



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 270 765**

⑤1 Int. Cl.:
B62D 6/00 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **00115284 .2**

⑧6 Fecha de presentación : **14.07.2000**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1081018**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **07.03.2001**

⑤4 Título: **Procedimiento y dispositivo para imitar un acoplamiento mecánico.**

③0 Prioridad: **28.08.1999 DE 199 40 964**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.04.2007

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.04.2007

⑦3 Titular/es:
**Bayerische Motoren Werke Aktiengesellschaft
Petuelring 130
80809 München, DE**

⑦2 Inventor/es: **Guldner, Jürgen**

⑦4 Agente: **Lehmann Novo, María Isabel**

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).

ES 2 270 765 T3

DESCRIPCIÓN

Procedimiento y dispositivo para imitar un acoplamiento mecánico.

5 La invención concierne a un procedimiento y un dispositivo para imitar un acoplamiento mecánico según el preámbulo de las reivindicaciones 1 y 8, respectivamente.

10 En los vehículos actuales existe en un gran número de elementos de mando y elementos asociados a accionar una unión mecánica que no sólo permite el ajuste - prefijado por un elemento de mando - de un ángulo, un recorrido o parámetros similares en el elemento a accionar, sino que también transmite pares o fuerzas de realimentación correspondientes. Como campos de aplicación se pueden citar, por ejemplo, los sistemas controlador de motor y de transmisión (elemento a accionar) y pedal del acelerador o palanca de control (elemento de mando), por un lado, así como frenos (elemento a accionar) y pedal de freno (elemento de mando), por otro lado.

15 En aras de una mayor sencillez, la presente invención será descrita ayudándose del ejemplo de un sistema de dirección. Sin embargo, esto no deberá considerarse como una restricción de la aplicación de la invención, sino únicamente como una forma de realización dada a título de ejemplo.

20 Un acoplamiento mecánico entre un elemento de mando y un elemento a accionar trae consigo algunos inconvenientes. Por ejemplo, la magnitud de acoplamiento entre los dos elementos puede ser influenciada sólo con dificultad y de manera constructivamente complicada. Asimismo, pueden plantearse problemas de construcción, ya que la unión mecánica entre los dos elementos tiene que establecerse en el espacio. En un sistema de dirección se emplea para ello convencionalmente una columna de dirección que no sólo representa un potencial de peligro en caso de un accidente, sino que hace que se eche en falta una variabilidad deseada con relación a la disposición de un volante en el habitáculo del vehículo.

25 Como nuevo punto de arranque se discute desde hace algún tiempo en un gran número de sectores relacionados con los vehículos automóviles la llamada técnica "por cable". En este caso, se detecta el accionamiento de un elemento de mando (por ejemplo, el volante) y se retransmite una señal correspondiente hacia una unidad de control que proporciona una señal de control para un actuador que a su vez solicita el elemento a accionar (por ejemplo, las ruedas). Debido al acoplamiento exclusivamente eléctrico entre el aparato de control y los distintos actuadores o sensores y debido a la gran variabilidad en el procesamiento de señales de entrada se producen un gran número de campos de aplicación y de libertades de construcción.

30 Un sistema de dirección conocido sin unión mecánica entre un volante y las ruedas dirigibles servirá seguidamente para explicar la invención con más detalle.

35 Según la figura 1, un usuario de vehículo introduce un ángulo de dirección deseado a través de un volante 10 que está fijado a un árbol 11 del mismo. El ángulo de dirección prefijado por el usuario del vehículo es detectado por un sensor 12 de dicho ángulo. Una señal 14 correspondiente al ángulo de dirección es enviada a un aparato de control 18. Sobre la base del ángulo de dirección deseado por el usuario y eventualmente otras magnitudes del vehículo, como, por ejemplo, la velocidad del vehículo, el aparato de control 18 calcula un ángulo de rueda deseado, genera una señal correspondiente y retransmite ésta a una unidad de ajuste de rueda 20. La unidad de ajuste de rueda 20 solicita a un árbol 20 que está unido con un mecanismo de dirección 26. El mecanismo de dirección 26 acciona las ruedas 28 de conformidad con la señal emitida por el aparato de control 18.

40 Debido a la regulación de las ruedas se produce en general un contrapar o una contrafuerza que retroactúa sobre el árbol de dirección 21 a través de las ruedas 28 y el mecanismo de dirección 26. Esta contrafuerza (o bien este contrapar) es detectada por un sensor de contrafuerza 22 y notificada al aparato de control en forma de una señal de contrafuerza correspondiente 24. El aparato de control genera al menos un par de reposición a partir de la señal de contrafuerza 24 y comunica este par a una unidad de ajuste de par 16 que está unida con el árbol 11 del volante.

45 Debido a la señal emitida por el aparato de control 18 hacia la unidad de ajuste de par 16, este aparato solicita al volante a través del árbol 11 del mismo.

50 A pesar de tratarse de una dirección mecánicamente desacoplada, el conductor obtiene a través de esta realimentación un retroaviso sobre las fuerzas y pares actuantes sobre las ruedas y, por tanto, sobre la situación de marcha. Esta información es de importancia decisiva para una conducción segura del vehículo. Debido al retroaviso, el conductor puede juzgar y estimar la situación de marcha respecto a si se encuentra en una situación de marcha crítica o no crítica, si circula rápida o lentamente por una curva, etc.

55 Dado que el retroaviso es de gran importancia, se han discutido ya en varias publicaciones algunas formas de realización para sistemas de retroaviso.

60 En el documento DE 197 02 313 C1 se describe un dispositivo para controlar el ángulo de dirección de un vehículo automóvil, en el que se indica un valor nominal del ángulo de dirección en función de una fuerza angular de dirección y de la velocidad del vehículo.

ES 2 270 765 T3

El documento DE 196 07 028 A1 concierne a una dirección para un vehículo no ligado a una vía de rodadura, en la que se calcula un par de reposición para un volante en función del ángulo de dirección y de una velocidad angular de dirección en el volante. Se emplea en este caso un coeficiente que depende de la velocidad de marcha. Este sistema corresponde a una emulación de un elemento amortiguador de muelle artificial para proporcionar una sensación de marcha. Sin embargo, no tiene lugar un retroaviso real de un contacto rueda/carretera.

El documento DE 198 04 821 A1 describe un dispositivo de control de dirección para hacer girar ruedas dirigidas en coincidencia con el giro de un volante mecánicamente desacoplado, comprendiendo el dispositivo de control de dirección una unidad de captación de ángulo de dirección para captar el ángulo de dirección, un equipo de captación de fuerza de dirección para captar la fuerza de dirección aplicada sobre el árbol de dirección, un equipo de captación de fuerza de reacción de giro para captar una fuerza de reacción de giro aplicada sobre la rueda dirigida y un equipo de captación de cantidad de giro para captar la cantidad de giro de la rueda dirigida. Para proporcionar una sensación de conducción mejorada, el árbol de dirección es accionado por medio de un accionamiento de árbol de dirección sobre la base de una fuerza proporcional a la fuerza de dirección, la fuerza de reacción de giro y una desviación entre una cantidad de control de objetivo - que se basa en el ángulo de dirección - y la cantidad de giro, con lo que se deberá reducir sobre todo el aumento no deseado - que se presenta en el estado inicial de la conducción - de la desviación entre la fuerza proporcional a la fuerza de dirección y la fuerza de reacción de giro.

En el documento EP 0 775 624 A2 se calcula un par de reposición en función de la velocidad de marcha, la corriente del motor de una unidad de ajuste de ángulo de rueda, la temperatura exterior, un interruptor de limpiaparabrisas y un sensor de ultrasonidos. Este sistema representa también solamente un sistema amortiguador de muelle artificial a través del cual no se puede proporcionar ningún retroaviso suficientemente auténtico.

Se conoce por el documento EP 0 261 325 A1 un sistema de dirección, especialmente con respecto a una sensación de conducción. Según la teoría allí descrita, se emplea un freno de fricción electromecánico que genera una fricción mecánica controlable en un árbol de dirección, de modo que se inhibe más o menos una rotación por parte del árbol de dirección en un soporte de dicho árbol. Sin embargo, también en esta forma de realización de un sistema de dirección mecánicamente desacoplado se genera una sensación de marcha solamente en forma artificial.

En ninguna de las formas de realización antes citadas para un sistema de dirección se ha descrito una determinación exacta de una reproducción real de una sensación de conducción de direcciones actuales.

El cometido de la presente invención consiste en indicar un procedimiento y un dispositivo de la clase citada al principio en los que se consiga mediante una reproducción real de un acoplamiento mecánico a imitar un efecto de realimentación auténtico.

Este problema se resuelve en cuanto al procedimiento por medio de las características indicadas en la reivindicación 1 y en cuanto al dispositivo por medio de las características indicadas en la reivindicación 8.

Una idea nuclear de la invención estriba en que el acoplamiento que se presenta en el caso de un acoplamiento mecánico entre un elemento de mando y un elemento a accionar es imitado con ayuda de un aparato de mando entre los dos actuadores. A este fin, se prefija, por un lado, la magnitud de un acoplamiento mecánico a imitar entre un elemento de mando y un elemento a accionar. Seguidamente, a partir de esta magnitud y también teniendo en cuenta los acoplamientos entre el actuador y el elemento de mando, así como entre el actuador y el elemento a accionar, se determina una magnitud de acoplamiento de actuador. La magnitud de acoplamiento de actuador define exactamente la magnitud de acoplamiento entre los dos actuadores que es necesaria para que, juntamente con los acoplamientos entre el primer actuador y el elemento de mando, así como entre el segundo actuador y el elemento a accionar, se obtenga el acoplamiento mecánico a imitar.

En función de la magnitud de acoplamiento de actuador se determina entonces al menos una magnitud de control para al menos uno de los dos actuadores. Mediante una solicitud correspondiente de los actuadores y la generación de un par resultante de ella o una fuerza resultante de ella se consigue una imitación auténtica de un acoplamiento mecánico a imitar, especialmente en lo que respecta al comportamiento de elasticidad en el sistema general.

Dado que con la medida anteriormente indicada se imita exactamente el acoplamiento mecánico, un usuario del elemento de mando no puede tampoco reconocer ninguna diferencia con respecto a un retroaviso convencional. En conjunto, por ejemplo, un usuario del vehículo no tiene que acomodarse a un tacto diferente en el manejo de un vehículo cuando pasa de un sistema convencional a un sistema "por cable".

La presente invención se puede aplicar a cualquier acoplamiento mecánico actual, pero éste deberá materializarse ahora sin unión mecánica directa y no necesita realimentaciones para poner en conocimiento del usuario las fuerzas o pares que actúan sobre el elemento a accionar.

Según una forma de realización especial de la invención, se emplean matrices de transmisión que definen magnitudes de acoplamiento entre ángulos y pares de fuerza de actuadores. En particular, la magnitud de acoplamiento de actuador ha de calcularse aquí de modo que, en combinación con otras matrices de acoplamiento entre los actuadores y el elemento de mando, por un lado, o el elemento a accionar, por otro, se consiga un acoplamiento mecánico Z_{LS} a imitar.

En particular, las reivindicaciones 2 y 9 se dirigen aquí a una aplicación en un sistema de dirección. No obstante, las magnitudes φ_{AM} y τ_{AN} , que, según las reivindicaciones 2 y 9, representan ángulos y pares, respectivamente, pueden representar también medidas de longitud y fuerzas. De esta manera, la invención puede aplicarse no solamente a actuadores de giro, sino también a actuadores de longitud.

Debido a una influenciación del acoplamiento de actuador o de la generación de la magnitud de control para uno o ambos actuadores se puede variar de una manera deseada el acoplamiento a conseguir entre el elemento de mando y el elemento a accionar o bien se le puede superponer otro par. Por ejemplo, es posible hacer que la magnitud a prefijar para el acoplamiento mecánico a imitar dependa de parámetros de entrada tales como la velocidad del vehículo. En este caso, se varía el acoplamiento mecánico de conformidad con la magnitud de entrada empleada y se admite así la imitación de efectos diferentes.

De la misma manera, se pueden conseguir también diferentes multiplicaciones angulares y/o multiplicaciones de pares o de fuerzas entre los dos actuadores. Es necesario únicamente para ello variar el acoplamiento de los actuadores de la manera necesaria. Como parámetros de entrada pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, parámetros de funcionamiento del vehículo y/o parámetros del entorno. Así, es posible emplear como parámetros de entrada la velocidad del vehículo, el estado de la calzada, una señal de ángulo de guiñada u otros parámetros de funcionamiento del vehículo o parámetros del entorno.

Para mejorar el confort es útil la multiplicación de dirección, en la que se puede variar la relación entre un ángulo de volante φ_{LR} y un ángulo de mecanismo de dirección φ_{LG} o bien una multiplicación de par, es decir la relación entre el par τ_{LR} del volante y el par τ_{LG} del mecanismo de dirección.

Naturalmente, el par del volante puede elegirse adicionalmente también en función del ángulo del volante o del mecanismo de dirección. Por tanto, se podría superponer al sistema mecánicamente actuante auténtico un sistema artificial de amortiguación por muelle, lo que provoca de manera aditiva un efecto como en el documento DE 196 07 028 C1.

En otra forma de realización ventajosa de la invención se puede utilizar un miembro de predicción con el cual se filtra la consigna de predicción del conductor en el elemento de mando. Se puede acelerar así la reacción del vehículo a una consigna de dirección (conducción de predicción).

Además de la consigna de dirección del conductor en el elemento de mando, se puede calcular una consigna de ángulo de dirección a partir de otras magnitudes, como, por ejemplo, la velocidad de guiñada del vehículo. Esta medida podría emplearse para excluir influencias del tiempo y del medio ambiente.

Para suprimir perturbaciones es ventajoso introducir un circuito de par o de fuerza local en un módulo del elemento a accionar. Preferiblemente, se elige en este caso un comportamiento de paso alto para no poner en peligro la exactitud estacionaria de la regulación. Se pueden imitar también efectos de rozamiento por adherencia en el mecanismo de dirección tomándolos en consideración no lineal al generar la magnitud de acoplamiento de actuador o la magnitud de control.

En conjunto, es posible de manera sencilla con la presente invención proporcionar una sensación de realimentación auténtica.

Ayudándose de un sistema de dirección mecánicamente desacoplado y haciendo referencia a los dibujos adjuntos se explica con más detalle una forma de realización concreta de la invención. Los dibujos muestran en:

La figura 1, una representación esquemática de un esquema de funcionamiento de una dirección mecánicamente desacoplada según el estado de la técnica,

La figura 2, una representación esquemática de un esquema de funcionamiento con ángulos de par y de desviación en una dirección mecánica sin servoasistencia,

La figura 3, una ilustración como la figura 3, pero para una dirección mecánica con servoasistencia,

La figura 4, un diagrama que representa el par de asistencia frente al par del volante en un Servotronic para dos velocidades de marcha diferentes y

La figura 5, una representación esquemática de un esquema de un sistema de dirección sin acoplamiento mecánico entre la unidad de mando y el mecanismo de dirección según la presente invención.

Para entender mejor la invención se exponen primeramente las particularidades de una dirección dotada de acoplamiento mecánico con y sin servoasistencia. Los modelos siguientes para diseñar los sistemas de dirección se concentran en los efectos físicos fundamentales que se presentan en forma de masas, muelles y amortiguadores. Se desprecian aquí las faltas de linealidad.

ES 2 270 765 T3

En todas las figuras los mismos símbolos de referencia e indicaciones se refieren a los mismos dispositivos o magnitudes físicas. Se emplean y se tienen en cuenta las magnitudes siguientes:

5	φ_{LR}	Ángulo de dirección en la unidad de mando 10
	τ_F	Par del conductor en la unidad de mando 10
	φ_{LG}	Angulo en la salida de la unidad de ajuste de rueda 20
10	τ_R	Par de rueda/calzada
	τ_{LG}	Par en el mecanismo de dirección
	τ_{LR}	Par en el árbol 11 del volante
15	v	Velocidad del vehículo
	φ_{AM}	Angulo de la unidad de ajuste de par 16
	τ_{AM}	Par generado por la unidad de ajuste de par 16
20	φ_{BM}	Angulo del dispositivo de ajuste de rueda 20 en el mecanismo de dirección 26
	τ_{BM}	Par generado por el dispositivo de ajuste de rueda 20
25	J_{LR}	Inercia rotatoria de la unidad de mando 10
	J_R	Inercia rotatoria de las dos ruedas dirigidas 28, referido a φ_{LG}
	d_{LR}	Rozamiento de deslizamiento en el árbol 11 del volante
30	d_{LG}	Rozamiento de deslizamiento en el mecanismo de dirección 26
	c_{LS}	Rigidez de la barra de torsión de una servodirección actual
35	c_{LR}	Rigidez de la barra de torsión en la columna de dirección de un sistema de dirección sin acoplamiento mecánico entre la unidad de mando 10 y la unidad de ajuste de par 16
	c_{LG}	Rigidez de la barra de dirección en el módulo de mecanismo de dirección de un sistema de dirección sin acoplamiento mecánico entre el dispositivo de ajuste de rueda 20 y el mecanismo de dirección 26
40	τ_{LS}	Par de asistencia de una dirección con servoasistencia.

En la figura 2 se representa de manera esquemática un sistema de dirección con una unidad de mando 10 construida como un volante, la cual está unida mecánicamente con una columna de dirección 50. La columna de dirección 50 está a su vez mecánicamente acoplada, a través de un piñón 40, con un mecanismo de dirección 26 que está concebido de manera conocida para desviar ruedas dirigibles 28.

La figura 3 se diferencia de la figura 2 únicamente en que se ilustra un sistema de dirección de vehículo con servoasistencia que se expresa en el parámetro de rigidez c_{LS} y un par de asistencia adicional τ_{LS} .

La figura 4 representa a modo de ejemplo dos curvas características del par de asistencia τ_{LS} en función del par τ_{LR} del volante, concretamente para dos velocidades diferentes del vehículo.

Con ayuda de la figura 5 se explica seguidamente la presente invención con más detalle. Esta figura se diferencia frente a las figuras 2 y 3 por el hecho de que la unidad de mando 10 está mecánicamente desacoplada del mecanismo de dirección 26. El acoplamiento está materializado por medio de dos actuadores, a saber, una unidad de ajuste de par 16 y una unidad de ajuste de rueda 20, que son accionados por vía eléctrica y que, con intercalación de rigideces c_{LR} y c_{LG} , respectivamente, entregan los pares generados por ellas a un árbol 11 de volante y a un árbol de dirección 21, respectivamente. Los dos actuadores, es decir, la unidad de ajuste de par 16 y la unidad de ajuste de rueda 20, son solicitados por un aparato de control 18 (véase la figura 1). Mediante una activación correspondiente de la unidad de ajuste de par 16 y de la unidad de ajuste de rueda 20 se puede conseguir un acoplamiento determinado entre estos dos actuadores, así como entre la unidad de mando 10 y el mecanismo de dirección 26.

En primer lugar, se describirá una dirección puramente mecánica sin servoasistencia como la que está representada en la figura 2.

Se emplean aquí matrices de transferencia para la representación de ecuaciones de reacción y, a diferencia de la representación usual como relación de velocidad-fuerza, se utilizan en el presente caso ángulos y pares en calidad

de magnitudes de referencia. Si en un modelo de esta clase se consideran magnitudes de entrada el ángulo φ_{ein} y el par τ_{ein} , y se consideran magnitudes de salida el ángulo φ_{aus} y el par τ_{aus} , se puede escribir entonces una función de transferencia y de acoplamiento en forma de matriz general y compacta como sigue:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{\text{aus}} \\ \tau_{\text{aus}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} \\ z_{21} & z_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{\text{ein}} \\ \tau_{\text{ein}} \end{bmatrix} \quad (1)$$

Los elementos individuales se han definido en este caso como siendo:

$$z_{11} = \left. \frac{\varphi_{\text{aus}}}{\varphi_{\text{ein}}} \right|_{\tau_{\text{ein}}=0} \quad z_{12} = \left. \frac{\varphi_{\text{aus}}}{\tau_{\text{ein}}} \right|_{\varphi_{\text{ein}}=0} \quad (2)$$

$$z_{21} = \left. \frac{\tau_{\text{aus}}}{\varphi_{\text{ein}}} \right|_{\tau_{\text{ein}}=0} \quad z_{22} = \left. \frac{\tau_{\text{aus}}}{\tau_{\text{ein}}} \right|_{\varphi_{\text{ein}}=0}$$

El elemento z_{11} describe la multiplicación de ángulo y el elemento z_{22} describe la multiplicación de par. Las magnitudes z_{12} y z_{21} representan las rigideces de entrada y de salida, respectivamente.

Como se representa en la figura 2, en una unión puramente mecánica una columna de dirección idealmente rígida y sin masa une la unidad de mando 10 con el mecanismo de dirección 26. Se cumplen entonces

$$\varphi_{\text{LR}} = \varphi_{\text{LG}} \quad \text{y} \quad \tau_{\text{LR}} = -\tau_{\text{LG}} \quad (3)$$

Como inercias movidas se incorporan aquí también la inercia J_{LR} del volante y la inercia J_{R} de las ruedas dirigibles 28 y del mecanismo de dirección 26. Asimismo, se amortigua el movimiento de giro de la unidad de mando 10 con un coeficiente de rozamiento de deslizamiento d_{LR} . Resulta así:

$$\tau_{\text{F}} = \tau_{\text{LR}} + (J_{\text{LR}}s^2 + d_{\text{LR}}s)\varphi_{\text{LR}} \quad (4)$$

en donde s representa la variable de Laplace.

Las repercusiones sobre las ruedas dirigibles 28 se describen por medio:

$$\tau_{\text{R}} = \tau_{\text{LG}} + (J_{\text{R}}s^2 + d_{\text{LG}}s)\varphi_{\text{LG}} \quad (5)$$

Las inercias J_{R} de las ruedas y el coeficiente de rozamiento d_{LG} son aquí parámetros referidos en su dinámica al ángulo φ_{LG} del mecanismo de dirección.

En la escritura de matrices elegida en (1) y (2) se obtiene a partir de las ecuaciones (3) a (5) la siguiente matriz de transferencia del volante:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{\text{LR}} \\ \tau_{\text{F}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ J_{\text{LR}}s^2 + d_{\text{LR}}s & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{\text{LR}} \\ \tau_{\text{LR}} \end{bmatrix} = Z_{\text{LR}} \begin{bmatrix} \varphi_{\text{LR}} \\ \tau_{\text{LR}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

para la matriz de transferencia de la columna de dirección

$$\begin{bmatrix} \varphi_{\text{LR}} \\ \tau_{\text{LR}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{\text{LG}} \\ \tau_{\text{LG}} \end{bmatrix} = Z_{\text{LS}} \begin{bmatrix} \varphi_{\text{LG}} \\ \tau_{\text{LG}} \end{bmatrix} \quad (7)$$

y para la matriz de transferencia de las ruedas dirigidas:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_{LG} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -J_{LR}s^2 - d_{LR}s & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_R \end{bmatrix} = Z_{GR} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_R \end{bmatrix} \quad (8)$$

Por tanto, el conductor siente el contacto rueda/calzada a través de la matriz de transferencia total de la dirección mecánica, que se puede describir como sigue:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{LR} \\ \tau_F \end{bmatrix} = Z_{LR} Z_{LS} Z_{GR} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_R \end{bmatrix} = Z_{ML} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_R \end{bmatrix} \quad (9)$$

Si se emplea la misma clase de descripción en una dirección mecánica con servoasistencia (Servotronic), se ha de tener en cuenta que, a través de una barra de torsión 42 (véase la figura 3) en la columna de dirección, se obtiene el par J_{LR} aplicado sobre la unidad de mando 10 y se amplifica éste a través de una curva característica no lineal. En el caso de una servoasistencia, la curva característica del par de dirección adicional τ_{LS} de la servoasistencia depende casi siempre de la velocidad. Por tanto, se cumple

$$\tau_{LG} = -(\tau_{LR} + \tau_{LS}(\tau_{LR}, v)) \quad (10)$$

En la figura 4 se han representado dos curvas características de amplificación J_{LS} que representan el par de asistencia en función del par J_{LR} del volante. Las velocidades elegidas son una velocidad de aparcamiento y una velocidad de $v > 80$ km/h.

Debido a la influencia de la barra de torsión 42 con la rigidez c_{LS} se obtiene para la correlación angular entre el ángulo de dirección φ_{LR} en la unidad de mando y el ángulo φ_{LG} del mecanismo de dirección

$$\varphi_{LR} = \varphi_{LG} + \frac{\tau_{LR}}{c_{LS}} \quad (11)$$

Las ecuaciones 10 y 11 pueden agruparse en escritura de matrices en lugar de la ecuación 7 dando:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{LR} \\ \tau_{LR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \frac{1}{c_{LS}} \\ 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_{LG} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} \frac{1}{c_{LS}} \\ 1 \end{bmatrix} \tau_{LS}(\tau_{LR}, v) = Z_{LSS} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_{LG} \end{bmatrix} \quad (12)$$

En un sistema de dirección sin acoplamiento mecánico entre la unidad de mando 10 y las ruedas 28 a dirigir (véase ahora la figura 5) la columna de dirección 50 está desdoblada en el árbol 11 del volante para la unidad de mando 10 y el árbol de dirección 21 para el mecanismo de dirección. Resultan así dos llamados módulos, a saber, un módulo de volante que comprende el árbol 11 del volante, el elemento de mando 10, la barra de torsión 44 y la unidad de ajuste de par 16, y un módulo de mecanismo de dirección que comprende el piñón de dirección 40, el mecanismo de dirección 26, la barra de torsión 46, la unidad de ajuste de rueda 20 y las ruedas 28 a dirigir.

En lugar de la barra de torsión 42 de la servodirección (véase la figura 3) se presentan ahora los dos actuadores eléctricos, a saber, la unidad de ajuste de par 16 y la unidad de ajuste de rueda 21. La unidad de ajuste de par 16 para generar la sensación de conducción en la unidad de mando 10 está unida con el árbol 11 del volante y con el elemento de mando 10 a través de otra barra de torsión 44 con la rigidez c_{LR} .

La unidad de ajuste de rueda 20 para dirigir las ruedas dirigibles 28 está unida, también a través de otra barra de torsión 46 con la rigidez c_{LG} , con el piñón 40 del mecanismo de dirección (véase la figura 5).

Si se tienen en cuenta ahora las dos barras de torsión análogamente a la ecuación (12), resultan entonces las ecuaciones siguientes

$$\varphi_{LR} = \varphi_{AM} + \frac{\tau_{LR}}{c_{LR}} \quad (13)$$

$$-\tau_{LR} = \tau_{AM} \quad (14)$$

$$\varphi_{LG} = \varphi_{BM} + \frac{\tau_{LG}}{c_{LG}} \quad (15)$$

$$-\tau_{BM} = \tau_{LG} \quad (16)$$

En escritura de matrices se pueden agrupar ahora las ecuaciones (13) a (16) en lugar de (12) como sigue:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{LR} \\ \tau_{LR} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{c_{LR}} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} = Z_{AM} \begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} \quad (17)$$

y

$$\begin{bmatrix} \varphi_{BM} \\ \tau_{BM} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & -\frac{1}{c_{LG}} \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_{LG} \end{bmatrix} = Z_{BM} \begin{bmatrix} \varphi_{LG} \\ \tau_{LG} \end{bmatrix} \quad (18)$$

En la forma preconizada por la invención se define ahora un acoplamiento entre los dos actuadores, a saber, la unidad de ajuste de par 16 y la unidad de ajuste de rueda 20, como sigue:

$$\begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} = Z_{Reg} \begin{bmatrix} \varphi_{BM} \\ \tau_{BM} \end{bmatrix} \quad (19)$$

Con esta ecuación y teniendo en cuenta la condición

$$Z_{AM} Z_{Reg} Z_{BM} = Z_{LSS} \quad (20)$$

se puede imitar así exactamente de manera sencilla el comportamiento y la sensación de conducción de una dirección mecánica. En este caso, las matrices Z_{AM} y Z_{BM} son constantes, de modo que con una elección correspondiente de la matriz de acoplamiento de actuador Z_{Reg} se puede elegir la clase del acoplamiento mecánico elegido Z_{LS} que se desea imitar.

En la imitación de un acoplamiento mecánico con servodirección se puede emplear la misma matriz de transferencia

$$\begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} = Z_{Reg} \begin{bmatrix} \varphi_{BM} \\ \tau_{BM} \end{bmatrix} \quad (21)$$

en donde hay que tener ahora en cuenta la condición

$$Z_{AM} Z_{Reg} Z_{BM} = Z_{LSS} \quad (22)$$

En este caso, las matrices Z_{LS} y Z_{LSS} se diferencian, tal como puede apreciarse mediante una comparación de las ecuaciones (7) y (12), tanto por un factor de rigidez como por un parámetro que depende de la velocidad y de un par de mando en la unidad de mando 10.

La presente invención garantiza una imitación auténtica de una sensación de marcha como en una dirección mecánica con o sin servodirección o con una realimentación auténtica.

En este caso, no se genera, como en los demás modos de proceder propuestos, un par de reposición determinado únicamente en función de una contrafuerza generada en las ruedas dirigibles, de la velocidad del vehículo o de un ángulo de dirección. Por el contrario, el presente enfoque se diferencia en una imitación física de un acoplamiento mecánico que determina después la realimentación de un par detectado aplicado a las ruedas.

Como ya se ha mencionado al principio, la presente invención se puede aplicar, naturalmente, en todas las partes en que un acoplamiento anteriormente mecánico entre un elemento de mando y un elemento a accionar sea sustituido por una unión mecánicamente desacoplada, no pudiendo prescindirse entonces de un retroaviso.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para imitar un acoplamiento mecánico entre un elemento de mando (10) a accionar por un usuario y un elemento (28) a accionar en un vehículo, los cuales no están directamente acoplados uno con otro por vía mecánica, siendo solicitado el elemento de mando (10) en cuanto a par de giro o a fuerza por un primer actuador eléctrico (16) y siendo solicitado el elemento (28) a accionar en cuanto a par de giro o a fuerza por un segundo actuador eléctrico (20), con los pasos siguientes:

solicitud del elemento (28) a accionar por el segundo actuador eléctrico (20) con un par de giro activo o una fuerza activa,

captación del contrapar (τ_{LG}) actuante sobre el elemento (28) a accionar o de la contrafuerza actuante sobre el mismo,

cálculo de un par de giro de realimentación o de una fuerza de realimentación en función del contrapar o de la contrafuerza,

solicitud del elemento de mando (10) por el primer actuador eléctrico (16) con el par de giro de realimentación o la fuerza de realimentación,

caracterizado porque

se fija una magnitud en forma de una matriz (Z_{LS} , Z_{LSS}) para el acoplamiento mecánico a imitar entre el elemento de mando (10) y el elemento (28) a accionar,

se determina al menos una magnitud de acoplamiento de actuador a partir de la magnitud para el acoplamiento mecánico a imitar y teniendo en cuenta los acoplamientos entre el primer actuador (16) y el elemento de mando (10), así como entre el segundo actuador (20) y el elemento (28) a accionar, y

se determina al menos una magnitud de control para el primer actuador (16) al menos a partir de la al menos una magnitud de acoplamiento de actuador y del contrapar captado o de la contrafuerza captada.

2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado** porque como magnitud de acoplamiento de actuador se calcula una matriz de transferencia Z_{Reg} que define el acoplamiento entre los dos actuadores (16, 20) según

$$\begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} = Z_{Reg} \begin{bmatrix} \varphi_{BM} \\ \tau_{BM} \end{bmatrix}$$

en donde φ_{AM} representa un ángulo o una longitud en el primer actuador, φ_{BM} representa un ángulo o una longitud en el segundo actuador, τ_{AM} representa un par o una fuerza en el primer actuador y τ_{BM} representa un par o una fuerza en el segundo actuador,

teniendo en cuenta la condición

$$Z_{AM} Z_{Reg} Z_{BM} = Z_{LS}$$

con Z_{AM} como matriz de acoplamiento entre el elemento de mando (10) y el primer actuador (16), Z_{BM} como matriz de acoplamiento entre el elemento (28) a accionar y el segundo actuador (20) y Z_{LS} como matriz de un acoplamiento mecánico a imitar entre el elemento de mando (10) y el elemento (28) a accionar.

3. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque se determina el acoplamiento de actuador de tal manera que se presente una multiplicación de ángulo y/o una multiplicación de par o de fuerza entre los dos actuadores.

4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado** porque se determina la multiplicación de ángulo, de par y/o de fuerza en dependencia de parámetros del funcionamiento de marcha.

5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque en la determinación de la al menos una magnitud de acoplamiento de actuador o de la al menos una magnitud de control se tienen en cuenta otros parámetros de funcionamiento del vehículo y/o del entorno.

6. Procedimiento según la reivindicación 5, **caracterizado** porque se emplean como parámetros de funcionamiento del vehículo o del entorno una magnitud de accionamiento del elemento de mando (10), una velocidad del vehículo, el estado de la calzada o una señal de ángulo de guiñada.

ES 2 270 765 T3

7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque, para la supresión de perturbaciones, se emplea un circuito de par o de fuerza local en un módulo del elemento (28) a accionar.

8. Dispositivo para imitar un acoplamiento mecánico entre un elemento de mando (10) a accionar por un usuario y un elemento (28) a accionar en un vehículo, los cuales no están ambos directamente acoplados uno con otro por vía mecánica, que comprende

un primer actuador eléctrico (16) que está acoplado mecánicamente con el elemento de mando (10)

un segundo actuador eléctrico (20) que está acoplado mecánicamente con el elemento (28) a accionar,

un detector (22) para captar un contrapar o una contrafuerza en el elemento (28) a accionar,

un equipo de control (18) que está unido con los dos actuadores (16, 20) y activa éstos en función del contrapar captado o de la contrafuerza captada,

caracterizado porque

la unidad de control (18) contiene una magnitud para el acoplamiento mecánico a imitar entre el elemento de mando (10) y el elemento (28) a accionar en forma de una matriz (Z_{LS} , Z_{LSS}) o bien el aparato de control (18) está concebido para recibir una magnitud de esta clase,

la unidad de control (18) está concebido de tal manera que, sobre la base de la magnitud para el acoplamiento mecánico a imitar y teniendo en cuenta los acoplamientos entre el primer actuador (16) y el elemento de mando (10), así como entre el segundo actuador (20) y el elemento (28) a accionar, se calcule al menos una magnitud de acoplamiento de actuador, y

la unidad de control (18) está concebida de tal manera que se determine al menos una magnitud de control para el primer actuador (16) al menos a partir de la al menos una magnitud de acoplamiento de actuador y el contrapar captado o la contrafuerza captada.

9. Dispositivo según la reivindicación 8, **caracterizado** porque el acoplamiento mecánico a imitar está archivado en el aparato de control (18) en forma de una matriz Z_{LS} o bien puede ser alimentado a este aparato, y porque una unidad de cálculo del aparato de control está diseñada para calcular una correlación

$$\begin{bmatrix} \varphi_{AM} \\ \tau_{AM} \end{bmatrix} = Z_{Reg} \begin{bmatrix} \varphi_{BM} \\ \tau_{BM} \end{bmatrix},$$

en donde φ_{AM} representa un ángulo o una longitud en el primer actuador, φ_{BM} representa un ángulo o una longitud en el segundo actuador, τ_{AM} representa un par o una fuerza en el primer actuador y τ_{BM} representa un par o una fuerza en el segundo actuador,

teniendo en cuenta la condición

$$Z_{AM} Z_{Reg} Z_{BM} = Z_{LS}$$

con Z_{AM} como matriz de acoplamiento entre el elemento de mando y el primer actuador y Z_{BM} como matriz de acoplamiento entre el elemento a accionar y el segundo actuador.

10. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 ó 9, **caracterizado** porque el equipo de control (18) presenta una unidad de filtro para la supresión de perturbaciones.

11. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado** porque el aparato de control (18) está diseñado de modo que la magnitud archivada en el mismo o la magnitud a alimentar al mismo correspondiente al acoplamiento mecánico sea variable en función de parámetros tales como la velocidad del vehículo, la velocidad de mando del elemento de mando o el estado de la calzada.

12. Dispositivo según una de las reivindicaciones 8 a 11, **caracterizado** porque al lado del elemento (28) a accionar está previsto un circuito de par o de fuerza local para la supresión de perturbaciones.

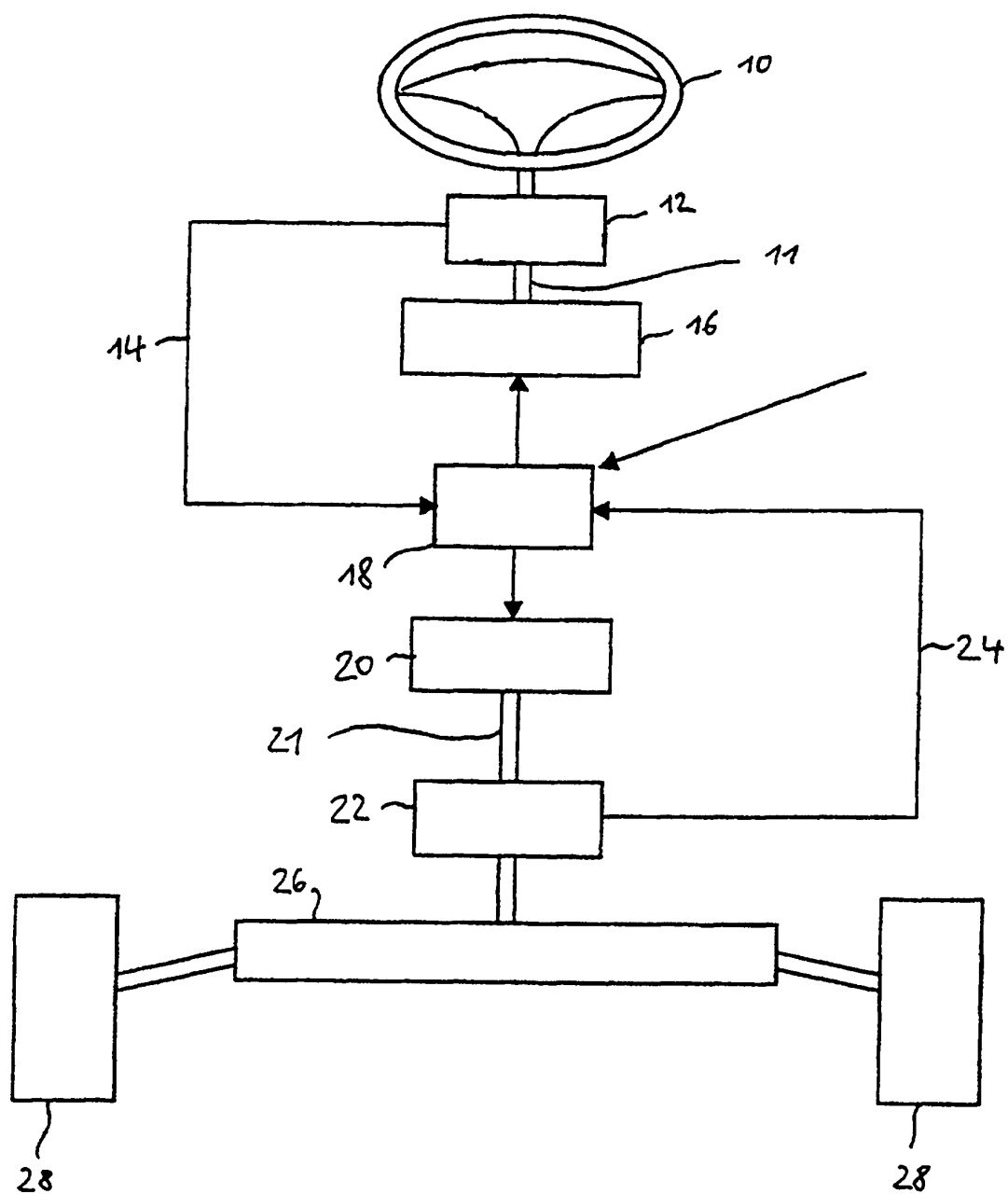


Fig. 1

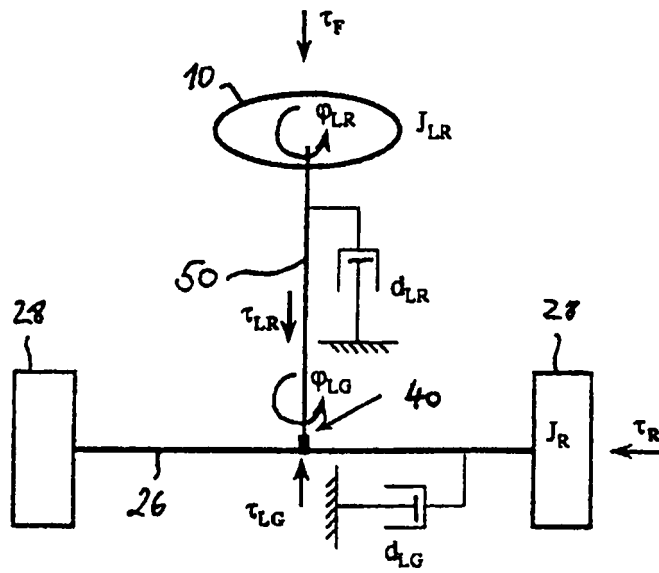


Fig. 2

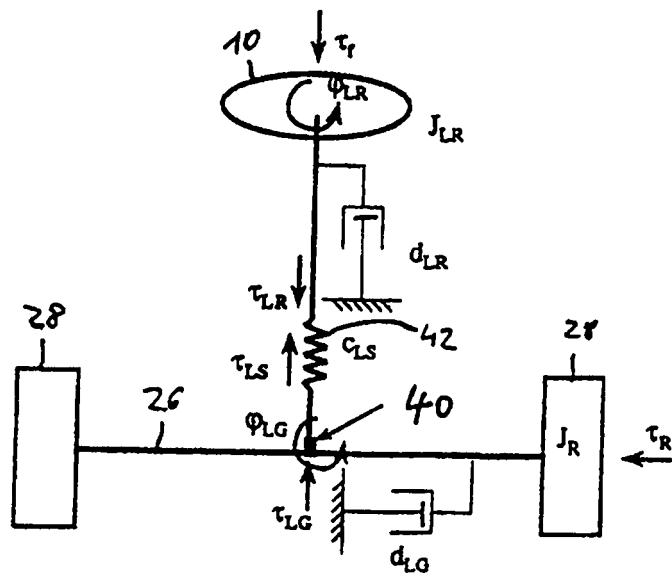


Fig. 3

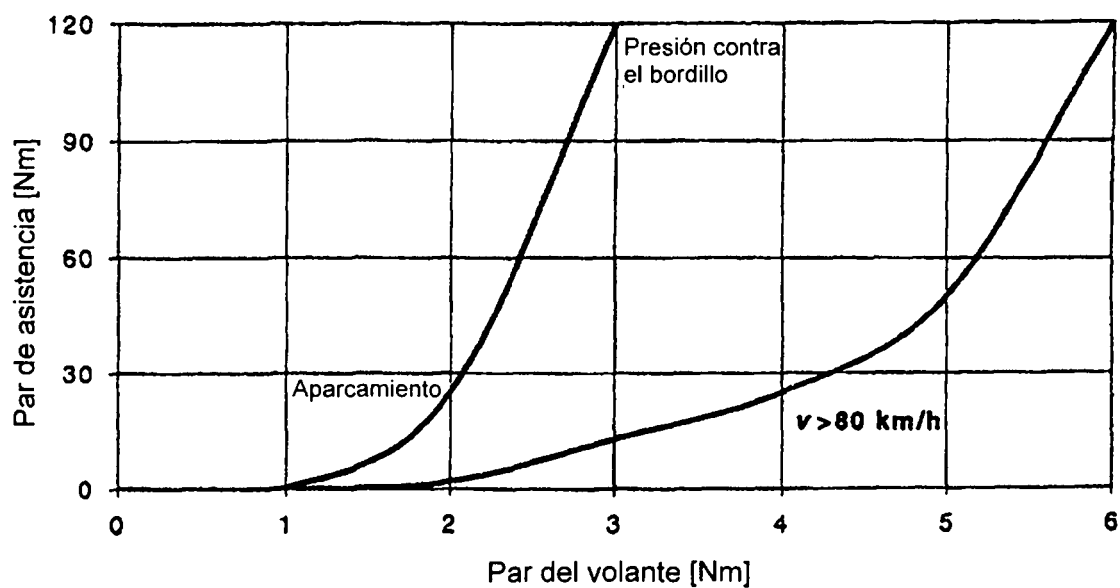


Fig. 4

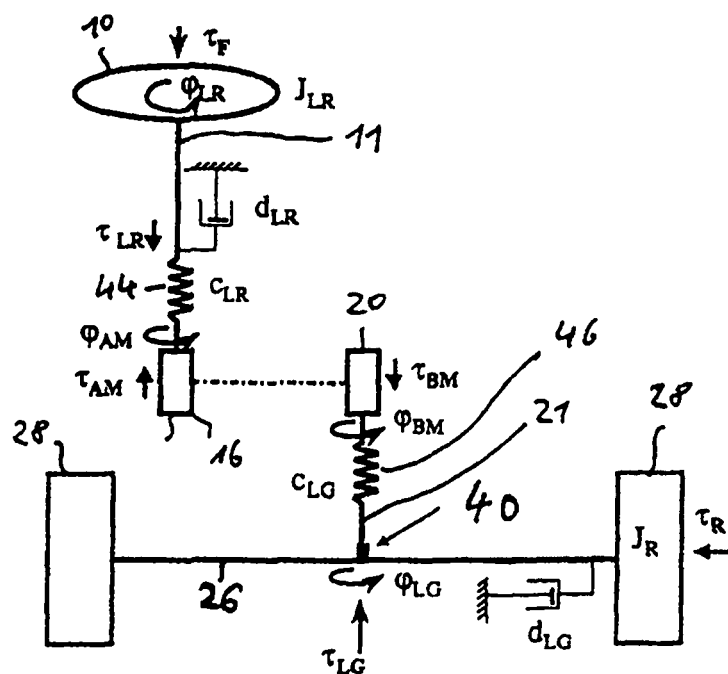


Fig. 5