

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 402 292**

51 Int. Cl.:

**B25J 9/16** (2006.01)

**G05B 19/4062** (2006.01)

**G05B 19/4061** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.09.2003** **E 03021376 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.01.2013** **EP 1403746**

54 Título: **Procedimiento para la detección de colisión**

30 Prioridad:

**30.09.2002 DE 10245594**

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

**30.04.2013**

73 Titular/es:

**DÜRR SYSTEMS GMBH (100.0%)  
CARL-BENZ-STR. 34  
74321 BIETIGHEIM-BISSINGEN, DE**

72 Inventor/es:

**HOOGE, SVEN y  
WILDERMUTH, DIETMAR, DR.**

74 Agente/Representante:

**CURELL AGUILÁ, Mireia**

**ES 2 402 292 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 para la detección de colisión.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento de monitorización para un sistema de accionamiento con un motor y una parte móvil accionada por el motor, según el preámbulo de la reivindicación 1.

10 Este tipo de sistemas de accionamiento se utilizan, por ejemplo, en instalaciones de pintura modernas para pintar carrocerías de automóviles en forma de robots de pintura de varios ejes, que guían un pulverizador de manera controlada por programa, para lograr un resultado de pintura óptimo.

A este respecto debe reconocerse a tiempo una colisión del robot de pintura con limitaciones espaciales, obstáculos o personas, para evitar que se dañe el robot de pintura o una persona resulte herida por el robot de pintura.

15 A partir del documento WO98/51453 se conoce un procedimiento de monitorización para un robot, que permite una detección de colisión. A este respecto se evalúa la reacción del mecanismo sobre el accionamiento del robot y en función de ello se genera una señal de error.

20 En caso de que el robot choque, por ejemplo, contra un obstáculo estacionario tal como una pared de edificación, actúa entonces una fuerza perturbadora sobre el robot, que repercute en el accionamiento, frenándose en seco el accionamiento. En caso de colisión con un obstáculo flexible actúa igualmente una fuerza perturbadora sobre el robot, pero ésta sólo lleva a un frenado del movimiento del robot. Sin embargo, en ambos casos de colisión las magnitudes de movimiento del accionamiento, como por ejemplo la posición angular y la velocidad de rotación del árbol motor, difieren al menos brevemente de los valores en ausencia de perturbación.

25 El procedimiento de monitorización conocido prevé por tanto medir en el robot que debe monitorizarse magnitudes de movimiento en el lado conductor, como por ejemplo la posición angular y la velocidad de rotación del árbol motor. La señal de error para la detección de colisión se calcula entonces a partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor y de las magnitudes de regulación o control predefinidas para el control del accionamiento teniendo en cuenta un modelo dinámico del accionamiento y del mecanismo. El modelo dinámico tiene en cuenta, por ejemplo, la inercia mecánica del accionamiento y del mecanismo accionado así como la elasticidad del acoplamiento mecánico entre el accionamiento y el mecanismo.

30 Sin embargo, en este procedimiento de monitorización para la detección de colisión conocido es desventajoso el hecho de que la reacción mecánica de una fuerza perturbadora, provocada por una colisión, del mecanismo sobre el accionamiento se reduce en gran medida por una transmisión interpuesta. Así, por ejemplo en robots de pintura entre el accionamiento y el mecanismo se introducen transmisiones con una multiplicación de más de 1:100, de modo que la reacción mecánica sobre el accionamiento sólo puede medirse con dificultad.

35 Una desventaja adicional del procedimiento de monitorización conocido consiste en que modelizaciones de errores del accionamiento llevan a grandes errores porque la reacción del mecanismo sobre el accionamiento se aplica entonces incorrectamente.

40 Finalmente, en el procedimiento de monitorización conocido es desventajoso el hecho de que, en el lado conductor, se mide la posición angular, mientras que la aceleración se calcula mediante la derivada segunda del valor de medición. Esta derivada segunda del valor de medición lleva sin embargo a una señal con mucho ruido.

45 Procedimientos de monitorización similares se conocen a partir de los documentos JP 2000 052286 A, JP 2001 051721 A y JP 2000 099105 A. Sin embargo, también en estos procedimientos de monitorización conocidos se miden sólo magnitudes de movimiento en el lado conductor del motor, de modo que la reacción mecánica de una fuerza perturbadora, provocada por una colisión, del mecanismo sobre el accionamiento se reduce en gran medida por la transmisión interpuesta.

50 La invención se basa por tanto en el objetivo de mejorar los procedimientos de monitorización para la detección de colisión conocidos descritos anteriormente, de modo que la detección de colisión también sea posible con una transmisión interpuesta con un esfuerzo de medición lo más reducido posible, una mayor fiabilidad y un tiempo de reacción más rápido.

55 El objetivo se alcanza, partiendo de un procedimiento de monitorización conocido descrito al inicio, según el preámbulo de la reivindicación 1, mediante los rasgos caracterizadores de la reivindicación 1.

60 La invención comprende la enseñanza técnica genera de medir, para la determinación de la señal de error, no sólo magnitudes de movimiento en el lado conductor del sistema de accionamiento, sino también en el lado conducido, es decir en el mecanismo accionado.

65 Con una medición de magnitudes de movimiento en el lado conducido de este tipo es ventajoso el hecho de que la

determinación de la señal de error se falsea menos por una transmisión interpuesta. El procedimiento de monitorización según la invención para la detección de colisión puede utilizarse, por tanto, también en sistemas de accionamiento que presentan una transmisión con un factor de multiplicación elevado.

- 5 Una ventaja adicional del procedimiento de monitorización según la invención es el hecho de que no tiene que recurrirse a magnitudes de control o regulación, de modo que el procedimiento de monitorización según la invención es independiente del tipo y estructura de la regulación o el control del accionamiento.

10 A partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado conducido del mecanismo accionado y las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor se calcula según la invención una señal de error, que permite una detección de colisión.

15 Según la invención, a partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor y a partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor se calcula en cada caso un valor de comparación para la fuerza de accionamiento o el momento de accionamiento del motor, teniéndose en cuenta preferentemente un modelo dinámico del sistema de accionamiento o del mecanismo. El modelo dinámico emula por ejemplo la inercia, las componentes elásticas así como las fuerzas o momentos de rozamiento del sistema de accionamiento o del mecanismo. Durante un funcionamiento en ausencia de perturbación del sistema de accionamiento, ambos valores de comparación tienen que coincidir, aunque puede concluirse una desviación entre ambos valores de comparación con una perturbación o incluso una colisión.

20 El cálculo de los valores de comparación para la fuerza de accionamiento o el momento de accionamiento puede realizarse en el lado conductor y/o en el lado conducido mediante un procedimiento de cálculo recurrente, tal como se describe por ejemplo en FEATHERSTONE, Roy: "Robot Dynamics Algorithms", capítulo 4 (Kluwer Academic Publishers, 1987).

25 En cuanto a las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor, se trata preferentemente de la posición, la velocidad y/o la aceleración del motor. A este respecto basta con medir sólo una de estas magnitudes de movimiento, mientras que las otras dos magnitudes de movimiento pueden establecerse mediante la integración o diferenciación temporal a partir de la magnitud de movimiento medida. A modo de ejemplo, es posible medir sólo la velocidad de rotación del árbol motor, obteniéndose la aceleración del árbol motor mediante la diferenciación de la velocidad de rotación medida, mientras que la posición angular del árbol motor puede calcularse mediante la integración de la velocidad de rotación medida.

30 A modo de ejemplo se mide como magnitud de movimiento en el lado conductor, entre otras, la aceleración del motor. Una medición directa de este tipo de la aceleración ofrece, con respecto a una derivada de la aceleración a partir de la velocidad medida o incluso de la posición medida, una mayor precisión. Así, por ejemplo una diferenciación doble de la posición angular medida del árbol motor lleva a una señal con mucho ruido.

35 Como magnitudes de movimiento en el lado conducido pueden medirse en cambio la posición, la velocidad y/o la aceleración del mecanismo accionado. También en este caso basta básicamente con medir sólo una de estas magnitudes de movimiento, mientras que las otras dos magnitudes de movimiento pueden establecerse mediante la integración o diferenciación temporal a partir de la magnitud de movimiento medida. A modo de ejemplo es posible medir sólo la velocidad del mecanismo, obteniéndose la aceleración del mecanismo mediante la diferenciación de la velocidad medida, mientras que la posición del mecanismo puede calcularse mediante la integración de la velocidad medida.

40 Sin embargo, preferentemente se mide como magnitud de movimiento en el lado conducido, entre otras, la aceleración del mecanismo. Una medición directa de este tipo de la aceleración ofrece, con respecto a una derivada de la aceleración a partir de la velocidad medida o incluso de la posición medida, una mayor precisión. Así, por ejemplo una diferenciación doble de la posición medida del mecanismo lleva a una señal con mucho ruido.

45 En un sistema de accionamiento de varios ejes, la señal de error puede determinarse preferentemente por separado para los ejes individuales del sistema de accionamiento. La señal de error para los ejes individuales puede constituir a este respecto en cada caso componentes de un vector de error. En la evaluación se calcula entonces preferentemente un valor de error escalar, para poder detectar también colisiones que repercuten sólo sobre varios ejes del sistema de accionamiento.

50 Además, también se determinan preferentemente por separado los dos valores de comparación para la fuerza de accionamiento o el momento de accionamiento para cada eje. Sin embargo, debido a la interacción entre los ejes individuales, se tienen en cuenta también en el cálculo de los valores de comparación en los ejes individuales preferentemente las magnitudes de movimiento medidas para los otros ejes.

55 Para suprimir errores de medición a corto plazo se calcula preferentemente una media deslizando de la señal de error. La media determinada de esta manera se compara entonces preferentemente con un valor límite predefinido. Si el valor límite se supera se supone entonces que existe una colisión.

Además, el procedimiento de monitorización según la invención posibilita también una detección de perturbaciones latentes del sistema de accionamiento, como por ejemplo en caso de daño de cojinetes, cuando aumenta el rozamiento del sistema de accionamiento. Para ello se calcula preferentemente una media deslizando de la señal de error a lo largo de un periodo de tiempo más largo. La media calculada de esta manera se compara entonces con un valor límite predefinido. Si el valor límite se supera se supone entonces que existe un daño de cojinetes, lo que puede indicarse mediante un mensaje de advertencia.

Otros perfeccionamientos ventajosos de la invención están caracterizados en las reivindicaciones dependientes o se explican más detalladamente a continuación junto con la descripción del ejemplo de forma de realización preferido de la invención por medio de las figuras, en las que:

la figura 1 muestra un diagrama de circuito equivalente físico de un motor eléctrico con una transmisión y un mecanismo oscilatorio,

la figura 2 muestra un diagrama de circuito equivalente de ingeniería de control de un motor eléctrico y un mecanismo oscilatorio de un robot,

la figura 3 muestra un dispositivo de monitorización según la invención.

El diagrama de circuito equivalente físico en la figura 1 muestra un sistema de accionamiento electromecánico convencional para el accionamiento de un eje 1 de un robot de pintura, estando previstos para el accionamiento de los otros ejes del robot de pintura sistemas de accionamiento adicionales, que están contruidos de manera similar y por tanto no se describen por motivos de simplicidad.

El eje 1 del robot de pintura está emulado en el diagrama de circuito equivalente físico mediante una masa  $m$  y un elemento de resorte  $c$ , mientras que la amortiguación del eje 1 se ignora en este ejemplo de realización.

El accionamiento del eje 1 se realiza en este caso mediante un motor de corriente continua de excitación independiente, que en el diagrama de circuito equivalente físico está representado como acoplamiento en serie formado por la resistencia óhmica  $R$  del inducido, la inductividad  $L$  del inducido y la tensión  $u_i$  inducida por el rotor 2. Para la tensión  $u_A$  del inducido se cumple por tanto, en notación compleja:

$$u_A = R \cdot i_A + s \cdot L \cdot i_A + u_i \quad (1)$$

El motor de corriente continua está unido a través de un árbol 3 de accionamiento y una transmisión 4 con el eje 1, convirtiendo la transmisión 4 el movimiento de rotación del árbol 3 de accionamiento en un movimiento de rotación distinto.

La tensión  $u_i$  inducida en el circuito del inducido se obtiene entonces a partir de las constantes del motor  $K_M$  y de la velocidad angular  $\omega_A$  del árbol 3 de accionamiento según la siguiente fórmula:

$$u_i = K_M \cdot \omega_A \quad (2)$$

Asimismo, el momento de accionamiento  $M_A$  del motor de corriente continua se obtiene como producto a partir de la corriente del inducido  $i_A$  y de las constantes del motor  $K_M$ :

$$M_A = K_M \cdot i_A \quad (3)$$

Por otro lado, sobre el eje 1 actúa una fuerza de rozamiento  $F_{RV}$ , que se convierte a través de la transmisión 4 en un momento de rozamiento  $M_{RV}$ :

$$M_{RV} = \frac{F_{RV}}{i_G} = \frac{v_A \cdot d_G}{i_G} = \omega_A \cdot d_G \quad (4)$$

Además, también actúa una carga  $F_L$  sobre el eje 1, que se convierte por la transmisión 4 en un momento de carga:

$$M_L = \frac{F_L}{i_G} = \frac{c \cdot (x_A - x_m) + d_G \cdot (v_A - v_m)}{i_G}$$

5 El árbol 3 de accionamiento se acelera por tanto por el momento de accionamiento  $M_A$  y se frena por el momento de rozamiento  $M_{RV}$  así como por el momento de carga  $M_L$ . Teniendo en cuenta el momento de inercia  $J_A$  del accionamiento se obtiene entonces la siguiente aceleración  $d\omega_A/dt$  del árbol 3 de accionamiento:

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_A - M_L - M_{RV}}{J_A} \quad (5)$$

10 El diagrama de bloques en la figura 2 muestra en cambio un diagrama de circuito equivalente de ingeniería de control del motor de corriente continua y de un mecanismo 5, estando constituido el mecanismo 5 por el eje 1 y la transmisión 4.

15 El cálculo de las magnitudes eléctricas y mecánicas individuales se realiza en este caso según las fórmulas indicadas anteriormente, tal como puede observarse directamente a partir de la figura 2. Sin embargo, las fórmulas indicadas anteriormente sólo sirven para el caso de un movimiento sin perturbación del eje 1. Si por el contrario el movimiento del eje 1 se ve perturbado, además de la fuerza de rozamiento  $F_{RV}$  y de la carga  $F_L$  actúan entonces otras fuerzas sobre el eje 1, que llevan a desviaciones del comportamiento real del sistema con respecto al comportamiento idealizado del modelo.

20 En caso de que, por ejemplo, un robot de pintura choque contra la pared de una cabina de pintura, entonces el movimiento del robot de pintura se frena en gran medida. En caso de daño de cojinetes, el robot de pintura tampoco sigue exactamente el comportamiento modelado, porque el rozamiento aumenta debido a los daños de cojinete y no se tiene en cuenta en las ecuaciones indicadas anteriormente. En este tipo de caso, el error debe detectarse lo más rápido posible, para poder introducir contramedidas.

25 Por tanto, para cada eje de robot de pintura está previsto un dispositivo de monitorización 6, que detecta una desviación del comportamiento real del sistema de accionamiento con respecto al comportamiento modelado. Para simplificar, en este caso sólo está representado el dispositivo de monitorización 6 para el primer eje, aunque los dispositivos de monitorización para los otros ejes se construyen de manera idéntica.

30 El dispositivo de monitorización 6 está unido en el lado de entrada con varios sensores 7.1 a 7.4, midiendo los sensores 7.1 y 7.2 la velocidad angular  $\omega_{A1}$  o la posición angular  $\phi_{A1}$  del árbol 3 de accionamiento, mientras que los sensores 7.3 y 7.4 captan la posición  $x_m$  del eje 1 o la aceleración  $a_m$  del eje 1.

35 De manera alternativa a esto, también es posible que sólo esté previsto un sensor para la medición de una magnitud de movimiento en el lado conductor y un sensor para la medición de una magnitud de movimiento en el lado conducido, pudiendo establecerse las otras magnitudes de movimiento a partir de los valores de medición. Esto puede producirse, por ejemplo, mediante la integración o diferenciación temporal de los valores de medición o mediante utilización de un denominado observador.

40 La posición  $x_{m1}$  del eje 1 se suministra entonces a un diferenciador 8, que calcula la velocidad  $v_{m1}$  del eje 1 como la derivada temporal de la posición  $x_{m1}$ , de modo que no es necesaria una medición de la velocidad  $v_{m1}$  en este ejemplo de realización.

45 La posición  $x_{m1}$ , la velocidad  $v_{m1}$  y la aceleración  $a_{m1}$  del eje 1 se suministran entonces a una unidad de cálculo 9, que calcula, con ayuda de un modelo predefinido y teniendo en cuenta las correspondientes magnitudes de movimiento  $x_{mi}$ ,  $v_{mi}$  y  $a_{mi}$  de los otros ejes, un valor basado en el modelo  $F_{\text{MODELO},1}$  para la fuerza que actúa sobre el eje 1. El cálculo del valor basado en el modelo  $F_{\text{MODELO},1}$  se realiza en este caso también a partir de datos de medición en el lado de carga.

50 Además, el dispositivo de monitorización 6 calcula, a partir de los datos de medición en el lado conductor, un valor de comparación  $F_{L1}$  para la fuerza que actúa sobre el eje 1. Para ello, el dispositivo de monitorización 6 presenta dos unidades de cálculo 10, 11, que convierten la velocidad angular medida  $\omega_{A1}$  y la posición angular medida  $\phi_{A1}$  del árbol 3 de accionamiento, teniendo en cuenta la relación de transmisión  $i_G$ , en valores correspondientes  $v_{A1}$  y  $x_{A1}$ .

55 El recorrido de regulación establecido en el lado conductor  $x_{A1}$  se suministra entonces a un restador 12, que calcula la diferencia  $\Delta x = x_{A1} - x_{m1}$  entre el recorrido de regulación establecido en el lado conductor  $x_{A1}$  y la posición realmente medida  $x_{m1}$  de la masa  $m$  del eje 1. Esta diferencia  $\Delta x$  se suministra a una unidad de cálculo adicional 13, que teniendo en cuenta las constantes elásticas  $c$  calcula la parte elástica  $\Delta x \cdot c$  de la fuerza que actúa sobre el eje 1.

- 5 La velocidad de regulación establecida en el lado conductor  $v_{A1}$  se suministra en cambio a un restador 14, que calcula la diferencia  $\Delta v = v_{A1} - v_{m1}$  entre la velocidad de regulación establecida en el lado conductor  $v_{A1}$  y la velocidad realmente medida de la masa  $m$  del eje 1. Esta diferencia  $\Delta v$  se suministra entonces a una unidad de cálculo 15, que calcula la parte provocada por la amortiguación de la transmisión de la fuerza que actúa sobre el eje 1 como producto de las constantes de amortiguación  $d_G$  y de la diferencia de velocidad  $\Delta v$ .
- 10 En el lado de salida, las dos unidades de cálculo 13, 15 están unidas con un sumador 16, que calcula a partir de la parte elástica  $c \cdot \Delta x$  y de la parte de amortiguación  $d_G \cdot \Delta v$  el valor de comparación  $F_{L1}$  para la fuerza que actúa sobre el eje 1.
- 15 El dispositivo de monitorización 6 presenta además un restador 17, que está unido en el lado de entrada con el sumador 16 y la unidad de cálculo 9 y calcula la diferencia entre los dos valores de comparación  $F_{L1}$  y  $F_{MODELO,1}$  y emite la señal de error  $F_{PERT,1}$ .
- 20 En caso de un movimiento sin perturbación del eje 1, ambos valores de comparación  $F_{L1}$  y  $F_{MODELO,1}$  coinciden salvo por un error de medición inevitable, puesto que el modelado del comportamiento dinámico del eje 1 reproduce su comportamiento real. El cálculo de la fuerza  $F_{L1}$  que actúa sobre el eje 1 a partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado conductor  $\omega_{A1}$  y  $\varphi_{A1}$  da entonces el mismo valor que el cálculo de la fuerza  $F_{MODELO,1}$  que actúa sobre el eje 1 a partir de las magnitudes de movimiento medidas en el lado de carga  $x_{M1}$  y  $a_{M1}$ .
- 25 En caso de que, por el contrario, el movimiento del eje 1 se vea perturbado, entonces los valores de comparación  $F_{L1}$  y  $F_{MODELO,1}$  difieren, expresando la desviación de estas magnitudes la intensidad de la perturbación. Así, un rozamiento de cojinetes ampliado sólo lleva a una señal de error  $F_{PERT,1}$  relativamente pequeña, mientras que una colisión del eje 1 con un límite lleva a una señal de error  $F_{PERT,1}$  muy grande.
- 30 Además, para la evaluación del comportamiento de funcionamiento está prevista para todos los ejes una unidad de evaluación 18, que en el lado de entrada está unida con los dispositivos de monitorización 6 individuales para los ejes individuales y recibe las señales de error  $F_{PERT,1}$  para todos los ejes.
- 35 La unidad de evaluación 18 contiene una parte de recepción 19, que recibe las señales de error  $F_{PERT,1}$  para todos los ejes en paralelo y las transmite como vector de fuerza de perturbación pluridimensional  $F_{PERT}$  a una unidad de cálculo 20.
- 40 La unidad de cálculo 20 calcula entonces a partir de las componentes individuales del vector de fuerza de perturbación  $F_{PERT}$  un valor de error escalar  $F$ , que expresa la intensidad de la perturbación que actúa sobre el robot de pintura.
- 45 El valor de error  $F$  del vector de fuerza de perturbación  $F_{PERT}$  se suministra entonces a una unidad de cálculo 21, que calcula la media deslizante del valor de error  $F$ , para suprimir en la evaluación la influencia de valores atípicos de medición. Sin embargo, el tiempo de promediado de la unidad de cálculo 21 es relativamente corto, para que se detecten rápidamente perturbaciones que aparecen repentinamente como por ejemplo en caso de una colisión del robot de pintura con un obstáculo.
- 50 En el lado de salida, la unidad de cálculo 21 está unida con una parte de valor umbral 22, ya que en caso de superarse un valor límite predefinido genera una señal de parada de emergencia, que lleva a la detención inmediata del robot de pintura, para evitar que se dañe el robot de pintura y el entorno o incluso que personas que se encuentran en las inmediaciones resulten heridas.
- 55 Además, la unidad de evaluación 18 presenta otra rama, para poder reaccionar ante perturbaciones más pequeñas y que aparecen más lentamente. Para ello, la unidad de cálculo 20 está unida con una unidad de cálculo 23, que calcula la media deslizante de la señal de error  $F$ , presentando la unidad de cálculo 23 un tiempo de promediado mayor que el de la unidad de cálculo 21, de modo que sólo se tengan en cuenta variaciones más prolongadas.
- 60 En el lado de salida, la unidad de cálculo 23 está unida con una parte de valor umbral 24, que en caso de superarse un valor límite predefinido genera una señal de advertencia.
- La invención no está limitada al ejemplo de forma de realización descrito anteriormente. Más bien son posibles una pluralidad de variantes y desviaciones, que también hacen uso del concepto de la invención y por tanto entran dentro del alcance de protección.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento de monitorización para un sistema de accionamiento de un robot, en particular de un robot de pintura, con un motor y una parte móvil accionada por el motor, que presenta las siguientes etapas:
- 5 - medir al menos una magnitud de movimiento en el lado conductor ( $\varphi_{A1}$ ,  $\omega_{A1}$ ) del motor,
  - establecer al menos una magnitud de movimiento en el lado conducido ( $x_{M1}$ ,  $a_{M1}$ ) de la parte móvil,
  - 10 - determinar una señal de error ( $F_{PERT}$ ) en función de la magnitud de movimiento medida en el lado conductor ( $\varphi_{A1}$ ,  $\omega_{A1}$ ) del motor y de la magnitud de movimiento medida en el lado conducido ( $x_{M1}$ ,  $a_{M1}$ ) de la parte móvil,
- caracterizado porque comprende una medición de la magnitud de movimiento en el lado conducido ( $x_{M1}$ ,  $a_{M1}$ ) y las siguientes etapas:
- 15 - calcular un primer valor de comparación ( $F_{L1}$ ) para una fuerza de accionamiento o un momento de accionamiento del motor por medio de la magnitud de movimiento medida en el lado conductor ( $\varphi_{A1}$ ,  $\omega_{A1}$ ) del motor,
  - 20 - calcular un segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ) para una fuerza de accionamiento o un momento de accionamiento del motor por medio de la magnitud de movimiento medida en el lado conducido ( $x_{M1}$ ,  $a_{M1}$ ) de la parte móvil,
  - 25 - comparar el primer valor de comparación ( $F_{L1}$ ) con el segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ),
  - generar la señal de error ( $F_{PERT}$ ) en función de la comparación.
2. Procedimiento de monitorización según la reivindicación 1, caracterizado porque se mide la velocidad ( $\omega_{A1}$ ) del motor y se calcula el primer valor de comparación ( $F_{L1}$ ) por medio de la velocidad medida ( $\omega_{A1}$ ) del motor.
- 30 3. Procedimiento de monitorización según la reivindicación 1 y/o 2, caracterizado porque se mide la posición ( $\varphi_{A1}$ ) del motor y se calcula el primer valor de comparación ( $F_{L1}$ ) por medio de la posición medida ( $\varphi_{A1}$ ) del motor.
- 35 4. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se mide la posición ( $x_{M1}$ ), la velocidad ( $v_{M1}$ ) y/o la aceleración ( $a_{M1}$ ) de la parte móvil y se calcula el segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ) para la fuerza de accionamiento o el momento de accionamiento del motor por medio de la posición medida ( $x_{M1}$ ), de la velocidad medida ( $v_{M1}$ ) y/o de la aceleración medida ( $a_{M1}$ ) de la parte móvil.
- 40 5. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ) se calcula mediante un procedimiento de cálculo recurrente a partir de la posición medida ( $x_{M1}$ ), de la velocidad medida ( $v_{M1}$ ) y/o de la aceleración medida ( $a_{M1}$ ) de la parte móvil.
- 45 6. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de accionamiento presenta varios ejes móviles, midiéndose la posición ( $\varphi_{A1}$ ), la velocidad ( $\omega_{A1}$ ) y/o la aceleración del motor para los ejes individuales, determinándose el primer valor de comparación ( $F_{L1}$ ) por separado para los ejes individuales.
- 50 7. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el sistema de accionamiento presenta varios ejes móviles, midiéndose la posición ( $x_{M1}$ ), la velocidad ( $v_{M1}$ ) y/o la aceleración ( $a_{M1}$ ) de la parte móvil en los ejes individuales y calculándose el segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ) por separado para cada eje.
- 55 8. Procedimiento de monitorización según la reivindicación 6, caracterizado porque el segundo valor de comparación ( $F_{MODELO,1}$ ) para los ejes individuales se determina en función de la posición ( $x_{M1}$ ), de la velocidad ( $v_{M1}$ ) y/o de la aceleración ( $a_{M1}$ ) de la parte móvil en varios ejes.
9. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la señal de error ( $F_{PERT}$ ) se determina por separado para cada eje del sistema de accionamiento.
- 60 10. Procedimiento de monitorización según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se determina el valor promedio deslizante de la señal de error ( $F_{PERT}$ ).

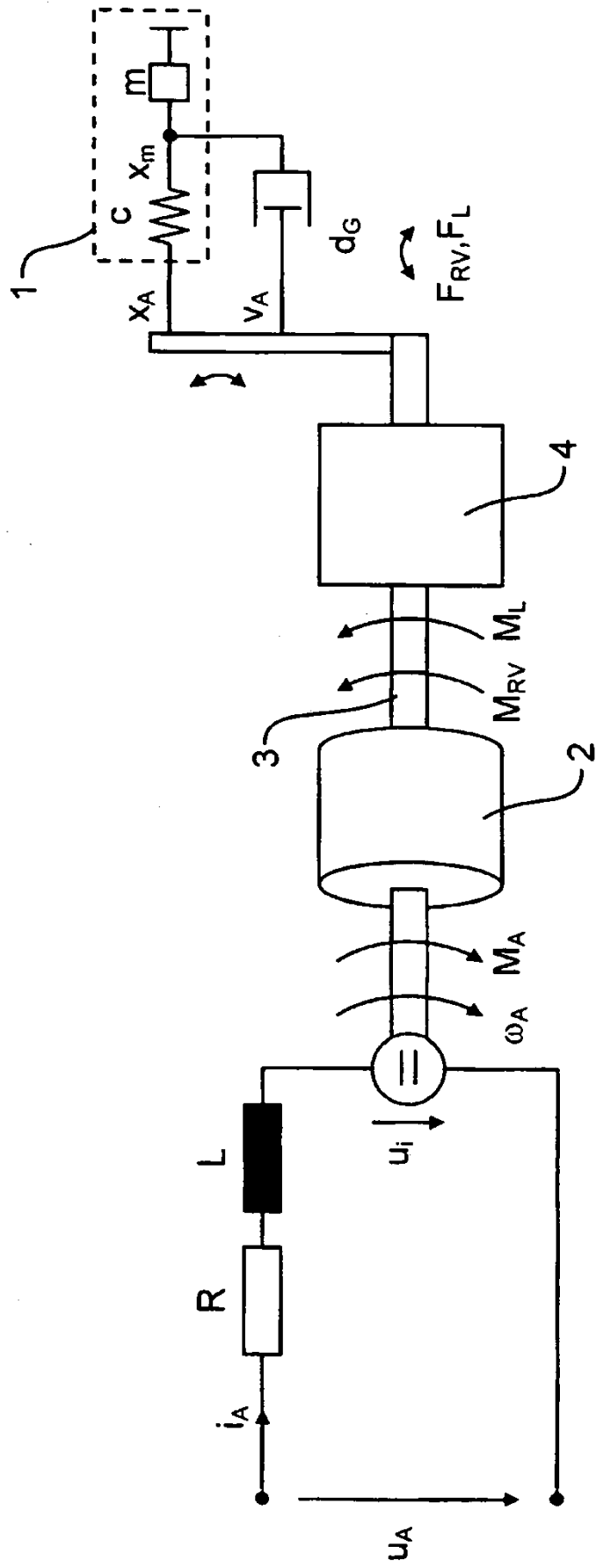


Fig. 1





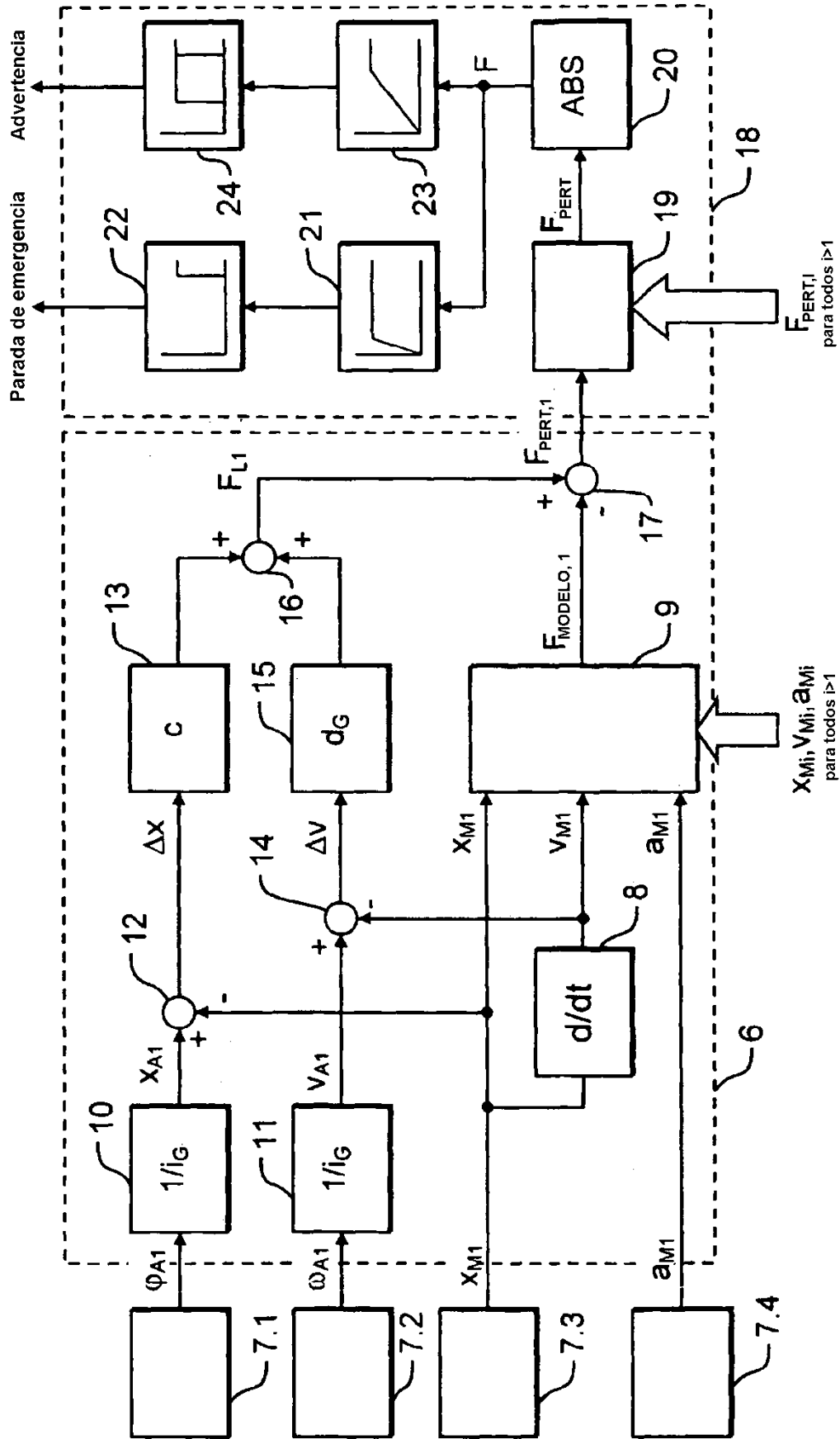


Fig. 3