpha_1 - \alpha_3$ de cada uno de los elementos suspendidos B1-B4 en una dirección vertical. En la siguiente descripción, una aceleración hacia arriba está representada por un valor positivo. Asimismo, una aceleración hacia arriba de los elementos no suspendidos, así como las fuerzas de amortiguación hacia arriba generadas por los amortiguadores D1-D4 están representadas por valores positivos.

Una aceleración X_n de un elemento suspendido B_n se explica mediante la siguiente ecuación (1).

$$X_n = \beta_{n1} \cdot \alpha_1 + \beta_{n2} \cdot \alpha_2 + \beta_{n3} \cdot \alpha_3 \quad (1)$$

donde n = un índice seleccionado entre los números de uno a cuatro para identificar cuatro elementos suspendidos. Por ejemplo, cuando n = 1 en la ecuación (1) se calcula la aceleración X_1 del elemento suspendido B1, y

β_{n1} , β_{n2} , β_{n3} = constantes determinadas de acuerdo con la posición de los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3, una posición del centro de gravedad de la carrocería del vehículo 10, la distancia entre el centro de gravedad de la carrocería del vehículo 10 y cada uno de los elementos suspendidos B1-B4, la distancia entre ejes del vehículo A, una banda de rodadura del vehículo A, etc.

La ecuación (1) indica que, siempre que la carrocería del vehículo 10 sea un cuerpo rígido, puede determinarse sin ambigüedades una aceleración X_1 - X_4 de los elementos suspendidos B1-B4 obteniendo de manera inequívoca una aceleración vertical $\alpha_1 - \alpha_3$ de tres partes de la carrocería del vehículo 10 que se determinan arbitrariamente pero no están alineadas en una línea anterior-posterior o una línea lateral del vehículo.

Haciendo referencia de nuevo a la figura 1, los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos GU1-GU4 detectan la aceleración de los elementos suspendidos Y1-Y4 de los elementos no suspendidos W1-W4 en una dirección vertical y envían correspondientes señales a la parte de control 2, respectivamente.

Cada uno de los mecanismos de variación de la fuerza de amortiguación 3, que varía la fuerza de amortiguación generada por los amortiguadores D1-D4, comprende un mecanismo que varía una presión de apertura de una válvula de amortiguación de la que está provisto el amortiguador D1-D4. La presión de apertura corresponde a una presión mínima para abrir una válvula.

Haciendo referencia a la figura 3, cuando se varía la presión de apertura, la característica de amortiguación del amortiguador D1-D4 realiza un desplazamiento paralelo a lo largo de la ordenada en la figura en un rango entre una característica de amortiguación mínima "Bajo" y una característica de amortiguación máxima "Alto". Los mecanismos

de variación de la fuerza de amortiguación 3 varían la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador Dn cuando el amortiguador Dn se estira y se contrae, dentro de este rango.

Los amortiguadores D1-D4 están configurados para presentar una estructura común.

5 Haciendo referencia a la figura 4, cada uno de los amortiguadores D1-D4 comprende un cilindro 100, un pistón cilíndrico hueco 101 deslizante en el interior del cilindro 100, y un émbolo hueco 12 fijado al pistón 101 a través del mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 y que se proyecta axialmente hacia afuera del cilindro 100.

10 El interior del cilindro 100 está dividido por el pistón 101 en una cámara lateral del émbolo R1 y una cámara lateral del pistón R2. La cámara lateral del émbolo R1 y cámara lateral del pistón R2 se comunican R2 entre sí a través de un conducto principal 104 formado a través del pistón 101 y el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3. En el interior del pistón 101 hay instalada una válvula de alivio 105 frente al conducto principal 104. El mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 está dispuesto en el conducto principal 104 en serie con la válvula de alivio 105.

15 Haciendo referencia a la figura 5, en el cilindro 100 hay encerrado un fluido tal como aceite hidráulico. Una cámara de gas 121 está formada en el cilindro 100 mediante un pistón libre 120 dispuesto debajo del pistón 101. La cámara de gas 121 está llena de un gas a alta presión para compensar una variación de la capacidad del cilindro 100, que está provocada por el émbolo 12 que entra y sale del cilindro 100 a medida que el amortiguador D1-D4 se estira y se contrae, moviéndose el pistón libre 120 verticalmente en el cilindro 100. El amortiguador D1-D4 está configurado como del tipo denominado de estructura simple. El amortiguador D1-D4 sin embargo puede estar configurado como de tipo de estructura doble.

20 Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 comprende una carcasa cilíndrica 102 a la cual se fija un extremo superior al émbolo 12 y un extremo inferior va fijado al pistón 101. El mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 comprende, además, un casquillo 106 fijado en el interior de la carcasa 102, una bobina 108 que desliza en el casquillo 106, y un elemento de asiento de válvula 107 sujeto entre la bobina 108 y el pistón 101. El pistón 101 está atornillado en el extremo inferior de la carcasa 102. El elemento de asiento de la válvula 107 comprende un asiento de válvula anular 107a que tiene unas partes de asiento circular dobles en contacto con el extremo inferior de la bobina 108.

25 En el lado posterior de la bobina 108, o por encima de la bobina 108 en la figura 4, un muelle 109 que empuja el pistón 108 hacia el elemento de asiento de válvula 107 y un solenoide 110 que aplica una fuerza de empuje hacia arriba en la bobina 108 para disminuir la fuerza de empuje del muelle 109 en respuesta a una corriente de excitación quedan encerrados en la carcasa 102.

30 En la carcasa 102 hay formada una cámara piloto de alargamiento 111 frente a la cara posterior de la bobina 108. En la carcasa 102 hay formada también una cámara piloto de contracción 112 entre un conducto que está formado en la circunferencia exterior de la bobina 108 y la circunferencia interior del casquillo 106.

35 La presión en la cámara lateral del émbolo R1 se lleva a la cámara piloto de alargamiento 111 a través de un conducto piloto de alargamiento 113 formado en la carcasa 102. La presión en la cámara lateral del pistón R2 lleva a la cámara piloto de contracción 112 a través de un conducto piloto de contracción 114 formado a través de la bobina 108.

40 La cámara piloto de contracción 112 y la cámara piloto de alargamiento 111 se comunican entre sí a través de un orificio pasante 108a formado en el lado posterior de la bobina 108 y el conducto piloto de contracción 114. Un asiento de válvula anular 108b está formado alrededor del orificio pasante 108 y una primera sub-válvula cilíndrica 115 que tiene una parte inferior y es empujada por el muelle 109 queda asentada sobre el asiento anular de válvula 108b desde arriba para cerrar el orificio pasante 108a mientras se ejerce una fuerza de empuje sobre la bobina 108 hacia el elemento de asiento de válvula 107.

45 En la parte inferior de la primera sub-válvula 115 hay formado un orificio pasante 115a. El orificio pasante 115a queda cerrado por una segunda sub-válvula cilíndrica 116 empujada por el muelle 109 desde arriba.

50 La segunda sub-válvula 116 está acoplada a una armadura 119. El solenoide 110 aplica una fuerza hacia arriba sobre la armadura 119 dependiendo de la corriente de excitación para disminuir la fuerza del muelle que ejerce el muelle 109 sobre la segunda sub-válvula 116. Como resultado, la presión de apertura de la primera sub-válvula 115 y la presión de apertura de la segunda sub-válvula 116 se reducen. Simultáneamente, la presión de apertura entre la bobina 108 que abre y cierra el conducto principal 104 y el asiento de válvula anular 107a se reduce.

55 Haciendo referencia a la figura 3, la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador D1-D4 varía en un intervalo entre la característica de amortiguación mínima "Bajo" y la característica de amortiguación máxima "Alto" en una dirección creciente cuando el solenoide 110 reduce la fuerza elástica que ejerce el muelle 109 sobre la segunda

sub-válvula 116 en función de la corriente de excitación. Aquí, la característica de amortiguación máxima “Alto” corresponde a un caso en el que el solenoide 110 no recibe corriente de excitación, y la característica de amortiguación mínima “Bajo” corresponde a un caso en el solenoide 110 recibe una corriente de excitación máxima. A medida que disminuye la corriente de excitación, la característica de la fuerza de amortiguación realiza un desplazamiento paralelo a lo largo de la ordenada, mientras que un gradiente del mismo permanece inalterado. El desplazamiento paralelo se lleva a cabo de manera que, cuando la característica que se muestra en el primer cuadrante del diagrama se mueve hacia arriba, la característica que se muestra en el tercer cuadrante se mueve simultáneamente hacia abajo, y viceversa.

10 Haciendo referencia de nuevo a la figura 4, las dimensiones de distintas partes del mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 se establecen como sigue.

En particular, suponiendo que:

- 15 $\phi 1$ = diámetro de la parte del diámetro menor superior de la segunda sub-válvula 116;
 $\phi 2$ = diámetro del asiento de válvula del orificio pasante 115a;
 $\phi 3$ = diámetro del asiento de válvula del orificio pasante 108a;
 $\phi 4$ = diámetro interior del casquillo 106;
 ϕc = diámetro interior del asiento de válvula anular 107a;
20 ϕr = diámetro exterior del asiento de válvula anular 107a, y
 $\phi 5$ = diámetro exterior de la bobina 108;

las dimensiones de distintas partes del mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 se establecen para cumplir las siguientes relaciones:

25
$$\phi 4^2 - \phi 2^2 > \phi 5^2 - \phi r^2 \text{ y}$$

$$\phi 5^2 - \phi 4^2 > \phi c^2 - \phi 3^2 \text{ y}$$

30 Se supone que la presión de apertura de la segunda sub-válvula 116 es $Pc2$ y se supone que la presión en la cámara lateral del émbolo R1 es Pa cuando el amortiguador D1-D4 se estira o cuando el pistón 101 se mueve hacia arriba en la figura 4.

35 En un estado en el cual se cumple la relación $Pc2 (\phi 4^2 - \phi 2^2) > Pa (\phi 5^2 - \phi r^2)$, la bobina 108 no se levanta del asiento de válvula anular 107a y el conducto principal 104 se cierra. Si se cumple la relación $Pc2 (\phi 4^2 - \phi 2^2) < Pa (\phi 5^2 - \phi r^2)$, la bobina 108 se levanta del asiento de válvula anular 107a de modo que el conducto principal 104 se abre. La presión de apertura $Pc2$ es una presión que hace que la segunda sub-válvula 116 se levante del orificio pasante 115a de la primera sub-válvula 115 de manera que la cámara piloto de alargamiento 111 se comunica con el conducto piloto de contracción 114. Esta presión de apertura $Pc2$ es regulable para disminuir la fuerza elástica del muelle 109 aumentando la fuerza de empuje hacia arriba generada por el solenoide 110. Por lo tanto, regulando la fuerza de empuje hacia arriba mediante el solenoide 110, en la carrera de alargamiento del amortiguador D1-D4 se varía también la presión de apertura en la que el bobina 108 abre el conducto principal 104.

45 Se supone que la presión de apertura de la primera sub-válvula 115 es $Pc1$ y se supone que la presión en la cámara lateral del pistón R2 es Pb cuando el amortiguador D1-D4 se contrae o cuando el pistón 101 se mueve hacia abajo en la figura 4.

50 En un estado en el cual se cumple la relación $Pc1 (\phi 5^2 - \phi 4^2) > Pb (\phi c^2 - \phi 3^2)$, la bobina 108 no se levanta del asiento de válvula anular 107a y el conducto principal 104 se cierra. Cuando se cumple la relación $Pc1 (\phi 5^2 - \phi 4^2) < Pb (\phi c^2 - \phi 3^2)$, la bobina 108 se levanta del asiento de válvula anular 107a de modo que el conducto principal 104 se abre. La presión de apertura $Pc1$ es una presión que hace que la primera sub-válvula 115 se levante del orificio pasante 108a de la bobina 108 de manera que la cámara piloto de alargamiento 111 se comunica con el conducto piloto de contracción 114. Esta presión de apertura $Pc1$ es regulable reduciendo la fuerza elástica del muelle 109 aumentando la fuerza de empuje hacia arriba generada por el solenoide 110.

55 Por lo tanto, regulando la fuerza de empuje hacia arriba generada por el solenoide 110, en la carrera de contracción del amortiguador D1-D4 se varía también la presión de apertura en la que la bobina 108 abre el conducto principal 104.

60 Tanto en la carrera de alargamiento como en la carrera de contracción del amortiguador D1-D4, la presión de apertura en la que el bobina 108 abre el conducto principal 104 puede variarse utilizando un único solenoide 110. El mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 varía de este modo la característica de amortiguación del amortiguador D1-D4 dentro del rango mostrado en la figura 3.

Tal como se ha descrito anteriormente, a medida que aumenta la corriente de excitación del solenoide 110, las presiones de apertura $Pc1$ y $Pc2$ disminuyen. En otras palabras, cuando se corta accidentalmente el suministro de corriente de excitación al solenoide 110, el amortiguador D1-D4 genera la fuerza de amortiguación máxima, lo cual asegura un funcionamiento del sistema de suspensión del vehículo a prueba de fallos.

La configuración de los amortiguadores D1-D4 es un ejemplo y esta invención no está limitada por el tipo de amortiguadores. Por ejemplo, la válvula de amortiguación puede estar constituida por un asiento de válvula formado en el conducto de fluido y una válvula de resorte asentada en el mismo. El mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación puede estar constituido por un solenoide que ejerza una fuerza de empuje sobre la válvula en un sentido para levantarse del asiento de válvula y un muelle que empuje la válvula en sentido opuesto. En este caso la fuerza de empuje del solenoide regula la fuerza elástica ejercida sobre la válvula de manera que la presión de apertura en la que la válvula se levanta del asiento puede variarse.

Tal como se ha descrito anteriormente, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 altera la presión de apertura de la válvula de amortiguación instalada en el amortiguador D1-D4.

Haciendo referencia a la figura 6 se describirá una configuración distinta del mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación.

En un amortiguador que emplea un fluido electrorreológico o un fluido magnetoreológico como fluido de trabajo puede instalarse, en un conducto 200 que conecta la cámara lateral del émbolo R3 y la cámara lateral del pistón R4 como mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación, un dispositivo 201 que genere un campo eléctrico en el fluido electrorreológico o un campo magnético en el fluido magnetoreológico para variar la viscosidad del fluido. El conducto 200 está formado en un espacio entre el pistón 202 y el cilindro 203, pero la posición del conducto 200 no queda limitada a esta configuración. En un amortiguador que utiliza un fluido electrorreológico, el dispositivo 201 comprende unos polos eléctricos dispuestos en la circunferencia exterior del pistón 202 y un mecanismo de suministro de corriente de excitación que suministra corriente de excitación a los polos eléctricos. En un amortiguador que utiliza un fluido magnetoreológico, el dispositivo 201 comprende una bobina dispuesta en el pistón 202 y un mecanismo de suministro de corriente de excitación que suministra corriente de excitación a la bobina. En cualquiera de los casos anteriores puede conseguirse la característica de amortiguación variable mostrada en la figura 3.

A continuación se describirá la parte de control 2. La parte de control 2 procesa las señales que se envían desde los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3 y los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos GU1-GU4, y calcula un valor objetivo de la fuerza de amortiguación Fsn que ha de generar el amortiguador D1-D4. El valor objetivo de la fuerza de amortiguación Fsn corresponde a la fuerza de control *Sky Hook* mencionada anteriormente. La parte de control 2 emite una orden en forma de señal de corriente o tensión para producir el valor objetivo de la fuerza de amortiguación Fsn al solenoide 110 en cada amortiguador D1-D4. La parte de control 2 calcula una fuerza de amortiguación variable $Fc1-Fc4$ que se suma a una fuerza de amortiguación mínima $Fd1-Fd4$ de los respectivos amortiguadores D1-D4 en base a la velocidad de carrera $Vs1-Vs4$ de los amortiguadores Dn y la aceleración de los elementos suspendidos $V1-V4$ de los elementos suspendidos B1-B4, para llevar a cabo el control *Sky Hook* de la fuerza de amortiguación de los amortiguadores Dn.

Haciendo referencia a la figura 7, la parte de control 2 comprende una parte de cálculo de la aceleración de los elementos suspendidos 21, un integrador 22, un integrador 23, un sumador 24, un multiplicador 25, una parte de cálculo de la fuerza mínima de amortiguación 26, un sumador 27, una parte de determinación de signo 28, y una parte de conversión de corriente 29.

La parte de cálculo de la aceleración de los elementos suspendidos 21 calcula la aceleración de los elementos suspendidos Xn a partir de la aceleración $\alpha1, \alpha2, \alpha3$ detectada por los sensores de la aceleración de los elementos suspendidos G1, G2, G3, respectivamente.

El integrador 22 calcula la integral de la aceleración de los elementos suspendidos Xn y obtiene la velocidad de los elementos suspendidos Vn de cada elemento suspendido Bn en una dirección vertical.

El integrador 23 calcula la integral de la aceleración de los elementos no suspendidos Yn detectada por los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos GUn para calcular la velocidad de los elementos no suspendidos Vyn de los elementos no suspendidos W1-W4 en una dirección vertical.

El sumador 24 calcula la velocidad de carrera Vsn de cada uno de los amortiguadores Dn restando la velocidad del elemento no suspendido Vyn de la velocidad de los elementos suspendidos Vn .

El multiplicador 25 multiplica la velocidad de los elementos suspendidos Vn por un coeficiente de amortiguación *Sky Hook* Cs para calcular el valor objetivo de la fuerza de amortiguación Fsn .

La parte de cálculo de la fuerza de amortiguación mínima 26 calcula la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} que pueden generar los amortiguadores D_n a la velocidad de carrera V_{sn} .

5 El sumador 27 calcula una desviación ε_n restando la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} del valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} .

10 La parte de determinación del signo 28 determina el signo del producto de la desviación ε_n y la velocidad de carrera V_{sn} . Cuando el signo es positivo, la parte de determinación del signo 28 envía la desviación ε_n como fuerza de amortiguación variable F_{cn} que se suma a la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} de los amortiguadores D_n . Por otra parte, cuando el signo es negativo, la parte de determinación del signo 28 envía cero como fuerza de amortiguación variable F_{cn} .

15 La parte de conversión de corriente 29 convierte la fuerza de amortiguación variable F_{cn} enviada desde la parte de determinación del signo 28 en un valor nominal de corriente I_n que se envía a un circuito de excitación del solenoide 110. Cabe señalar que n en los signos anteriores es un índice seleccionado entre los números uno y cuatro para identificar los cuatro elementos suspendidos, respectivamente.

20 A continuación se describirá en detalle la acción de cada parte de la parte de control 2. La parte de aceleración de los elementos suspendidos 21 realiza el cálculo descrito anteriormente para obtener la aceleración de los elementos suspendidos X_n cuando los valores de la aceleración $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ se reciben del sensor de aceleración de los elementos suspendidos G1, G2, G3. El integrador 22 calcula entonces la velocidad de los elementos suspendidos V_n de cada elemento suspendido B_n en una dirección vertical a partir de la aceleración de los elementos suspendidos X_n .

25 Por otra parte, el integrador 23 calcula la integral de la aceleración de los elementos no suspendidos Y_n detectada por los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos G_{Un} para obtener la velocidad de los elementos no suspendidos V_{yn} de cada uno de los elementos no suspendidos W_n . La velocidad de los elementos no suspendidos V_{yn} calculada por el integrador 23 y la velocidad de los elementos suspendidos V_n calculada por el integrador 22 se introducen en el sumador 24. El sumador 24 calcula la velocidad de carrera V_{sn} de cada uno de los amortiguadores D_n .

30 La velocidad de los elementos suspendidos V_n que se envía desde el integrador 22 se introduce también en el multiplicador 25. El multiplicador 25 multiplica la velocidad de los elementos suspendidos V_n por el coeficiente de amortiguación $Sky\ Hook\ C_s$ para calcular el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} .

35 La parte de cálculo de la fuerza de amortiguación mínima 26 hace referencia a un mapa de la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} que tiene la característica que se muestra en la figura 8 y que define la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} utilizando la velocidad de carrera V_{sn} como un parámetro. La relación entre la velocidad de carrera V_{sn} y la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} mostrada en este diagrama corresponde a la característica de amortiguación mínima "Bajo" de la figura 3.

40 La fuerza de amortiguación mínima F_{dn} puede calcularse sin necesidad de utilizar un mapa multiplicando la velocidad de carrera V_{sn} por una constante que se aproxime a la característica de amortiguación de los amortiguadores D_n .

45 El sumador 27 resta la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} del valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} para calcular la desviación ε_n . La desviación ε_n toma un valor positivo cuando, por ejemplo, el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} se encuentra en a_1 y la velocidad de carrera se encuentra en b en la figura 8. En este caso, la desviación ε_n es igual a la fuerza de amortiguación variable F_{cn} que ha de generar el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3.

50 En cambio, cuando el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} se encuentra en a_2 y la velocidad de carrera se encuentra en b en la figura 8, la desviación ε_n toma un valor negativo. En este estado, la fuerza de carrera mínima F_{dn} supera el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} , y por lo tanto el amortiguador D_n no puede generar una fuerza de amortiguación igual al valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} .

55 En el control *Sky Hook* de los amortiguadores D_n , cuando la dirección de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la de la velocidad de carrera V_{sn} no son iguales, o en otras palabras, cuando el signo del producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} es negativo, es preferible poner a cero el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} . El amortiguador D_n , sin embargo, no puede generar una fuerza de amortiguación que corresponde a una zona rodeada por la línea de la característica de amortiguación mínima "Bajo" y el eje de la velocidad de carrera en la figura 3. En consecuencia, si la desviación toma un valor negativo incluso cuando el signo del producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} es

positivo, o si el signo del producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} es negativo, la fuerza de amortiguación generada por los amortiguadores D_n debe mantenerse lo más pequeña posible.

La parte de determinación del signo 28 determina el signo del producto de la desviación ε_n y la velocidad de carrera V_{sn} . Cuando esta señal es positiva, significa que el producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} toma un valor positivo y la fuerza de amortiguación F_{sn} es mayor que la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} . En este estado, la desviación ε_n es igual a la fuerza de amortiguación variable F_{cn} que ha de generar el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3, y por lo tanto, la parte de determinación del signo 28 envía la desviación ε_n como la fuerza de amortiguación variable F_{cn} .

En cambio, cuando el signo del producto de la desviación ε_n y la velocidad de carrera V_{sn} es negativa, la parte de determinación del signo 28 determina que la situación corresponde a un caso en que la desviación ε_n es negativa mientras que es el producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} toma un valor positivo, o un caso en que el producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} toma un valor negativo. En este caso, la parte de determinación del signo 28 envía cero como valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} .

La parte de determinación del signo 28 determina de este modo si el producto de la desviación ε_n y la velocidad de carrera V_{sn} es o no positivo y envía la desviación ε_n o cero como valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} , de acuerdo con el resultado de la determinación. Por lo tanto, no es necesario realizar dos tipos de determinación, es decir, determinar el producto de la velocidad de los elementos suspendidos V_n y la velocidad de carrera V_{sn} para determinar el signo de la desviación ε_n . Este algoritmo de determinación reduce por lo tanto el tiempo requerido para la determinación y mejora la respuesta del control de fuerza de amortiguación.

Por último, la parte de conversión de corriente 29 convierte la fuerza de amortiguación variable F_{sn} en un valor nominal de corriente correspondiente I_n y envía el valor nominal de corriente I_n al circuito de activación del solenoide 110.

La característica resultante de la fuerza de amortiguación, como resultado de complementar la fuerza de amortiguación mínima del amortiguador D_n con la fuerza de amortiguación variable corresponde a la característica de amortiguación mínima "Bajo" desplazada en paralelo a lo largo del eje vertical en la figura 3. El valor nominal de la corriente I_n enviada desde la parte de conversión de la corriente 29 es proporcional a la fuerza de amortiguación variable F_{cn} . Al suministrar una corriente eléctrica al solenoide 110 tal como se especifica por el valor nominal de la corriente I_n , por lo tanto, la fuerza de amortiguación finalmente generada por el amortiguador D_n corresponde al valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} en un estado en el que las direcciones de la velocidad de los elementos suspendidos V_{sn} y la velocidad de carrera V_{sn} son idénticos y el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} es mayor que la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} . En un estado en el que las direcciones de la velocidad del elemento suspendido V_{sn} y la velocidad de carrera V_{sn} son diferentes o el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} es menor que la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} si bien las direcciones de la velocidad de los elementos suspendidos V_{sn} y la velocidad de carrera V_{sn} son idénticas, la fuerza de amortiguación finalmente generada por el amortiguador D_n se vuelve igual a la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} .

De acuerdo con esta realización, la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador D_n alcanza un máximo cuando no se suministra corriente eléctrica al solenoide 110, y alcanza un mínimo cuando se suministra corriente eléctrica máxima al solenoide 110. En otras palabras, el valor nominal de la corriente I_n toma un valor máximo cuando la fuerza de amortiguación variable F_{cn} es cero y disminuye a cero a medida que la fuerza de amortiguación variable F_{cn} aumenta.

El dispositivo de control 1 controla la fuerza de amortiguación variable F_{cn} en base a la desviación ε_n entre el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} del amortiguador D_n y la fuerza de amortiguación mínima F_{dn} que el amortiguador puede generar sin ajustar el coeficiente de amortiguación, con el fin de controlar la característica de amortiguación de un amortiguador que tiene una característica de amortiguación no lineal.

En consecuencia, el control en bucle abierto de la fuerza de amortiguación puede realizarse sin llevar a cabo un procesamiento complicado, y por lo tanto el control de la fuerza de amortiguación de un amortiguador que tiene una característica de amortiguación no lineal para el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} puede realizarse con una alta respuesta.

En esta realización, cuando la velocidad de carrera V_{sn} del amortiguador D_n varía, la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador D_n no varía y el amortiguador D_n genera constantemente una fuerza de amortiguación que corresponde al valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} . El amortiguador D_n por lo tanto tiene un excelente efecto de aislamiento de las oscilaciones, es decir, impide las oscilaciones de la superficie de rodadura cuando el vehículo A está circulando se transmitan a la carrocería del vehículo 10, y por lo tanto se mejora significativamente la comodidad de conducción del vehículo A.

Además, de acuerdo con este dispositivo de control 1, no es necesario dividir el control de fuerza *Sky Hook Cs · V*, o en otras palabras, el valor objetivo de la fuerza de amortiguación, entre la velocidad de carrera *Vsn* como en el caso de la técnica anterior, y por lo tanto el error de cálculo no aumenta incluso en el caso en que la velocidad de carrera *Vsn* sea casi cero. El amortiguador *Dn* por lo tanto genera una fuerza de amortiguación estable en una zona de operación en la que la velocidad de carrera *Vsn* es casi cero.

En la realización anterior, el control *Sky Hook* se describe como un ejemplo de control mediante el dispositivo de control 1, pero el dispositivo de control 1 del amortiguador de acuerdo con esta invención tiene un principio de control para controlar una fuerza de amortiguación de acuerdo con una desviación ϵ_n entre el valor objetivo de la fuerza de amortiguación *Fsn* y la fuerza de amortiguación mínima *Fdn* que puede generar el amortiguador *Dn*. El procedimiento para determinar el valor objetivo de la fuerza de amortiguación no está limitado al procedimiento de control *Sky Hook*, y puede aplicarse cualquier otro procedimiento. Por ejemplo, un procedimiento de control aplicado para calcular una fuerza de amortiguación óptima para el control del balanceo del vehículo o el control de la inclinación o el cabeceo del vehículo durante la frenada puede utilizarse para calcular el valor objetivo de la fuerza de amortiguación *Fsn*. El valor objetivo de la fuerza de amortiguación *Fsn* puede determinarse de acuerdo con cualquier procedimiento de control apropiado.

La parte de control 2 puede estar constituida por un microordenador que comprenda un amplificador para amplificar las señales enviadas desde los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1-G3 y los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos GU1-GU4, un convertidor analógico-digital para convertir una señal analógica en una señal digital, una unidad central de proceso (CPU), una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de acceso aleatorio (RAM), una interfaz de entrada/salida (interfaz de E/S), un oscilador de cristal, y una línea de bus que conecta estos dispositivos. El proceso de control para procesar las señales, calcular la fuerza de amortiguación variable, y controlar el solenoide 110 en cada mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 en base al resultado del cálculo se especifica en un programa y se almacena previamente en la ROM u otro dispositivo de almacenamiento.

La parte de control 2 puede estar constituida por una pluralidad de microordenadores. Si el vehículo A está provisto de una unidad de control electrónica (ECU), la parte de control 2 puede ir integrada en la ECU sin disponer la parte de control 2 en forma de unidad independiente.

Haciendo referencia a la figura 9 se describirá una rutina de control ejecutada por la parte de control 2 cuando está constituida por un microordenador. La parte de control 2 ejecuta esta rutina repetidamente a intervalos regulares de diez milisegundos, por ejemplo.

En una etapa S201, la parte de control 2 lee la aceleración $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ detectada por los sensores de aceleración de los elementos suspendidos G1, G2, G3 y calcula la aceleración de los elementos suspendidos *Xn*.

En una etapa S202, la parte de control 2 calcula la velocidad de los elementos suspendidos *Vn* de los elementos suspendidos *Bn* en una dirección vertical a partir de la aceleración de los elementos suspendidos *Xn*.

En una etapa S203, la parte de control 2 calcula la velocidad de los elementos no suspendidos *Vyn* del elemento no suspendido *Wn* en una dirección vertical a partir de la aceleración del elemento no suspendido *Yn* detectada por los sensores de aceleración de los elementos no suspendidos GU1-GU4.

En una etapa S204, la parte de control 2 calcula la velocidad de carrera *Vsn* del amortiguador *Dn* a partir de la velocidad de los elementos no suspendidos *Vyn* y la velocidad de los elementos suspendidos *Vn*.

En una etapa S205 la parte de control 2 calcula el valor objetivo de la fuerza de amortiguación *Fsn* a partir de la velocidad de los elementos suspendidos *Vsn* y el coeficiente de amortiguación *Sky Hook Cs*.

En una etapa S206, la parte de control 2 calcula la fuerza de amortiguación mínima *Fdn* en base a la velocidad de carrera *Vsn*.

En una etapa S207, la parte de control 2 calcula la desviación ϵ_n restando la fuerza de amortiguación mínima *Fdn* del valor objetivo de la fuerza de amortiguación *Fsn*.

En una etapa S208, la parte de control 2 calcula el producto de la desviación ϵ_n y la velocidad de carrera *Vsn*.

En una etapa S209, la parte de control 2 determina el signo del producto de la desviación ϵ_n y la velocidad de carrera *Vsn*. Cuando el signo es positivo, la parte de control 2 realiza el procesamiento de una etapa S210. Cuando el signo es negativo, la parte de control 2 realiza el procesamiento de una etapa S211.

En la etapa S210, la parte de control 2 establece que la fuerza de amortiguación variable F_{cn} sea igual a la desviación ε_n .

En la etapa S211, la parte de control 2 pone a cero la fuerza de amortiguación variable F_{cn} .

5 En una etapa S212, la parte de control 2 convierte la fuerza de amortiguación variable F_{cn} establecida en la etapa S210 o la etapa S211 en un valor nominal de corriente I_n y envía el valor nominal de la corriente I_n al circuito de activación del solenoide 110.

10 La parte de control 2 ejecuta esta rutina repetidamente para controlar la fuerza de amortiguación variable del amortiguador Dn.

15 Cuando el amortiguador Dn utiliza un fluido magnetoreológico tal como se muestra en la figura 6, la parte de control 2 calcula un valor nominal de corriente como una corriente que el amortiguador Dn requiere para generar la fuerza de amortiguación que corresponde al valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} , haciendo referencia a un mapa que especifica la relación entre el valor nominal de la corriente y el valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} . Cuando el amortiguador Dn utiliza un fluido electrorreológico, se realiza un control de tensión en lugar de un control de corriente, y por lo tanto los valores de corriente y nominales de corriente en las etapas de la figura 9 deben sustituirse por valores de tensión y nominales de tensión.

20 La parte de control 2 calcula el valor nominal de la tensión que requiere el amortiguador Dn para generar una fuerza de amortiguación que corresponde al valor objetivo de la fuerza de amortiguación F_{sn} como un valor nominal de la tensión haciendo referencia a un mapa que especifica la relación entre el valor nominal de tensión y la fuerza de amortiguación.

25 Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una realización determinada de la invención, la invención no queda limitada a la realización descrita anteriormente. Los expertos en la materia concebirán modificaciones y variaciones de la realización descrita anteriormente, dentro del alcance de las reivindicaciones.

30 Por ejemplo, en la realización anterior, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 se establece para disminuir la fuerza de amortiguación variable a medida que aumenta la excitación de la corriente eléctrica, pero todavía es posible hacer que el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 aumente la fuerza de amortiguación variable a medida que aumente la corriente eléctrica de excitación.

35 En la realización anterior, los sensores de aceleración se utilizan con el fin de ejecutar el control *Sky Hook*. Las cantidades físicas y las cantidades de estado utilizadas en el control dependen del procedimiento de control aplicado, y por lo tanto puede utilizarse cualquier otro sensor adecuado para el procedimiento de control aplicado.

40 En la realización anterior, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación 3 está configurado para variar la presión de apertura de la válvula de amortiguación, o la viscosidad del fluido electrorreológico o el fluido magnetoreológico para variar la fuerza de amortiguación. Sin embargo, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación puede estar constituido por un orificio variable formado en el amortiguador Dn y una parte de control 2 configurada para variar el área en sección transversal del flujo del orificio variable.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Dispositivo de control de la fuerza de amortiguación (1) para controlar una fuerza de amortiguación generada por un amortiguador (Dn) interpuesto entre un elemento suspendido (Bn) y un elemento no suspendido (Wn) de un vehículo (A), que comprende:
- un mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) que complementa una fuerza de amortiguación mínima (Fdn) que puede ser generada por el amortiguador (Dn) con una fuerza de amortiguación variable (Fcn); y
- 10 una parte de control (2) que funciona para:
- calcular la fuerza de amortiguación mínima (Fdn) en base a la velocidad de carrera (Vsn) del amortiguador (Dn) (206);
- 15 calcular la desviación (ϵ_n) entre un valor objetivo de la fuerza de amortiguación (Fsn) y la fuerza de amortiguación mínima (Fdn) (S207); y
- controlar en bucle abierto el mecanismo variación de la fuerza de amortiguación (3) de acuerdo con la desviación (ϵ_n) de manera que la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador (Dn) coincida con el valor objetivo de la fuerza de amortiguación (Fsn) (S208-S212).
- 20 2. Dispositivo de control de la fuerza de amortiguación (1) según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la parte de control (2) funciona adicionalmente para calcular el valor objetivo de la fuerza de amortiguación (Fsn) multiplicando una velocidad de los elementos suspendidos (Vn) del elemento suspendido (Bn) en una dirección vertical por un coeficiente de amortiguación *Sky Hook* (Cs) (S205).
- 25 3. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que la parte de control (2) funciona adicionalmente para calcular la fuerza de amortiguación mínima (Fdn) haciendo referencia a un mapa predefinido que define la fuerza de amortiguación mínima (Fdn) utilizando la velocidad de carrera (Vsn) del amortiguador (Dn) como parámetro.
- 30 4. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por el hecho de que la parte de control (2) funciona adicionalmente para calcular un producto de la desviación (ϵ_n) y la velocidad de carrera (Vsn) del amortiguador (Dn) (S208), y establecer que la fuerza de amortiguación variable (Fcn) sea igual a la desviación (ϵ_n) cuando el signo del producto sea positivo mientras se establece que la fuerza de amortiguación variable (Fcn) sea cero cuando el signo del producto sea negativo (S208-S211).
- 35 5. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) comprende una válvula de amortiguación (108, 115, 116) y un solenoide (112) que varía una presión de apertura de la válvula de amortiguación (108, 115, 116) de acuerdo con una corriente eléctrica suministrada, y la parte de control (2) funciona adicionalmente para controlar en bucle abierto la corriente eléctrica suministrada al solenoide (112) de acuerdo con la desviación (ϵ_n) (S208-S212).
- 40 6. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el amortiguador (Dn) está configurado para generar la fuerza de amortiguación en función de una viscosidad de un fluido magnetoreológico encerrado en el mismo, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) comprende un mecanismo de variación de la viscosidad (201) que varía la viscosidad del fluido magnetoreológico en el amortiguador (Dn) de acuerdo con una corriente eléctrica suministrada, y la parte de control
- 45 (2) funciona adicionalmente para controlar en bucle abierto la corriente eléctrica suministrada al mecanismo de viscosidad variable (201) de acuerdo con la desviación (ϵ_n).
- 50 7. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por el hecho de que el amortiguador (Dn) está configurado para generar la fuerza de amortiguación en función de la viscosidad de un fluido electrorreológico encerrado en el mismo, el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) comprende un mecanismo de viscosidad variable (201) que varía la viscosidad del fluido electrorreológico en el amortiguador (Dn) de acuerdo con una corriente eléctrica suministrada, y la parte de control
- 55 (2) funciona adicionalmente para controlar en bucle abierto la corriente eléctrica suministrada al mecanismo de viscosidad variable (201) de acuerdo con la desviación (ϵ_n).
- 60 8. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado por el hecho de que el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) está configurado para tener una función para variar continuamente la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador (Dn).

- 5 9. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizado por el hecho de que la parte de control (2) funciona adicionalmente para controlar en bucle abierto el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) de acuerdo con la desviación (ϵ_n) de manera que una característica de la fuerza de amortiguación del amortiguador (D_n), que está representada por una relación entre una velocidad de carrera y una fuerza de amortiguación generada del amortiguador (D_n) realiza un desplazamiento paralelo a lo largo de un eje de la fuerza de amortiguación generada (S206-S209).
- 10 10. Dispositivo de control de fuerza de amortiguación (1) según la reivindicación 9, caracterizado por el hecho de que la característica de la fuerza de amortiguación es una característica no lineal tal que la fuerza de amortiguación varía de manera más pronunciada en una zona en la que velocidad de carrera (V_{sn}) es menor que una velocidad predeterminada que en una zona en la que la velocidad de carrera (V_{sn}) es mayor que la velocidad predeterminada, independientemente de la dirección de la carrera del amortiguador (D_n).
- 15 11. Procedimiento de control de una fuerza de amortiguación (1) para controlar una fuerza de amortiguación generada por un amortiguador (D_n) interpuesto entre un elemento suspendido (B_n) y un elemento no suspendido (W_n) de un vehículo (A), comprendiendo el amortiguador (D_n) un mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) que complementa una fuerza de amortiguación mínima (F_{dn}) que puede ser generada por el amortiguador (D_n) con una fuerza de amortiguación variable (F_{cn}), comprendiendo el procedimiento:
- 20 calcular la fuerza de amortiguación mínima (F_{dn}) en base a la velocidad de carrera (V_{sn}) del amortiguador (D_n) (206);
- 25 calcular una desviación (ϵ_n) entre el valor objetivo de la fuerza de amortiguación (F_{sn}) y la fuerza de amortiguación mínima (F_{dn}) (S207), y
- controlar en bucle abierto el mecanismo de variación de la fuerza de amortiguación (3) de acuerdo con la desviación (ϵ_n) de manera que la fuerza de amortiguación generada por el amortiguador (D_n) coincida con el valor objetivo de la fuerza de amortiguación (F_{sn}) (S208-S212).

SENSOR DE ACELERACIÓN DE LOS ELEMENTOS SUSPENDIDOS G1, G2, G3
 SENSOR DE ACELERACIÓN DE LOS ELEMENTOS NO SUSPENDIDOS GU1, GU2, GU3

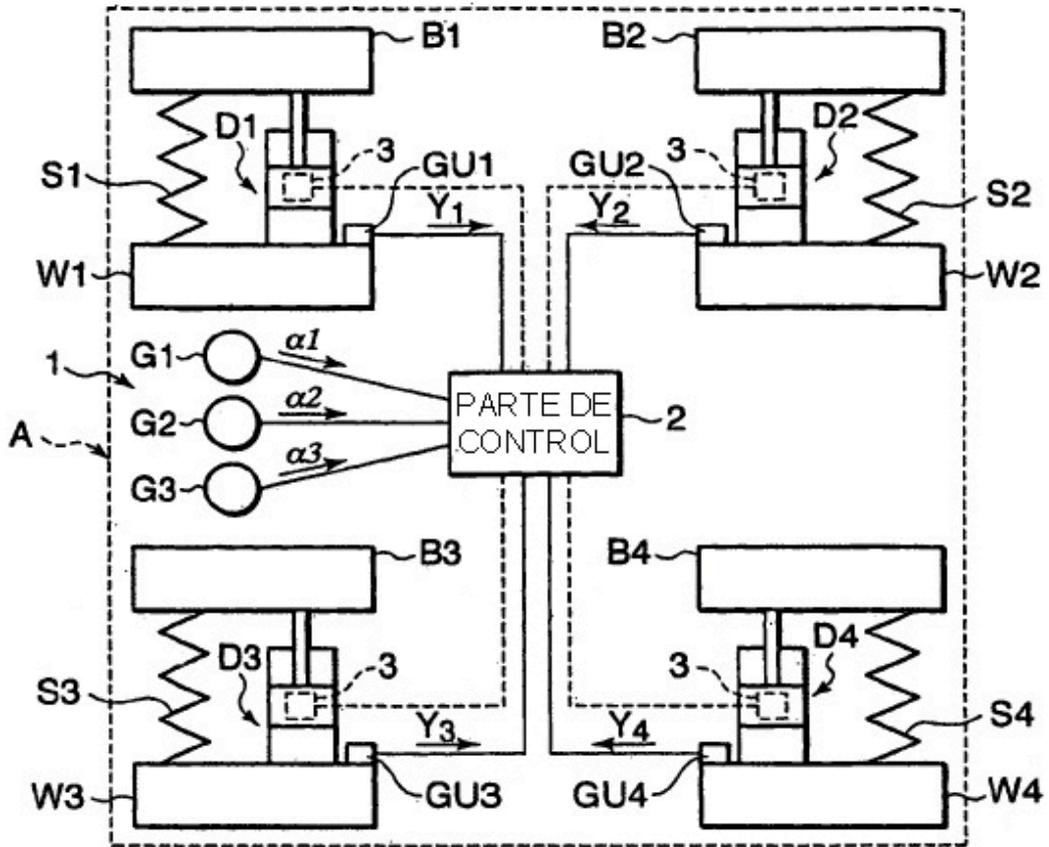


FIG. 1

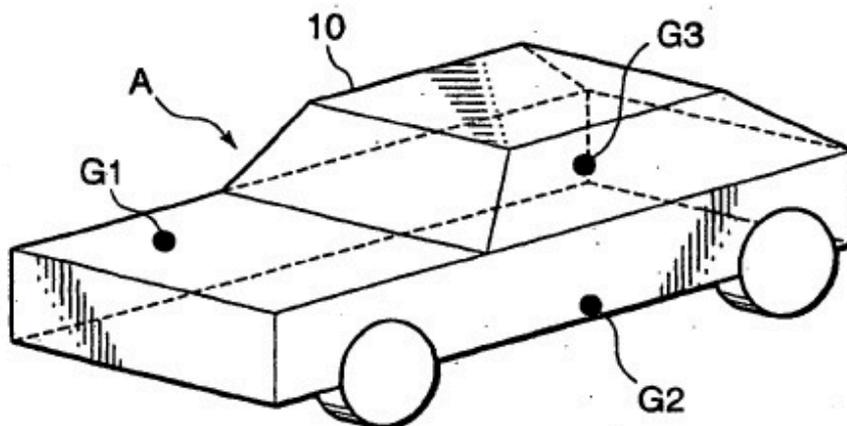


FIG. 2

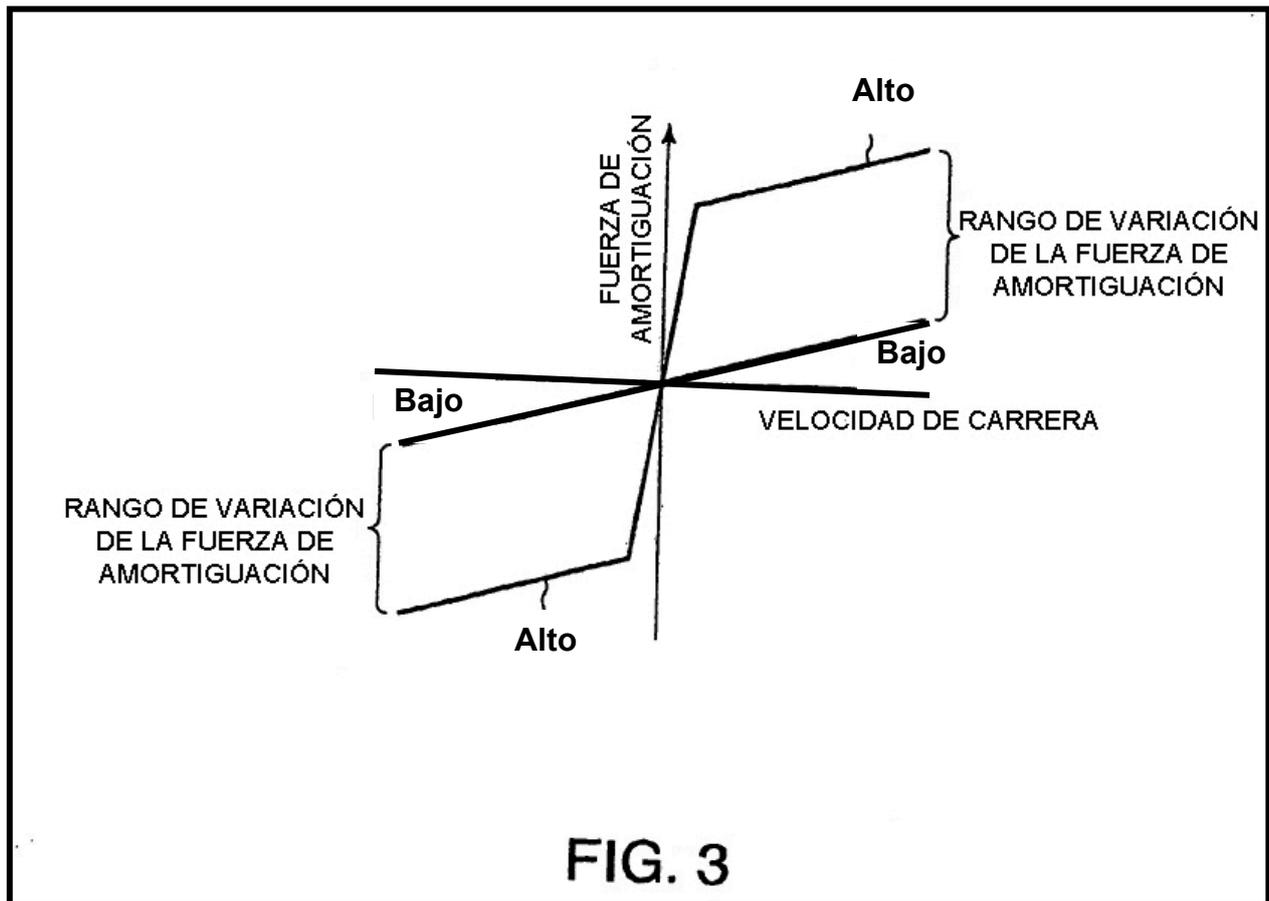


FIG. 3

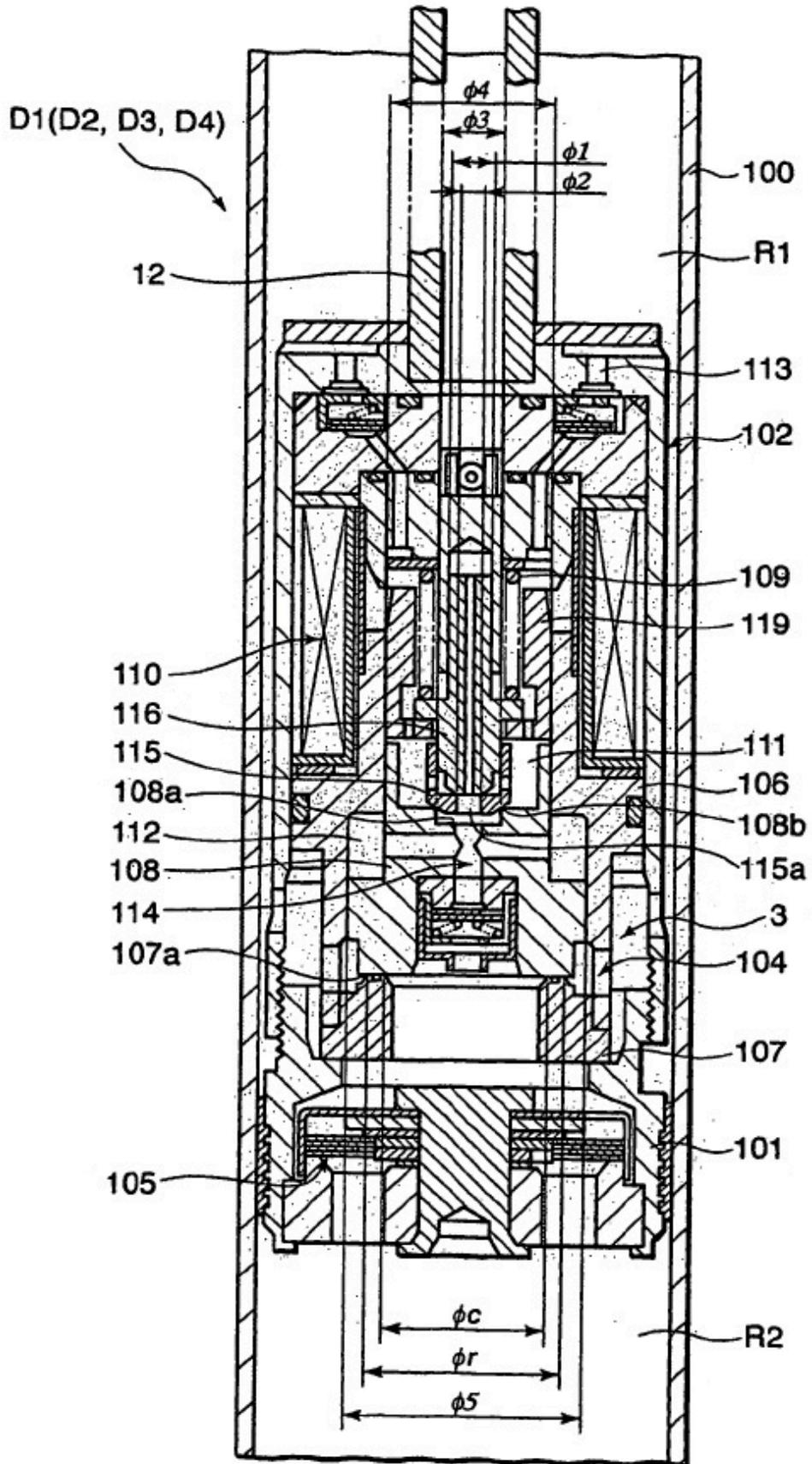


FIG. 4

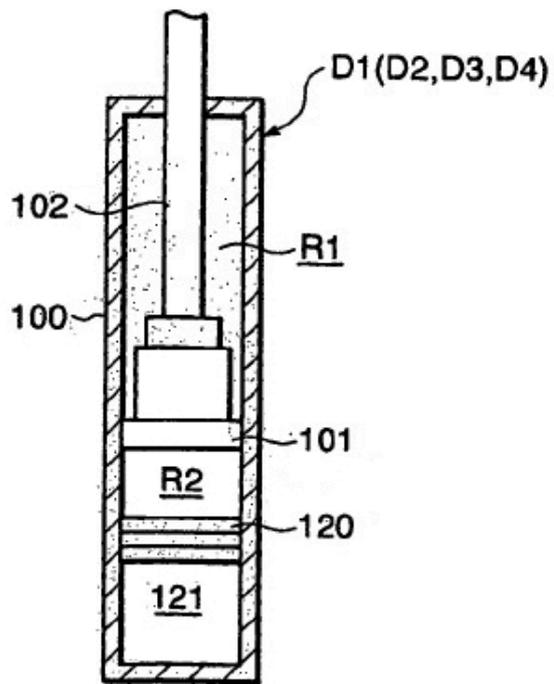


FIG. 5

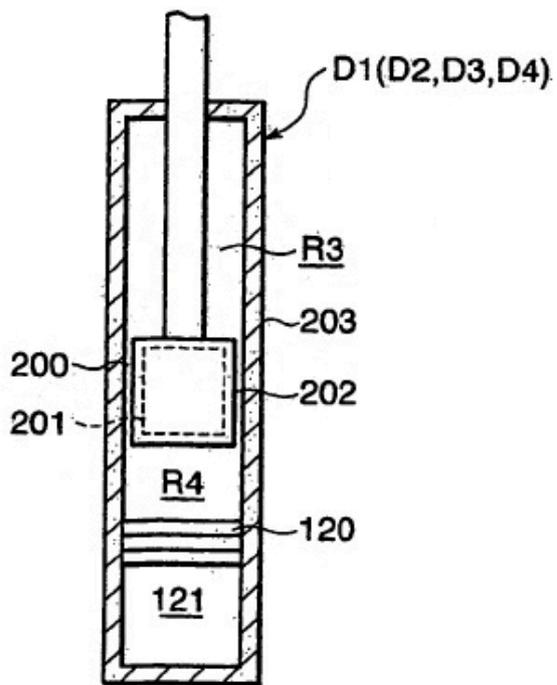


FIG. 6

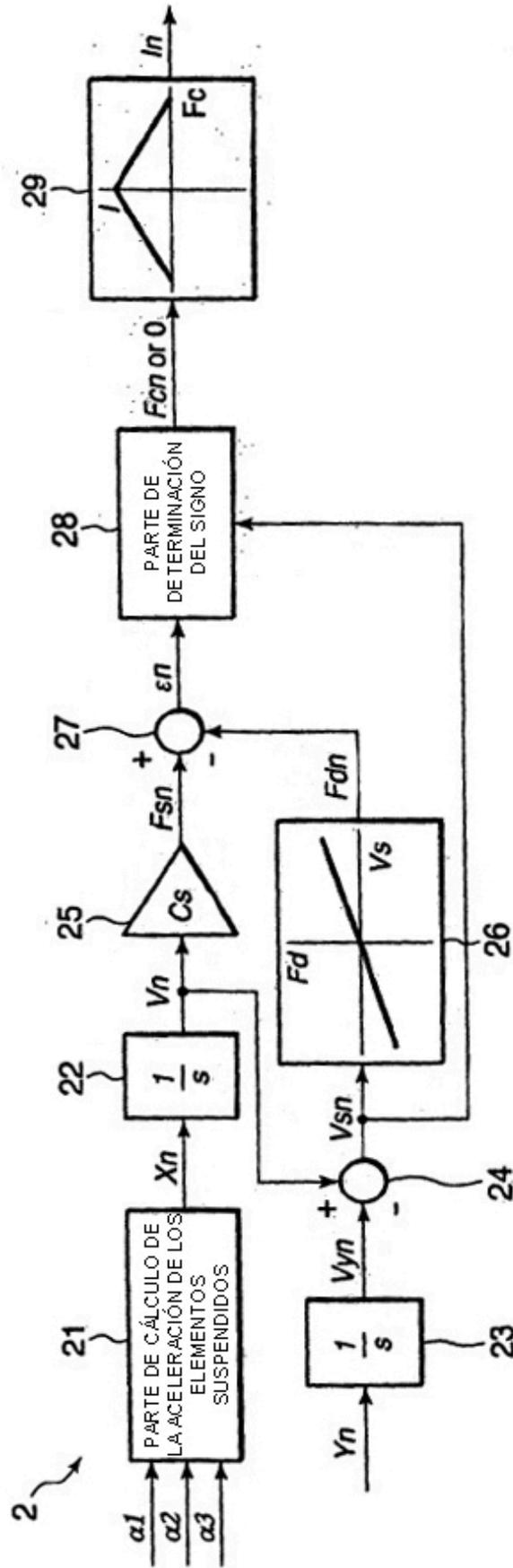


FIG. 7

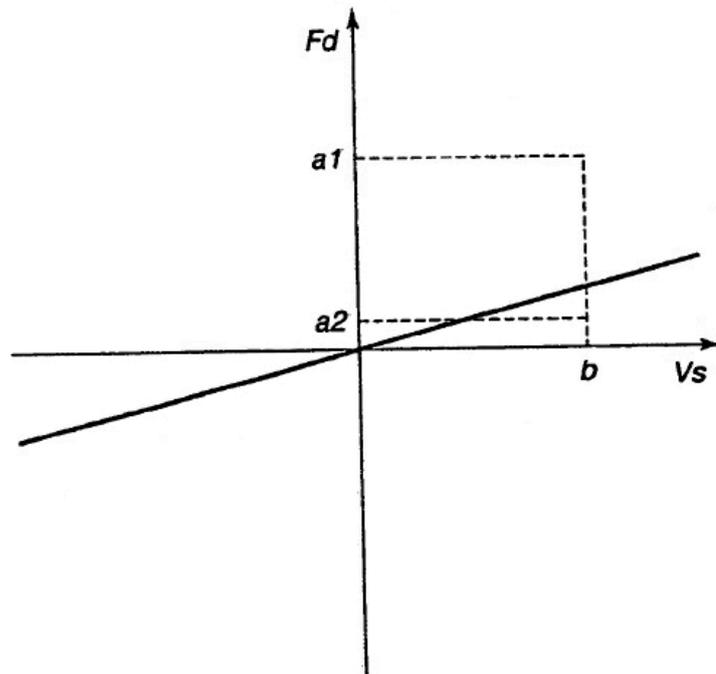


FIG. 8

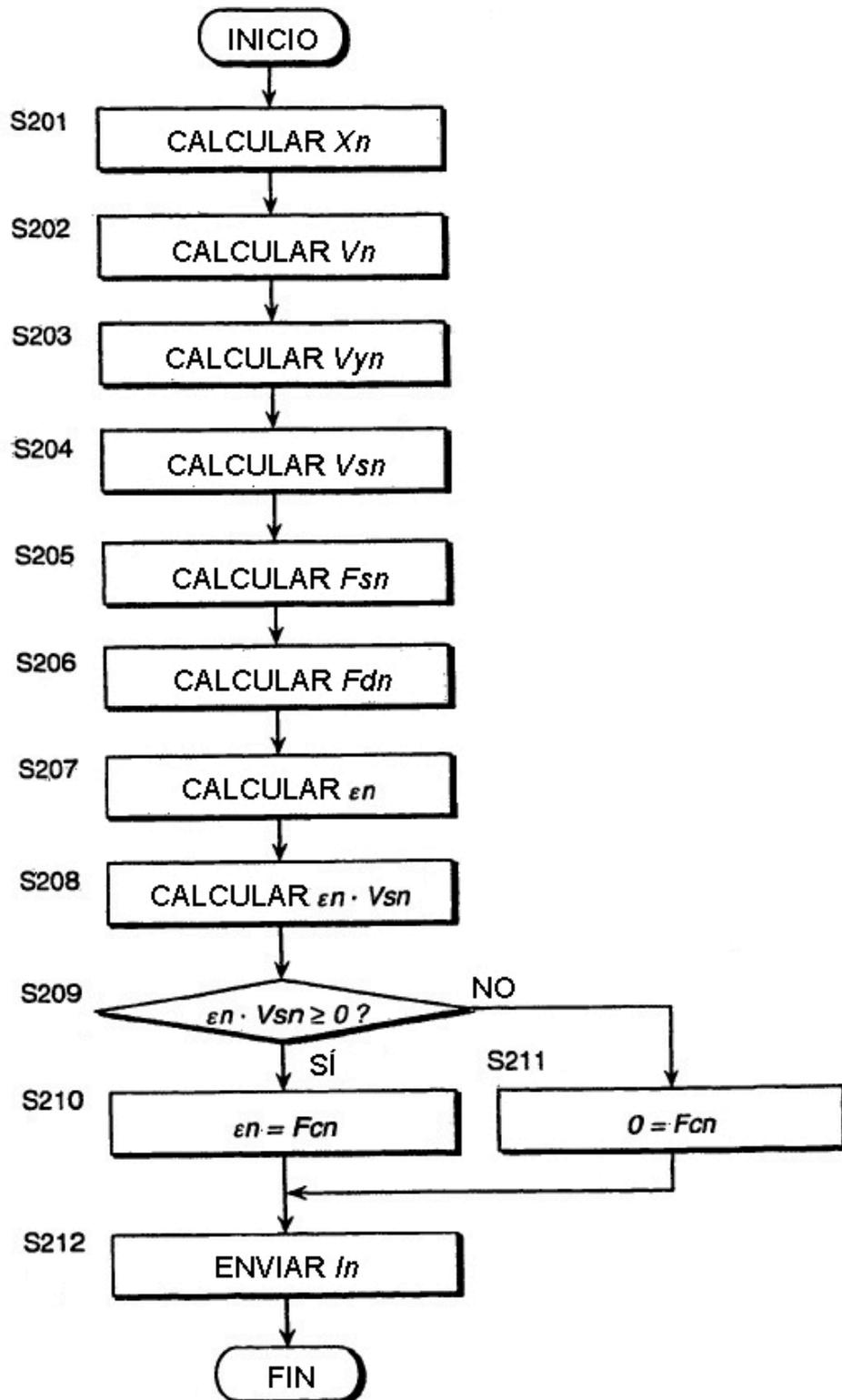


FIG. 9

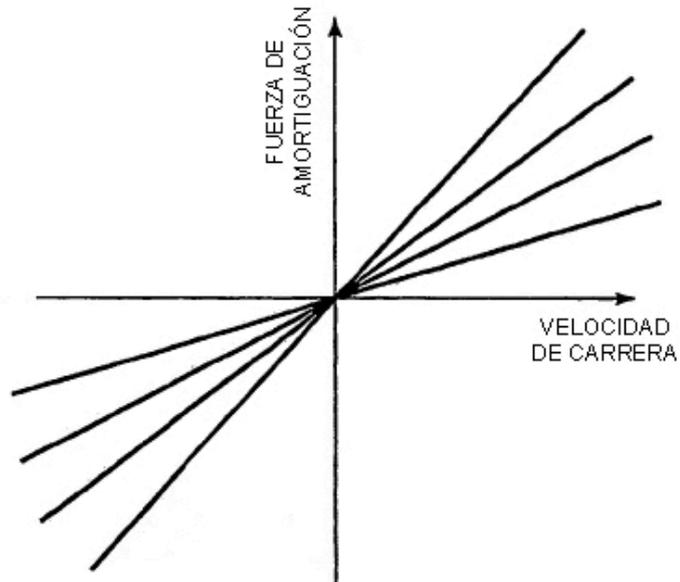


FIG. 10
TÉCNICA ANTERIOR

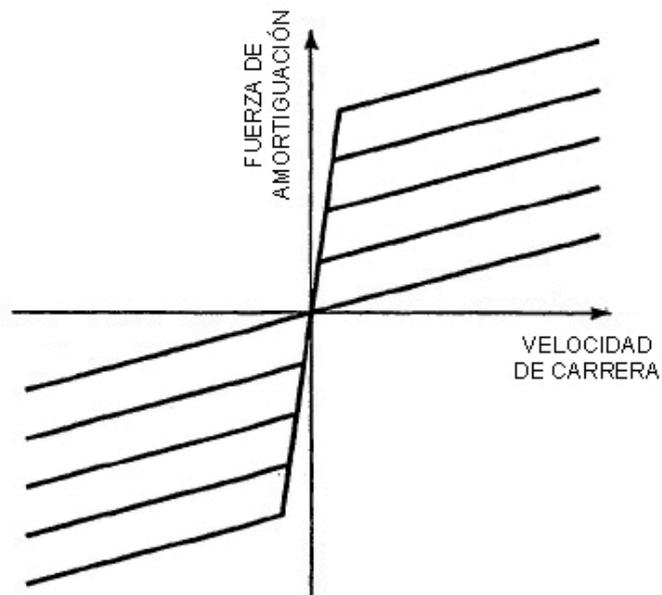


FIG. 11
TÉCNICA ANTERIOR