



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 332 044**

51 Int. Cl.:
G01M 1/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **03740175 .9**

96 Fecha de presentación : **30.05.2003**

97 Número de publicación de la solicitud: **1509757**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.03.2005**

54 Título: **Dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido.**

30 Prioridad: **31.05.2002 IT MI02A1184**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
25.01.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
25.01.2010

73 Titular/es: **Politecnico Di Milano**
Piazza Leonardo da Vinci, 32
20133 Milano, IT

72 Inventor/es: **Mastinu, Gianpiero;**
Gobbi, Massimiliano y
Doniselli, Carlo

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 332 044 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido.

5 La presente invención se refiere a un dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido.

El comportamiento dinámico de sistemas de múltiples cuerpos puede simularse con exactitud si se llevan a cabo de manera preliminar mediciones exactas de los parámetros de inercia de los cuerpos individuales que constituyen el sistema.

10 Es necesario obtener valores precisos para las componentes del tensor de inercia de un cuerpo rígido puesto que, en la simulación de movimiento, incluso pequeñas variaciones en los valores de las componentes pueden influir considerablemente en los resultados.

15 Se han propuesto algunos dispositivos para medir parámetros de inercia (masa, centro de gravedad y tensor de inercia) que generalmente requieren en primer lugar la determinación de la posición del centro de gravedad. En dichos dispositivos conocidos, el cuerpo rígido que va a medirse se hace girar alrededor de un eje predeterminado y el valor del momento de inercia alrededor de tal eje se calcula midiendo la frecuencia de oscilación. Por tanto, el tensor de inercia completo puede medirse repitiendo el procedimiento de medición para seis ejes de giro orientados de manera diferente. Este procedimiento es laborioso, porque la necesidad de modificar la orientación de los ejes con respecto al cuerpo rígido requiere o bien un equipo muy especial, o bien alternativamente la dificultad sustancial en reposicionar (en por lo menos seis posiciones diferentes) el cuerpo rígido en el dispositivo. Por tanto, los dispositivos de medición desarrollados son bastante complicados (o a menudo imposibles) de utilizar, especialmente cuando el cuerpo en consideración es relativamente grande y pesado como un automóvil o un avión.

25 Hahn, H. *et al.*, "Inertia Parameter Identification of Rigid Bodies Using a Multi-Axis Test Facility" IEEE, 1994, páginas 1735-1737, da a conocer una instalación de prueba de múltiples ejes para la identificación de parámetros de inercia de cuerpos rígidos.

30 El objetivo de la presente invención es realizar un dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido que permita que el cuerpo rígido gire alrededor de un eje genérico que es de manera continua variable en el espacio.

Otro objetivo es realizar un dispositivo preciso y fiable.

35 Otro objetivo de la presente invención es realizar un dispositivo de medición que sea particularmente sencillo y funcional, con costes limitados.

Estos objetivos según la presente invención se alcanzan realizando un dispositivo de medición tal como se explica resumidamente en la reivindicación 1.

40 Están previstas, características adicionales en las reivindicaciones subordinadas.

Las características y ventajas de un dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido según la presente invención se pondrán de manifiesto a partir de la siguiente descripción, proporcionada a título de ejemplo y no a título limitativo, haciendo referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra esquemáticamente una primera forma de realización de un dispositivo con cinco grados de libertad para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido según la presente invención;

50 la figura 2 muestra una variante del dispositivo de la figura 1 con cuatro grados de libertad;

las figuras 3 a 5 muestran esquemáticamente unas formas de realización adicionales de un dispositivo, respectivamente con tres, dos y un grado de libertad, para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido, según la presente invención, en el que el cuerpo rígido es por ejemplo un automóvil.

55 Haciendo referencia a las figuras, se muestra un dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido, indicado en su conjunto con 10 que, en la forma de realización más sencilla, comprende un cuerpo rígido 11, cuyo tensor de inercia desea medirse, uno o más medios de suspensión 20 con respecto a uno o más puntos fijos, medios de excitación 30 para inducir el movimiento del cuerpo rígido 11, así como un grupo 40 para detectar movimiento y un grupo 50 para transmitir datos a un procesador numérico 60, que consiste por ejemplo en un cable.

60 Según una forma de realización preferida, el cuerpo 11 se fija rígidamente en un bastidor 12, por ejemplo realizado en forma de una placa, sujeto mediante los medios de suspensión. Según la forma y la naturaleza del cuerpo rígido 11, pueden utilizarse elementos de fijación del cuerpo rígido 11 al bastidor 12, no mostrados, de tipo rígido o con una banda.

En el dispositivo de medición 10 de la figura 1, el bastidor 12 se conecta a través de una primera junta esférica 21 a un cable o árbol 22, conectado a su vez al punto fijo a través de una segunda junta esférica 23.

ES 2 332 044 T3

También pueden utilizarse, por ejemplo, unas pinzas rígidas en combinación con el cable 22 como medios de suspensión 20, aptas para imponer sólo un grado de libertad, en lugar de las juntas esféricas 21 y 23, puesto que los cinco grados de libertad del cuerpo rígido 11 se garantizan por la flexibilidad del cable 22.

- 5 El movimiento del grupo que consiste en el cuerpo rígido 11 y el bastidor 12 se produce por los medios de excitación 30, esquematizados en las figuras y que están constituidos, por ejemplo, por un accionador 31 lineal conectado respectivamente al bastidor 12 y al punto fijo a través de una primera junta esférica 32 y una segunda junta esférica 33.
- 10 Los medios de excitación 30 pueden comprender unos dispositivos sencillos aptos para establecer las condiciones de partida deseadas, tales como una cuerda conectada al bastidor, o al cuerpo rígido a través de, por ejemplo, un dispositivo electromagnético, que se desconecta del grupo que consiste en el cuerpo rígido 11 y el bastidor 12 para iniciar el movimiento.
- 15 Alternativamente, los medios de excitación 30 también podrían consistir en un accionador lineal o en un motor eléctrico (más caja de cambios) conectado rígidamente (directa o indirectamente) al cuerpo rígido (y no conectado a un punto fijo en el suelo) y equipado respectivamente con una masa de traslación o de lo contrario con una masa excéntrica. La excitación puede proporcionarse seleccionando apropiadamente la amplitud de fuerza y la frecuencia con el fin de obtener un movimiento complejo (armónico, precaótico o caótico) del grupo constituido por el bastidor 20 12 y el cuerpo rígido 11, con el objetivo de conseguir una buena exactitud y sensibilidad del dispositivo de medición 10.

- El grupo constituido por el bastidor 12 y el cuerpo rígido 11, mostrado en la figura 1, presenta cinco grados de libertad y su movimiento se registra por el grupo de detección de movimiento 40, que consiste por ejemplo en sensores 25 de movimiento. El movimiento del cuerpo rígido 11 también puede desviarse, en una forma de realización preferida, mediante uno o más elementos elásticos 70 de tipo lineal o no lineal, con el fin de producir oscilaciones espaciales complejas caóticas o precaóticas para mejorar la exactitud y la sensibilidad del dispositivo de medición 10.

- Los elementos elásticos 70, que pueden estar separados por un espacio con respecto al cuerpo 12 rígido, comprenden por ejemplo en un muelle o una pluralidad de muelles en serie y/o en paralelo. Los elementos elásticos 70 pueden 30 estar provistos (en configuraciones en serie y/o en paralelo) de uno o más elementos de amortiguación, no mostrados, tales como amortiguadores hidráulicos o de lo contrario amortiguadores de fricción.

- Los sensores de movimiento, por otra parte, están constituidos por ejemplo en tres giroscopios, orientados a lo 35 largo de tres ejes perpendiculares y tres servoacelerómetros, cuyos ejes de sensibilidad están orientados a lo largo de tres ejes perpendiculares. En una forma de realización adicional, los sensores de movimiento pueden consistir en cinco acelerómetros más un giroscopio o acelerómetro adicional.

- Los sensores de movimiento pueden fijarse rígidamente al cuerpo rígido 11, al bastidor 12 o dividirse entre los dos. 40

- Las señales generadas por el grupo de detección 40 se transmiten a través del cable 50, que es muy flexible, al sistema de adquisición del procesador numérico 60. En el procesador 60, se ejecuta el software dedicado a la identificación de las componentes del tensor de inercia del cuerpo 11 en examen, según las formas descritas a continuación en la presente memoria. Los grupos de detección y transmisión 40, 50 pueden comprender sensores ópticos y un sistema 45 de telemetría interconectado con el procesador 60 electrónico.

Además, el movimiento del cuerpo rígido 11 podría detectarse a través de células de carga, en un número igual a los medios de suspensión, aptas para medir las fuerzas axiales respectivas.

- 50 La figura 2 muestra esquemáticamente una segunda configuración del dispositivo de medición 10', objeto de la presente invención, sustancialmente análoga a la que se describe en referencia al dispositivo 10 de la figura 1, y en la que se añade unos segundos medios de suspensión 20 del bastidor 12 en un punto fijo de tipo totalmente análogo al primero.

- 55 En condiciones estáticas, los ejes de los medios de suspensión son incidentes en un punto próximo a, o de lo contrario en, el centro de gravedad G del grupo constituido por el bastidor 12 y el cuerpo rígido 11. Esto significa que el grupo, durante el movimiento, se hace girar alrededor de un eje que pasa aproximada o precisamente a través del centro de gravedad. Esto permite que la sensibilidad del dispositivo de medición 10' se mantenga lo más alta posible con respecto a los movimientos giratorios necesarios para el proceso de identificación de las componentes del tensor 60 de inercia.

Los medios de suspensión 20 pueden comprender, además, uno o más elementos elásticos o viscoelásticos.

- 65 En la figura 3 se representa una configuración adicional para un dispositivo de medición 10'' según la presente invención.

El bastidor 12 consiste sustancialmente en una estructura cúbica, adecuada para llevar a cabo mediciones del tensor de inercia de cuerpos 11 rígidos de tamaños sustanciales, tales como automóviles o aviones.

ES 2 332 044 T3

Tres medios de suspensión 20, que consisten en cables o árboles 22, equipados en los extremos con juntas esféricas 21 y 23 de fricción muy baja, conectan el bastidor a una estructura 80 superior constituida por cuatro vigas 81 y 82, que constituyen elementos de unión para los medios de suspensión 20.

5 Cada junta esférica 21 y 23 está constituida, por ejemplo, por una junta de Hook con cojinetes de rodillos y un cojinete de bolas axial, no mostrado. Alternativamente, dicha junta de Hook puede estar equipada con cojinetes de flexión en lugar de con cojinetes de rodillos. Dichas juntas esféricas pueden ser simplemente juntas esféricas suspendidas en el aire.

10 En condiciones estáticas, los medios de suspensión 20 están orientados para converger en o en la proximidad del centro de gravedad G del grupo que consiste en el cuerpo rígido 11 y el bastidor 12. Por tanto, el grupo está preparado para girar alrededor de un eje de giro 13 que pasa aproximada o precisamente a través del centro de gravedad G. Esto permite que la sensibilidad del dispositivo de medición 10' se mantenga lo más alta posible con respecto a los movimientos giratorios necesarios para el proceso de identificación de los parámetros del tensor de inercia.

15 Dos vigas 81 de la estructura 80 superior, paralelas entre sí y perpendiculares a un eje longitudinal 14, soportan las otras dos vigas 82, también paralelas entre sí y que pueden trasladarse según las flechas F en una dirección perpendicular al eje longitudinal 14 para obtener el posicionamiento de los puntos fijos que pueden modificarse de manera continua en un amplio intervalo.

20 El movimiento del grupo, constituido por el bastidor 12 y el cuerpo rígido 11, se produce por los medios de excitación 30 y, en la configuración de la figura 3, tiene lugar según tres grados de libertad.

25 Por tanto, el movimiento puede registrarse por el grupo de detección de movimiento 40 y transferirse a un procesador numérico 60 a través de un grupo de transmisión de datos 50, análogo al que ya se ha explicado resumidamente. Las figuras 4 y 5 esquematizan dispositivos de medición 10''' y 100, según la invención, análogos al dispositivo 10'' de la figura 3, equipados respectivamente con cuatro y cinco medios de suspensión 20 y por consiguiente con dos y un grado de libertad, respectivamente.

30 Los datos de movimiento registrados se procesan numéricamente para identificar los valores de los elementos (o componentes) del tensor de inercia.

El tensor J de inercia de un cuerpo rígido se define como

35

40

$$J = \begin{Bmatrix} J_{xx} & J_{xy} & J_{xz} \\ J_{yx} & J_{yy} & J_{yz} \\ J_{zx} & J_{zy} & J_{zz} \end{Bmatrix}$$

45

$$J_{xx} = \int_V y^2 + z^2 \cdot dm \quad J_{yy} = \int_V z^2 + x^2 \cdot dm \quad J_{zz} = \int_V x^2 + y^2 \cdot dm$$

50

$$J_{xy} = J_{yx} = - \int_V xy \cdot dm \quad J_{yz} = J_{zy} = - \int_V yz \cdot dm \quad J_{zx} = J_{xz} = - \int_V xz \cdot dm$$

55

60 siendo V el volumen del cuerpo, dm es la partícula de masa genérica, x , y , z las coordenadas de la posición en el espacio de la partícula de masa. J es, por definición, real y simétrica y por tanto, siempre puede disponerse diagonalmente a través de una transformación ortogonal $J_{\text{diag}} = U^T J U$ ($U^T = U^{-1}$). Los elementos diagonales de J_{diag} son los valores propios de J y son los principales momentos de inercia. La matriz U está constituida por los vectores propios de la matriz J asociada respectivamente con los tres valores propios.

65 Cada vector propio, en su forma normal, define el vector $v = [v_x, v_y, v_z]^T$ de los cosenos de dirección de cada eje de inercia principal individual.

En primer lugar, se deriva un primer modelo matemático que describe el movimiento no lineal del cuerpo rígido 11 o del grupo que consiste en el cuerpo rígido 11 solidario con el bastidor 12. Las ecuaciones diferenciales del movimiento no lineal pueden expresarse según la forma de matriz genérica

$$M(q, p)\ddot{q} = F(q, \dot{q}, p)$$

en la que q es el vector de las coordenadas libres del grupo constituido por el bastidor 12 y el cuerpo rígido 11 que va a medirse, p es el vector de los parámetros desconocidos del tensor de inercia, M es la matriz de masa y F son las fuerzas que actúan sobre un grupo de este tipo.

Los valores en la salida del modelo matemático del cuerpo rígido suspendido son las variables que hacen referencia a los datos registrados por el grupo de detección de movimiento 40.

Haciendo que $dq/dt=u$ y, naturalmente, $dp/dt=0$, el sistema de ecuaciones anterior puede reformularse como un sistema ordinario de ecuaciones diferenciales:

$$\begin{cases} \dot{u} = M^{-1}(q, p)F(q, u, p) \\ \dot{q} = u \\ \dot{p} = 0 \end{cases}$$

Según el teorema de Cauchy, dadas las condiciones de partida $u=u_0$ $q=q_0$ $p=p_0$, la solución del sistema de ecuaciones diferenciales, que define el movimiento del cuerpo 11 suspendido, existe y es única. $u=u_0$ $q=q_0$ se facilitan y se miden. $p=p_0$ no se conoce *a priori*, pero el movimiento simulado y el movimiento medido podrán superponerse, en condiciones amplias, por un vector único p .

Se supone que se conoce tanto la masa del cuerpo rígido que está examinándose como la posición de su centro de gravedad, medidos posiblemente de antemano.

La medición del tensor de inercia de un cuerpo rígido 11 se lleva a cabo mediante la excitación del movimiento del grupo según diferentes condiciones de partida totales, tras haber fijado rígidamente el cuerpo 11 que está examinándose al bastidor 12. Por ejemplo, para la configuración 10''' con cuatro medios de suspensión 20 de la figura 4, puede producirse el movimiento según un ángulo de giro puro, un ángulo de cabeceo puro, o de lo contrario, una combinación de los dos movimientos anteriores. Alternativamente, o de lo contrario además, el movimiento del grupo se excita por vibraciones forzadas, generadas por los medios de excitación.

El movimiento del grupo que consiste en el cuerpo rígido 11 y el bastidor 12 se registra, por ejemplo, por los sensores de movimiento. La señal analógica se filtra mediante un filtro paso bajo y las señales filtradas se muestrean y se memorizan, por ejemplo, en un disco duro del procesador numérico 60.

Una función C_f de coste se calcula a partir de los datos registrados. Para la forma de realización en la figura 3, dicha función C_f de coste reza

$$\begin{aligned} C_f &= C_{alabeo} + C_{cabeceo} + C_{guiñada} \\ C_{alabeo} &= e_{alabeo}^T (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) Q_{alabeo} e_{alabeo} (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) \\ C_{cabeceo} &= e_{cabeceo}^T (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) Q_{cabeceo} e_{cabeceo} (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) \\ C_{guiñada} &= e_{guiñada}^T (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) Q_{guiñada} e_{guiñada} (J_{xx}, J_{yy}, J_{zz}, \dots) \end{aligned}$$

en la que e es el vector del error entre los datos registrados y los datos correspondientes de la simulación y Q es la matriz de los pesos.

La función C_f de coste debe minimizarse a través de un algoritmo numérico adecuado, tal como un procedimiento *cuasi* de Montecarlo, basado por ejemplo en una secuencia de Sobol, seguido por un procedimiento de gradiente, lo que garantiza una buena identificación de las componentes del tensor de inercia del cuerpo rígido que está examinándose.

ES 2 332 044 T3

El procedimiento descrito se lleva a cabo de manera preliminar en el bastidor únicamente, es decir sin el cuerpo rígido que está examinándose. Esto permite que las componentes de inercia del cuerpo rígido que está examinándose se deriven más tarde.

5 El dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido, objetivo de la presente invención, presenta la ventaja de no requerir la ejecución de seis mediciones distintas del movimiento a través del espacio de un cuerpo rígido desviado según seis ejes distintos. De hecho, el tensor de inercia se calcula haciendo que el cuerpo rígido gire alrededor de un eje variable genérico, de manera continua a través del espacio.

10 Además, el dispositivo de medición, según la invención puede utilizarse ventajosamente para medir el tensor de inercia de cuerpos rígidos que presentan cualquier tamaño y forma, incluso de automóviles o aviones enteros.

El dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido así concebido es susceptible de numerosas modificaciones y variantes, cubiertas todas por la invención. Además, todos los detalles pueden reemplazarse con elementos técnicamente equivalentes. En la práctica, los materiales utilizados, así como los tamaños, pueden ser cualquiera, según los requisitos técnicos.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo para medir el tensor de inercia de un cuerpo rígido que consiste en por lo menos un cuerpo rígido (11), del cual va a medirse el tensor de inercia, por lo menos dos medios de suspensión (20) con respecto a por lo menos dos puntos fijos, imponiendo dichos medios de suspensión (20) por lo menos dos grados de restricción, unos medios de excitación (30) para producir el movimiento de dicho cuerpo rígido (11), así como un grupo de detección de movimiento (40) y un grupo de transmisión (50) para transmitir datos del movimiento detectado a un procesador numérico (60) para registrar dichos datos del movimiento detectado y ejecutar un procedimiento de identificación de parámetros para obtener las seis componentes del tensor de inercia de dicho cuerpo rígido, **caracterizado** porque el procedimiento de identificación se basa en una simulación de movimiento con un modelo matemático no lineal del cuerpo rígido suspendido como un péndulo y una minimización de una función Cf de coste dependiendo de la diferencia entre dichos datos de movimiento registrados y los resultados de dicha simulación de movimiento, y porque dichos medios de suspensión (20) que comprenden por lo menos dos cables o árboles (22) suspenden dicho cuerpo rígido (11) como un péndulo, convergiendo los ejes de dichos cables o árboles (22) en reposo sustancialmente en el centro de gravedad (G) de dicho cuerpo rígido (11).
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho cuerpo rígido (11) está colocado sobre un bastidor (12) soportado por dichos medios de suspensión (20).
3. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho bastidor (12) es una placa.
4. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada uno de dichos por lo menos dos medios de suspensión (20) consiste en un cable (22) flexible equipado en los extremos con unas juntas esféricas (21 y 23).
5. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada uno de dichos por lo menos dos medios de suspensión (20) consiste en un cable (22) flexible equipado en los extremos con pinzas rígidas.
6. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada uno de dichos por lo menos dos medios de suspensión consiste en un árbol (22) equipado en los extremos con unas juntas esféricas (21 y 23).
7. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada uno de dichos por lo menos dos medios de suspensión (20) comprende por lo menos un elemento elástico.
8. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque cada uno de dichos por lo menos dos medios de suspensión (20) comprende por lo menos un elemento viscoelástico.
9. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dichos medios de excitación (30) consisten en un accionador (31) lineal conectado a dicho cuerpo rígido (11) o bastidor (12) y a un punto fijo a través de unos elementos de fijación (32, 33).
10. Dispositivo según la reivindicación 9, **caracterizado** porque dichos elementos de fijación son unas juntas esféricas (32, 33).
11. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dichos medios de excitación (30) consisten en una cuerda conectada a dicho cuerpo rígido (11) o bastidor (12) a través de un dispositivo electromagnético apto para desconectar dicha cuerda del cuerpo (11) o bastidor (12) para iniciar el movimiento.
12. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dichos medios de excitación (30) consisten en por lo menos un accionador lineal conectado rígidamente a dicho cuerpo rígido (11) o bastidor (12), desconectado del suelo y equipado con una masa de traslación.
13. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dichos medios de excitación (30) consisten en por lo menos un motor eléctrico conectado rígidamente a dicho cuerpo rígido (11) o bastidor (12), desconectado del suelo y equipado con una masa giratoria.
14. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque comprende unos elementos elásticos (70) aptos para fijar dicho cuerpo rígido (11) o bastidor (12) a un punto fijo.
15. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dichos elementos elásticos (70) son del tipo lineal.
16. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dichos elementos elásticos (70) son del tipo no lineal.
17. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dichos elementos elásticos (70) consisten en por lo menos un muelle.

ES 2 332 044 T3

18. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dichos elementos elásticos (70) están separados por un espacio con respecto al cuerpo rígido (11) o bastidor (12).

19. Dispositivo según la reivindicación 14, **caracterizado** porque dichos elementos elásticos (70) están provistos de unos elementos de amortiguación.

20. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho grupo de detección de movimiento (40) comprende unos sensores de movimiento aplicados a dicho cuerpo rígido (11).

21. Dispositivo según la reivindicación 2, **caracterizado** porque dicho grupo de detección de movimiento (40) comprende unos sensores de movimiento aplicados a dicho bastidor (12).

22. Dispositivo según la reivindicación 20 ó 21, **caracterizado** porque dichos sensores de movimiento consisten en tres giroscopios y tres acelerómetros.

23. Dispositivo según la reivindicación 20 ó 21, **caracterizado** porque dichos sensores de movimiento consisten en cinco acelerómetros y un giroscopio o un acelerómetro adicional.

24. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicho grupo de detección de movimiento (40) comprende unos sensores ópticos.

25. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicho grupo de detección de movimiento (40) comprende unas células de carga en un número igual a dichos medios de suspensión (20), aptas para medir las fuerzas axiales respectivas.

26. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicho grupo de transmisión de datos (50) comprende unos cables flexibles.

27. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicho grupo de transmisión de datos (50) comprende un sistema de telemetría interconectado con dicho procesador numérico (60).

28. Dispositivo según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado** porque dicho procedimiento de identificación paramétrica se basa en un procedimiento *cuasi* de Montecarlo y en un procedimiento de gradiente.

29. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado** porque los elementos de unión al suelo (80) de dichos medios de suspensión (20) pueden desplazarse y consisten en una estructura (80) superior que comprende cuatro vigas (81, 82), soportando dos vigas (81), paralelas entre sí y perpendiculares a un eje longitudinal (14), dos vigas (82), que son paralelas entre sí y pueden trasladarse en una dirección perpendicular a dicho eje longitudinal (14).

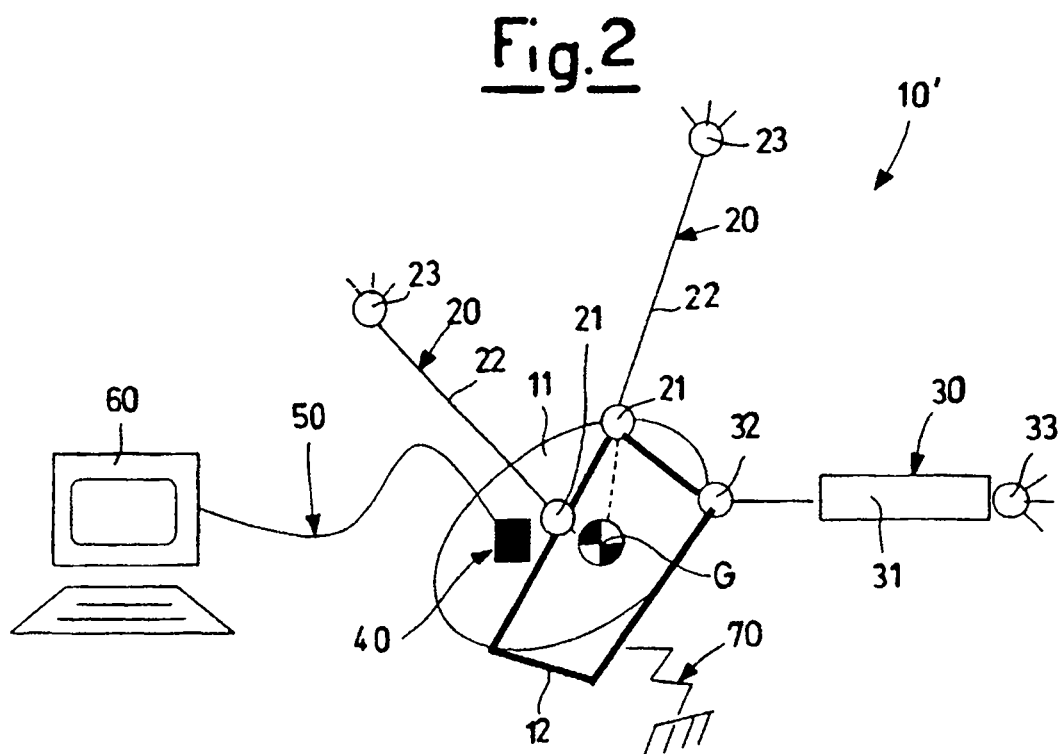
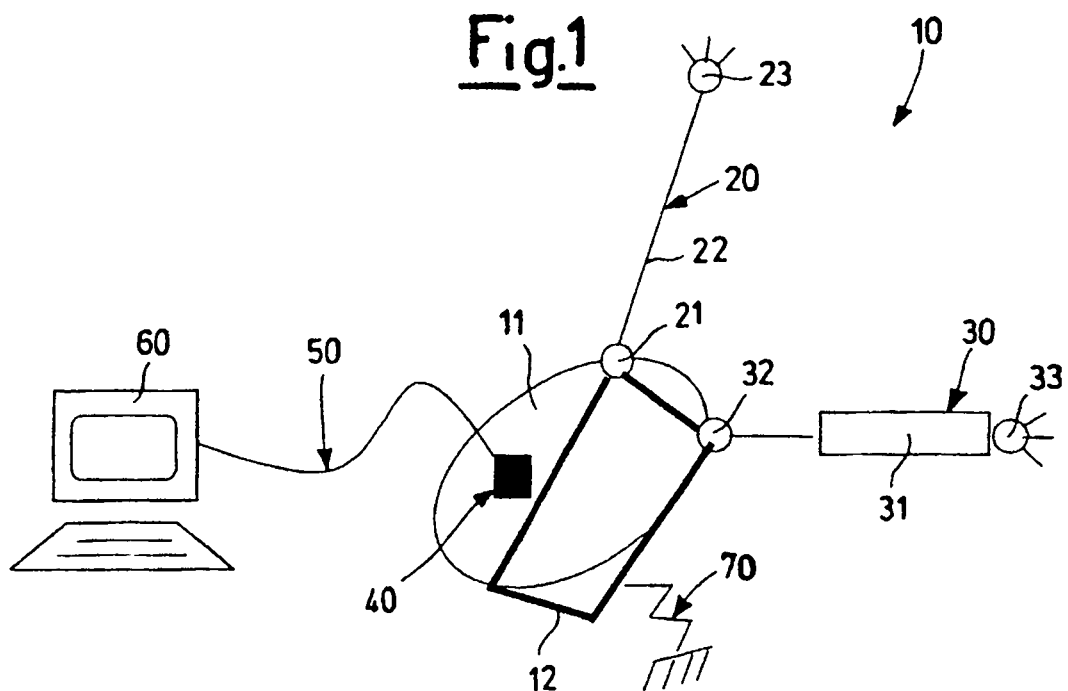


Fig.3

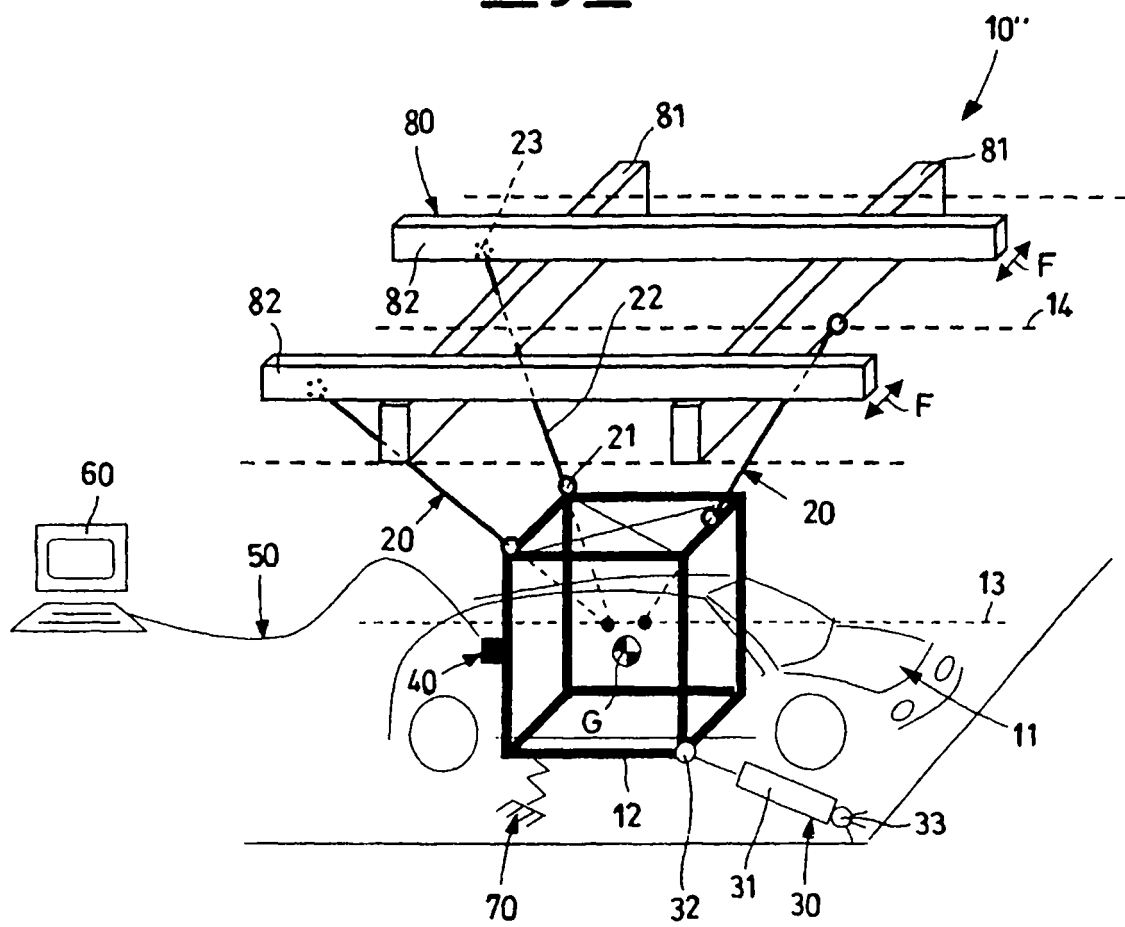


Fig.4

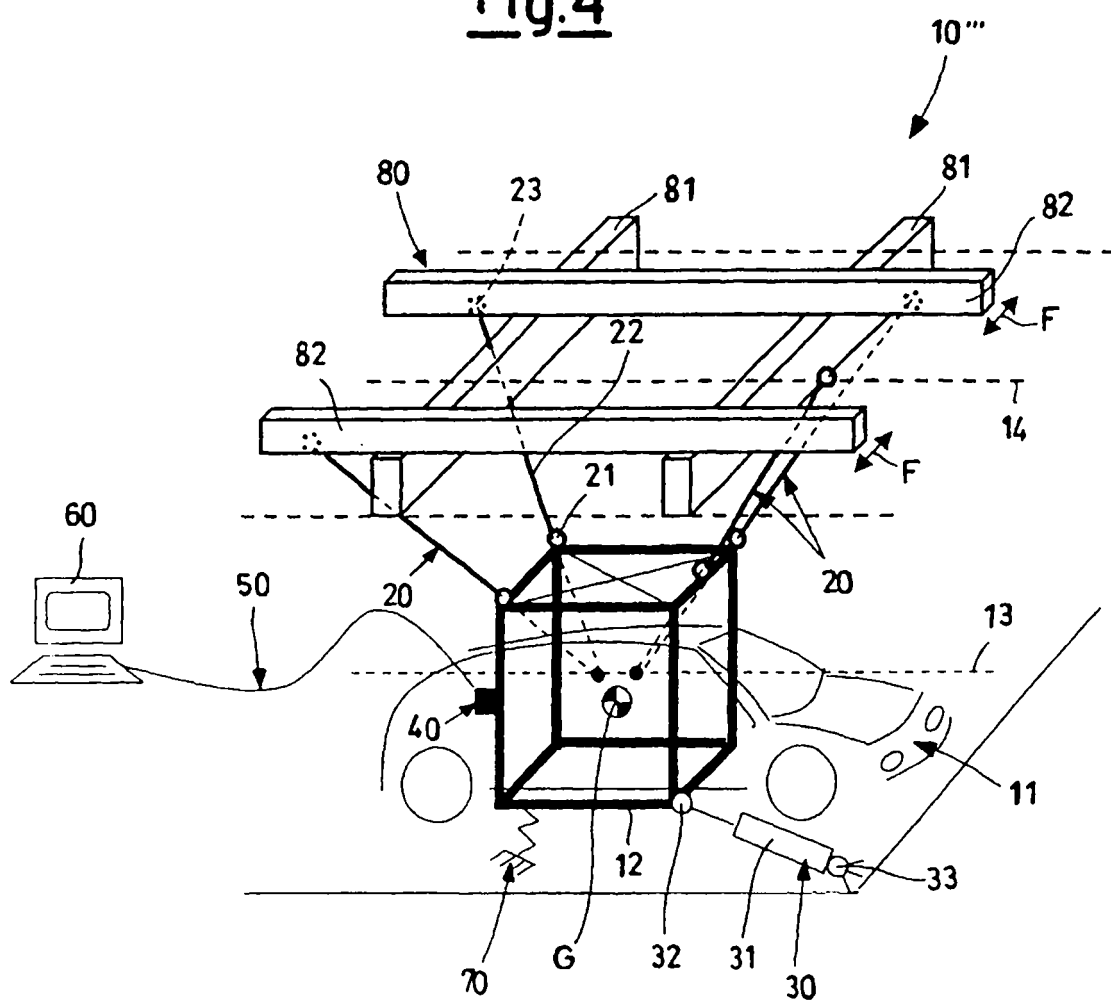


Fig. 5

