

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 671 576**

51 Int. Cl.:

B61F 5/22 (2006.01)

B60G 99/00 (2010.01)

B61F 5/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.10.2014 PCT/JP2014/076467**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.04.2015 WO15050233**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.10.2014 E 14850944 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.03.2018 EP 3053803**

54 Título: **Método de detección de anomalías para un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo**

30 Prioridad:

04.10.2013 JP 2013208786

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

07.06.2018

73 Titular/es:

**NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome
Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, JP**

72 Inventor/es:

**YAMAO, HITOSHI y
SHINAGAWA, DAISUKE**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 671 576 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 detección de anomalías para un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo

5 **CAMPO TÉCNICO**

La presente invención se relaciona con un método de detección de anomalías para un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo que inclina la carrocería del vehículo de un vehículo ferroviario.

ANTECEDENTES DE LA TÉCNICA

10 Los dispositivos de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo son conocidos ya que mejoran el confort de marcha en un vehículo ferroviario que atraviesa una curva. Un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo inclina la carrocería del vehículo controlando el suministro y/o el escape de aire a y desde cuatro resortes de aire ubicados entre la carrocería del vehículo y un par de bogies.

15 Más específicamente, cuando un vehículo está atravesando una curva, el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo suministra aire a los resortes de aire ubicados por encima del rail exterior para aumentar la altura de estos resortes de aire y deja escapar el aire de los resortes de aire ubicados por encima del rail interior para reducir la altura de estos resortes de aire. Esto inclina la carrocería del vehículo hacia el interior de la curva.

20 Por ejemplo, el Documento 1 de Patente (Patente Japonesa N° 5182239) propone un dispositivo de control de la inclinación de un vehículo que incluye resortes de aire que tienen cada uno una válvula proporcional de flujo de tipo bobina, una válvula de bloqueo del lado del suministro (válvula electromagnética) y una válvula de bloqueo del lado del escape (válvula electromagnética). La válvula proporcional de flujo de tipo bobina desliza su bobina y la detiene a diferentes posiciones para controlar la tasa de flujo para el aire suministrado a y dejado escapar desde el resorte de
25 aire asociado. La válvula de bloqueo del lado del suministro se proporciona en la tubería que conecta la válvula proporcional de flujo de tipo bobina a la fuente de presión de aire (esto es el depósito de presión de la fuente) para controlar el suministro de aire a la válvula proporcional de flujo de tipo bobina. La válvula de bloqueo del lado del escape se proporciona en la tubería que conecta la válvula proporcional de flujo de tipo bobina para un puerto de escape para controlar el escape de aire desde la válvula proporcional de flujo de tipo bobina.

30 De las diversas anomalías en el suministro y el escape de aire a y desde los resortes de aire por el dispositivo de control de la inclinación del vehículo descritas en el Documento 1 de Patente, una particularmente problemática es la válvula de bloqueo del lado del escape que se queda cerrada. Como se discutió anteriormente, cuando un vehículo está atravesando una curva, el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo suministra aire a los resortes de aire ubicados por encima del rail exterior para aumentar el tamaño de estos resortes de aire para
35 inclinar la carrocería del vehículo. Si la válvula de bloqueo del lado del escape se queda cerrada, el aire en los resortes de aire ubicados por encima del rail exterior no puede escapar de los mismos, lo que significa que el tamaño de estos resortes de aire no puede volver a sus niveles originales. Como tal, después de que el vehículo ha finalizado de atravesar la curva, la carrocería del vehículo no puede volver a su posición horizontal.

40 En el Documento 2 de Patente (Patente Japonesa N° 5038615) se propone un método para detectar anomalías en el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo, por ejemplo. El método descrito en el Documento 2 de Patente determina que existe una anomalía cuando el valor de una ecuación predeterminada representada por los tamaños de los cuatro resortes de aire excede un umbral predeterminado.

45 Aunque el método descrito en el Documento 2 de Patente es capaz de determinar que existe una anomalía en el dispositivo de control de la carrocería del vehículo, no puede determinar cuál de los cuatro resortes de aire sufre una anomalía en el suministro/escape de aire. Como tal, el dispositivo de control de la inclinación del vehículo debe cambiar el control del suministro/escape de aire usando la válvula reguladora de presión diferencial o normalmente
50 válvula LV incluida en el dispositivo para devolver la carrocería del vehículo a su posición horizontal. Sin embargo, estas válvulas tienen normalmente tasas de flujo bajas de manera tal que la carrocería del vehículo sólo puede volver a su posición original muy lentamente. Por lo tanto, los pasajeros sienten la gravedad en la dirección izquierda/derecha durante un periodo de tiempo prolongado, lo que perjudica significativamente el confort de la marcha. Además, ya que no se puede determinar que resorte de aire sufre la anomalía en el suministro/escape de
55 aire, se complica el trabajo en las reparaciones.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

60 Un objetivo de la presente invención es proporcionar un método de detección de anomalías que haga posible detectar qué resorte de aire sufre una anomalía en el suministro/escape de aire en el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo.

Los presentes inventores hicieron una extensa investigación para lograr el objetivo anterior. Ellos dirigieron su atención al siguiente enfoque. Primero, crearon un modelo del movimiento de la inclinación del vehículo que modela los movimientos de inclinación de la carrocería del vehículo. Se añade una ganancia virtual al modelo del
65 movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo como una variable de estado para obtener un modelo

matemático. La ganancia virtual expresa una anomalía en el suministro/escape para cada resorte de aire para el que se hace la detección. Ellos consideraron tratar el modelo matemático como un modelo de estimación de estado. Entonces, descubrieron la aplicación de una técnica de estimación de estado tal como un filtro Kalman extendido a este modelo de estimación de estado para estimar la ganancia virtual. También encontraron que resultaba posible determinar que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte de aire que corresponde con la ganancia virtual cuyo valor estimado está por debajo de un umbral predeterminado.

Cuando existe una anomalía en el suministro/escape de un resorte de aire, el tamaño (esto es la posición en la dirección arriba/abajo) de la carrocería del vehículo en relación con el bogie puede ser afectada más fácilmente que la inclinación de la carrocería del vehículo en relación con el bogie, ya que el comportamiento de la inclinación de la carrocería del vehículo en relación con el bogie está afectado por el momento torsional que actúa sobre la carrocería del vehículo y no es independiente del relacionado con el otro bogie, mientras que el comportamiento de la carrocería del vehículo en relación con un bogie en altura es independiente del relacionado con el otro bogie. En vista de esto, los presentes inventores encontraron que es ventajoso si usamos el modelo del movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo que fluye para detectar una anomalía en el suministro/escape para cada resorte de aire. El modelo del movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo involucra la entrada y salida para cada una de las mitades frontal y trasera del vehículo en las que se divide el vehículo (o para cada bogie). La entrada es la media de los valores de los comandos de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes de aire ubicados en los bogies (esto es los comandos de arriba/abajo para el vehículo). La salida es la media de las alturas de los resortes de aire (esto es las alturas de la carrocería del vehículo desde el bogie). Entonces, descubrieron que el método en el que los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes de aire en este modelo del movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo son multiplicados por una ganancia virtual y la media de los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes de aire después de la multiplicación por la ganancia virtual se introduce al modelo del movimiento de la inclinación del vehículo. Entonces, cuando el valor estimado de una ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado, se puede determinar que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte de aire correspondiente a esta ganancia virtual, esto es, el valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape multiplicado por esta ganancia virtual no contribuye mucho a la entrada al modelo del movimiento de la carrocería del vehículo.

La presente invención se hizo en base a los descubrimientos anteriores.

Un método de detección de anomalías en una realización de la presente invención es un método de detección de anomalías para un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo proporcionado en un vehículo que tiene una carrocería del vehículo, un par de bogies ubicados hacia la parte frontal y trasera de la carrocería del vehículo y un par de resortes de aire ubicados a la izquierda y a la derecha de cada bogie y que soportan la carrocería del vehículo, controlando el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo el suministro/escape a/desde los resortes de aire para inclinar la carrocería del vehículo. El método de detección de anomalías incluye los pasos de, preparación de un modelo de estimación de estado para cada uno de los bogies, y el uso del modelo de estimación de estado para detectar cuál de los resortes de aire tiene un suministro/escape de aire anómalo. El modelo de estimación de estado es un modelo matemático que, cuando se introduce un primer valor del comando de la tasa de flujo que indica una tasa de flujo de aire suministrado a/escapado desde un resorte de aire, multiplica el primer valor del comando de la tasa de flujo por una primera ganancia virtual que es una variable de estado, y saca una media de las alturas de los resortes de aire en base a la media del primer valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la primera ganancia virtual y el segundo valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la segunda ganancia virtual. El paso de detección de la anomalía incluye los pasos de: estimación de un valor de la primera ganancia virtual y un valor de la segunda ganancia virtual mediante el uso, como un valor sacado por el modelo de estimación de estado, una media de un valor obtenido mediante la observación de la altura de un resorte de aire cuando el suministro/escape es controlado en base al primer valor del comando de tasa de flujo y un valor obtenido mediante la observación de la altura del otro resorte de aire cuando el suministro/escape es controlado en base al segundo valor del comando de la tasa de flujo; y la determinación de que existe una anomalía en el suministro/escape para un resorte de aire cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado y la determinación de que existe una anomalía en el suministro/escape para el otro resorte de aire cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual está por debajo del umbral predeterminado.

Según el método de detección de anomalías anterior, se estima el valor de la ganancia virtual por el que se multiplica el valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde cada resorte de aire, y, si existe una ganancia virtual cuyo valor estimado está por debajo de un umbral predeterminado, se determina que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte de aire correspondiente a esa ganancia virtual. Esto es, si el valor estimado de una ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado, se puede determinar que el valor del comando de la tasa de flujo del suministro/escape multiplicado por la ganancia virtual contribuye poco al control de la altura del resorte de aire y por tanto existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte de aire correspondiente a esa ganancia virtual.

Por lo tanto, el método de detección de anomalías anterior puede detectar cuál de los resortes de aire sufre una anomalía de suministro/escape, haciendo de este modo posible devolver rápidamente la carrocería del vehículo inclinado a su posición horizontal y haciendo fácil repararlo.

5 Preferiblemente, el paso de determinación determina que existe una anomalía en el suministro/escape para un resorte de aire cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, y determina que existe una anomalía en el suministro/escape para el otro resorte de aire cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado.

10 Esta implementación evita la detección errónea de una anomalía en el suministro/escape para un resorte de aire. Esto mejorará la precisión con la que se detecta cuál de los resortes de aire sufre una anomalía de suministro/escape.

15 Preferiblemente, el dispositivo de control de la inclinación del vehículo incluye; una primera válvula proporcional de flujo para controlar la tasa de flujo de aire suministrada a un resorte de aire y el aire escapado desde el resorte de aire; una primera válvula de bloqueo del suministro para encender o apagar el suministro de aire al resorte de aire; una primera válvula de bloqueo del escape para encender o apagar el escape de aire desde un resorte de aire; una segunda válvula proporcional de flujo para controlar la tasa de flujo de aire suministrado al otro resorte de aire y el aire dejado escapar desde el otro resorte de aire; una segunda válvula de bloqueo de suministro para encender o apagar el suministro de aire al otro resorte de aire; y una segunda válvula de bloqueo de escape para encender o apagar el escape de aire desde el otro resorte de aire. El primer valor del comando de la tasa de flujo incluye: un primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro que indica la tasa de flujo de aire suministrada a un resorte de aire; y un primer valor del comando de la tasa de flujo que indica la tasa de flujo de aire escapado desde el resorte de aire. El segundo valor del comando de la tasa de flujo incluye: un segundo valor del comando de la tasa de flujo del suministro que indica la tasa de flujo de aire suministrado al otro resorte de aire; y el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape que indica la tasa de flujo de aire escapado desde el otro resorte de aire. La primera ganancia virtual incluye: una primera ganancia virtual de suministro por la que se multiplica el primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro cuando se introduce el primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro; y una primera ganancia virtual de escape por la que se multiplica el primer valor del comando de la tasa de flujo de escape cuando se introduce el primer valor del comando de la tasa de flujo de escape. La segunda ganancia virtual incluye: una segunda ganancia virtual de suministro por la cual se multiplica el segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro cuando se introduce el segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro; y una segunda ganancia virtual de escape por la cual se multiplica el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape cuando se introduce el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape. El modelo de estimación de estado saca la media de las alturas de los resortes de aire basado en la media del primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro multiplicado por la primera ganancia virtual de suministro o el primer valor del comando de la tasa de flujo de escape multiplicado por la primera ganancia virtual de escape y el segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro multiplicado por la segunda ganancia virtual de suministro o el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape multiplicado por la segunda ganancia virtual de escape. El paso de estimación estima el valor de la primera ganancia virtual de suministro, el valor de la primera ganancia virtual de escape, el valor de la segunda ganancia virtual de suministro y el valor de la segunda ganancia virtual de escape mediante el uso, como el valor sacado por el modelo de estimación de estado, de una media del valor obtenido mediante la observación de la altura de un resorte de aire cuando se realiza el control en base al primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro o el primer valor del comando de la tasa de flujo de escape y el valor obtenido mediante la observación de la altura del otro resorte de aire cuando se realiza el control en base al segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro o el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape. El paso de determinación determina que existe una anomalía en la primera válvula de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de suministro cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de suministro está por debajo del umbral predeterminado, determina que existe una anomalía en la primera válvula de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual del escape está por debajo del umbral predeterminado, determina que existe una anomalía en la segunda válvula de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual del suministro está por debajo del umbral predeterminado, y determina que existe una anomalía en la segunda válvula de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual del escape está por debajo del umbral predeterminado.

La implementación anterior son sólo detecta cuál de los resortes de aire sufre una anomalía de suministro/escape, sino que también detecta si la anomalía está relacionada con el suministro o el escape, o más específicamente, cual de entre la válvula de bloqueo del lado del suministro y la válvula de bloqueo del lado del escape sufre la anomalía. Esto hace posible devolver la carrocería del vehículo inclinado a su posición original más rápidamente y aún más fácil repararlo.

Por ejemplo, se asume que se determina que existe una anomalía en la válvula de bloqueo del lado del escape para el resorte de aire ubicado en una mitad del vehículo y por encima del rail exterior. Entonces, se puede ajustar la posición en la que se detiene la bobina en la válvula proporcional de flujo en relación con el resorte de aire ubicado

en esta mitad del vehículo y por encima del rail interior para ajustar la altura del resorte de aire por encima del rail interior para que esté igual a la altura del resorte de aire ubicado por encima del rail exterior. Normalmente, una válvula proporcional de flujo tiene una tasa de flujo superior que las válvulas de regulación de la presión diferencial o válvulas LV, haciendo posible devolver rápidamente la carrocería del vehículo a su posición original.

5 Preferiblemente, el paso de determinación determina que existe una anomalía en la primera válvula de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de suministro ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, determina que existe una anomalía en la primera
10 válvula de bloqueo del escape cuando el valor estimado de primera ganancia virtual del escape ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, determina que existe una anomalía en la segunda válvula de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual de suministro ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, y
15 determina que existe una anomalía en la segunda válvula de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual del escape ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado.

Esta implementación evita la detección errónea de una anomalía en un resorte de aire. Esto mejorará la precisión con la que se detecta cuál de los resortes de aire sufre una anomalía en el suministro/escape de aire.

20 Esta implementación evita la detección errónea de una anomalía. Esto mejorará la precisión con la que se detecta cuál de entre la válvula de bloqueo del lado del suministro y la válvula de bloqueo del lado del escape sufre la anomalía.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

25 [FIG. 1A] La FIG. 1A es una vista esquemática de un vehículo.
[FIG. 1B] La FIG. 1B ilustra de manera esquemática la relación entre un bogie y la carrocería del vehículo.
[FIG. 2A] La FIG. 2A es una vista esquemática de un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo.
30 [FIG. 2B] La FIG. 2B es un diagrama de bloques que ilustra de manera esquemática el dispositivo de control incluido en el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo.
[FIG. 3] La FIG. 3 es una vista esquemática de una válvula de control incluida en el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo.
[FIG. 4] La FIG. 4 ilustra de manera esquemática un modelo de estimación de estado.
35 [FIG. 5A] La FIG. 5A es un diagrama de flujo que ilustra el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación de un vehículo en una realización de la presente invención.
[FIG. 5B] La FIG. 5B es un diagrama de flujo que ilustra el paso de detección de una anomalía, incluido en el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación de un vehículo en la realización de la presente invención.
40 [FIG. 6] La FIG. 6 muestra un modelo de un resorte de aire.
[FIG. 7A] La FIG. 7A es un gráfico que muestra un resultado de ejemplo de una simulación de detección de una anomalía por el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación de un vehículo de la presente invención, que muestra cómo cambia la altura de la carrocería del vehículo desde los bogies.
45 [FIG. 7B] La FIG. 7B es un gráfico que muestra un resultado de ejemplo de una simulación de detección de una anomalía por el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación del vehículo de la presente invención, que muestra cómo cambia el valor del comando de la tasa de flujo.
[FIG. 7C] La FIG. 7C es un gráfico que muestra un resultado de ejemplo de una simulación de detección de una anomalía por el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación del
50 vehículo de la presente invención, que muestra cómo cambia la ganancia virtual.

REALIZACIONES PARA LLEVAR A CABO LA INVENCION

Se describirá un método para la detección de anomalías para un dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo en una realización de la presente invención con referencia a los dibujos adjuntos.

55 La FIG. 1A es una vista esquemática de un vehículo. La FIG. 1B muestra la relación entre un bogie y la carrocería del vehículo. La FIG. 2A ilustra de manera esquemática el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo en la realización de la presente invención. La FIG. 2B es un diagrama de bloques de una disposición para el control de la inclinación de la carrocería de un vehículo mediante el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo. La FIG. 3 muestra de manera esquemática una válvula de control incluida en el
60 dispositivo de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo. La FIG. 4 ilustra de manera esquemática un modelo de estimación de estado.

Como se muestra en la FIG. 2A, se proporcionan los dispositivos 10 de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo en un vehículo 11. Como se muestra en la FIG. 1A, el vehículo 11 incluye una carrocería 1 del vehículo, un par de bogies 2, y un par de resortes 3 de aire para cada bogie. Los bogies 2 se ubican en la carrocería 1 del

vehículo hacia la parte frontal y trasera del mismo, Un par de resortes 3 de aire se ubican en cada bogie 2 hacia la izquierda y la derecha del mismo para soportar la carrocería 1 del vehículo. El dispositivo 10 de control de la inclinación de la carrocería del vehículo asociado controla el suministro y el escape de aire a y desde cada resorte 3 de aire para inclinar la carrocería 1 del vehículo. Un par de ejes 4 se posicionan en cada bogie 2 hacia la parte frontal y trasera del mismo.

Como se muestra en la FIG. 2A, el dispositivo 10 de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo incluye un dispositivo 12 de control, un par de válvula 14 de control, una fuente 16 de presión de aire (reserva de fuente), y un par de sensores 18. El dispositivo 12 de control controla la operación de las válvulas 14 de control. Una de las válvulas 14 de control (de aquí en adelante referida como válvula 14A de control) controla el suministro/escape de aire a/desde uno de los resortes 3 de aire (de aquí en adelante referido como resorte 3A de aire). La otra de las válvulas 14 de control (de aquí en adelante referida como válvula 14B de control) controla el suministro/escape de aire a/desde el otro de los resortes 3 de aire (de aquí en adelante referido como resorte 3B de aire). Uno de los sensores 18 (de aquí en adelante referido como sensor 18A) mide la altura del otro resorte 3B de aire. Como se usa en la presente memoria, la altura del resorte 3 de aire indica la distancia entre la superficie superior del bogie 2 y la superficie inferior de la carrocería 1 del vehículo, por ejemplo. Cada sensor 18 se puede implementar mediante un codificador y un mecanismo de enlace, por ejemplo.

Como se muestra en la FIG. 3, cada válvula 14 de control incluye una válvula 14A proporcional de flujo, una válvula 14B de bloqueo del lado del suministro y una válvula 14C de bloqueo del lado del escape. La válvula 14A proporcional de flujo incluye un resorte 20 de polarización, una bobina 22 y un motor 24. Cuando se transmite la energía de activación desde el motor 24 a la bobina 22, la bobina 22 se mueve, resistiendo la fuerza de polarización del resorte 20 de polarización. La válvula 14A proporcional cambia la posición en la que la bobina 22 detiene el control de la tasa de flujo para el suministro de aire al resorte 3 de aire y la tasa de flujo para el escape de aire del mismo. La válvula 14B de bloqueo del lado del suministro controla el suministro de aire a la válvula 14A proporcional de flujo. La válvula 14C de bloqueo del lado del escape controla el escape de aire desde la válvula 14A proporcional de flujo. Cada una de entre la válvula 14B de bloqueo del lado del suministro y la válvula 14C de bloqueo del lado del escape es una válvula electromagnética y está bien en una posición abierta o en una posición cerrada. Cuando se ha de suministrar aire al resorte 3 de aire, el motor 24 hace que la bobina 22 se mueva a la izquierda en el papel de la FIG. 3. Cuando se ha de dejar escapar aire desde el resorte 22 de aire, la bobina 3 se mueve a la derecha. El motor 24 se mueve continuamente en base a los comandos de suministro /escape. Esto hace posible controlar el suministro/escape a/desde el resorte 3 de aire con una gran precisión.

Referente a la FIG. 2B, el dispositivo 12 de control incluye una unidad 12A de establecimiento de objetivos, una unidad 12B de control del ángulo de inclinación, una primera unidad 12C de control de la altura, una segunda unidad 12D de control de la altura, y una base de datos 12E.

La unidad 12A de establecimiento de objetivos establece un valor objetivo del ángulo de inclinación de la carrocería 1 del vehículo en relación al bogie 2 y un valor objetivo de la altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2. Para hacer esto, la unidad 12A de establecimiento de objetivos hace referencia a la información de curva correspondiente a la información del punto geográfico que adquiere el vehículo 11 desde la unidad 26 de tierra (véase la FIG. 2A). La información de curva se almacena en la base 12E de datos.

La unidad 12B de control del ángulo de inclinación controla las alturas de un par de resortes 3 de aire de manera que el ángulo de inclinación de la carrocería 1 del vehículo en relación al bogie 1 asociado sea igual al ángulo de inclinación objetivo. El ángulo de inclinación de la carrocería 1 del vehículo en relación al bogie 2 se adquiere de los sensores (no mostrados) proporcionados en el vehículo 11.

Para que la altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2 ubicado hacia la parte frontal con respecto a la dirección de viaje del vehículo 11 (de aquí en adelante referido como bogie 2A) sea igual a la altura objetivo, la primera unidad 12C de control de la altura controla las alturas del par de resortes 3 de aire asociado. La altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2A es la media de las alturas obtenidas por los pares de sensores 18 asociados.

Para que la altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2 ubicado hacia la parte trasera con respecto a la dirección de viaje del vehículo 11 (de aquí en adelante referido como bogie 2B) sea igual a la altura objetivo, la segunda unidad 12D de control de la altura controla las alturas de los pares de resortes 3 de aire asociados. La altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2B es la media de las alturas obtenidas mediante el par de sensores 18 asociados.

Los presentes inventores hicieron una extensa investigación para proporcionar un método de detección de anomalías que pueda detectar cuál de los cuatro resortes 3 de aire incluidos en el vehículo 11 sufre la anomalía de suministro/escape de aire. Ellos dirigieron su atención hacia un enfoque que incluye la creación de un modelo de movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo que modele los movimientos de inclinación de la carrocería del vehículo, expresando una anomalía en el suministro/escape para cada resorte 3 de aire para la cual se hace la

detección como una ganancia virtual, añadiendo esta ganancia virtual, como una variable de estado, al modelo de movimiento de la inclinación de la carrocería del vehículo, y considerando el modelo de estimación de estado resultante. Entonces, descubrieron que aplicando una técnica de estimación de estado tal como el filtro Kalman extendido para este modelo de estimación de estado y estimando la ganancia virtual sería posible determinar que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte 3 de aire que corresponde con la ganancia virtual cuyo valor estimado está por debajo de un umbral predeterminado.

Cuando existe una anomalía en el suministro/escape para un resorte 3 de aire, la altura de la carrocería 1 del vehículo en relación con el bogie 2 puede ser afectada más fácilmente que la inclinación de la carrocería 1 del vehículo en relación con el bogie 2 mostrado en la FIG. 1B, ya que la inclinación de la carrocería 1 del vehículo en relación al bogie 2 está afectada por el momento torsional en la carrocería 1 del vehículo. Además, ya que se proporcionan 2 bogies 2 en la parte frontal y trasera de la carrocería 1 del vehículo, el control de la altura de la carrocería 1 del vehículo en relación a un bogie 2 es independiente del relacionado con el otro bogie 2, y los comandos de suministro/escape para los resortes 3 de aire se proporcionan en base a un bogie 2. En vista de esto, los presentes inventores encontraron ventajoso si el modelo del movimiento de inclinación de la carrocería del vehículo usado para detectar una anomalía en el suministro/escape para cada resorte 3 de aire es un modelo en el que, para cada una de las mitades 10 del vehículo frontal y trasera en la que se divide el vehículo 1 (o para cada bogie 2), se introduce la media de los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes 3 de aire ubicados en los bogies 2 (esto es los comandos arriba/abajo para el vehículo 1) y se saca la media de las alturas de los resortes 3 de aire (esto es las alturas de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2) (esto es, medio vehículo, modelo arriba/abajo, o modelo. VHUD), como se muestra en la FIG. 4. Un modelo VHUD puede ser obtenido mediante la extracción de los componentes relativos a los movimientos de arriba/abajo de la carrocería 1 del vehículo a partir de una ecuación lineal de movimiento para la carrocería 1 del vehículo, el bogie 2, y los resortes 3 de aire ubicados entre la carrocería 1 del vehículo y el bogie 2. Entonces, los presentes inventores descubrieron que si los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes 3 de aire en este modelo VHUD se multiplican por una ganancia virtual y la media de los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes 3 de aire después de la multiplicación por la ganancia virtual se introducen al modelo VHUD, entonces, cuando el valor estimado de una ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado, se puede determinar que el valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape multiplicado por esta ganancia virtual no contribuye mucho a la entrada al modelo VHUD, esto es, existe una anomalía en el suministro/escape del resorte 3 de aire correspondiente a esta ganancia virtual.

En vista de los hallazgos anteriores, el método de detección de anomalías en la presente realización incluye un paso de creación del modelo (paso S1) para preparar un modelo de estimación de estado para cada una de las mitades 10 frontal y trasera en las que se divide un vehículo, como se muestra en la FIG. 5A, y un paso de detección de anomalías (paso S2) para aplicar una técnica de estimación de estado al modelo de estimación de estado para detectar cuál de los resortes 3 de aire sufre una anomalía de suministro/escape de aire. Los pasos se describirán a continuación uno a uno.

<Paso de Creación del Modelo>

Referente a la FIG. 4, el modelo 30 de estimación de estado preparado en el paso de preparación del modelo es un modelo matemático donde, cuando se introduce un valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde cada uno de los resortes 3 de aire incluidos en cada mitad 10 del vehículo, el valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde el resorte 3 de aire se multiplica por una ganancia virtual y se hace la media de los resultados, y esta media (esto es el comando arriba/abajo para la carrocería 1 del vehículo) se introduce al modelo VHUD para sacar la media de las alturas de los resortes 3 de aire (esto es la altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2). El modelo 30 de estimación de estado incluye que cada ganancia virtual sea incluida como una variable de estado.

Más específicamente, cuando se introduce un valor del comando de la tasa de flujo de suministro de aire a uno de los resortes 3 de aire incluido en una mitad 10 de un vehículo (esto es el primer comando de suministro), el modelo 30 de estimación de estado multiplica este valor del comando de la tasa de flujo de suministro de aire por una primera ganancia $g_{1\text{entrada}}$ virtual de suministro (esto es la primera ganancia virtual del comando de suministro). Cuando se introduce un valor del comando de la tasa de flujo de escape de aire desde uno de los resortes 3 de aire incluidos en la mitad 10 de un vehículo (esto es el primer comando de escape), el modelo multiplica este valor del comando de la tasa de flujo de aire escapado por la primera ganancia $g_{1\text{salida}}$ virtual de escape (esto es la primera ganancia virtual del comando de escape). Cuando se introduce un valor del comando de la tasa de flujo de suministro de aire del otro de los resortes 3 de aire incluido en la mitad 10 del vehículo (esto es el segundo comando de suministro), el modelo multiplica este valor del comando de la tasa de flujo de suministro de aire por una segunda ganancia $g_{2\text{entrada}}$ virtual de suministro (esto es segunda ganancia virtual del comando de suministro). Cuando se introduce un valor del comando de la tasa de flujo de escape de aire del otro de los resortes 3 de aire incluido en la mitad 10 del vehículo (esto es el segundo comando de escape), el modelo multiplica este valor del comando de la tasa de flujo de escape de aire por una segunda ganancia $g_{2\text{salida}}$ virtual de escape (esto es segunda ganancia virtual del comando de escape). El modelo realiza la media del valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la primera ganancia $g_{1\text{entrada}}$ virtual de suministro o el valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la primera

ganancia $g_{1salida}$ virtual de escape y el valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la segunda ganancia $g_{2entrada}$ virtual de suministro o el valor del comando de la tasa de flujo multiplicada por la segunda ganancia $g_{2salida}$ virtual de escape. Basado en las medias (esto es los comandos arriba/abajo para la carrocería 1 del vehículo), se saca la media de la alturas del uno y el otro resorte 3 de aire (esto es la altura de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2). La primera ganancia $g_{1entrada}$ virtual de suministro, la primera ganancia $g_{1salida}$ virtual de escape, la segunda ganancia $g_{2entrada}$ virtual de suministro y la segunda ganancia $g_{2salida}$ virtual de escape se incluyen como variables de estado.

El modelo 30 de estimación de estado se expresa mediante la siguiente ecuación de estado.

[Fórmula 1]

$$X = AX + BU$$

$$Y = CX$$

Aquí, A, B, C, X y U se definen como sigue.

[Fórmula 2]

$$A = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & 0 & a_{23} & a_{24} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ a_{31} & 0 & a_{33} & a_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

[Fórmula 3]

$$B = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ \frac{b_{41} \cdot kV \cdot x_5}{2} & \frac{b_{41} \cdot kV \cdot x_6}{2} & \frac{b_{41} \cdot kV \cdot x_7}{2} & \frac{b_{41} \cdot kV \cdot x_8}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$C = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

[Fórmula 5]

$$X = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \\ x_8 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{altura} \\ \text{velocidad} \\ \text{primera variable del resorte de aire} \\ \text{segunda variable del resorte de aire} \\ \text{ganancia virtual } (g_{1\text{entrada}}) \\ \text{ganancia virtual } (g_{1\text{salida}}) \\ \text{ganancia virtual } (g_{2\text{entrada}}) \\ \text{ganancia virtual } (g_{2\text{salida}}) \end{pmatrix}$$

5

[Fórmula 6]

$$U = \begin{pmatrix} u_{1\text{entrada}} \\ u_{1\text{salida}} \\ u_{2\text{entrada}} \\ u_{2\text{salida}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \text{primer comando de suministro} \\ \text{primer comando de escape} \\ \text{segundo comando de suministro} \\ \text{segundo comando de escape} \end{pmatrix}$$

Aquí, los a_{21} , a_{23} , a_{24} , a_{31} , a_{32} y a_{33} incluidos en A se definen como sigue.

10

[Fórmula 7]

$$a_{21} = \frac{-2(k_2 + k_3) - k_4}{m}$$

15

[Fórmula 8]

$$a_{23} = a_{24} = \frac{k_2}{m}$$

20

[Fórmula 9]

$$a_{31} = \frac{2 \cdot k_2}{c_2}$$

25

[Fórmula 10]

$$a_{33} = \frac{-k_2(1+N)}{c_2}$$

5

[Fórmula 11]

$$a_{34} = -\frac{k_2}{c_2}$$

10 Aquí, k_2 es la rigidez de la carrocería de un resorte de aire según se mide en la dirección arriba/abajo. k_3 es la rigidez del resorte de aire contra la tasa de cambio en el área de recepción de la presión. c_2 es un coeficiente de amortiguación del resorte de aire. A_0 es el área de recepción de la presión efectiva del resorte de aire. ρ es la densidad del aire en la fuente de presión de aire. m es el peso de una mitad de la carrocería del vehículo. N es la proporción de volumen de una cámara de aire auxiliar en el una carrocería del resorte de aire. kV es un factor de conversión obtenido mediante la división de una tasa de flujo de suministro/escape entre una tensión.

15

El primer comando ($u_{1\text{entrada}}$) de suministro, el primer comando ($u_{1\text{salida}}$) de escape, el segundo comando ($u_{2\text{entrada}}$) de suministro y el segundo comando ($u_{2\text{salida}}$) de escape que constituyen el vector U de entrada se definen como sigue.

20

[Fórmula 12]

$$u_{1\text{entrada}} = \begin{cases} u_1, & \text{si } u_1 \geq 0 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

25

[Fórmula 13]

$$u_{1\text{salida}} = \begin{cases} 0, & \text{si } u_1 \geq 0 \\ u_1, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

[Fórmula 14]

$$u_{2\text{entrada}} = \begin{cases} u_2, & \text{si } u_2 \geq 0 \\ 0, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

30

[Fórmula 15]

$$u_{2\text{salida}} = \begin{cases} 0, & \text{si } u_2 \geq 0 \\ u_2, & \text{en otro caso} \end{cases}$$

35

El vector X de variables de estado incluye, además de las cuatro ganancias virtuales $g_{1\text{entrada}}$, $g_{1\text{salida}}$, $g_{2\text{entrada}}$, $g_{2\text{salida}}$, la altura (x_1), la velocidad (x_2), la primera variable (x_3) del resorte y la segunda variable (x_4) del resorte. La altura (x_1) es la altura de la carrocería del vehículo desde el bogie. La velocidad (x_2) es la velocidad de la carrocería del vehículo según se mide en la dirección arriba/abajo. La primera variable (x_3) del resorte de aire es la variable para la parte del resorte de aire que se indica en la FIG. 6. La segunda variable (x_4) del resorte es la variable para la parte del resorte de aire que se indica en la FIG. 6.

40

<Paso de Detección de Anomalías>

El paso de detección de anomalías se realiza en un intervalo de tiempo predeterminado. El paso de detección de anomalías aplica una técnica de estimación de estado que usa la media de las alturas de los resortes 3 de aire obtenida mediante la observación según los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes 3 de aire introducida al modelo 30 de estimación de estado para estimar los valores de las ganancias virtuales que son variables de estado. Si existe una ganancia virtual cuyo valor estimado está por debajo de un umbral predeterminado, se determina que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte 3 de aire correspondiente a esta ganancia virtual.

Más específicamente, en el paso de detección de anomalías, las variables de estado que incluyen los valores de la primera ganancia $g_{1\text{entrada}}$ virtual de suministro, la primera ganancia $g_{1\text{salida}}$ virtual de escape, la segunda ganancia $g_{2\text{entrada}}$ virtual de suministro y la segunda ganancia $g_{2\text{salida}}$ virtual de escape se estiman mediante la aplicación de una técnica de estimación de estado que usa las medias de las alturas de uno y otro resorte 3 de aire (esto es las alturas de la carrocería 1 del vehículo desde el bogie 2) obtenidas mediante la observación según los valores del comando de la tasa de flujo de suministro o de escape de aire a/desde uno y otro resorte 3 de aire introducidas al modelo 30 de estimación de estado (esto es primer comando de suministro, primer comando de escape, segundo comando de suministro, segundo comando de escape). Si existe una ganancia virtual cuyo valor estimado está por debajo de un umbral predeterminado, se determina que existe una anomalía en la válvula de bloqueo del lado del suministro o la válvula de bloqueo del lado del escape (véase la FIG. 3) para el resorte 3 de aire correspondiente a esta ganancia virtual.

Como se discutió anteriormente, el vector X de variables de estado de la ecuación de estado que representa el modelo 30 de estimación de estado incluye las ganancias virtuales $g_{1\text{entrada}}$, $g_{1\text{salida}}$, $g_{2\text{entrada}}$ y $g_{2\text{salida}}$ como las variables de estado ($x_5 = g_{1\text{entrada}}$, $x_6 = g_{1\text{salida}}$, $x_7 = g_{2\text{entrada}}$ y $x_8 = g_{2\text{salida}}$). Además, se puede reconocer que el vector Y de observación es la altura x_1 . Además, se puede reconocer que el vector U de entrada está constituido por el primer comando de suministro, el primer comando de escape, el segundo comando de suministro y el segundo comando de escape. Como se discutió anteriormente, la ecuación de estado que representa el modelo 30 de estimación de estado es una ecuación de estado no lineal en la que el vector B de coeficientes del vector U de entrada incluye las variables x_5 a x_8 de estado, y por tanto se puede aplicar un filtro de Kalman extendido que puede acomodar una ecuación de estado no lineal para estimar las ganancias virtuales.

El paso de detección de anomalías se describirá en mayor detalle con referencia a al FIG. 5B.

Primero, en el paso S11, el dispositivo 12 de control adquiere un valor de observación de la altura de un resorte 3A de aire y un valor de observación de la altura del otro resorte 3B de aire, y aplica un filtro Kalman extendido usando la media de estos valores de observación para estimar los valores de las ganancias virtuales. Cuando el filtro de Kalman extendido se aplica, se usa una ecuación obtenida mediante la discretización de la representación del espacio de estados mediante la ecuación de estado anterior y su Jacobiana. Estas ecuaciones son como sigue.

[Fórmula 16]

$$X_{t+1} = f(X_t) = \begin{pmatrix} x_{1t} + \Delta x_{2t} \\ x_{2t} + \Delta(a_{21}x_{1t} + a_{23}x_{3t} + a_{24}x_{4t}) \\ x_{3t} + \Delta(a_{31}x_{1t} + a_{33}x_{3t} + a_{34}x_{4t}) \\ x_{4t} + \frac{\Delta b_{41}(x_{5t}u_{1\text{entrada}} + x_{6t}u_{1\text{salida}} + x_{7t}u_{2\text{entrada}} + x_{8t}u_{2\text{salida}})}{2} \\ x_{5t} \\ x_{6t} \\ x_{7t} \\ x_{8t} \end{pmatrix}$$

[Fórmula 17]

$$Y_t = h(X_t) = x_{1t}$$

[Fórmula 18]

$$F = \frac{\partial f}{\partial X} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \Delta a_{21} & 1 & \Delta a_{23} & \Delta a_{24} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \Delta a_{31} & 0 & 1 + \Delta a_{33} & \Delta a_{34} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & \frac{\Delta b_{41} \cdot kV \cdot u_{1\text{entrada}}}{2} & \frac{\Delta b_{41} \cdot kV \cdot u_{1\text{salida}}}{2} & \frac{\Delta b_{41} \cdot kV \cdot u_{2\text{entrada}}}{2} & \frac{\Delta b_{41} \cdot kV \cdot u_{2\text{salida}}}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

5

[Fórmula 19]

$$H = \frac{\partial h}{\partial X} = (1 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0 \ 0)$$

10 El algoritmo del filtro de Kalman extendido calcula, en un intervalo de tiempo predeterminado, (1) la Jacobiana obtenida mediante observación, (2) la ganancia de Kalman extendida, (3) la estimación de estado, (4) la matriz de la covarianza del error del estado estimado, (5) la estimación de estado en el intervalo anterior, (6) la Jacobiana de transición de estado, y (7) la matriz de la covarianza del error de predicción. Para calcular (3) el estado estimado (esto es el vector X de variables de estado), se usa la media de los valores de observación anteriores.

15 A continuación, en el paso S12, el dispositivo 12 de control determina si existe alguna ganancia virtual que tenga un valor que esté por debajo de un umbral predeterminado. El umbral puede ser 0.5, por ejemplo.

20 Si no existe ninguna ganancia virtual que tenga un valor por debajo del umbral predeterminado (NO en el paso S12), el dispositivo 12 de control finaliza el paso de detección de anomalías. Si existe una ganancia virtual que tenga un valor por debajo del umbral predeterminado (SI en el paso S12), entonces, en el paso S13, el dispositivo 12 de control determina si esta ganancia virtual ha estado teniendo continuamente un valor por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado. El periodo de tiempo predeterminado puede ser de 3 segundos, por ejemplo.

25 Si la ganancia virtual no ha sido así de manera continua durante el periodo de tiempo predeterminado (NO en el paso S13), el dispositivo 12 de control finaliza el paso de detección de anomalías. Si la ganancia virtual ha sido así continuamente durante el periodo de tiempo predeterminado (SI en el paso S13), entonces, en el paso S14, el dispositivo 12 de control identifica la ganancia virtual que ha estado teniendo de manera continua un valor por debajo del umbral para el periodo de tiempo predeterminado y determina que existe una anomalía en la válvula de bloqueo correspondiente a esta ganancia virtual. Después de esto, el dispositivo 12 de control finaliza el paso de detección de errores.

35 Según el método de detección de anomalías en la presente realización descrita anteriormente, se estiman los valores de las ganancias virtuales por los que se multiplican los valores del comando de la tasa de flujo de suministro/escape a/desde los resortes 3 de aire, y si existe una ganancia virtual cuyo valor estimado esté por debajo de un umbral predeterminado, se determina que existe una anomalía en el suministro/escape para el resorte 3 de aire correspondiente a esa ganancia virtual. Esto es, si el valor estimado de una ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado, se puede determinar que el valor del comando de la tasa de flujo de suministro/escape multiplicada por esa ganancia virtual contribuye poco al control de la altura del resorte 3 de aire y por tanto existe una anomalía en el suministro/escape en el resorte 3 de aire correspondiente a esa ganancia virtual.

40 Por tanto, el método de detección de anomalías en la presente realización puede detectar cuál de los resortes 3 de aire sufre una anomalía de suministro/escape de aire, haciendo de este modo posible revolver rápidamente la carrocería 1 del vehículo inclinado a su posición horizontal y haciendo más fácil repararlo.

45 Concretamente, la presente realización no sólo detecta cuál de los resortes 3 de aire sufre una anomalía de suministro/escape, sino que también detecta si la anomalía está relacionada con el suministro o con el escape, o más específicamente, cuál de entre la válvula de bloqueo del lado del suministro y la válvula de bloqueo del lado del

escape sufre la anomalía. Esto hace posible eliminar más rápidamente la inclinación de la carrocería 1 del vehículo y hace aún más fácil repararlo.

5 Las FIG. 7A, 7B y 7C muestran resultados de ejemplo de simulaciones de detecciones de anomalías mediante el método de detección de anomalías para el dispositivo de control de la inclinación de la carrocería del vehículo en la presente realización.

Las condiciones para las simulaciones fueron las siguientes.

- 10 (1) Velocidad de viaje: 100 [Km/h]
(2) Radio de la curva: 400 [m]
(3) Longitud de la curva de transición: 80 [m]
(4) Altura de la pendiente: 105 [mm]
15 (5) Ángulo de inclinación objetivo: 2 [grados]
(6) Anomalía asumida. La válvula de bloqueo del lado del escape para el resorte de aire por encima del rail exterior se queda cerrada

20 Cuando, para determinar la altura de la carrocería del vehículo desde el bogie que se estableció para permitir al vehículo viajar de manera estable bajo las condiciones anteriores (mostrado por la gráfica de línea discontinua denotada por "OBJETIVO" en la FIG. 7A), se proporcionan los comandos de suministro/escape mostrados en la FIG. 7B (esto es el primer comando de suministro, el primer comando de escape, el segundo comando de suministro y el segundo comando de escape), entonces, se descubrió que los valores de la altura del vehículo mostrados por la gráfica de línea continua denotada como "REAL" en la FIG. 7A son obtenidos mediante la observación. Aplicando un filtro de Kalman extendido usando los valores de observación de la altura de la carrocería del vehículo desde el bogie para estimar las ganancias virtuales se producían los resultados mostrados en la FIG. 7C. Por ejemplo, cuando el umbral era de 0.5, la ganancia virtual de escape correspondiente al resorte de aire por encima del rail exterior estaba por debajo de este umbral, mostrando esto que se puede determinar que la válvula de bloqueo del lado del escape para el resorte de aire por encima del rail exterior sufría una anomalía.

30 Aunque se ha descrito una realización de la presente invención en detalle, esta realización es simplemente un ejemplo, La presente invención no se limita de ninguna manera a la realización anterior.

35 Por ejemplo, la realización anterior describe una implementación donde se detecta que la válvula de bloqueo para el escape de aire se queda cerrada como una anomalía. Sin embargo, la presente invención se puede aplicar para las implementaciones donde se detecta que la válvula de bloqueo para el suministro de aire se queda cerrada como una anomalía.

REIVINDICACIONES

1. Un método de detección de anomalías para un dispositivo (10) de control de la inclinación de la carrocería de un vehículo proporcionado en un vehículo (11) que tiene una carrocería (1) del vehículo, un par de bogies (2) ubicados hacia la parte frontal y trasera de la carrocería (1) del vehículo y un par de resortes (3) de aire ubicados a la izquierda y derecha de cada bogie (2) y que soportan la carrocería (1) del vehículo, controlando el dispositivo (10) de control de la inclinación de la carrocería del vehículo el suministro/escape a/desde los resortes (3) de aire para inclinar la carrocería (1) del vehículo, comprendiendo el método de detección de anomalías los pasos de:
- 5
- 10 preparación del modelo (30) de estimación de estado para cada uno de los bogies (2); y uso del modelo (30) de estimación de estado para detectar cuál de los resortes (3) de aire sufre una anomalía de suministro/escape de aire,
- 15 en donde el modelo (30) de estimación de estado es un modelo matemático que, cuando se introduce un primer valor del comando de tasa de flujo que indica una tasa de flujo de aire suministrado a/escapado desde un resorte (3A) de aire, multiplica el primer valor del comando de la tasa de flujo por una primera ganancia virtual que es una variable de estado,
- 20 cuando se introduce un segundo valor del comando de la tasa de flujo que indica una tasa de flujo de aire suministrado/escapado desde el otro resorte (3B) de aire, multiplica el segundo valor del comando de la tasa de flujo por una segunda ganancia virtual que es una variable de estado, y saca una media de las alturas de los resortes (3) de aire basada en la media del primer valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la primera ganancia virtual y el segundo valor del comando de la tasa de flujo multiplicado por la segunda ganancia virtual, en donde el paso de detección de una anomalía incluye los pasos de:
- 25 estimación de un valor de la primera ganancia virtual y un valor de la segunda ganancia virtual mediante el uso, como un valor emitido por el modelo (30) de estimación de estado, de una media del valor obtenido mediante la observación de la altura de un resorte (3A) de aire cuando el suministro/escape se controla en base al primer valor del comando de la tasa de flujo y el valor obtenido mediante la observación de la altura del otro resorte (3B) de aire cuando el suministro/escape se controla en base al segundo valor del comando de la tasa de flujo; y
- 30 determinación de que existe una anomalía en el suministro/escape para un resorte (3A) de aire cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado y la determinación de que existe una anomalía en el suministro/escape para el otro resorte (3B) de aire cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual está por debajo de un umbral predeterminado.
- 35
2. El método de detección de anomalías según la reivindicación 1, en donde el paso de determinación determina que existe una anomalía en el suministro/escape para un resorte (3A) de aire cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, y determina que existe una anomalía en el suministro/escape para el otro resorte (3B) de aire cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado.
- 40
3. El método de detección de anomalías según las reivindicaciones 1 ó 2, en donde:
- 45 el dispositivo (10) de control de la inclinación del vehículo incluye:
- una primera válvula (14A) proporcional de flujo para controlar la tasa de flujo de aire suministrado a un resorte (3A) de aire y de aire escapado desde un resorte (3A) de aire;
- 50 una primera válvula (14B) de bloqueo del suministro para encender o apagar el suministro de aire a un resorte (3A) de aire;
- una primera válvula (14C) de bloqueo del escape para encender o apagar el escape de aire a un resorte (3A) de aire;
- una segunda válvula (14A) proporcional de flujo para controlar la tasa de flujo de aire suministrado al otro resorte (3B) de aire y de aire escapado desde el otro resorte (3B) de aire;
- 55 una segunda válvula (14B) de bloqueo del suministro para encender o apagar el suministro de aire al otro resorte (3B) de aire; y
- una primera válvula (14C) de bloqueo del escape para encender o apagar el escape de aire al otro resorte (3B) de aire,
- en donde el primer valor del comando de la tasa de flujo incluye:
- 60 un primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro que indica la tasa de flujo de aire suministrado a un resorte (3A) de aire; y
- un primer valor del comando de la tasa de flujo de escape que indica la tasa de flujo de aire escapada desde un resorte (3A) de aire,
- 65

en donde el segundo valor del comando de la tasa de flujo incluye:

- 5 un segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro que indica la tasa de flujo de aire suministrado al otro resorte (3B) de aire; y
 un segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape que indica la tasa de flujo de aire escapada desde el otro resorte (3B) de aire,

en donde la primera ganancia virtual incluye:

- 10 una primera ganancia virtual de suministro por la cual se multiplica el primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro; y
 una primera ganancia virtual de escape por la cual se multiplica el valor del comando de la tasa de flujo cuando se introduce el primer valor del comando de la tasa de flujo de escape,

15 en donde la segunda ganancia virtual incluye:

- 20 una segunda ganancia virtual de suministro por la cual se multiplica el valor del comando de la tasa de flujo de suministro cuando se introduce el segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro; y
 una segunda ganancia virtual de escape por la cual se multiplica el valor del comando de la tasa de flujo de escape cuando se introduce el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape,
 en donde el modelo (30) de estimación de estado saca la media de las alturas de los resortes (3) de aire en base a la media del primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro multiplicada por la primera ganancia virtual de suministro o el valor del primer comando de la tasa de flujo de escape multiplicado la primera ganancia virtual de escape y el segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro multiplicado por la segunda ganancia virtual de suministro o el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape multiplicado por la segunda ganancia virtual de escape,
 25 en donde el paso de estimación estima el valor de la primera ganancia virtual de suministro, el valor de la primera ganancia virtual de escape, el valor de la segunda ganancia virtual de suministro y el valor de la segunda ganancia virtual de escape mediante el uso, como el valor emitido por el modelo (30) de estimación de estado, de una media del valor obtenido mediante la observación de la altura de un resorte (3A) de aire cuando se hace el control en base al primer valor del comando de la tasa de flujo de suministro o el primer valor de la tasa de flujo de escape y un valor obtenido mediante la observación de la altura del otro resorte (3B) de aire cuando se hace el control en base al segundo valor del comando de la tasa de flujo de suministro o el segundo valor del comando de la tasa de flujo de escape,
 30 en donde el paso de determinación determina que existe una anomalía en la primera válvula (14B) de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de suministro está por debajo del umbral predeterminado, determina que existe una anomalía en la primera válvula (14C) de bloqueo de escape cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de escape está por debajo de un umbral predeterminado, determina que existe una anomalía en la segunda válvula (14B) de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual de suministro está por debajo de un umbral predeterminado y determina que existe una anomalía en la segunda válvula (14C) de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual está por debajo del umbral predeterminado.

4. El método de detección de anomalías según la reivindicación 3, en donde el paso de determinación determina que existe una anomalía en la primera válvula (14B) de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado,
 50 determina que existe una anomalía en la primer válvula (14C) de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la primera ganancia virtual de escape ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado,
 55 determina que existe una anomalía en la segunda válvula (14B) de bloqueo del suministro cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual de suministro ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado, y
 60 determina que existe una anomalía en la segunda válvula (14C) de bloqueo del escape cuando el valor estimado de la segunda ganancia virtual de escape ha estado por debajo del umbral predeterminado durante un periodo de tiempo predeterminado.

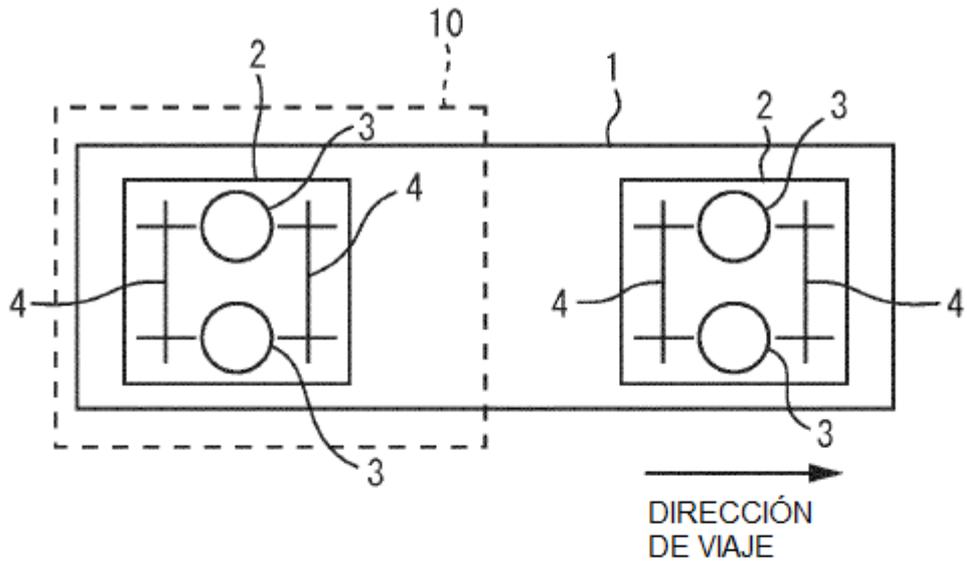


FIG. 1A

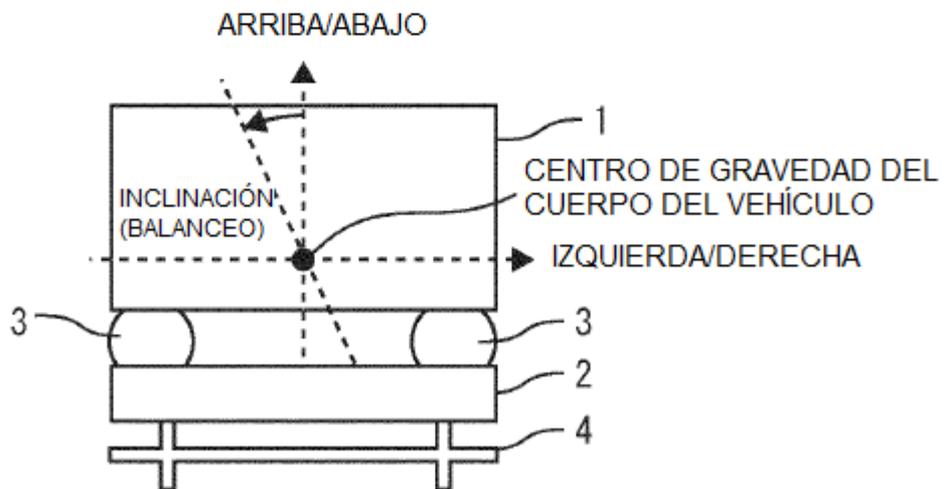


FIG. 1B

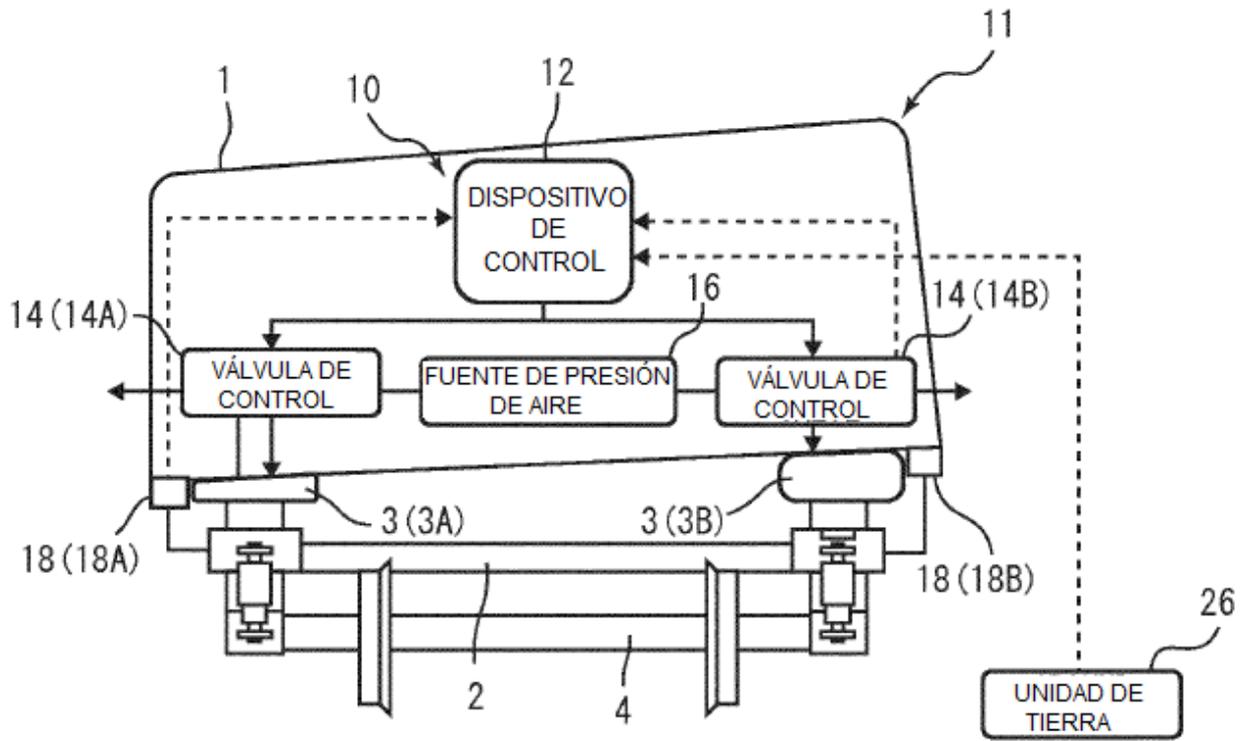


FIG. 2A

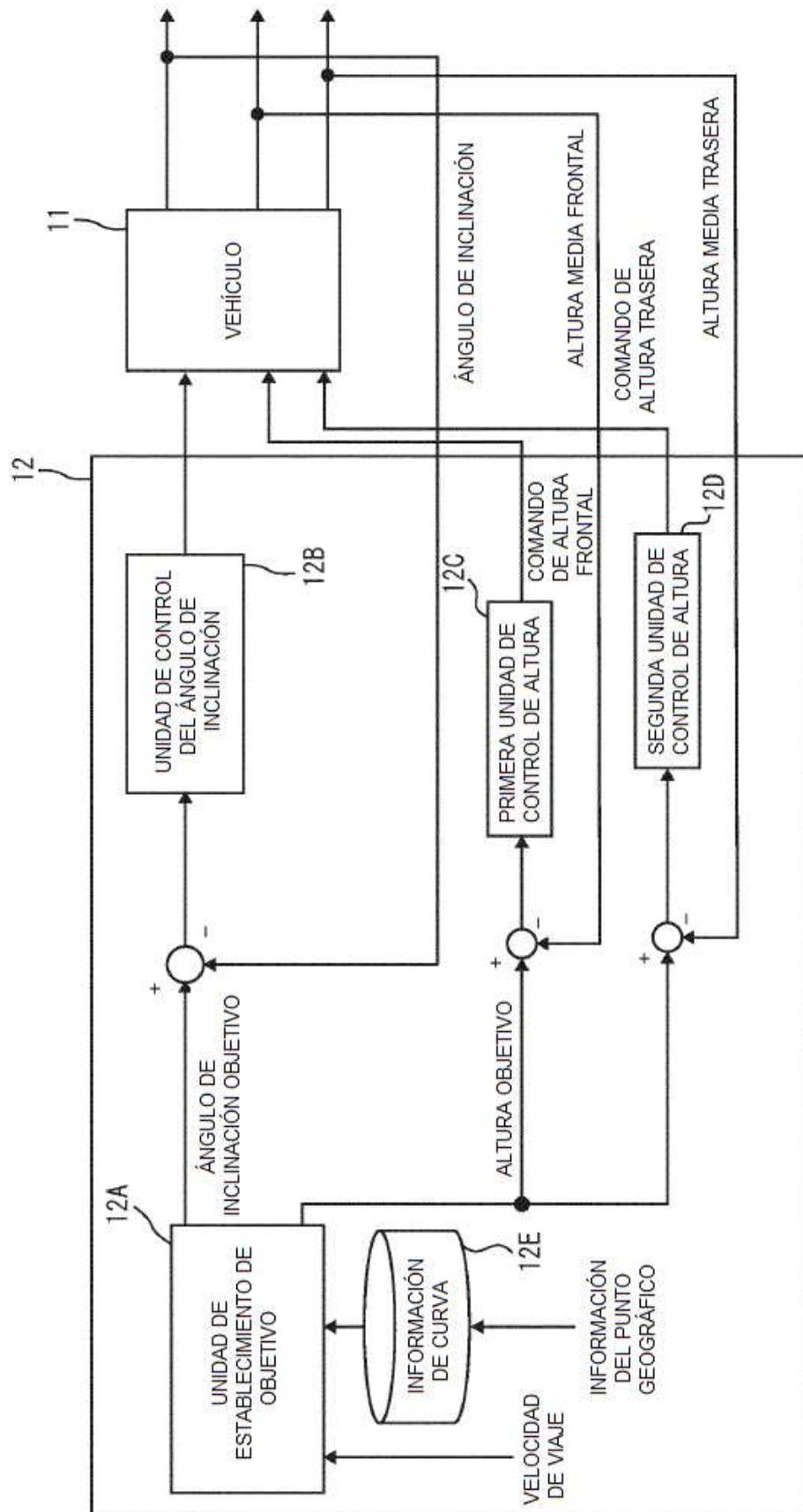


FIG. 2B

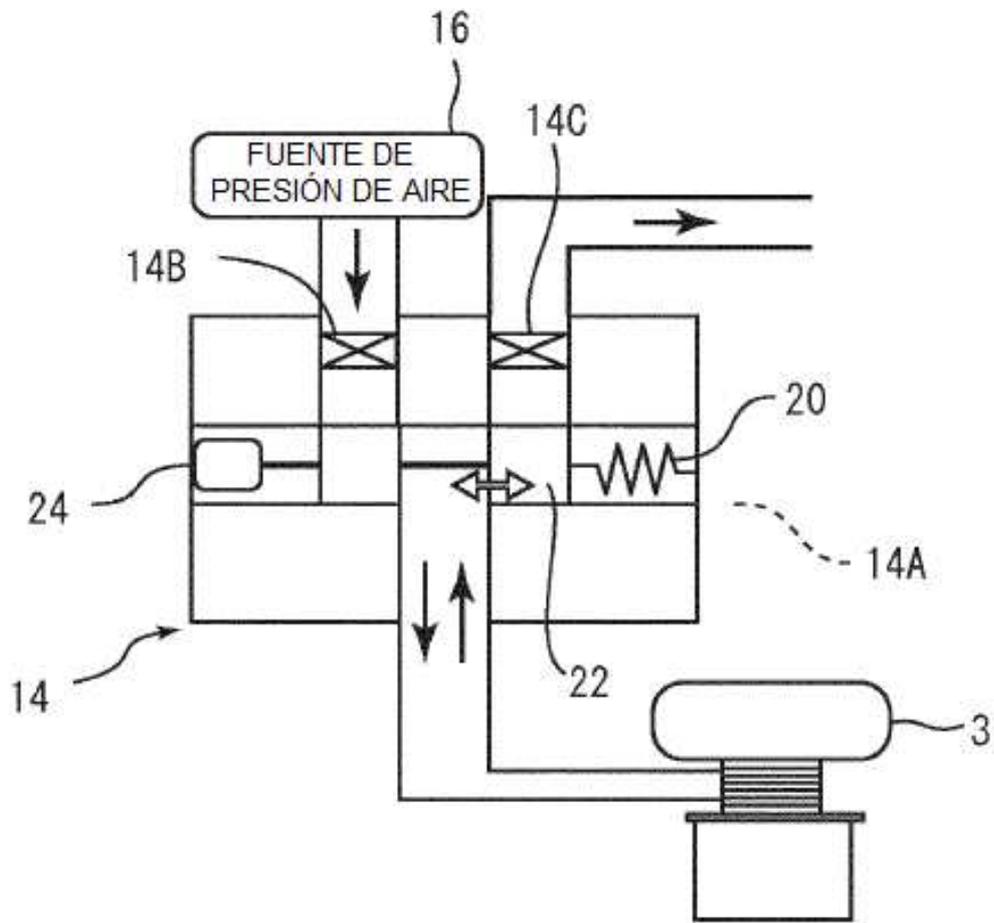


FIG. 3

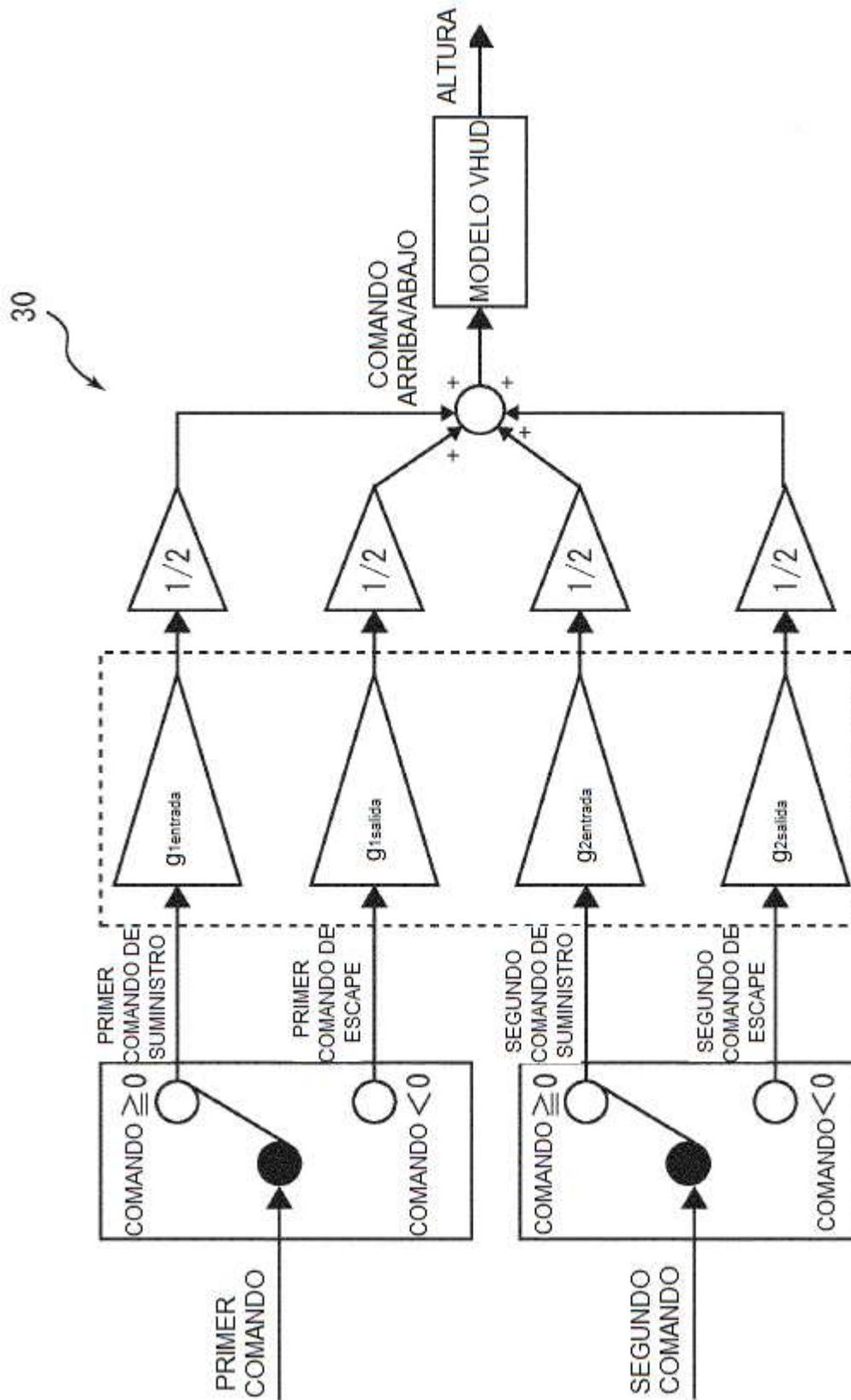


FIG. 4

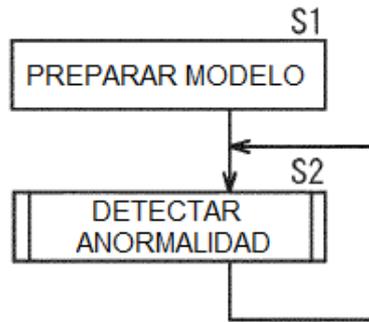


FIG. 5A

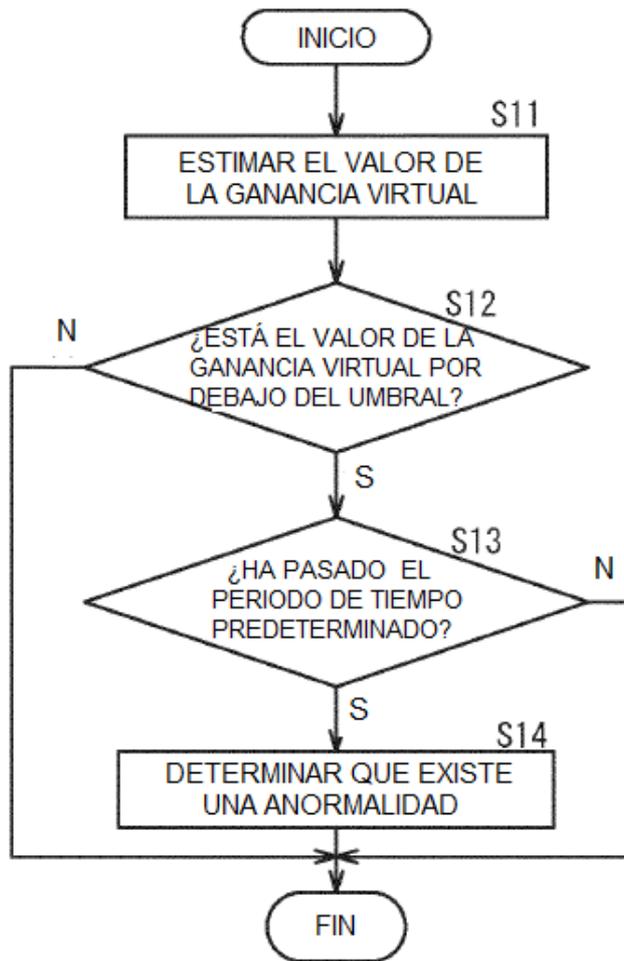


FIG. 5B

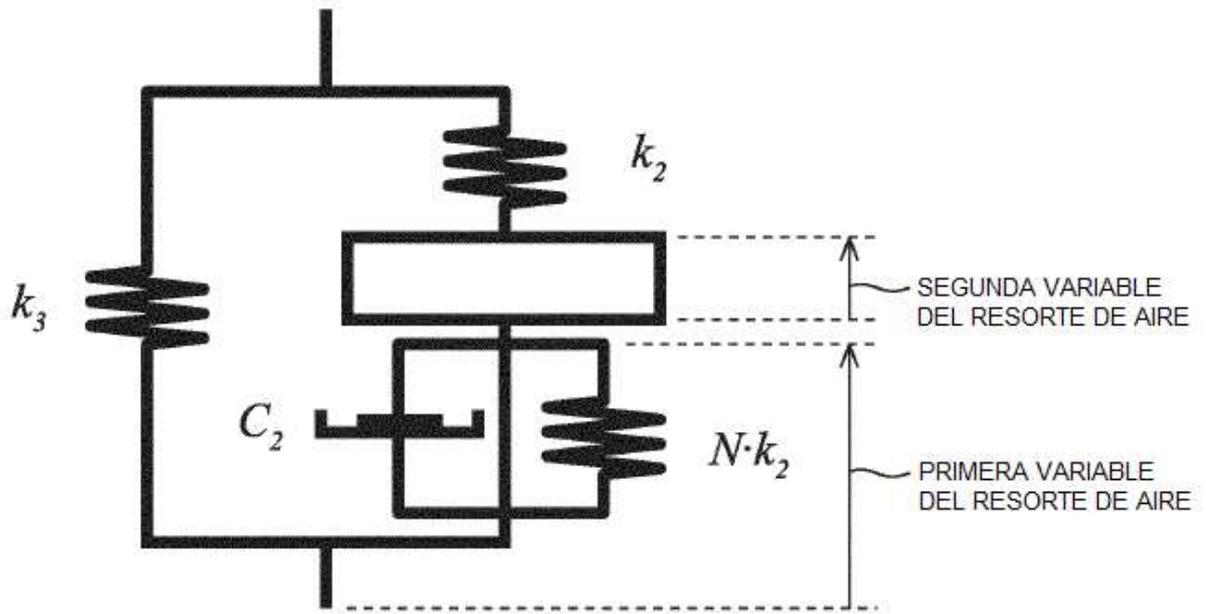


FIG. 6

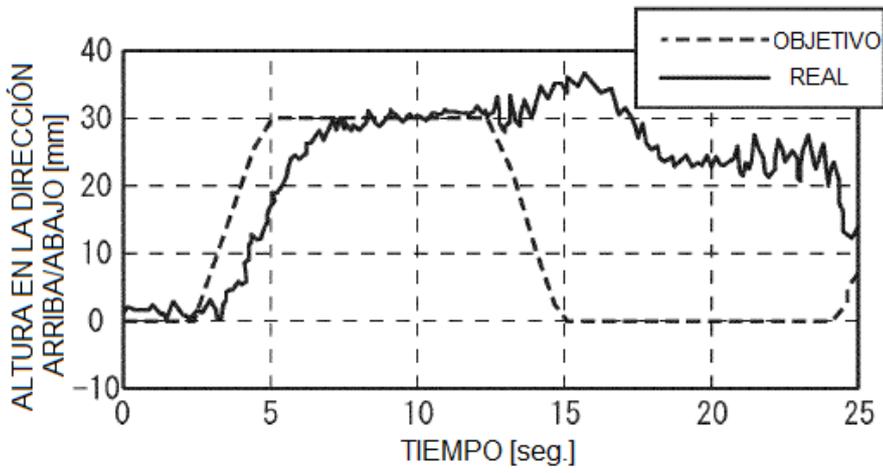


FIG. 7A

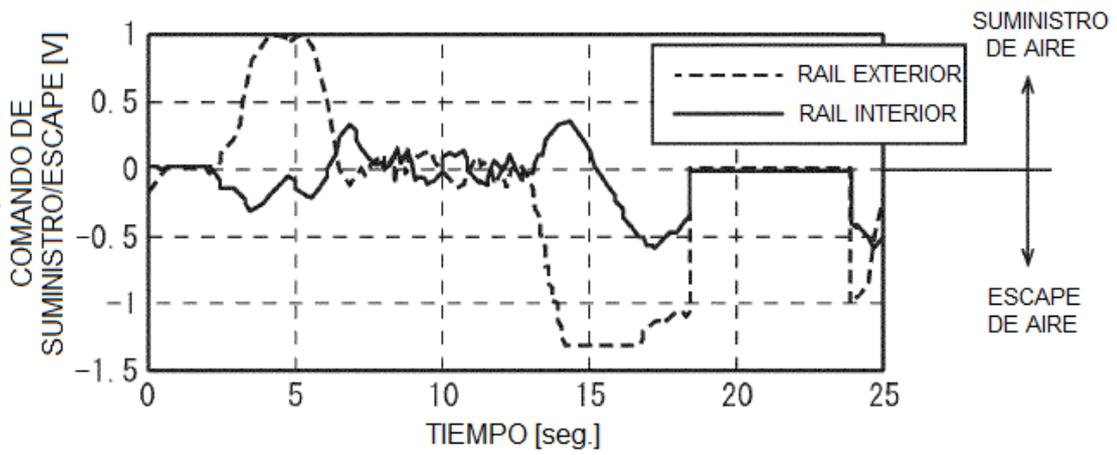


FIG. 7B

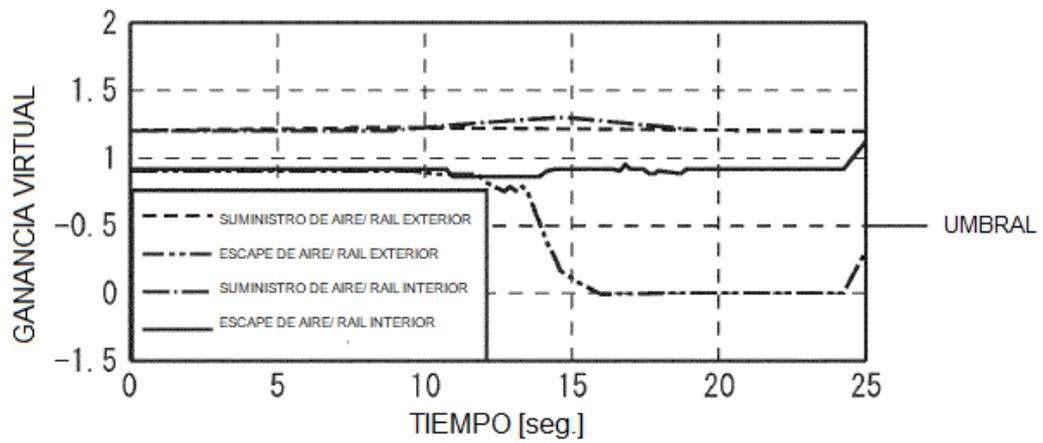


FIG. 7C