

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 370 159**

51 Int. Cl.:

B62K 25/04 (2006.01)

B60G 17/018 (2006.01)

B60G 17/0165 (2006.01)

B60G 17/015 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09777717 .1**

96 Fecha de presentación: **06.08.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2250038**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.11.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO Y APARATO PARA CONTROLAR UN SISTEMA DE SUSPENSIÓN SEMI-ACTIVA PARA MOTOCICLETAS.**

30 Prioridad:
06.08.2008 IT SA20080021

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
13.12.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
13.12.2011

73 Titular/es:
Spring Off S.R.L.
Via Ponte Don Melillo 1
84084 Fisciano y
Acocella, Gerardo

72 Inventor/es:
ACOCELLA, Gerardo

74 Agente: **Miltenyi, Peter**

ES 2 370 159 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

Procedimiento y aparato para controlar un sistema de suspensión semi-activa para motocicletas

5 CAMPO DE LA PRESENTE INVENCION

La presente invención se refiere al campo de las motocicletas. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para motocicletas y un aparato de control para llevar a cabo dicho procedimiento. Más concretamente, la presente invención se refiere a un procedimiento y un aparato correspondiente para controlar de manera conjunta las fuerzas de amortiguación aplicadas a amortiguadores controlables dispuestos en la suspensión semi-activa delantera y trasera de una motocicleta.

ESTADO DE LA TÉCNICA

15 En general, los sistemas de suspensión para vehículos pueden agruparse en tres categorías:

- sistemas de suspensión pasiva caracterizados por amortiguadores que presentan un factor de amortiguación fijo predeterminado durante la fase de proyecto del vehículo;

20 - sistemas de suspensión activa provistos de amortiguadores que presentan un coeficiente de amortiguación variable que varía de manera continua mediante un sistema de control apropiado;

25 - sistemas de suspensión semi-activa provistos de amortiguadores que presentan un coeficiente de amortiguación variable que varía de manera continua de modo similar a los sistemas de suspensión activa con la diferencia de que en los sistemas de suspensión semi-activa los amortiguadores no necesitan energía externa para controlar las características de la fuerza de amortiguación. De hecho, en un sistema de suspensión semi-activa, el control se utiliza solamente para disipar adecuadamente la energía de los amortiguadores.

30 Los sistemas de suspensión pasiva no permiten la optimización simultánea tanto del confort de conducción como del comportamiento en carretera. Por el contrario, los sistemas de suspensión activa y semi-activa permiten una selección flexible variando los coeficientes de amortiguación de los amortiguadores en tiempo real en base a un conjunto de señales medidas relativas a la dinámica del vehículo. Los sistemas de suspensión semi-activa se han utilizado mucho principalmente por sus menores costes de fabricación y menor complejidad de diseño respecto a los sistemas de suspensión activa.

35 Las soluciones conocidas basadas en sistemas de suspensión semi-activa se diferencian entre sí por el tipo de amortiguadores empleados y por los procedimientos de control adoptados.

40 Respecto al primer aspecto, los principales tipos de tecnologías de amortiguador se refiere a:

- amortiguadores CDC (control continuo de la amortiguación), en los que el factor de amortiguación varía aumentando o disminuyendo la sección de las aberturas que conectan la cámara superior con la cámara inferior del pistón del amortiguador;

45 - amortiguadores electroreológicos o magnetoreológicos, que funcionan mediante fluidos de viscosidad variable en función de un campo eléctrico o magnético aplicado adecuadamente, respectivamente.

50 En cuanto a los procedimientos de control, se han propuesto varios tipos de procedimientos y aparatos de control para sistemas de suspensión semi-activa de un vehículo. La mayoría de ellos se refieren a un modelo de "cuarto de vehículo" para el sistema de suspensiones del vehículo y un control de tipo *Sky Hook*.

A partir de esta estrategia básica, se han implementado varias soluciones con el fin de mejorar algunos de los aspectos críticos tal como se muestra en varios documentos de la técnica anterior, tales como:

- 55 - EP 0275664 A1
- US 6115658;
- US 7035836;
- US 7340334;
- 60 - WO 2008/010075 A2

65 El documento EP 0275664 A1, que describe las características del preámbulo de las reivindicaciones 1 y 5, se refiere a unos medios de control que emplean modelos matemáticos, denominados comúnmente estimadores u observadores, adaptados para el control del comportamiento de un sistema de suspensiones o instalación similar que presenta amortiguadores de tipo semi-activo. El procedimiento descrito se basa en el modelado de los posibles modos de funcionamiento del sistema mediante un número correspondiente de observadores del modelado de la instalación. Una función de coste apropiada compara las estimaciones de los observadores e identifica la óptima de

éstas y el sistema modelado particular correspondiente a los modos de amortiguación en el modelo del sistema que produce la estimación preferida.

5 El documento US 6.115.658 se refiere a un perfeccionamiento del control del *Sky Hook* continuo (es decir, en el que el coeficiente de amortiguación puede adoptar altos valores en una amplia gama durante el estado activo) introduciendo un factor adicional en el producto del control. El factor adicional es una función de suavizado de la velocidad absoluta, tal como funciones de valor absoluto y funciones exponenciales. De esta manera es posible obtener superficies tridimensionales de control (que muestran la fuerza de amortiguación de destino en función del valor absoluto de la velocidad del chasis y la velocidad relativa entre la masa suspendida y la masa no suspendida) sin las discontinuidades típicas que están presentes en los procedimientos de control clásico y que dan lugar a brusquedad e impulsos elevados en la aceleración de la masa suspendida.

15 El documento US 7.035.836 describe un procedimiento de control basado en la determinación y la optimización del índice de confort de marcha basado en un modelo de control *Sky Hook* mediante un regulador de lógica difusa que tiene en cuenta información diversa acerca de la dinámica del vehículo medida a través de unos sensores apropiados.

20 El documento US 7.340.344 se refiere a la mejora del control independiente en cada una de las cuatro suspensiones de un vehículo de acuerdo con un enfoque *Sky Hook* clásico en base a la determinación de la señal del producto del valor correspondiente al desplazamiento relativo y el valor correspondiente a la velocidad relativa de la masa suspendida y la masa no suspendida introduciendo factores de corrección en el valor del coeficiente de amortiguación, teniendo en cuenta la velocidad del vehículo y su aceleración lateral y longitudinal.

25 De acuerdo con el documento WO2008/010075 A2, el enfoque *Sky Hook* de dos etapas clásico se mejora mediante una estrategia de control que identifica zonas caracterizadas por altas y bajas frecuencias de trabajo comparando la relación entre el cuadrado de las aceleraciones y el cuadrado de las velocidades de la masa suspendida y no suspendida y una frecuencia invariante adecuada.

30 Los procedimientos y aparatos descritos en el estado de la técnica sólo permiten el control de cada suspensión por separado. En particular, en el caso de las motocicletas, la suspensión delantera se controla de manera independiente de la suspensión trasera. En consecuencia, los procedimientos y aparatos descritos en el estado de la técnica no permiten optimizar el confort de conducción y las propiedades de estabilidad en marcha de las motocicletas. En particular, como que los sistemas de suspensión delantera y trasera se controlan por separado, el comportamiento de conducción de la motocicleta no puede optimizarse. Por ejemplo, la adherencia global de la motocicleta a la superficie de la carretera no puede optimizarse ya que el neumático delantero y trasero no pueden controlarse de manera conjunta. Por otra parte, por la misma razón, el confort de conducción no puede optimizarse. Además, el confort de marcha no puede optimizarse.

40 La descripción de EP 0275 664 podría sugerir un procedimiento para permitir controlar conjuntamente el sistema de suspensión delantera y trasera de la motocicleta. Sin embargo, el control descrito se realiza en base a una solución discreta del problema de control. De hecho, la solución propuesta se encuentra entre un conjunto discreto de posibles soluciones una vez que se define y se fija el número y la estructura del observador. En particular, la solución de control se selecciona como la más cercana al estado medido. De este modo, la solución de control se fuerza a uno de un conjunto preestablecido de valores discretos y de nuevo no permite el aprovechamiento completo de las propiedades del sistema de suspensión de la motocicleta.

ÁMBITO DE LA INVENCION

50 A la vista de los problemas relacionados con los sistemas conocidos, un objetivo de la presente invención es un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para motocicletas y un aparato correspondiente para realizar dicho procedimiento que permita superar estos problemas. En particular, un objetivo de la presente invención es un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para motocicletas que permita la optimización de las propiedades de estabilidad en marcha de la motocicleta. Otro objetivo de la presente invención es un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para una motocicleta que permita la optimización de las propiedades de adherencia a la carretera. Otro objetivo de la presente invención es un procedimiento que permita la optimización de la adherencia global de la motocicleta a la superficie de la carretera. Todavía otro objetivo de la presente invención es un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para una motocicleta que permite la optimización tanto del confort de conducción como de marcha de la motocicleta. Otro objetivo de la presente invención es un aparato para realizar el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

65 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para motocicletas. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento de control conjunto de las fuerzas de amortiguación que se aplican a los amortiguadores controlables dispuestos en la suspensión delantera y trasera,

respectivamente, de una motocicleta con el fin de regular las oscilaciones de las masas no suspendidas (tales como la rueda delantera y trasera) para mejorar los comportamientos de estabilidad en marcha y la oscilación de la masa suspendida (tal como el cuerpo de la motocicleta) con el fin de mejorar el confort de conducción.

5 La presente invención se basa en el concepto inventivo de controlar de manera conjunta el sistema de suspensión delantera y trasera de una motocicleta. En particular, la presente invención se basa en el concepto inventivo de tener en cuenta la velocidad de inclinación de la masa suspendida, para controlar de manera conjunta el sistema de suspensión delantera y trasera de una motocicleta.

10 De acuerdo con una primera realización de la presente invención, se dispone un procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para una motocicleta según la reivindicación 1, comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:

15 - determinación de una primera señal correspondiente a la velocidad relativa entre una masa suspendida y una masa no suspendida delantera;

- determinación de una segunda señal correspondiente a la velocidad relativa entre la masa suspendida y una masa no suspendida trasera;

20 - determinación de una tercera señal correspondiente a la velocidad angular de inclinación de la masa suspendida para tener en cuenta la conexión entre los movimientos de la suspensión delantera y trasera;

- determinación de la fuerza de amortiguación que ha de generar un generador de fuerza controlable delantero en base a la primera y la tercera señal;

25 - determinación de la fuerza de amortiguación que ha de que generar un generador de fuerza controlable trasero en base a la segunda y la tercera señal.

30 Adicionalmente, la presente invención se refiere, además, a un controlador para controlar de manera conjunta las fuerzas de amortiguación del generador de fuerza controlable delantero y trasero de una motocicleta.

De acuerdo con una realización preferida de la presente invención, el controlador está adaptado para determinar las fuerzas de amortiguación de acuerdo con el procedimiento de control de la presente invención.

35 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La figura 1 muestra esquemáticamente una primera realización del sistema de acuerdo con la presente invención.

40 La figura 2 muestra un diagrama de bloques del procedimiento de control de acuerdo con la presente invención utilizado para controlar el sistema mostrado en la figura 1.

La figura 3 es una vista tridimensional de una superficie de control empleada por ejemplo en el procedimiento de control que se muestra en la figura 2.

45 La figura 4 muestra esquemáticamente una segunda realización del sistema de acuerdo con la presente invención;

Figura 5 muestra un diagrama de bloques del procedimiento de control de acuerdo con la presente invención utilizado para el control del sistema mostrado en la figura 4;

50 La figura 6 es una vista tridimensional de una superficie de control empleada por ejemplo en el procedimiento de control mostrado en la figura 5.

La figura 7 es una gráfica que muestra la ganancia de corrección $G_f(V_{sp})$ para la fuerza de amortiguación deseada F_{1d} respecto a la velocidad longitudinal V_{sp} de la motocicleta.

55 La figura 8 es una gráfica que muestra las diferentes dinámicas de la motocicleta respecto a las combinaciones de velocidad de inclinación V_p y velocidad relativa V_{br} .

60 La figura 9 es una vista tridimensional alternativa de una superficie de control empleada por ejemplo en el procedimiento de control mostrado en la figura 2.

La figura 10 muestra otro ejemplo de una superficie de control utilizada por ejemplo en el procedimiento de control mostrado en la figura 5.

65

DESCRIPCIÓN DETALLADA

5 A continuación se describe la presente invención con referencia a realizaciones particulares tal como se muestra en los dibujos adjuntos. Sin embargo, la presente invención no queda limitada a las realizaciones particulares descritas en la siguiente descripción detallada y mostradas en las figuras, sino que, en cambio, las realizaciones descritas son simplemente ejemplos de varios aspectos de la presente invención, cuyo alcance está definido por las reivindicaciones adjuntas.

10 Para el experto en la materia serán claras otras modificaciones y variaciones de la presente invención. Por lo tanto, la presente descripción ha de considerarse como que incluye todas las modificaciones y/o variaciones de la presente invención, cuyo alcance está definido por las reivindicaciones adjuntas.

15 En esta memoria, los términos delantero, trasero, izquierda, derecha, arriba, abajo, sentido horario y sentido antihorario se refieren a los sentidos hacia adelante, hacia atrás, hacia la izquierda, hacia la derecha, hacia arriba, hacia abajo, en sentido horario y en sentido antihorario, respectivamente, tal como lo aprecia un conductor sentado en posición de conducción en el asiento de la motocicleta salvo que se especifique lo contrario. Para simplificar, los elementos idénticos o correspondientes, tales como los componentes del dispositivo, señales y cantidades físicas se indican en las figuras con los mismos números o símbolos de referencia.

20 En la figura 1 se muestra esquemáticamente un sistema de suspensión semi-activa 1 para una motocicleta de acuerdo con una primera realización de la presente invención. El sistema funciona de acuerdo con una política de control según el procedimiento de la presente invención para optimizar las propiedades de adherencia a la carretera y el confort de conducción de la motocicleta.

25 En el sistema 1, la masa suspendida M_S (que representa, por ejemplo, el cuerpo de la motocicleta) está conectada a las masas no suspendidas m_{fu} y m_{ru} (que representan, por ejemplo, las masas de la rueda delantera y trasera, respectivamente, junto con la correspondiente horquilla, basculante y neumáticos).

30 Los valores X_m , X_f y X_r corresponden respectivamente a la posición vertical de la masa suspendida M_S y a la de las masas no suspendidas m_{fu} y m_{ru} , respectivamente. Se ha adoptado una convención arbitraria según la cual dichos valores son positivos para el desplazamiento hacia arriba de las masas y negativo para el desplazamiento hacia abajo. V_m representa la componente vertical de la velocidad de la masa suspendida M_S , con la convención de considerar los valores de velocidad positivos para los desplazamientos hacia arriba. Las mismas consideraciones son válidas para los valores V_f y V_r relativas a la componente vertical de las velocidades de las masas no suspendidas delanteras y traseras, respectivamente. El signo de referencia θ representa la posición angular del centro de masas de la masa suspendida M_S con la convención de considerar desplazamientos positivos para giros en sentido horario de la masa suspendida y desplazamientos negativos para giros en sentido antihorario.

40 El sistema 1 comprende un sistema de suspensión delantera que incluye un muelle de coeficiente K_f y un generador de fuerza controlable 2 tal como un amortiguador controlable para controlar la suspensión delantera. Asimismo, para la suspensión trasera, el sistema 1 incluye un muelle de coeficiente K_r y un generador de fuerza controlable 3 tal como un amortiguador controlable. En el sistema 1 mostrado en la figura 1 se indican, además, los muelles con coeficientes K_{ft} y K_{rt} junto con los amortiguadores no controlables c_{ft} y c_{rt} . Los muelles representan la elasticidad de los neumáticos delanteros y traseros, mientras que los amortiguadores representan la histéresis de la amortiguación de los mismos.

50 En el sistema 1, cada uno de los dos generadores de fuerza controlable 2 y 3 puede producirse mediante un amortiguador cilíndrico hidráulico, tal como un amortiguador de tipo pistón. En este tipo de amortiguador, el pistón y el cilindro están acoplados a la masa suspendida y no suspendida por medio de unos conectores apropiados. El desplazamiento relativo de la masa suspendida y de la masa no suspendida es el responsable de un desplazamiento relativo entre el pistón y el cilindro lo que, a su vez, provoca el desplazamiento de un fluido dentro de las cámaras variables del amortiguador. Dichas cámaras pueden regularse electrónicamente o hidráulicamente, actuando sobre unas válvulas que conectan dichas cámaras. Puede adoptarse una solución alternativa utilizando fluidos de viscosidad controlable (fluidos electro-reológicos o fluidos magneto-reológicos) y aplicando los campos eléctricos y/o magnéticos adecuados para variar la viscosidad del fluido. Pueden emplearse otros tipos de amortiguadores, y para un experto en la materia la siguiente descripción es fácilmente extensible a otros tipos de generadores de fuerza controlable apropiados.

60 Los generadores de fuerza 2 y 3 son preferiblemente generadores de tipo continuo. En consecuencia, su estado puede cambiar rápidamente de un estado desactivado en el que el coeficiente de amortiguación y la correspondiente fuerza de amortiguación del amortiguador se caracterizan por unos valores de amplitud relativamente pequeños (en algunos casos, aproximadamente igual a cero) a un estado activado en el que el coeficiente de amortiguación y la correspondiente fuerza de amortiguación del amortiguador pueden variar en un intervalo de valores caracterizado por una gran amplitud. Los cambios en el estado de los amortiguadores se deben a unas señales de control U_1 y U_2 . Las señales de control pueden aplicarse a correspondientes válvulas y, en consecuencia pueden regular las posiciones de apertura de dichas válvulas, o pueden aplicarse a unos generadores de campo eléctrico o magnético

apropiado que provoquen el endurecimiento o ablandamiento del fluido reológico para conseguir las viscosidades deseadas.

5 El controlador 4 proporciona las señales de control U_1 y U_2 para la regulación de los generadores de fuerza controlable. El controlador 4 comprende preferiblemente un microprocesador o un microcontrolador programado adecuadamente para llevar a cabo una política de control predeterminada. El controlador electrónico 4 recibe las señales de un primer dispositivo 5, tal como un sensor de posición delantera, de un segundo dispositivo 6, tal como un sensor de posición trasera, y de un tercer dispositivo 7, tal como un giroscopio.

10 El primer dispositivo 5 está montado adecuadamente en el amortiguador delantero para generar una señal eléctrica X_{bf} correspondiente al desplazamiento relativo entre la masa suspendida M_S (por ejemplo, la masa del cuerpo de la motocicleta) y la masa no suspendida delantera m_{fu} . El filtro de derivada 8 actúa sobre la señal X_{bf} para determinar la velocidad relativa de la masa M_S respecto a la masa no suspendida delantera m_{fu} y generar una señal correspondiente V_{bf} que recibe el controlador 4.

15 El segundo dispositivo 6 se aplica adecuadamente al amortiguador trasero para generar una señal eléctrica X_{br} correspondiente al desplazamiento relativo entre la masa suspendida M_S (por ejemplo, la masa del cuerpo de la motocicleta) y la masa no suspendida trasera m_{ru} . Un filtro de derivada 9 actúa sobre la señal X_{br} para determinar la velocidad relativa entre la masa suspendida M_S y la masa no suspendida trasera m_{ru} y generar una señal correspondiente V_{br} que recibe el controlador 4. Los filtros de derivada 8 y 9 pueden estar incluidos, por ejemplo, en el controlador electrónico 4.

20 Un tercer dispositivo 7 se aplica adecuadamente a la masa suspendida M_S para generar una señal eléctrica V_p correspondiente a la velocidad angular de la masa suspendida y que recibe el controlador 4. El experto en la materia, en base a la descripción anterior, puede elegir entre varios dispositivos conocidos adecuados para la realización de los sensores 5, 6 y 7, de los filtros 8 y 9 y del controlador 4.

25 Además, pueden utilizarse adecuadamente dispositivos alternativos y/o combinaciones alternativas de dispositivos similares a los descritos anteriormente para la generación de señales que se envían al controlador 4. Por ejemplo, el sensor de posición delantero 5 podría comprender dos acelerómetros uno de los cuales se aplique a la masa suspendida M_S y el otro a la masa no suspendida delantera m_{fu} y un circuito integrador adecuado que genere una señal V_{bf} que corresponda a la velocidad relativa entre la masa suspendida M_S y la masa no suspendida delantera m_{fu} en base a las señales recibidas por los acelerómetros.

30 El controlador 4 está programado para funcionar según una política de control tal como se describe en detalle en la siguiente descripción.

35 El controlador 4 elabora las señales de entrada para proporcionar de manera conjunta señales de salida 10 y 11 a los generadores de fuerza controlable 2 y 3, respectivamente, y que corresponden a las fuerzas de amortiguación deseada F_{1d} y F_{2d} . Un dispositivo transformador adecuado 12 convierte las señales de salida 10 y 11 correspondientes a las fuerzas de amortiguación deseada en señales U_1 y U_2 respectivamente, utilizadas por los generadores de fuerza controlable 2 y 3. Por ejemplo, el transformador 12 puede convertir cada una de las dos señales de salida 10 y 11 en una señal de tensión o en una señal de corriente. Los generadores de fuerza controlable 2 y 3 reaccionan a las señales de control U_1 y U_2 generando las correspondientes fuerzas de amortiguación aplicadas $F_{1,app}$ y $F_{2,app}$, respectivamente. Preferiblemente, las fuerzas de amortiguación aplicadas $F_{1,app}$ y $F_{2,app}$ son sustancialmente iguales a las correspondientes fuerzas de amortiguación deseada F_{1d} y F_{2d} . Sin embargo, las fuerzas aplicadas realmente a los correspondientes generadores de fuerza controlable pueden diferir ligeramente de las correspondientes fuerzas de amortiguación deseada F_{1d} y F_{2d} como resultado de distintos factores que influyen en el rendimiento de los generadores de fuerza 2 y 3.

40 En general, y con referencia a la figura 2, las entradas del procedimiento de control de acuerdo con la presente invención comprenden las señales V_{bf} , V_{br} , y V_p . Además se introducen también los valores de ganancia G_1 y G_2 .

45 El valor de ganancia G_1 puede tener en cuenta la geometría específica del amortiguador delantero y la colocación del primer dispositivo 5 en el amortiguador delantero. Del mismo modo, el valor de ganancia G_2 puede tener en cuenta la geometría específica del amortiguador trasero y la colocación del segundo dispositivo 6 en el amortiguador trasero. En base a los valores de ganancia G_1 y G_2 y las señales de la velocidad instantánea V_{bf} y V_{br} , puede ser posible calcular una fuerza básica que tenga que aplicarse al amortiguador delantero y trasero. Por ejemplo, el producto de la velocidad relativa V_{bf} y la ganancia G_1 puede utilizarse para controlar el amortiguador delantero. Del mismo modo, el producto de la velocidad relativa V_{br} y la ganancia G_2 puede utilizarse para controlar el amortiguador trasero. Además, la fuerza básica puede corregirse también mediante un factor para obtener las fuerzas de amortiguación deseadas F_{1d} y F_{2d} .

50 Tal como se muestra esquemáticamente en el diagrama de bloques de la figura 2, de acuerdo con el procedimiento de control de la presente invención, la fuerza de amortiguación deseada F_{1d} corresponde al producto de la velocidad relativa V_{bf} (multiplicada por la ganancia G_1) y una función apropiada F_f de la velocidad relativa V_{bf} y de la velocidad

de inclinación V_p . Además, de acuerdo con el procedimiento de control de la presente invención, la fuerza de amortiguación deseada F_{d2} corresponde al producto de la velocidad relativa V_{br} (multiplicada por la ganancia G_2) y una función apropiada F_r de la velocidad relativa V_{br} y de la velocidad de inclinación V_p . Ambas funciones de corrección F_f y F_r pueden implementarse como una tabla o una ecuación matemática que puede evaluarse mediante el procesador del controlador 4.

Las funciones F_f y F_r contribuyen conjuntamente a la determinación de la política de control de acuerdo con la presente invención en base a dos superficies tridimensionales de control adecuadas. En particular, la función F_f tiene en cuenta los signos de los valores de la velocidad relativa V_{bf} y la velocidad de inclinación V_p , respectivamente, para identificar varias zonas funcionamiento cada una de las cuales se caracteriza por una combinación especial del estado de compresión o extensión que actúa en el amortiguador delantero y las direcciones de movimiento de la masa suspendida y la masa no suspendida delantera. De manera similar, la función F_r tiene en cuenta el signo del valor que corresponde respectivamente a la velocidad relativa V_{br} y la velocidad de inclinación V_p para identificar varias zonas de funcionamiento cada una de las cuales se caracteriza por una combinación especial del estado de compresión o extensión que actúa sobre el amortiguador trasero y las direcciones de movimiento de la masa suspendida y la masa no suspendida trasera.

Empleando distintos valores para la ganancia de control por medio de las funciones de control F_f y F_r es posible regular de manera conjunta las fuerzas de amortiguación deseadas que han de generar los amortiguadores controlables 2 y 3, por ejemplo, para reducir las oscilaciones de la rueda delantera y trasera (masa no suspendida delantera y trasera) y del cuerpo de la motocicleta (masa suspendida) optimizando el confort de conducción y los comportamientos de estabilidad en marcha.

Por ejemplo, un valor negativo de la velocidad relativa V_{br} , un valor positivo de la velocidad de inclinación V_p y un valor positivo de la velocidad relativa V_{bf} indican una realización simultánea de las siguientes condiciones: el amortiguador trasero se comprime, la masa no suspendida trasera experimenta un movimiento hacia arriba, el amortiguador delantero se extiende, la masa no suspendida delantera experimenta un movimiento hacia abajo y la masa suspendida experimenta un giro en sentido horario. En respuesta a estas condiciones, el procedimiento de control de acuerdo con la presente invención puede realizar un endurecimiento de la suspensión trasera (valor elevado para la fuerza de amortiguación deseada F_{2d}) para reducir la oscilación de la rueda trasera con el fin de mejorar el comportamiento de estabilidad en marcha y un ablandamiento simultáneo de la suspensión delantera (bajo valor de la intensidad de la fuerza de amortiguación deseada F_{1d}) para reducir la oscilación de la rueda delantera con el fin de mejorar el confort de conducción.

Pueden emplearse las mismas consideraciones en relación con las zonas de funcionamiento correspondientes a otras combinaciones de los signos y los valores de la velocidad relativa V_{br} y V_{bf} y de la velocidad de inclinación V_p .

La figura 3 muestra un ejemplo típico de una superficie tridimensional de control que puede obtenerse con el procedimiento de acuerdo con la presente invención.

En la figura 4 se muestra esquemáticamente una segunda realización preferida de la presente invención. Respecto a las señales que ya se han mencionado con relación a la realización mostrada en la figura 1, el controlador 4 de acuerdo con la segunda realización también recibe las señales de entrada adicionales de unos medios de medición apropiados 13, 14, 15 y 16: una señal V_{roll} correspondiente a la velocidad angular de balanceo de la masa suspendida M_s , una señal V_{sp} correspondiente a la velocidad longitudinal de la masa suspendida, una señal A_f correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre la masa no suspendida delantera (por ejemplo, el freno delantero que actúa sobre la rueda delantera), una señal A_r correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre la masa no suspendida trasera (por ejemplo, el freno trasero actúa sobre la rueda trasera).

De manera más precisa, las señales A_f y A_r pueden ser señales activado-desactivado que indiquen, respectivamente, si se han accionado o no los medios de frenado delantero y trasero.

De esta manera pueden determinarse diferentes distribuciones de las cargas que actúan sobre la rueda delantera y trasera a partir de la aceleración lateral, la aceleración longitudinal y/o la velocidad del vehículo y se utiliza para ajustar de manera conjunta los coeficientes de amortiguación de los amortiguadores delanteros y traseros que contribuyen a una mejora adicional del confort de conducción y la estabilidad del vehículo.

En el ámbito de esta segunda realización, el controlador 4 puede estar programado para funcionar de acuerdo con un procedimiento de la presente invención tal como se describe esquemáticamente en la figura 5.

En particular, tanto la fuerza de amortiguación deseada F_{1d} como F_{2d} calculadas tal como se muestra en la descripción anterior en relación con la primera realización con referencia a la figura 2, ahora se multiplican adicionalmente por unos coeficientes de ganancia apropiados que dependen además de las señales de entrada V_{roll} , V_{sp} , A_f y A_r .

Con referencia a la figura 5, los medios de regulación 17 y 18 corrigen las fuerzas de amortiguación deseada F_{1d} y F_{2d} con factores multiplicadores que derivan de las superficies de control $C_{f,roll}(V_{bf}, V_{roll})$ y $C_{r,roll}(V_{br}, V_{roll})$, ambas dependientes de la señal de velocidad de balanceo V_{roll} (para tener en cuenta además una conexión de los movimientos de suspensión de la suspensión delantera y trasera) y de las correspondientes señales de velocidad relativa V_{bf} o V_{br} .

La magnitud de la velocidad de balanceo V_{roll} permite identificar cuándo la motocicleta está entrando o saliendo de una curva. En particular, al entrar o salir de la curva, la magnitud de la velocidad de balanceo V_{roll} alcanza un máximo, que depende de la relación entre la velocidad de avance de la motocicleta y el radio de curvatura de la trayectoria. En base a las velocidades relativas V_{bf} y V_{br} , y la velocidad de balanceo V_{roll} , es posible determinar los valores de corrección control $C_{f,roll}(V_{bf}, V_{roll})$ y $C_{r,roll}(V_{br}, V_{roll})$, para las fuerzas de amortiguación deseada F_{1d} y F_{2d} . Las fuerzas de amortiguación corregidas F_{1d} y F_{2d} pueden aplicarse entonces al amortiguador delantero y trasero con el fin de compensar la compresión que actúa sobre los amortiguadores. Dicha compresión es mucho mayor que la compresión que se experimenta en una trayectoria recta. La carga adicional experimentada por los amortiguadores durante la conducción en una curva se debe a la fuerza centrífuga que actúa sobre la masa suspendida M_S , presentando dicha fuerza centrífuga una componente distinta de cero a lo largo del eje de simetría vertical de la motocicleta. La figura 6 muestra la superficie tridimensional de control $C_{f,roll}(V_{bf}, V_{roll})$ que puede adoptarse como factor de corrección para corregir la fuerza de amortiguación del amortiguador delantero y que depende de la velocidad de balanceo de la masa suspendida.

En la figura 5, los medios de ganancia 19 y 20 corrigen las fuerzas de amortiguación deseadas F_{1d} y F_{2d} con factores de multiplicación $G_f(V_{sp})$ y $G_r(V_{sp})$, ambos dependientes de la señal de velocidad longitudinal de la motocicleta V_{sp} .

Los medios de regulación de la ganancia 21 y 22 de la figura 5 corrigen las fuerzas de amortiguación deseadas F_{1d} y F_{2d} con factores de multiplicación G_{Af} y G_{Ar} , ambos dependientes de la señal de accionamiento de los medios de frenado de la rueda delantera y trasera, respectivamente (A_f y A_r).

En particular, para G_{Af} se mantiene la siguiente expresión:

$$G_{Af} = \begin{cases} 1 & \text{si } A_f = 0 \\ g > 1 & \text{si } A_f(t) = 1 \quad \forall t \in [0 \div T] \text{ ms} \end{cases}$$

Por lo tanto, la política de control de acuerdo con la presente invención implica un aumento de la fuerza de amortiguación deseada F_{1d} para el amortiguador delantero controlable cuando la señal A_f se mantiene en "estado activo" durante un intervalo de tiempo predefinido. Lo mismo también es cierto para el factor multiplicador G_{Ar} .

La figura 7 muestra un ejemplo del factor multiplicador $G_f(V_{sp})$ introducido con referencia a la figura 5. La pendiente de la ganancia de corrección varía en tres etapas con la velocidad de la motocicleta V_{sp} . En la zona de velocidad baja (hasta 60 km/h), el ritmo de crecimiento de la ganancia de corrección $G_f(V_{sp})$ es baja. En la zona de velocidad intermedia (de 60 km/h a 150 km/h) la pendiente de la función $G_f(V_{sp})$ es muy alta. Finalmente, en la zona de velocidad elevada (más de 150 km/h), se considera un ritmo ligeramente negativo de la ganancia de corrección $G_f(V_{sp})$ respecto a la velocidad de la motocicleta. El factor de multiplicación $G_r(V_{sp})$ muestra un comportamiento análogo.

A continuación se explicará de manera exhaustiva con referencia a las figuras 8 y 9 el significado de las funciones F_f y F_r y la relación entre dichas funciones y las zonas de funcionamiento identificadas por la velocidad de inclinación y relativa.

Tal como se describió anteriormente, las funciones F_f y F_r contribuyen de manera conjunta a determinar la política de control de acuerdo con la presente invención. En particular, la función F_f asocia una condición de funcionamiento instantánea específica de la motocicleta a cada situación de movimiento posible experimentado por la masa suspendida M_S y la masa no suspendida delantera m_{ru} . La condición de funcionamiento puede ser, por ejemplo, una operación de frenado de la motocicleta o la rueda delantera que pasa por un bache y puede identificar una primera zona de funcionamiento. De manera similar, la función F_r asocia una situación de funcionamiento instantáneo específica de la motocicleta a cada situación de movimiento posible experimentado por la masa suspendida M_S y la masa no suspendida trasera m_{ru} . En este caso, la condición de funcionamiento puede ser, por ejemplo, una operación de aceleración de la motocicleta o la rueda trasera que pasa por una depresión de la superficie de la calle y puede identificar una segunda zona de funcionamiento.

En consecuencia, las funciones F_f y F_r determinan de manera conjunta el tipo de esfuerzos que experimenta el amortiguador delantero y trasero comparando respectivamente los valores y signos de la velocidad de inclinación V_p y la velocidad relativa V_{bf} y V_{br} con los valores límite predefinidos. Dicha comparación permite establecer si el movimiento de la masa suspendida M_S es predominante sobre los movimientos de las masas no suspendidas m_{fu} y m_{ru} o viceversa. En la figura 8 se muestra un diagrama en el cual distintas condiciones de funcionamiento de la motocicleta se asocian a los valores correspondientes de la señal de velocidad relativa delantera V_{bf} y la señal de velocidad de inclinación V_p .

Una vez que se ha determinado el tipo de esfuerzo, se elaboran las funciones F_f y F_r resolviendo el modelo de medio coche. En particular, para cualquiera de los amortiguadores se determina una corrección que puede aplicarse al valor de la fuerza básica obtenida combinando los valores de ganancia G_1 y G_2 con las señales de velocidad V_{bf} y V_{br} , respectivamente. A continuación pueden calcularse las fuerzas de amortiguación deseadas F_{1d} y F_{2d} con el fin de optimizar el índice de comportamiento predefinido que tiene en cuenta la estabilidad en carretera (representada por la carga vertical sobre las masas no suspendidas m_{fu} y m_{ru}) y el grado de confort (representado por la aceleración de la masa suspendida M_S).

A modo de ejemplo, una situación en la que la rueda trasera pasa por un bache mientras la rueda delantera pasa por una depresión implica la compresión del amortiguador trasero, la extensión del amortiguador delantero y la deceleración de la masa suspendida que experimenta un giro en sentido horario. En este caso, las funciones F_f y F_r determinarán las correcciones a las fuerzas de amortiguación del amortiguador que optimizan la estabilidad en carretera y el confort de la motocicleta.

La corrección de las funciones F_f y F_r , respectivamente, definen una superficie tridimensional de control a través del cual es posible regular de manera conjunta las fuerzas de amortiguación deseadas que han de generar los amortiguadores controlables 2 y 3 con el fin de reducir las oscilaciones de la rueda delantera y trasera (masas no suspendidas delanteras y traseras) y del cuerpo de la motocicleta (masa suspendida), optimizando de este modo el confort de conducción y el comportamiento de estabilidad en carretera del vehículo.

La figura 9 muestra un ejemplo de una superficie tridimensional de control $F_f(V_{bf}, V_p)$ para la función de corrección F_f que puede obtenerse con el procedimiento de la invención. En particular, las distintas ganancias de corrección se calculan resolviendo la ecuación del modelo de medio coche. Después, los puntos calculados se unen por medio de una superficie cuyos gradientes respecto a la velocidad de inclinación V_p y la velocidad relativa V_{bf} caen dentro de un intervalo predefinido de valores adecuado para limitar los picos de la aceleración de la masa suspendida M_S y la masa no suspendida delantera m_{fu} , respectivamente. De manera similar, la superficie tridimensional de control para F_r presenta un comportamiento análogo.

La figura 10 muestra otro ejemplo de la superficie tridimensional de control $C_{f,roll}(V_{bf}, V_{roll})$ ya descrita con referencia a la figura 6. Para obtener la superficie de control pueden determinarse varios valores de corrección resolviendo las ecuaciones del modelo de medio coche para la motocicleta en condiciones estáticas para varios valores predefinidos del ángulo de balanceo. Posteriormente, dichos valores de corrección pueden unirse por medio de una superficie cuyos gradientes respecto a la velocidad de balanceo V_{roll} y la velocidad caída relativa V_{bf} se encuentren dentro de un intervalo predefinido adecuado de valores para evitar picos de aceleración de la masa suspendida M_S . La superficie tridimensional de control para la corrección $C_{r,roll}$ puede determinarse de manera análoga.

El procedimiento de acuerdo con la presente invención permite aprovechar completamente las propiedades del sistema de suspensión de la motocicleta, garantizando una mejor adherencia tanto del neumático delantero como trasero a la superficie de la carretera y/o un mejor confort en conducción debido al control conjunto de las suspensiones delantera y trasera en base a un modelo completo de la dinámica de la motocicleta en el plano longitudinal de simetría de la motocicleta.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para controlar un sistema de suspensión semi-activa para una motocicleta, controlando de manera conjunta dicho procedimiento la suspensión delantera y trasera, en el que dicha suspensión delantera comprende un generador de fuerza controlable delantero (2) dispuesto entre una masa suspendida (M_s) y una masa no suspendida delantera (m_{fu}), y dicha suspensión trasera comprende un generador de fuerza controlable trasero (3) dispuesto entre dicha masa suspendida (M_s) y una masa no suspendida trasera (m_{ru}), comprendiendo dicho procedimiento las siguientes etapas:
- a. determinar una primera señal (V_{br}) correspondiente a la velocidad relativa entre dicha masa suspendida (M_s) y dicha masa no suspendida delantera (m_{fu}),
 - b. determinar una segunda señal (V_{br}) correspondiente a la velocidad relativa entre dicha masa suspendida (M_s) y dicha masa no suspendida trasera (m_{ru});
 - c. determinar una tercera señal (V_p) correspondiente a la velocidad angular de inclinación del movimiento de inclinación de dicha masa suspendida (M_s);
 - d. determinar la fuerza delantera (F_{1d}) que tiene que generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2);
 - e. determinar la fuerza trasera (F_{2d}) que tiene que generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3);
- caracterizado por el hecho de que:
- dicha fuerza delantera (F_{1d}) que ha que generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2) se determina en base a una primera función (F_f) de dicha primera señal (V_{br}) y dicha tercera señal (V_p), en el que dicha primera función (F_f) define una superficie tridimensional de control y en el que dicha fuerza delantera (F_{1d}) que ha de generarse es proporcional a dicha primera función (F_f); y por el hecho de que:
 - dicha fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3) se genera en base a una segunda función (F_r) de dicha segunda señal (V_{br}) y dicha tercera señal (V_p), en el que dicha segunda función (F_r) define una superficie tridimensional de control y en el que dicha fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generarse es proporcional a dicha segunda función (F_r).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que comprende, además, las siguientes etapas:
- d.1) determinar un primer valor de ganancia (G_1);
 - d.2) determinar dicha primera función (F_f) de dicha primera señal (V_{br}) y dicha tercera señal (V_p);
 - d.3) determinar dicha fuerza delantera (F_{1d}) como el producto de dicha primera función (F_f), dicha primera señal (V_{br}) y el citado primer valor de ganancia (G_1);
 - e.1) determinar un segundo valor de ganancia (G_2);
 - e.2) determinar dicha segunda función (F_r) de dicha segunda señal (V_{br}) y dicha tercera señal (V_p);
 - e.3) determinar dicha fuerza trasera (F_{2d}) como el producto de dicha segunda función (F_r), dicha segunda señal (V_{br}) y el citado segundo valor de ganancia (G_2).
3. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado por el hecho de que comprende, además, las siguientes etapas:
- f) determinar una cuarta señal (V_{sp}), correspondiente a la velocidad longitudinal de la masa suspendida (M_s);
 - g) determinar una quinta señal (V_{roll}) correspondiente a la velocidad angular de balanceo de la masa suspendida (M_s);
 - h) determinar una sexta señal (A_f) correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre dicha masa no suspendida delantera (m_{fu});
 - i) determinar una séptima señal (A_r), correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre dicha masa no suspendida trasera (m_{ru});

j) determinar la fuerza delantera (F_{1d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2) también en base a dicha cuarta señal (V_{sp}), dicha quinta señal (V_{roll}) y dicha sexta señal (A_r);

5 k) determinar la fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3) también en base a dicha cuarta señal (V_{sp}), dicha quinta señal (V_{roll}) y dicha séptima señal (A_r).

4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque comprende, además, las siguientes etapas:

10 j.1) determinar una tercera función ($C_{f, roll}$) de dicha primera señal (V_{bf}) y dicha quinta señal (V_{roll});

j.2) determinar una tercera función de ganancia (G_{af}) de dicha sexta señal (A_r);

j.3) determinar una cuarta función de ganancia (G_f) de dicha cuarta señal (V_{sp});

15 j.4) determinar la fuerza delantera (F_{1d}) como el producto de dicha primera función (F_f), dicha primera señal (V_{bf}), dicho primer valor de ganancia (G_1), dicha tercera función ($C_{f, roll}$), dicha tercera función de ganancia (G_{af}) y dicha cuarta función de ganancia (G_f);

20 k.1) determinar una cuarta función ($C_{r, roll}$) de dicha segunda señal (V_{br}) y dicha quinta señal (V_{roll});

k.2) determinar una quinta función de ganancia (G_{Ar}) de dicha séptima señal (A_r);

k.3) determinar una sexta función de ganancia (G_r) de dicha cuarta señal (V_{sp});

25 k.4) determinar la fuerza trasera (F_{2d}) como el producto de dicha segunda función (F_r), dicha segunda señal (V_{br}), dicho segundo valor de ganancia (G_2), dicha cuarta función ($C_{r, roll}$), dicha quinta función de ganancia (G_{Ar}) y dicha sexta función de ganancia (G_r).

30 5. Aparato para controlar un sistema de suspensión semi-activa para una motocicleta, controlando dicho aparato de manera conjunta la suspensión delantera y trasera, en el que dicha suspensión delantera comprende un generador de fuerza controlable delantero (2) dispuesto entre una masa suspendida (M_s) y una masa no suspendida delantera (m_{fu}) y dicha suspensión trasera comprende un generador de fuerza controlable trasero (3) dispuesto entre dicha masa suspendida (M_s) y una masa no suspendida trasera (m_{ru}), comprendiendo dicho aparato:

35 - medios para determinar una primera señal (V_{bf}) correspondiente a la velocidad relativa entre dicha suspendida (M_s) y dicha masa no suspendida delantera (m_{fu}),

40 - medios para determinar una segunda señal (V_{br}) correspondiente a la velocidad relativa entre dicha masa suspendida (M_s) y dicha masa no suspendida trasera (m_{ru});

- medios para determinar una tercera señal (V_p) correspondiente a la velocidad angular de inclinación del movimiento de inclinación de dicha masa suspendida (M_s);

45 - medios para determinar la fuerza delantera (F_{1d}) que tiene que generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2);

- medios para determinar la fuerza trasera (F_{2d}) que tiene que generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3);

50 caracterizado por el hecho de que:

dichos medios para determinar la fuerza delantera (F_{1d}) que tiene que generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2) están adaptados para determinar dicha fuerza delantera (F_{1d}) en base a una primera función (F_f) de dicha primera señal (V_{bf}) y dicha tercera señal (V_p), en el que dicha primera función (F_f) define una superficie tridimensional de control y en el que dicha fuerza delantera (F_{1d}) que ha de generarse es proporcional a dicha primera función (F_f); y por el hecho de que:

60 dichos medios para determinar la fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3) están adaptados para determinar dicha fuerza trasera (F_{2d}) en base a una segunda función (F_r) de dicha segunda señal (V_{br}) y dicha tercera señal (V_p), en el que segunda función (F_r) define una superficie tridimensional de control y en el que dicha fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generarse es proporcional a dicha segunda función (F_r).

6. Aparato según la reivindicación 5, que comprende además:

65 - medios para determinar una cuarta señal (V_{sp}) correspondiente a la velocidad longitudinal de la masa suspendida (M_s);

- medios para determinar una quinta señal (V_{roll}) correspondiente a la velocidad angular de balanceo de la masa suspendida (M_s);

5 - medios para determinar una sexta señal (A_f) correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre dicha masa no suspendida delantera (m_{fu});

- medios para determinar una séptima señal (A_r), correspondiente a la actuación de los medios de frenado que actúan sobre dicha masa no suspendida trasera (m_{ru});

10 - medios para determinar la fuerza delantera (F_{1d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable delantero (2) también en base a dicha cuarta señal (V_{sp}), dicha quinta señal (V_{roll}) y dicha sexta señal (A_f);

15 - medios para determinar la fuerza trasera (F_{2d}) que ha de generar dicho generador de fuerza controlable trasero (3) también en base a dicha cuarta señal (V_{sp}), dicha quinta señal (V_{roll}) y dicha séptima señal (A_r).

7. Aparato según una de las reivindicaciones 5 ó 6 caracterizado por el hecho de que dicho generador de fuerza controlable delantero y trasero (2 y 3) comprenden amortiguadores controlables.

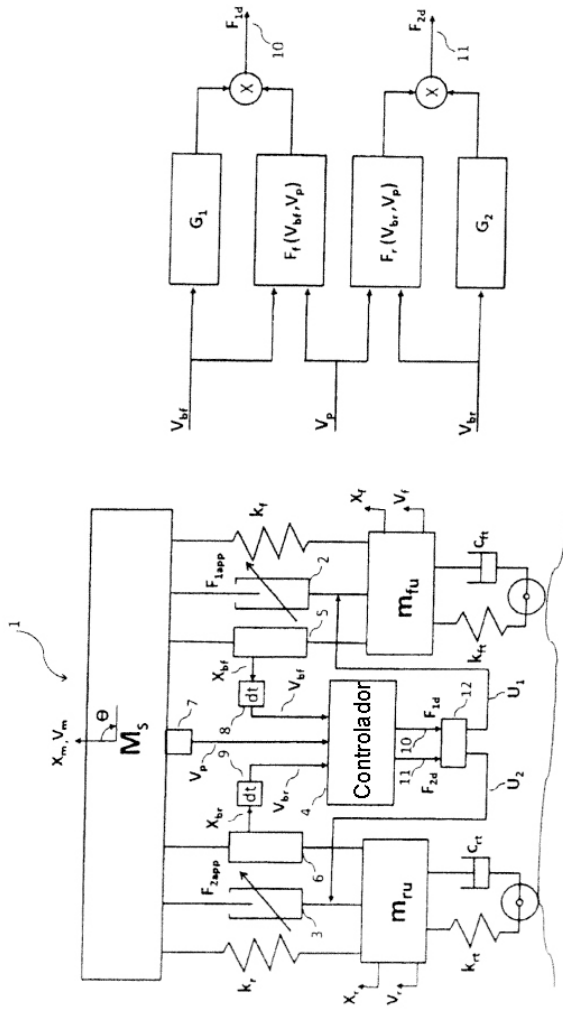


Fig. 1

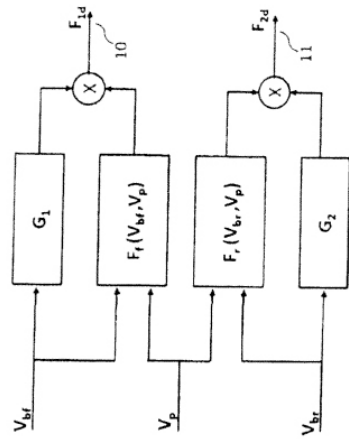


Fig. 2

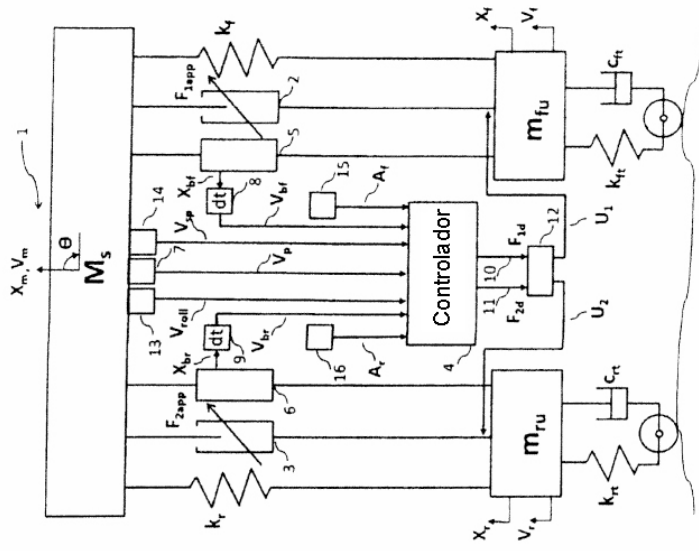


Fig. 4

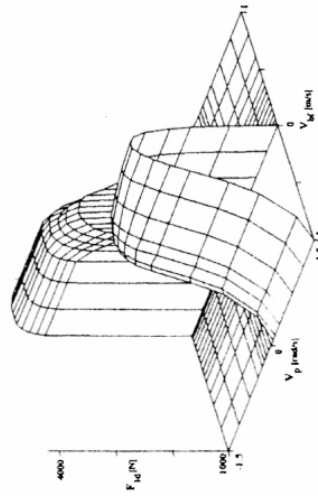


Fig. 3

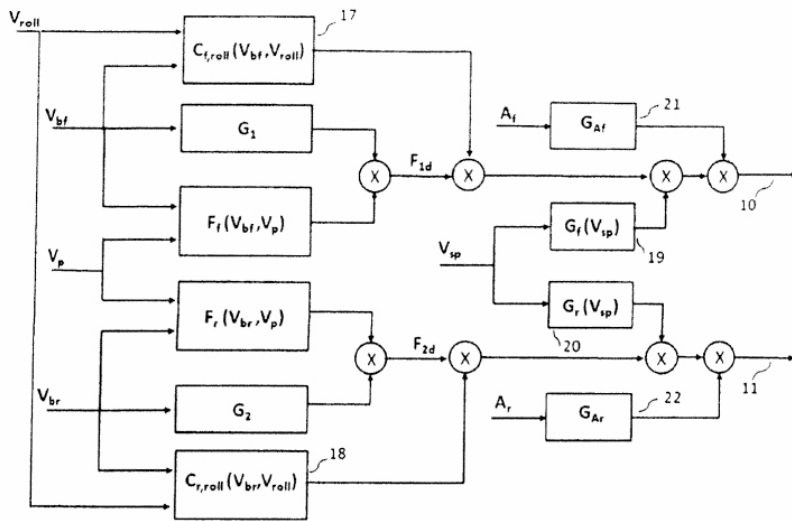


Fig. 5

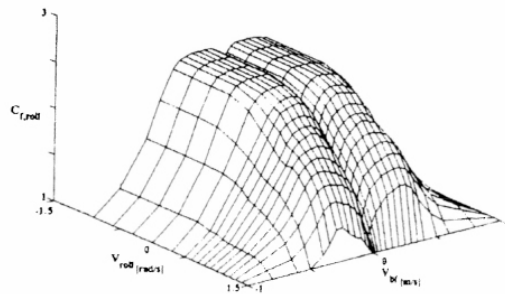


Fig. 6

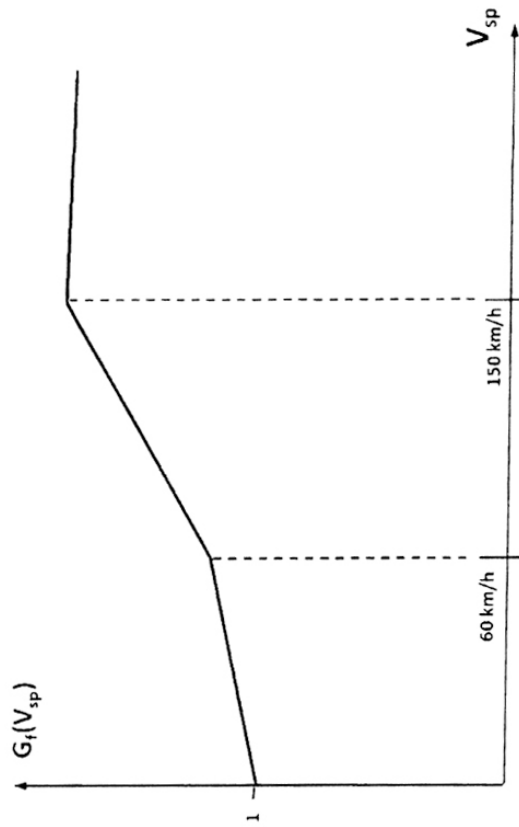


Fig. 7

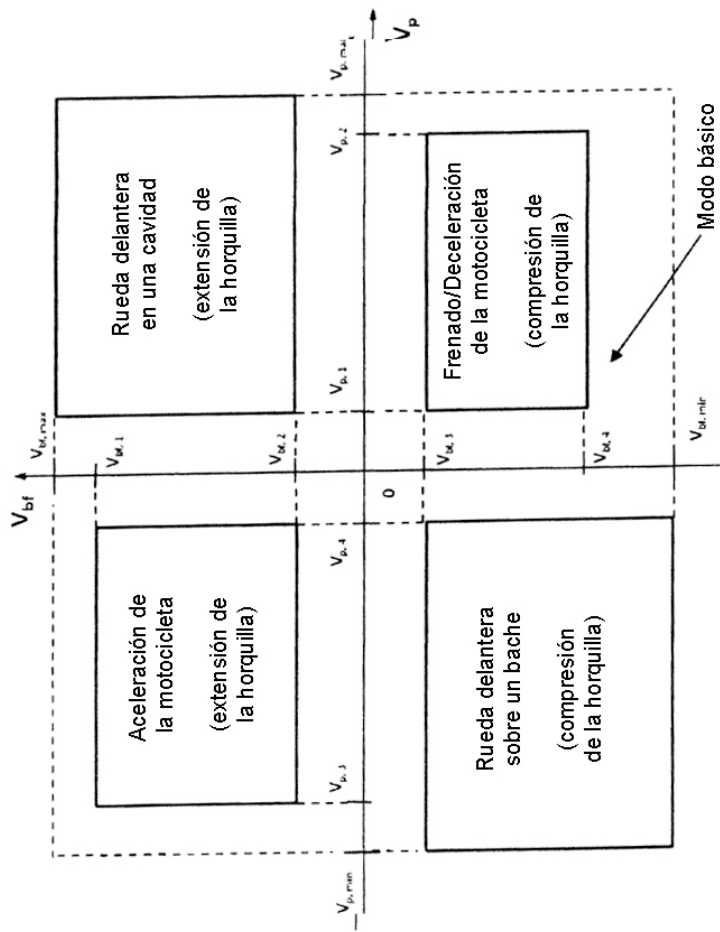


Fig. 8

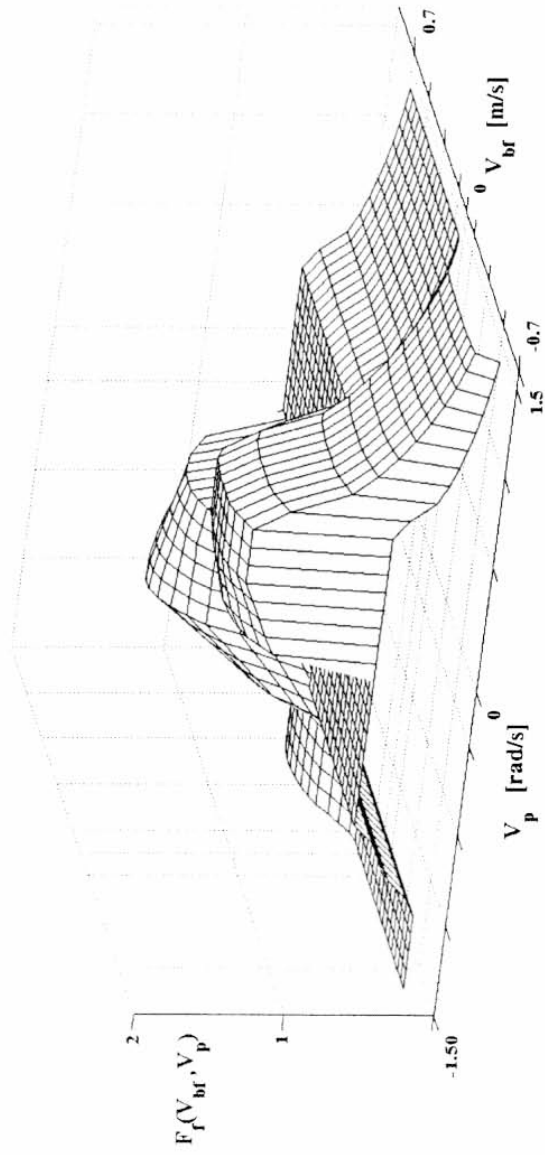


Fig. 9

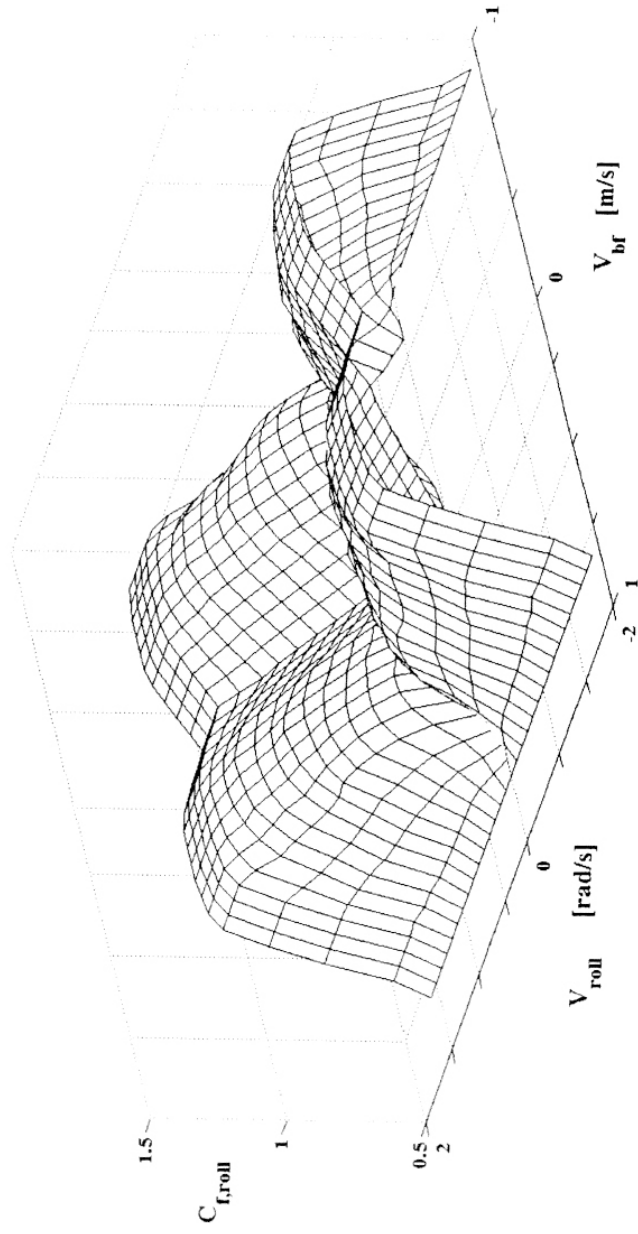


Fig. 10