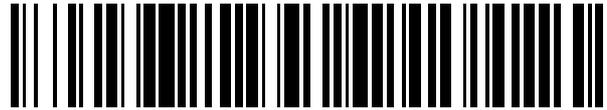


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 323**

51 Int. Cl.:

B66B 13/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.09.2005 E 05779534 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **21.05.2008 EP 1922278**

54 Título: **Disposición de elevador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
30.01.2013

73 Titular/es:

**KONE CORPORATION (100.0%)
KARTANONTIE 1
00330 HELSINKI, FI**

72 Inventor/es:

TYNI, TAPIO

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 394 323 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

Disposición de elevador

Campo de la invención

5 La presente invención está relacionada con la optimización de las funciones de las puertas de un elevador controladas por ordenador en un sistema elevador, con el fin de mejorar el rendimiento de dicho sistema elevador.

Antecedentes de la invención

Un sistema mecánico en condiciones de funcionamiento normal implica un cierto número de fuerzas de resistencia al movimiento producidas por diversos fenómenos. Si las magnitudes de estas fuerzas se pueden determinar mediante mediciones o cálculos, es posible utilizar esta información para optimizar el funcionamiento del sistema.

10 Un sistema elevador comprende numerosos componentes movidos mecánicamente que se ven sometidos a una serie de fuerzas de resistencia al movimiento, como por ejemplo, fuerzas de fricción y las fuerzas de inercia y gravitatorias asociadas a masas móviles. Uno de dichos componentes es una puerta de elevador que se mueve automáticamente en un carril horizontal, que es accionada por fuerzas desde varias direcciones y que, tanto en su borde superior como en el inferior, se encuentra en contacto con los carriles que mantienen el movimiento de la
15 puerta alineado. La magnitud de las fuerzas que se oponen al movimiento de las puertas del elevador varía de unos sistemas elevadores a otros. Con frecuencia, la magnitud de estas fuerzas también experimenta variaciones mientras el sistema elevador se encuentra en funcionamiento. Con frecuencia resulta difícil de realizar la medición continua y directa de las fuerzas de resistencia al movimiento; por ejemplo, no es posible montar de forma ventajosa un "medidor de fricción" independiente en una puerta de elevador. Por consiguiente, la medición de la magnitud de
20 cada una de las fuerzas de resistencia al movimiento de la puerta se realiza preferiblemente de forma indirecta. Es posible construir un modelo del sistema en cuestión que en este caso es la puerta del elevador, en el que se observan las fuerzas que se aplican a la puerta. Las fuerzas que actúan en el modelo son las fuerzas de fricción que ofrecen que se oponen al movimiento de la puerta, la masa de la puerta y las fuerzas producidas por el mecanismo de cierre de la puerta. Mediante la utilización del modelo es posible calcular los parámetros deseados cuando las
25 magnitudes de las fuerzas de tracción de apertura y cierre de la puerta son conocidas y se mide la aceleración o la velocidad de la puerta. Ello hace que sea posible calcular parámetros no conocidos, tales como la fuerza de fricción, la masa de la puerta y la componente horizontal de la fuerza aplicada a la puerta. Cuando se conocen los parámetros mencionados más arriba, los denominados parámetros cinéticos, las funciones de las puertas, tales como su apertura y cierre, se pueden controlar de manera precisa y de forma óptima por lo que respecta al sistema elevador, mejorándose de este modo el rendimiento del sistema elevador. Así pues, se trata de un problema de optimización y de estimación de parámetros.

En un sistema elevador, el conjunto de puertas está constituido por una puerta de cabina que se mueve con la misma y las puertas de acceso en las diferentes plantas. La puerta de un elevador automático moderno se abre y se
35 cierra mediante un accionador de puertas integrado en la cabina del elevador y utilizando, por ejemplo, un motor de corriente continua para abrir y cerrar las puertas del elevador en cada planta. El par producido por el motor de corriente continua es directamente proporcional a la corriente del motor. La energía del motor se transmite a la puerta a través de, por ejemplo, una correa dentada, y la puerta se desliza sobre rodillos. Por motivos de seguridad, únicamente las puertas de rellano se cierran sin un motor por medio de un dispositivo de cierre. La fuerza de cierre del dispositivo de cierre se puede producir mediante un peso de cierre o un resorte helicoidal. La corriente del motor y el par correspondiente se miden, bien desde una tarjeta de control del motor o directamente desde el cable de corriente del motor. Otro de los parámetros del motor que se puede monitorizar es la denominada señal tacométrica de pulsos. La señal tacométrica consiste normalmente en una onda cuadrada cuya frecuencia depende de la
40 velocidad del motor y, por lo tanto, de la velocidad de la puerta.

Un problema de la técnica anterior es que el sistema elevador comprende, generalmente, una pluralidad de puertas, cuyos parámetros cinéticos pueden variar ampliamente entre las diferentes puertas. El número de parámetros también puede ser elevado. Por ejemplo, un edificio con 8 elevadores que prestan servicio a 30 pisos consta de 240
45 puertas, para cada una de las cuales se deben determinar varios parámetros cinéticos. Así pues, en tales casos resulta muy laborioso, con frecuencia casi imposible, determinar todos los parámetros. Una solución de la técnica anterior consiste en definir parámetros cinéticos apropiados para la puerta más pesada del sistema elevador cuando se instala el sistema y utilizar estos parámetros para el control de todas las puertas del sistema elevador. Normalmente, la puerta más pesada se encuentra en el vestíbulo de entrada del edificio y puede pesar, por ejemplo, 130 kg, en tanto que las puertas de los descansillos de los pisos pueden tener una masa de tan sólo 100 kg. En otras palabras, en las soluciones de la técnica anterior no se lleva a cabo ninguna optimización específica del funcionamiento de cada puerta. Por ejemplo, los parámetros de control para el controlador del motor que controla el
50 funcionamiento de la puerta no están optimizados, como tampoco lo están los perfiles de velocidad de las diferentes puertas del sistema elevador. En el caso del ejemplo mencionado más arriba, es posible aumentar la capacidad de transporte del sistema elevador en un 2..3% y acortar el tiempo medio de espera de los pasajeros en un 5%

5 mediante la optimización del perfil de la velocidad de las puertas de rellano considerando una masa de 100 kg en lugar de 130 kg. Un inconveniente adicional de las soluciones de la técnica anterior consiste en que el controlador del motor de la puerta puede oscilar a medida que la carga del motor varía, provocando una tensión mecánica innecesaria a la vez que se incrementa excesivamente el tiempo necesario para realizar las operaciones de la puerta. Así pues, existe una necesidad de un método automático para determinar los parámetros cinéticos de las puertas en un sistema elevador para optimizar el funcionamiento de las puertas con el fin de permitir mejorar el rendimiento del sistema elevador.

10 El documento EP 1 544 152 A1 divulga un controlador para la puerta de un elevador, que comprende una unidad de cálculo de la energía cinética que envía una señal a un dispositivo de selección de patrones de velocidad para que éste elija un patrón de velocidad adaptado a las circunstancias calculadas en la unidad de cálculo de la energía cinética. La unidad de cálculo de la energía cinética extrae un valor para la masa de la puerta de una sección de almacenamiento de la masa de las puertas, valor que se especifica para cada planta tomando en consideración información de dichas plantas.

15 El documento WO 2005/073119 muestra un modelo dinámico de la puerta del elevador, modelo que se alimenta con parámetros cinéticos como el factor de potencia del motor, la fricción del motor y la masa del peso de cierre de una puerta.

Objeto de la invención

20 El objeto de la presente invención es superar los inconvenientes de la técnica anterior mencionados más arriba y conseguir un nuevo tipo de solución que haga posible mejorar el rendimiento de un sistema elevador a través de la optimización del funcionamiento específico de cada puerta del sistema elevador.

Un objeto adicional de la invención es conseguir uno o más de los siguientes objetivos:

- garantizar el funcionamiento seguro de las puertas del elevador en todas las situaciones de funcionamiento.
- permitir que sea tenida en cuenta la situación del tráfico de un sistema elevador y las necesidades específicas de los pasajeros en la ejecución de las operaciones con las puertas.
- 25 – reducir los fallos y desgaste prematuro de las puertas de un sistema elevador.
- facilitar y acelerar la puesta en marcha de un sistema elevador.

Breve descripción de la invención

30 El método y el sistema de la invención se caracterizan mediante lo que se divulga en las partes caracterizadoras de las reivindicaciones 1 y 10. Otros modos de realización de la invención se caracterizan por lo que se divulga en las restantes reivindicaciones.

35 En la parte descriptiva y en los dibujos de la presente solicitud también se presentan algunos modos de realización inventivos. El contenido inventivo también puede consistir en diversas invenciones independientes, especialmente si se considera la invención a la luz de algunas subtarear explícitas o implícitas o en relación con las ventajas o conjuntos de ventajas que se consiguen. En este caso, algunos de los atributos contenidos en las reivindicaciones incluidas más adelante pueden resultar superfluos desde el punto de vista de conceptos inventivos independientes. En el marco del concepto básico de la invención, se pueden aplicar características de los diferentes modos de realización de la invención conjuntamente con otros modos de realización.

40 La presente invención se refiere a un método para mejorar el rendimiento de un sistema elevador. El sistema elevador comprende al menos un elevador, y el elevador comprende una o más puertas de elevador y al menos un mecanismo accionador de puertas para abrir y cerrar la puerta o las puertas del elevador antes mencionado. En el método se miden la aceleración y/o la velocidad de, al menos, una de dichas puertas del elevador, así como el par del motor de accionamiento de puertas que mueve la puerta. Se crea un modelo dinámico para la puerta del elevador que incluye las fuerzas que actúan sobre la puerta del elevador. Además, en el método, se calculan algunos parámetros cinéticos de la puerta del elevador utilizando la aceleración o la velocidad medidas y el par motor medido mencionados más arriba, así como el modelo dinámico de la puerta del elevador. Mediante los parámetros cinéticos calculados se optimiza el funcionamiento de la puerta del elevador con el fin de mejorar el rendimiento del sistema elevador.

45 La presente invención también se refiere a un sistema para mejorar el rendimiento de un sistema elevador. El sistema elevador comprende al menos un elevador, y el elevador comprende una o más puertas de elevador y al menos un mecanismo accionador de puertas para abrir y cerrar la puerta o las puertas del elevador antes mencionadas. El sistema comprende además:

- medios para medir la aceleración y/o la velocidad de la puerta del elevador, así como el par del motor de

puertas que mueve la puerta del elevador;

- un modelo dinámico de la puerta del elevador, que comprende las fuerzas que actúan sobre la puerta del elevador;
- 5 - medios para calcular los parámetros cinéticos de la puerta del elevador utilizando la aceleración medida o la velocidad medida y el par medido del motor que acciona la puerta del elevador, así como el modelo dinámico;
- medios para optimizar las funciones de la puerta del elevador mediante la utilización de los parámetros cinéticos calculados, con el fin de mejorar el rendimiento del sistema elevador.

10 El modelo dinámico de la puerta del elevador es un elemento esencial de la presente invención. Algunos de los parámetros cinéticos del modelo se actualizan después de cada secuencia neta de puerta. 'Secuencia neta de puerta' se refiere a las acciones de apertura y cierre de la puerta en las que la puerta no se abre de nuevo durante la acción de cierre. El modelo comprende la puerta y el dispositivo de cierre, así como las fuerzas aplicadas a estos, incluyendo la fuerza de fricción. Haciendo uso del modelo se calcula(n) la aceleración y/o la velocidad de la puerta en función del tiempo. Los valores instantáneos medidos y calculados se comparan entre sí, obteniéndose de este modo un término de error. En cada instante el término de error es una función de tres variables (la masa de la

15 puerta, la fuerza de fricción aplicada a la puerta y una fuerza debida a la inclinación de la puerta). A continuación se calcula la suma de los cuadrados de los términos de error, multiplicando cada uno de los cuadrados de los términos de error por un coeficiente de ponderación deseado. Se busca un valor mínimo para el término de error al cuadrado obtenido de este modo, situación en la que los tres parámetros buscados son los que mejor se ajustan a la realidad.

20 Mediante la aplicación del método y el sistema de la presente invención se puede optimizar en tiempo real el funcionamiento de las puertas de los elevadores de un sistema elevador. En este contexto, 'puerta de elevador' se refiere a una puerta de deslizamiento horizontal que comprende una puerta de cabina de elevador y una puerta de rellano, que está controlada por un motor y cuyo cierre se puede realizar con ayuda de un dispositivo de cierre.

25 El funcionamiento de la puerta se ve afectado por varios parámetros cinéticos diferentes, entre los cuales los parámetros de interés especial en la actualidad son la masa de la puerta, la magnitud de la fuerza de fricción aplicada a la puerta, la magnitud de la componente horizontal de la fuerza aplicada a la puerta y el estado de funcionamiento del dispositivo de cierre de la puerta. Utilizando los parámetros cinéticos se puede optimizar el funcionamiento de la puerta. A través de los parámetros, es posible definir, por ejemplo, los parámetros de control del controlador del motor que regula el funcionamiento de la puerta, definir un perfil óptimo de velocidad de la secuencia de cierre y/o apertura para la puerta de tal modo que no se exceda(n) la energía cinética instantánea y/o promedio máximas de la puerta permitidas por las normativas, o modificar el perfil de la velocidad de la puerta sobre la base del estado del tráfico del sistema elevador y/o de las necesidades especiales específicas de los pasajeros.

30

En un modo de realización de la invención, la aceleración de la puerta del elevador se mide mediante un sensor de aceleración que se coloca, preferiblemente, en una hoja móvil de la puerta del elevador.

35 En un modo de realización de la invención, la velocidad de la puerta del elevador se mide mediante una señal proporcional a la velocidad o a la posición, obtenida desde el motor de la puerta. En este modo de realización, la velocidad se mide mediante lo que se denomina una señal tacométrica obtenida desde el motor de la puerta. La señal tacométrica es una onda cuadrada en la que el intervalo entre pulsos depende de la velocidad del motor de la puerta y, por lo tanto, de la puerta. A partir de la señal tacométrica es posible calcular la velocidad de la puerta. Alternativamente, es posible utilizar lo que se denomina un sensor absoluto montado en el motor de la puerta o en una hoja de la puerta para medir el ángulo de rotación del motor o la posición de la hoja de la puerta respecto a una referencia dada. Derivando la señal de posición proporcionada por el sensor absoluto, se obtiene una señal proporcional a la velocidad de la puerta.

40

45 En un modo de realización de la invención, los parámetros de entrada utilizados en el modelo dinámico incluyen uno o más de los siguientes parámetros: la aceleración de la puerta del elevador, la velocidad de la puerta del elevador, la corriente del motor de accionamiento de la puerta del elevador, el coeficiente de par del motor, el par de fricción del motor, el factor de fuerza del resorte que cierra la puerta del elevador, la masa del peso de cierre, y el estado de funcionamiento del dispositivo de cierre.

50 En un modo de realización de la invención se calcula(n) uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador mediante el modelo dinámico de la puerta del elevador, siendo dichos parámetros la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción aplicada a la puerta del elevador, la fuerza debida al ángulo de inclinación de la puerta del elevador, y el estado de operación del dispositivo de cierre.

55 En un modo de realización de la invención, la aceleración o la velocidad de la puerta del elevador se representan en el modelo dinámico de la puerta del elevador como una función de uno o más parámetros. Estos parámetros son la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción aplicada a la puerta del elevador, la fuerza debida al ángulo de inclinación de la puerta del elevador, y el estado de funcionamiento del dispositivo de cierre. Además, en este modo

de realización, se calcula una primera función de error, bien como diferencia entre la aceleración instantánea medida de la puerta del elevador y la aceleración instantánea de la puerta del elevador representada en el modelo, o como diferencia entre la velocidad instantánea medida de la puerta del elevador y la velocidad instantánea de la puerta del elevador representada en el modelo. En este modo de realización se calcula una segunda función de error elevando al cuadrado la primera función de error y sumando las primeras funciones de error al cuadrado obtenidas a lo largo de un cierto intervalo de tiempo con los coeficientes de ponderación deseados. Minimizando la segunda función de error se calcula(n) uno o más de los siguientes parámetros: la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción aplicada a la puerta del elevador y la fuerza debida al ángulo de inclinación de la puerta del elevador, y los parámetros calculados se vuelven a introducir en el modelo dinámico para ser utilizados en el siguiente ciclo de cálculo. Finalmente, se le pasa(n) al controlador del accionador de puertas de la puerta del elevador uno o más de los parámetros cinéticos calculados con el fin de optimizar las funciones de la puerta del elevador.

En un modo de realización de la invención se determina(n) uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador en relación con la puesta en marcha del elevador, y estos parámetros se definen como parámetros constantes en el modelo dinámico de la puerta del elevador. Se puede simplificar el cálculo fijando entre todas las variables uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta. Para hacerlo, los parámetros cinéticos deseados se determinan en relación con la puesta en marcha o la entrada en servicio del sistema tomando el promedio de los parámetros para un número deseado de operaciones de la puerta. La duración del "período de entrenamiento" considerado puede ser, por ejemplo, de aproximadamente unas veinte operaciones de la puerta. Una vez definidos los parámetros en cuestión como el promedio de los resultados del período de entrenamiento, éstos se configuran como parámetros constantes. Después de esto, la lógica de optimización procesa las funciones en las que estos parámetros son constantes, por lo que el proceso de dichas funciones requiere menos potencia de cálculo y tiempo que anteriormente. Por ejemplo, se puede fijar la masa de la puerta, porque se puede asumir que la masa no variará significativamente en condiciones normales de funcionamiento.

En un modo de realización de la invención, se utiliza un algoritmo genético (GA) para detectar los fallos del dispositivo de cierre de la puerta. De acuerdo con este modo de realización, el algoritmo genético comprende un cromosoma que consta de genes que describen el estado de funcionamiento del dispositivo de cierre, la fuerza de fricción aplicada a la puerta y la fuerza debida al ángulo de inclinación de la puerta. Como indicador de la bondad del algoritmo genético se utiliza una función cuadrática de error, y se utiliza el modelo dinámico de la puerta para la determinación del fenotipo del algoritmo genético. El algoritmo genético (GA) proporciona la ventaja de que se puede detectar un fallo del dispositivo de cierre de la puerta de forma inmediata. Mediante la utilización del GA es posible determinar simultáneamente tanto un modelo correcto del sistema de puerta (incluido o no el dispositivo de cierre) y las fuerzas no conocidas relacionadas con la fricción de la puerta y la inclinación de la puerta. Los parámetros del modelo dinámico de la puerta se codifican en un cromosoma del algoritmo genético. En este contexto, los parámetros no conocidos relacionados con el funcionamiento del dispositivo de cierre, la fuerza de fricción aplicada a la puerta y la fuerza producida por el ángulo de inclinación son genes; en otras palabras, estos parámetros en conjunto forman un cromosoma. La función que indica la calidad del cromosoma es la función cuadrática de error, que puede ser concebida como un indicador del rendimiento de la solución, es decir, su fenotipo, representado por el cromosoma. Con valores diferentes para los genes, es decir, alelos, se obtienen fenotipos correspondientes diferentes, a partir de los cuales, como resultado final de una búsqueda, el optimizador del GA termina encontrando el fenotipo que proporciona el valor mínimo. Los valores de los genes correspondientes a este fenotipo indican el estado operativo del sistema de la puerta en el instante en cuestión.

En un modo de realización de la invención se determinan uno o más de los parámetros de control del controlador del motor de la puerta, que son la ganancia del controlador y la magnitud del valor del par de empuje, mediante la utilización de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador. Con una ganancia del controlador y un valor del par de empuje óptimos se consiguen movimientos precisos del motor de la puerta y se pueden reducir las oscilaciones del controlador con diferentes cargas del motor de la puerta. Como resultado final se logran una aceleración de los movimientos de la puerta del elevador y una reducción de los componentes de la fuerza producida por oscilaciones de controlador y la tensión del mecanismo que acciona la puerta.

En un modo de realización de la invención, el perfil de la velocidad de la puerta del elevador se determina mediante la utilización de uno o más parámetros auxiliares, que son la energía cinética instantánea máxima permitida de la puerta del elevador, la energía cinética promedio permitida de la puerta del elevador, la situación del tráfico del sistema elevador y los datos de identificación específicos de los pasajeros. Las normativas de seguridad relativas a los sistemas elevadores establecen de forma general para las puertas de los elevadores un máximo permitido para la energía cinética promedio y/o un máximo permitido para la energía cinética instantánea durante el movimiento de cierre de la puerta.

Mediante la optimización de los perfiles de velocidad de diferentes puertas en el sistema elevador utilizando los valores para la energía cinética antes mencionados, se optimizan las velocidades de movimiento de las puertas y al mismo tiempo el rendimiento, como por ejemplo la capacidad de transporte, de todo el sistema elevador. Por otra parte, en situaciones en las que el número de pasajeros que utilizan el sistema elevador es pequeño, es posible reducir las velocidades de las puertas, mejorando de este modo la comodidad durante el recorrido en el sistema

elevador y reduciendo los componentes de la fuerza que someten a tensión a la mecánica que acciona las puertas. De modo análogo, en el cálculo del perfil de la velocidad se pueden tener en cuenta las necesidades especiales de los diferentes pasajeros, por ejemplo, reduciendo la velocidad de los movimientos de las puertas cuando utiliza el elevador un pasajero en una silla de ruedas.

- 5 En un modo de realización de la invención, los parámetros cinéticos estimados de una o más puertas del elevador se almacenan en el sistema elevador, preferiblemente en las funciones de puerta que controlan el mecanismo de accionamiento de las puertas. Los parámetros que se utilizan en cada caso para la optimización de las operaciones de la puerta se escogen entre los parámetros almacenados, para ser utilizados en función de una señal de selección externa.
- 10 En un modo de realización de la invención, la señal externa utilizada para la selección de los parámetros cinéticos es una señal que indica la planta de destino, siendo generada dicha señal en el sistema de control del elevador o en el control de grupo del sistema elevador.

En un modo de realización de la invención, la señal externa utilizada para la selección de los parámetros cinéticos es una señal generada por un detector de planta que se desplaza con la cabina del elevador.

15 **Lista de figuras**

La Fig. 1 presenta un modelo dinámico de una puerta de acuerdo con la presente invención,

la Fig. 2 representa un método de acuerdo con la presente invención para determinar los parámetros cinéticos no conocidos del modelo,

- 20 la Fig. 3 representa un segundo método de acuerdo con la presente invención para determinar los parámetros cinéticos no conocidos del modelo,

la Fig. 4 representa un tercer método de acuerdo con la presente invención para determinar los parámetros cinéticos no conocidos del modelo, y

la Fig. 5 presenta un diagrama funcional de bloques de un sistema de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de la invención

- 25 Para determinar las fuerzas que actúan sobre las puertas en un sistema elevador se construye un modelo dinámico para las puertas en el que se tienen en cuenta las fuerzas que actúan sobre las puertas. En la Fig. 1 se muestra un modelo dinámico de una puerta. La ley fundamental que se aplica es la segunda ley de Newton, de acuerdo con la cual la fuerza que actúa sobre un objeto es la resultante de la masa del objeto y de su aceleración. Otra ley fundamental en relación con el rozamiento da la magnitud de la fuerza de fricción que se opone al movimiento del
- 30 objeto como resultado de un coeficiente de fricción y de la fuerza que presiona al objeto contra la superficie en cuestión (para un objeto que se mueve sobre una superficie nivelada, la fuerza de la gravitación). Por razones de simplicidad, se asume que en el modelo dinámico todas las masas en movimiento están concentradas en un único punto de masa individual m_d . Análogamente, todas las fuerzas de fricción que actúan en el sistema, a excepción de la fricción del motor, pueden combinarse en un único término de fuerza de fricción concentrada $F_{\mu m}$. El
- 35 funcionamiento dinámico del sistema de la puerta se puede modelar mediante cinco fuerzas diferentes que influyen sobre el mismo: la fuerza del motor, la fuerza generada por un peso o un resorte de cierre, la fuerza debida al ángulo de inclinación de la puerta, la fuerza de fricción interna del motor y la fuerza de fricción producida por la puerta. La masa total del sistema está constituida por la masa concentrada de la puerta 10 y la masa de un posible peso de cierre 11. Todas las masas comprendidas en los mecanismos de la puerta se concentran en la masa de la puerta
- 40 m_d . La Fig. 1 muestra los puntos de masa del sistema, las fuerzas presentes en el mismo y la dirección positiva de la velocidad y de la aceleración.

A partir del modelo dinámico y de la segunda ley de Newton se obtiene la expresión (1) para la aceleración instantánea $\ddot{a}_d(t)$ de la puerta 10:

$$\ddot{a}_d(t) = \frac{F_m(t) + F_{ilt} - F_{cd}(x_d(t)) - \text{sign}(v_d(t)) \cdot (F_{\mu m} + F_{\mu d})}{m_d + m_{cd}}, \quad (1)$$

- 45 donde $F_m = BI \cdot I_m(t)$ y $F_{cd}(x_d(t)) = m_{cd} \cdot g$ cuando el dispositivo de cierre es un peso, y $F_{cd}(x_d(t)) = k_{cd}(x_{d0} + x_d(t))$ cuando el dispositivo de cierre es un resorte. BI es el coeficiente de par del motor, I_m es la corriente del motor, F_m es la fuerza generada por el motor, F_{ilt} es la componente horizontal de la fuerza producida por la inclinación de la puerta, F_{cd} es la fuerza debida al dispositivo de cierre, $F_{\mu m}$ es la fuerza de fricción interna del motor, $F_{\mu d}$ es una fuerza de fricción concentrada que actúa sobre la puerta y resultante de todas las subcomponentes, m_d es la masa común
- 50 concentrada de todas las masas de la puerta, y m_{cd} es la masa del contrapeso. Si el dispositivo de cierre es un

resorte, $m_{cd} = 0$. Puesto que el dispositivo de cierre más ampliamente utilizado es un peso de cierre, en la siguiente descripción se tratará únicamente de él. Sin embargo, esto no significa que el dispositivo de la invención se limite exclusivamente a un peso de cierre; por el contrario, el dispositivo de cierre puede consistir en un mecanismo que obtenga su fuerza de cierre de un resorte o de alguna otra disposición.

- 5 Cuando las cantidades que hay que medir acerca de la puerta son muestreadas por el equipo de la invención con el fin de determinar los parámetros cinéticos, se produce una transición desde el mundo continuo en el tiempo a una representación discreta. La expresión (1) toma la forma

$$\tilde{a}_{d,k} = \frac{F_{m,k} + F_{tilt} - F_{cd}(x_{d,k}) - \text{sign}(v_{d,k}) \cdot (F_{\mu m} + F_{\mu d})}{m_d + m_{cd}}, \quad (2)$$

donde el instante t ha sido sustituido por una muestra tomada en ese instante con el número de secuencia k .

- 10 Entre los parámetros del modelo dinámico de la puerta, los que se deben conocer de antemano son la masa del peso de cierre, el coeficiente del par del motor y el momento de fricción interna del motor. La masa del peso de cierre se puede determinar fácilmente pesándolo. El coeficiente de par del motor y el momento de fricción interna $T_{\mu m}$ del motor se pueden determinar mediante un dinamómetro o a partir de las especificaciones proporcionadas por el fabricante del motor. Utilizando un dinamómetro se puede medir el par del motor como una función de la corriente del motor.

Los resultados que se obtienen para diferentes valores de corriente forman aproximadamente una línea recta T , que se representa mediante la ecuación

$$T(I_m) = Bl \cdot I_m - T_{\mu m} - T_{\mu Dyn} \quad (3)$$

- 20 donde $T(I_m)$ es el par del motor, y $T_{\mu Dyn}$ es la fricción del dinamómetro, que se supone conocida. Mediante regresión lineal se obtienen las variables no conocidas Bl y $T_{\mu m}$, que corresponden a la pendiente de la línea de regresión y su ordenada en el origen.

- La fuerza que actúa sobre la puerta se puede calcular a partir del par del motor teniendo en cuenta los mecanismos de transmisión de potencia del mecanismo de la puerta. En el caso del ejemplo, el árbol del motor está provisto de una polea de correa de radio r , alrededor de la cual pasa una correa dentada que mueve las hojas de la puerta. Por consiguiente, la fuerza que acciona las hojas de la puerta se obtiene fácilmente mediante la fórmula $F_m = T/r$.

Utilizando una vez más el modelo, es posible determinar los parámetros no conocidos, que en el presente contexto son la masa de la puerta, la fuerza producida por la inclinación y la fuerza de fricción que actúa sobre la puerta.

- En la Fig. 2 se ofrece una solución para la determinación de los parámetros cinéticos no conocidos. El movimiento de la puerta 20 del elevador está controlado mediante una lógica de control (no se muestra en la Fig. 2), que transmite la orden de abrir o cerrar la puerta. La puerta se mueve mediante un motor de corriente continua conectado a una tarjeta del controlador del motor. A partir de esta tarjeta es posible medir directamente la corriente del motor, que es proporcional al par del motor, y la denominada señal tacométrica. La señal tacométrica se obtiene a partir del generador tacométrico del motor, que detecta la velocidad de rotación mecánica del motor. En este modo de realización, la señal tacométrica es, típicamente, una señal con forma de onda cuadrada. La frecuencia y el intervalo entre pulsos de la señal de onda cuadrada son proporcionales a la velocidad de la puerta y del motor de la puerta. Entre cada dos pulsos sucesivos, la puerta siempre se desplaza la misma distancia parcial dx .

- Las señales obtenidas a partir de la tarjeta del controlador del motor y las órdenes transmitidas por la lógica de control se pasan a un bloque funcional 21 que realiza la recogida y procesamiento previo de la información. En dicho bloque, se filtran los datos de movimiento de la puerta con el fin de excluir aquellas operaciones de apertura de puertas en las que la puerta tiene que abrirse de nuevo durante un movimiento de cierre debido a un obstáculo, generalmente un pasajero, que se ha interpuesto en el recorrido de la puerta. Durante el intervalo de tiempo dt entre dos pulsos del tacómetro, la puerta se desplaza una distancia parcial dx constante. En el bloque 21, la velocidad v_d de la puerta en cada instante de tiempo k se puede calcular del siguiente modo:

$$v_{d,k} = \frac{dx}{dt_k} \quad (4)$$

- 45 El bloque de procesamiento preliminar también incluye coeficientes de ponderación para el posterior cálculo del término de error. Utilizando los coeficientes de ponderación a los términos deseados se les puede dar un peso mayor que a los restantes. En el bloque de procesamiento preliminar 21 se combina toda la información relativa a las operaciones de apertura y de cierre de la puerta para su posterior procesamiento.

Posteriormente, el siguiente paso del método es el procesamiento del modelo dinámico 22 de la puerta. El modelo se ha descrito más arriba y se muestra en la Fig.1. Como se ha descrito más arriba, los parámetros de entrada del modelo son el coeficiente de par del motor, el par de fricción del motor, la masa del peso de cierre de la puerta, la corriente del motor, el intervalo de tiempo dt y la velocidad de la puerta v_d . En el modelo, la aceleración de la puerta se estima mediante una función de tres variables del siguiente modo:

$$\tilde{a}_{d,k}(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) = \frac{\sum F_k(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}})}{\sum m} \quad (5)$$

donde $\sum F_k(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}})$ es la suma de las fuerzas que actúan sobre la puerta en el instante k. A partir de la aceleración estimada para la puerta se puede estimar la velocidad de la puerta del siguiente modo:

$$\tilde{v}_{d,k}(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) = v_{d,0} + \sum_k \tilde{a}_{d,k}(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) \cdot dt_k \quad , \quad (6)$$

10 donde $v_{d,0}$ es la velocidad de la puerta en el instante $t = 0$.

En el siguiente paso, la velocidad de la puerta estimada y la velocidad de la puerta calculada en el bloque de procesamiento preliminar se pasan a un bloque diferenciador 23. Se sustrae la velocidad instantánea calculada de la velocidad instantánea medida, y el resultado obtenido es el término de error e_k . Este término de error e_k es una función de tres variables, m_d , F_m y F_{tilt} .

15 Mediante los coeficientes de ponderación w_k , en el bloque 24 se puede calcular un denominado término de error cuadrático E:

$$E(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) = \sum_k w_k e_k(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}})^2 = \min \quad , \quad e_k = \tilde{v}_{d,k} - v_{d,k} \quad (7a, 7b)$$

20 A continuación, en el diagrama de bloques del método de la presente invención, el término de error cuadrático E se pasa a un optimizador 25. La función del optimizador es minimizar la función (7a) de las tres variables. Cuando se alcanza el valor mínimo, se han estimado los parámetros variables correspondientes al mismo para la masa de la puerta, la fuerza de fricción que se opone al movimiento de la puerta y la fuerza de fricción debida al ángulo de inclinación de la puerta.

La Fig. 3 muestra otro ejemplo para la determinación de los parámetros cinéticos.

25 En este ejemplo, la operación guarda un estrecho parecido con el procedimiento que se ilustra en la Fig. 2. La lógica de control (no se muestra en la Fig. 3) transmite a la puerta una orden de apertura o de cierre. En el caso de los elevadores que no disponen de señal tacométrica, el movimiento de la puerta del elevador debe ser controlado mediante algún otro método. Un método consiste en instalar un sensor de aceleración en una de las hojas de la puerta para controlar la aceleración de la puerta. La aceleración medida a_d se pasa a un bloque 31 de recogida y procesamiento preliminar de información. Como en el bloque 21 descrito más arriba, este bloque 31 de procesamiento preliminar filtra los datos de movimiento de la puerta con el fin de excluir las operaciones de apertura de la puerta en las que la puerta ha tenido que abrirse de nuevo durante un movimiento de cierre debido a un obstáculo que se ha interpuesto en el recorrido de la puerta.

A continuación, en el bloque 31 se calcula la velocidad v_d de la puerta mediante la siguiente fórmula simple, a partir de las aceleraciones medidas:

$$35 \quad v_{d,k} = v_{d,0} + \sum_k a_{d,k}(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) \cdot dt_k \quad , \quad (8)$$

donde $v_{d,0}$ es la velocidad inicial de la puerta en el instante $t = 0$. Por lo demás, el bloque 31 de procesamiento preliminar funciona del mismo modo que el bloque 21 de procesamiento preliminar de la Fig. 2. Las señales entre el bloque 31 y el modelo dinámico 32 de la puerta son iguales a las del método de la Fig. 2, con la diferencia de que el término de error E se calcula a partir de las aceleraciones en lugar de a partir de las velocidades.

$$40 \quad E(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}}) = \sum_k w_k e_k(m_d, F_\mu, F_{\text{tilt}})^2 = \min, \quad e_k = \tilde{a}_{d,k} - a_{d,k} \quad (7c, 7d)$$

En el modelo 32, la aceleración estimada de la puerta se calcula mediante la fórmula (5). Esta información se alimenta directamente al bloque de diferenciación 33, en donde la aceleración medida, en este caso obtenida

mediante un sensor, y la aceleración estimada a partir del modelo se sustraen una de la otra. Se obtiene un término de error e_k , que es una función de tres variables del mismo tipo que en el ejemplo de la Fig. 2. En el bloque 34 el error se eleva al cuadrado con las ponderaciones deseadas, como se ha descrito más arriba. De forma análoga, el optimizador 35 funciona del mismo modo que el optimizador 25. Como resultado, se obtienen los mismos tres parámetros no conocidos que anteriormente.

En los ejemplos que se presentan en las figuras 2 y 3 y en el modelo de la Fig. 1, es posible fijar uno o más de los parámetros de fuerza del modelo si se desea simplificar el modelo y el cálculo mediante ciertas asunciones. El análisis que lleva a cabo el optimizador se puede simplificar suponiendo, por ejemplo, que la masa de la puerta es constante. No obstante, todavía es necesario determinar la masa de la puerta en el momento de la puesta en marcha del sistema. En la práctica, la masa se fija en el modelo como el valor resultante del promedio de las masas obtenido, por ejemplo, a partir de las primeras 20 operaciones de la puerta en cada piso. Después de este "período de entrenamiento", el optimizador debe encontrar los valores de los dos parámetros no conocidos: la fricción que se opone al movimiento de la puerta y la fuerza debida a la inclinación de la puerta. Así se reduce la cantidad de trabajo de cálculo y la tarea de encontrar los parámetros se hace más sencilla. Después del período de entrenamiento, el método funciona igual que el método de las Fig. 2 ó 3, con la diferencia de que ahora m_d es un parámetro constante fijo, y que tanto e_k como E son funciones de dos variables.

Un tipo posible de fallo de una puerta de elevador es el fallo del dispositivo de cierre de la puerta. Esto puede suceder, por ejemplo, si el peso de cierre se ha desmontado durante el mantenimiento y el técnico de servicio ha olvidado montarlo de nuevo. Otra causa de fallo puede ser la rotura del cable del peso de cierre. Un fallo semejante se manifiesta en forma de un gran aumento repentino de la fuerza F_{tilt} debida a la inclinación. Se puede interpretar que una inclinación tan grande de la puerta no es el resultado de una inclinación real, sino de la pérdida de la fuerza de cierre. Esto da lugar a una necesidad de automatizar, mediante un método adecuado, el proceso que permite interpretar el estado operativo del dispositivo de cierre. Para este fin se pueden utilizar los algoritmos genéticos. Mediante la utilización de este tipo de algoritmos es posible determinar de forma simultánea tanto el modelo de puerta correcto (con un dispositivo de cierre incluido o no) y las fuerzas desconocidas F_{ud} y F_{tilt} . Durante la búsqueda para hallar las fuerzas de fricción y de inclinación el optimizador genético identifica, al mismo tiempo, el modelo del sistema que dará lugar a la fuerza de inclinación más pequeña.

El principio de los algoritmos genéticos consiste en crear una evolución artificial mediante la lógica de cálculo de un procesador. El problema consiste en cómo lograr un resultado óptimo ("fenotipo") modificando las propiedades ("genes") de una "población". Los medios utilizados como proceso de cambio, es decir, las operaciones genéticas, son la "selección", la "hibridación" y la "mutación". Los miembros más fuertes de la población "sobreviven" y sus características son heredadas por las siguientes generaciones. En un ejemplo del método de la presente invención, la población es un conjunto de vectores de parámetros del modelo. En este contexto, un vector de parámetros se corresponde con un cromosoma. Cada cromosoma contiene genes. En este contexto cada gen se corresponde con un parámetro del modelo que hay que optimizar, siendo estos parámetros en este punto el funcionamiento del dispositivo de cierre, la fuerza de fricción de la puerta y la fuerza de inclinación de la puerta. La solución representada por estos tres genes se puede denominar fenotipo. Durante el funcionamiento del algoritmo genético se crea una primera población con valores seleccionados al azar para los genes. Para cada cromosoma de la población se calcula un valor de "rendimiento" o bondad que, en el presente ejemplo, es el término de error cuadrático descrito más arriba, calculado a partir del modelo dinámico de la puerta. En el algoritmo genético, la búsqueda se lleva a cabo por generaciones. De cada generación se seleccionan los cromosomas con el mejor rendimiento, es decir, los que dan lugar a un término de error cuadrático más pequeño, para ser transmitidos a la siguiente generación. A partir de las mejores alternativas obtenidas de la selección se construye la siguiente generación mediante hibridación y mutación. Como resultado de las operaciones genéticas se obtiene una nueva población modificada en la que el fenotipo de los cromosomas difiere del de la población anterior, bien por completo o únicamente en algunos de los genes. Después se calculan los valores de rendimiento, es decir, los términos de error cuadrático, para la nueva población, dando lugar de este modo a un cromosoma con el mejor rendimiento. A continuación se observa la serie numérica de los términos de error cuadráticos para comprobar si converge y si se ha procesado un número suficiente de generaciones que garantice la convergencia. Como resultado final, los genes del mejor individuo de la última generación muestran las magnitudes de las fuerzas desconocidas y el estado operativo del dispositivo de cierre.

El funcionamiento del algoritmo genético descrito más arriba se puede asociar a cada uno de los diagramas 2 y 3. El diagrama 4 presenta, a modo de ejemplo, el principio de funcionamiento cuando el algoritmo genético se asocia al diagrama 2.

Como en el diagrama 2, en el diagrama 4 se miden la corriente del motor de la puerta y la señal del pulso del tacómetro del motor. En un bloque 41 de procesamiento preliminar se calcula la velocidad de la puerta y, a continuación, se pasa a un bloque diferenciador 43 y a un modelo 42 de la puerta. En este contexto, se supone que la masa de la puerta es constante. La velocidad de la puerta se estima en el modelo y se pasa de la misma forma al bloque diferenciador 43. Un dispositivo de cálculo 44 que calcula el término de error cuadrático y un denominado optimizador GA 45 forman un bucle cuyo funcionamiento se ha descrito anteriormente en relación con la descripción

del algoritmo genético. La información acerca de los genes se envía desde el optimizador GA 45 al dispositivo de cálculo 44 del término de error y, correspondientemente, el valor del rendimiento, es decir, el término E del error cuadrático se envía desde el dispositivo de cálculo 44 del término de error al optimizador GA 45. Como resultado final de la búsqueda, el optimizador produce los parámetros CD, $F_{\mu d}$ y F_{tilt} . CD representa el estado operativo del dispositivo de cierre, donde, por ejemplo, el valor uno significa un funcionamiento sin fallos del dispositivo de cierre, y el valor cero significa fallo del dispositivo de cierre. Estos tres parámetros se introducen de nuevo en el modelo, por lo que el modelo puede utilizar inmediatamente el estado operativo del dispositivo de cierre. De este modo, además de los parámetros de fuerza, se encuentra inmediatamente el modelo que mejor describe el sistema.

Las órdenes de apertura y cierre de la puerta provienen del sistema de control de la puerta (no se muestra en la Fig. 4). El modelo dinámico de la puerta es ahora

$$\tilde{a}_{d,k} = \frac{F_{m,k} + F_{\text{tilt}} - CD \cdot F_{cd}(x_{d,k}) - \text{sign}(v_{d,k}) \cdot (F_{\mu m} + F_{\mu d})}{m_d + CD \cdot m_{cd}}, \quad (9)$$

donde el término CD tiene el valor uno cuando el dispositivo de cierre se encuentra operativo, y el valor cero cuando el dispositivo de cierre no se encuentra operativo. Para permitir que el algoritmo genético encuentre el modelo del sistema que dé lugar al menor ángulo de inclinación, la fuerza de inclinación F_{tilt} se incluye también en la función de error.

$$E(CD, F_{\mu}, F_{\text{tilt}}) = \sum_k w_k e_k (CD, F_{\mu}, F_{\text{tilt}})^2 + (G < G1) \cdot K \cdot F_{\text{tilt}} = \min \quad (10)$$

donde K es un coeficiente de escala, G es el número correspondiente a la generación que está siendo calculada por el algoritmo genético, y G1 es un valor límite para la generación G tras el cual la fuerza de inclinación ya no se incluye en la función de error (10). Esta forma de actuar da como resultado que la búsqueda encuentra el modelo correcto del sistema en la etapa inicial de la búsqueda, cuando $G < G1$, mientras que los valores de los parámetros F_m y F_{tilt} se definen con mayor precisión en la etapa final. El valor del término $(G < G1)$ es 1 cuando G tiene un valor menor que G1; en caso contrario el valor es 0.

En la práctica, cuando se utiliza un algoritmo genético es necesario disponer durante la puesta en marcha del sistema, de un período durante el cual se pueda determinar la masa de la puerta con suficiente precisión. Durante el período de entrenamiento se supone que el dispositivo de cierre se encuentra operativo, y m_d , $F_{\mu d}$ y F_{tilt} se determinan después de la primera operación de la puerta. El cálculo se repite después durante tantas operaciones de la puerta como sean necesarias hasta que se compruebe que el valor calculado de la masa de la puerta ha convergido suficientemente. Después de esto, el sistema pasa a un modo de funcionamiento en período posterior al entrenamiento, en el que se asume la masa de la puerta es constante pero el parámetro CD no lo es. Este modo de funcionamiento se ha descrito más arriba en relación con la descripción de la Fig. 4.

Al comienzo de la operación, una puerta de un elevador nuevo pasa por un período denominado de rodaje, durante el cual los parámetros obtenidos a partir del optimizador pueden cambiar ligeramente en función del tiempo. Después del período de rodaje sigue un período de funcionamiento estable, durante el cual los parámetros del sistema (puerta) permanecen prácticamente constantes durante bastante tiempo. Después del período de funcionamiento estable, aparece alguna relajación de las piezas móviles y el estiramiento de las piezas susceptibles de estiramiento. Por ejemplo, los rodillos que guían el movimiento de la puerta en el carril pueden resbalar o se pueden desgastar, de tal forma que algunos de los rodillos ya no están continuamente en contacto con la puerta. Los parámetros $F_{\mu d}$ y F_{tilt} también pueden variar debido a factores externos, tales como un fuerte impacto contra la puerta.

La descripción anterior trata de soluciones para optimizar los parámetros cinéticos de la puerta. Para optimizar el funcionamiento de la puerta, la ecuación (9) se escribe como

$$a_d(I_m(t), \underline{P}) = \frac{F_m(I_m(t)) + F_{\text{tilt}} - CD \cdot F_{cd}(x_d(t)) - \text{sign}(v_d(t)) \cdot (F_{\mu m} + F_{\mu d})}{m_d + CD \cdot m_{cd}} = M_d(I_m, \underline{P}), \quad (11)$$

donde a_d es la aceleración de la puerta en el instante t, CD es una variable que indica el estado operativo del dispositivo de cierre, $\underline{P} = [m_d, F_{\mu d}, F_{\text{tilt}}, CD]^T$ representa un vector con los parámetros cinéticos y $M_d(I_m, \underline{P})$ el modelo dinámico de la puerta.

Resolviendo la ecuación (11) para obtener un modelo inverso de la puerta, se obtiene

$$M_d^{-1}(a_d, \underline{P}) = a_d(m_d + CD \cdot m_{cd}) - F_{\text{tilt}} + CD \cdot F_{cd} + \text{sign}(v_d(t)) \cdot (F_{\mu m} + F_{\mu d}) \quad (12)$$

La expresión $G_{T \rightarrow F}: T_m \rightarrow F_d$ se utiliza para denotar una función en la que la fuerza F_d aplicada a la puerta se calcula a partir del par T_m del motor. A continuación se calcula el par instantáneo del motor mediante la utilización de un modelo dinámico inverso de la puerta y la aceleración de la puerta.

$$T_m(a_d, \underline{P}) = G_{T \rightarrow F}(M_d^{-1}(a_d, \underline{P})) \quad (13)$$

- 5 De modo análogo, la expresión $G_{u \rightarrow T}: u \rightarrow T_m$ se utiliza para denotar una función que calcula el par T_m generado por el motor, correspondiente a la cantidad u de control del motor.

La cantidad u de control del motor para generar un par T_m deseado se obtiene mediante la expresión

$$u = G_{u \rightarrow T}^{-1}(M_d^{-1}(a_d, \underline{P})) \quad (14)$$

- 10 La función que relaciona la velocidad de la puerta y la máxima energía cinética permitida por la normativa de elevadores es:

$$v_{\max} \leq \sqrt{2 \cdot E_{\max} / m_d} \quad (15)$$

- 15 Cuando se conocen el valor máximo de la energía cinética promedio $E_{\bar{v}}$ y el valor máximo permitido para la energía cinética instantánea $E_{\hat{v}}$ de la puerta durante el funcionamiento de la misma, así como la masa de la puerta m_d y la longitud del recorrido W_d de la puerta durante el funcionamiento de la misma, se pueden calcular la aceleración \hat{a} de la puerta y el perfil de la velocidad del funcionamiento de la puerta a partir de las ecuaciones:

$$\frac{1}{2} m_d \bar{v}^2 = E_{\bar{v}}, \quad \frac{1}{2} m_d \hat{v}^2 = E_{\hat{v}}, \quad \frac{1}{2} \hat{a} t_1^2 + \hat{v} \cdot (t_2 - t_1) + \frac{1}{2} \hat{a} \cdot (t_3 - t_2)^2 = W_d \quad (16a, 16b, 16c)$$

$$\bar{v} = \sqrt{2 \cdot E_{\bar{v}} / m_d}, \quad \hat{v} = \sqrt{2 \cdot E_{\hat{v}} / m_d} \quad (16d, 16e)$$

$$\hat{a} = \frac{\bar{v} \cdot \hat{v}^2}{W_d \cdot (\hat{v} - \bar{v})}, \quad t_1 = t_3 - t_2 = \frac{\hat{v}}{\hat{a}}, \quad t_2 - t_1 = \frac{W_d}{\bar{v}} - 2 \cdot \frac{\hat{v}}{\hat{a}} \quad (17a, 17b, 17c)$$

- 20 donde \bar{v} es la velocidad promedio de la puerta en el intervalo de tiempo $0 \rightarrow t_3$, t_1 es el tiempo de aceleración de la puerta, $(t_2 - t_1)$ es el tiempo a velocidad constante de la puerta y $(t_3 - t_2)$ es el tiempo de desaceleración de la puerta durante el funcionamiento de la misma. En las ecuaciones (17a-c) se asume que la aceleración \hat{a} es constante. No obstante, la invención no se limita exclusivamente a una aceleración constante, sino que el perfil de la aceleración puede variar dentro de los límites de las reivindicaciones. En tales casos, las ecuaciones 17a-c anteriores no son necesariamente válidas y la solución se tiene que buscar a través de un método de cálculo que sea aplicable en cada caso.

- 25 La Fig. 5 muestra, a modo de ejemplo, un diagrama de bloques de un sistema de acuerdo con la invención, en el que se utilizan los parámetros cinéticos de la puerta para optimizar las operaciones de la puerta en el sistema elevador. En la solución que se ilustra en la Fig. 5 se determinan la ganancia del controlador de motor de la puerta, el valor del par de empuje del controlador y el perfil de la velocidad de la puerta mediante los parámetros cinéticos calculados. En el ejemplo de la Fig. 5, el sistema está integrado con el accionador 61 de la puerta.

- 30 En la Fig. 5, el número de referencia 51 representa un bloque de cálculo de la velocidad de la puerta, cuyos parámetros de entrada son $E_{\bar{v}}$, $E_{\hat{v}}$ y la masa de la puerta m_d . Como parámetros de salida del bloque de cálculo 51 se obtienen una velocidad de referencia v_r consistente con el perfil de velocidad calculado en el instante t , y una aceleración de referencia a_r en el instante t .

- 35 Si se está utilizando un perfil de velocidad con aceleración constante, el bloque de cálculo 51 del perfil de la velocidad calcula el perfil de la velocidad de la puerta mediante las ecuaciones 16a-e y 17a-c incluidas más arriba de modo que durante las operaciones de la puerta no se excedan los máximos permitidos para la energía cinética instantánea $E_{\hat{v}}$ de la puerta y para la energía cinética promedio $E_{\bar{v}}$. En la secuencia de apertura y en la secuencia de cierre de la puerta se pueden permitir energías cinéticas, y por lo tanto también perfiles de velocidad, diferentes. El parámetro de entrada de apertura/cierre indica si la secuencia actual es una secuencia de apertura de puerta o una secuencia de cierre de puerta.

- 40 En el bloque de cálculo 51 también se encuentran almacenadas las longitudes de los recorridos de la puerta (no se

muestran en la Fig. 5) para las diferentes puertas del elevador, entre las cuales se selecciona por medio de un parámetro de entrada N_d la longitud del recorrido W_d de la puerta que se va a controlar en cada caso. También se pueden modificar las magnitudes de los parámetros de energía cinética $E_{\bar{v}}$ y $E_{\hat{v}}$, reducirlos en la práctica, por ejemplo en situaciones en las que la situación del tráfico en el sistema elevador no es de congestión o la información de identificación específica del pasajero indica la presencia de un pasajero con discapacidad o alguna otra necesidad de control especial. En la Fig. 5, la situación del tráfico en el sistema elevador y la información de identificación de los pasajeros se presentan como datos de estado generales S_t y S_p .

La velocidad real v_d de la puerta que se ha medido se resta en la unidad sumadora 59 de la velocidad de referencia v_r proporcionada por el bloque de cálculo 51 para obtener un error de la velocidad v_e . v_e es un parámetro de entrada a un controlador 52, que en este contexto es un controlador PID tradicional. El parámetro de salida u_{PID} del controlador es enviado a un multiplicador 57, donde la ganancia del controlador cambia proporcionalmente en función de la masa de la puerta m_d . El valor del par T_e obtenido del multiplicador y el valor de par T_f de empuje calculado por el bloque 53 de empuje se suman en la unidad sumadora 58 y el resultado es llevado a la tarjeta 54 del controlador que controla el motor 56 de la puerta. La tarjeta 54 del controlador del motor 56 de la puerta produce una señal de control u proporcional al par del motor, señal que en el caso de un motor de corriente continua es la I_m de la corriente del motor de la puerta. La tarjeta 54 del controlador del motor de la puerta también produce un valor I_m medido de la corriente que es proporcional al valor del par T_a del motor de la puerta.

La función del bloque 53 de empuje en la Fig. 5 consiste en producir un valor de par T_f de empuje del controlador para compensar las fuerzas debidas a la aceleración deseada aplicada a la masa de la puerta, a la fricción y el ángulo de inclinación de la puerta y al dispositivo de cierre de la puerta. Para el cálculo del valor de par de empuje se aplica la solución correspondiente a la ecuación 13.

En la Fig. 5, el número de referencia 55 denota un bloque de estimación para la estimación de los parámetros cinéticos \underline{P} de la puerta del elevador. En este bloque se estiman uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador, que en el caso de un sistema como el que se ilustra en la Fig. 5 son la masa m_d de la puerta, la fuerza de fricción $F_{\mu d}$ que actúa sobre la puerta, la fuerza F_{int} debida a la inclinación de la puerta y el estado operativo CD del dispositivo de cierre de la puerta, a partir del valor T_a del par medido y del valor v_d de la velocidad medida de la puerta del elevador. Los métodos aplicables para la estimación de los parámetros se presentan más arriba en las figuras 2, 3 y 4. El bloque 55 de estimación de los parámetros dispone de unos recursos 60 de memoria en los que se pueden almacenar los parámetros cinéticos de las diferentes puertas del sistema elevador. Para seleccionar los parámetros cinéticos específicos de una puerta dentro de los recursos de memoria mencionados anteriormente se utiliza el parámetro N_d de entrada. N_d define la puerta que está siendo controlada por el accionador de la puerta en cada caso. En el caso de los elevadores con una cabina de elevador que tiene una única puerta, N_d es, por ejemplo, el índice de la planta en la que se encuentra en ese instante la cabina del elevador, o, cuando la cabina del elevador se está moviendo entre las plantas, es el índice de la planta de destino del elevador. Este parámetro de entrada N_d es generado por el sistema de control del elevador (no se muestra en la Fig. 5) o por un detector de planta (no se muestra en la Fig. 5) que se desplaza con la cabina del elevador. En la Fig. 5, el bloque 55 de estimación de parámetros está integrado con la unidad de control del accionador de la puerta, pero también se puede implementar como una unidad de cálculo independiente que se comunica con uno o más accionadores de puertas a través de un enlace de comunicación, por ejemplo, un enlace de comunicación inalámbrica, para la lectura de los datos de las medidas y la transmisión de los parámetros estimados a los accionadores de las puertas.

Para la persona experimentada en la técnica resulta evidente que la invención no se limita a los modos de realización descritos más arriba, en los que se ha descrito la invención a modo de ejemplo, sino que son posibles otros modos de realización diferentes de la invención dentro del alcance del concepto inventivo que se define en las reivindicaciones que se presentan más abajo.

REIVINDICACIONES

1. Un método para mejorar el rendimiento de un sistema elevador, comprendiendo dicho sistema elevador al menos un elevador, comprendiendo dicho elevador al menos una puerta de elevador y al menos un accionador de puertas para abrir y cerrar dicha puerta del elevador, comprendiendo dicho método los pasos de: medir la aceleración y/o la velocidad de al menos una de las puertas del elevador mencionadas anteriormente y el par de un motor de puerta que acciona la puerta del elevador; crear un modelo dinámico para la puerta del elevador que incorpora las fuerzas que actúan sobre la puerta del elevador; estimar los parámetros cinéticos de la puerta del elevador mediante la utilización de la aceleración medida mencionada anteriormente o la velocidad medida mencionada anteriormente y del par medido mencionado anteriormente, y el modelo dinámico de la puerta del elevador; y optimizar la operación de la puerta del elevador mediante la utilización de los parámetros cinéticos estimados con el fin de mejorar el rendimiento del sistema elevador, en el que los parámetros cinéticos estimados de una o más de las puertas del elevador están almacenados en el sistema elevador, y en el que los parámetros cinéticos que se van a utilizar en la optimización de las funciones de la puerta del elevador se eligen entre dichos parámetros almacenados sobre la base de una señal externa, señal externa utilizada que es, bien
- 5
- 10
- 15 - una señal que indica la planta de destino, siendo generada dicha señal en el sistema de control del elevador o en el control de grupo del sistema elevador, o
- una señal generada por un detector de plantas que se desplaza con la cabina del elevador,
- por medio de lo cual se determinan uno o más de los parámetros de control del controlador del motor de puertas que acciona la puerta del elevador mediante la utilización de dichos parámetros cinéticos de la puerta del elevador, siendo dichos parámetros de control la ganancia del controlador y el valor del par de empuje del controlador.
- 20
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que la aceleración de la puerta del elevador se mide utilizando un sensor de aceleración.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 caracterizado por que la velocidad de la puerta del elevador se mide utilizando una señal proporcional a la velocidad o a la posición de la puerta, obtenida del motor de la puerta.
- 25
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-3 caracterizado por que los parámetros utilizados como parámetros de entrada para el modelo dinámico consisten en uno o más entre los siguientes: la aceleración de la puerta del elevador, la velocidad de la puerta del elevador, el par del motor de puerta que acciona la puerta del elevador, el par de fricción de dicho motor, el factor de fuerza del resorte de cierre de la puerta del elevador, y la masa del peso de cierre de la puerta del elevador.
- 30
5. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-4 caracterizado por que se estiman uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador mediante la utilización del modelo dinámico de la puerta del elevador, siendo dichos parámetros la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción aplicada a la puerta del elevador, la fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta, y el estado operativo del dispositivo de cierre.
- 35
6. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-5 caracterizado por que el método comprende, además, los pasos de: modelar, en el modelo dinámico de la puerta del elevador, la aceleración o la velocidad de la puerta del elevador como función de uno o más parámetros cinéticos, siendo dichos parámetros la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción que actúa sobre la puerta del elevador, la fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta del elevador y el estado operativo del dispositivo de cierre; calcular una primera función de error, bien como la diferencia entre la aceleración instantánea medida de la puerta del elevador y la aceleración instantánea de la puerta del elevador modelada en el modelo, o como la diferencia entre la velocidad instantánea medida de la puerta del elevador y la velocidad instantánea de la puerta del elevador modelada en el modelo; calcular una segunda función de error elevando al cuadrado la primera función de error y sumando los cuadrados de las primeras funciones de error obtenidas durante un cierto intervalo de tiempo con los coeficientes de ponderación deseados; calcular uno o más de los parámetros mencionados anteriormente minimizando la segunda función de error; realimentar los parámetros calculados en el modelo dinámico para ser utilizados en siguiente ciclo de cálculo.
- 40
- 45
7. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-6 caracterizado por que uno o más de los parámetros cinéticos de la puerta del elevador se determinan durante la puesta en marcha del elevador, y estos parámetros cinéticos se definen como parámetros constantes en el modelo dinámico de la puerta del elevador.
- 50
8. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-7 caracterizado por que el método comprende además los pasos de: utilizar un algoritmo genético para detectar el estado operativo del dispositivo de cierre de la puerta del elevador; utilizar en el algoritmo genético un cromosoma compuesto por genes que describen la operación del dispositivo de cierre, la fuerza de fricción que actúa sobre la puerta del elevador, y la
- 55

fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta del elevador; utilizar una función cuadrática de error como un indicador de la bondad del algoritmo genético; y utilizar el modelo dinámico de la puerta para determinar el fenotipo del algoritmo genético.

5 9. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-8 caracterizado por que el perfil de velocidad de la puerta del elevador se determina mediante la utilización de uno o más parámetros auxiliares, siendo dichos parámetros auxiliares el máximo permitido para la energía cinética instantánea de la puerta del elevador, el máximo permitido para la energía cinética promedio de la puerta del elevador, el estado del tráfico del sistema elevador y datos de identificación específicos de los pasajeros.

10 10. Un sistema para mejorar el rendimiento de un sistema elevador, comprendiendo dicho sistema elevador al menos un elevador, comprendiendo dicho elevador al menos una puerta de elevador y al menos un accionador de puertas (61) para abrir y cerrar la puerta del elevador, sistema que comprende, además: medios de medición (61) para medir la aceleración y/o la velocidad de al menos una de las puertas del elevador mencionadas anteriormente y el par de un motor de puertas que acciona la puerta del elevador; un modelo dinámico de la puerta del elevador que incorpora las fuerzas (22, 32, 42) que actúan sobre la puerta del elevador; medios de estimación (55) para estimar los parámetros cinéticos de la puerta del elevador mediante la utilización de la aceleración medida o la velocidad medida y el par medido del motor que acciona la puerta del elevador, y el modelo dinámico (22, 32, 42) de la puerta del elevador; y medios de optimización (51, 53, 57, 58) para optimizar la operación de la puerta de elevador utilizando los parámetros cinéticos estimados con el fin de mejorar el rendimiento del sistema elevador, comprendiendo el sistema, además, medios (57, 59) para determinar los parámetros de control del controlador del motor de puertas que acciona la puerta del elevador, siendo dichos parámetros de control la ganancia del motor de la puerta y el valor (Tf) del par de empuje del controlador, en el que el sistema comprende, además, unos medios de memoria (60) para almacenar en el sistema elevador los parámetros cinéticos de una o más puertas del elevador, pudiendo ser seleccionados entre dichos parámetros almacenados, mediante la utilización de una señal externa (Nd) de selección, los parámetros cinéticos que se van a utilizar en la optimización de las funciones de la puerta del elevador, siendo dicha señal externa de selección una señal que indica la planta de destino, habiendo sido generada dicha señal en el sistema de control del elevador o en el control de grupo del sistema elevador, o siendo una señal que ha sido generada por un detector de plantas que se desplaza con la cabina del elevador.

11. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10 caracterizado por que el sistema comprende, además, una señal ad proporcional a la aceleración como un medio para medir la aceleración de la puerta.

30 12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 10 u 11 caracterizado por que el sistema comprende, además, una señal Vd proporcional a la velocidad o a la posición de la puerta, que se obtiene del motor de la puerta y se utiliza como un medio para medir la velocidad de la puerta.

35 13. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10-12 caracterizado por que el sistema comprende, además, medios para determinar uno o más parámetros del modelo dinámico (22, 32, 42) mediante acciones que consisten en la medición de la aceleración de la puerta del elevador, la medición de la velocidad de la puerta del elevador, la medición de la corriente del motor de puertas que acciona la puerta del elevador, la determinación del coeficiente de par del motor de la puerta, la determinación del par de fricción del motor, la determinación del factor de fuerza del resorte de cierre de la puerta del elevador, y la determinación de la masa del peso de cierre de la puerta del elevador.

40 14. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10-13 caracterizado por que los parámetros cinéticos que se deben estimar en el sistema son uno o más de los siguientes parámetros (P): la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción aplicada a la puerta del elevador, la fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta, y el estado operativo del dispositivo de cierre.

45 15. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10-14 caracterizado por que el sistema comprende, además: medios de modelado para modelar la aceleración o la velocidad de la puerta del elevador en el modelo dinámico (22, 32), estando definidas dicha aceleración o velocidad como una función de uno o más parámetros cinéticos de la puerta del elevador, siendo dichos parámetros la masa de la puerta del elevador, la fuerza de fricción que actúa sobre la puerta del elevador, la fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta del elevador y el estado operativo del dispositivo de cierre; medios de cálculo (23, 33) para calcular una primera función de error, obteniéndose dicha función de error, bien como la diferencia entre la aceleración instantánea medida de la puerta del elevador y la aceleración instantánea de la puerta del elevador modelada en el modelo, o como la diferencia entre la velocidad instantánea medida de la puerta del elevador y la velocidad instantánea de la puerta del elevador modelada en el modelo; medios de cálculo (24, 34) para calcular una segunda función de error, obteniéndose dicha segunda función de error elevando al cuadrado la primera función de error y sumando los cuadrados de las primeras funciones de error obtenidos durante un determinado intervalo de tiempo con los coeficientes de ponderación deseados (21, 31); unos primeros medios de optimización (25, 35) para minimizar la segunda función de error, determinando de este modo uno o más de los parámetros cinéticos (P) de la puerta del elevador 15; y una primera realimentación para pasarle los parámetros calculados al modelo dinámico

(22, 32) para ser utilizados en el siguiente ciclo de cálculo.

5 16. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10-15 caracterizado por que el sistema comprende, además, unos terceros medios de optimización (45) para la utilización de un algoritmo genético para detectar el estado operativo del dispositivo de cierre de la puerta del elevador; los terceros medios de optimización (45) mencionados anteriormente para la utilización en el algoritmo genético de uno o más parámetros cinéticos como genes de un cromosoma, siendo dichos parámetros la operación del dispositivo de cierre, la fuerza de fricción aplicada a la puerta 25 y la fuerza producida por el ángulo de inclinación de la puerta; los terceros medios de optimización (45) mencionados anteriormente para utilizar una función cuadrática de error (44) como una medida de la bondad del algoritmo genético; y los terceros medios de optimización (45) mencionados anteriormente para utilizar el modelo dinámico (42) de la puerta en la determinación del fenotipo del algoritmo genético.

10 17. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes 10-16 caracterizado por que el sistema comprende además: medios para determinar (51) el perfil de velocidad de la puerta del elevador mediante la utilización de uno o más parámetros auxiliares, siendo dichos parámetros auxiliares el máximo permitido para la energía cinética instantánea (E_v) de la puerta del elevador, el máximo permitido para energía cinética promedio (E_v) de la puerta del elevador, el estado del tráfico St del sistema elevador y los datos de identificación Sp específicos de los pasajeros.

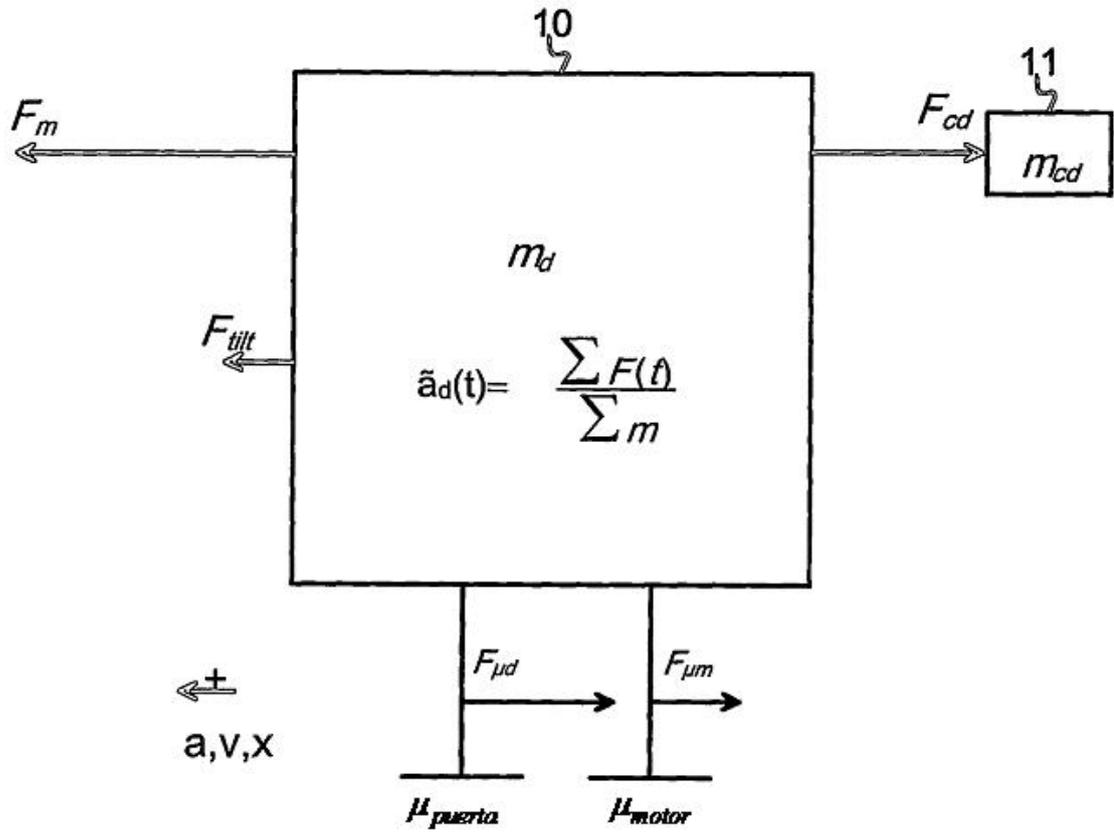


Fig. 1

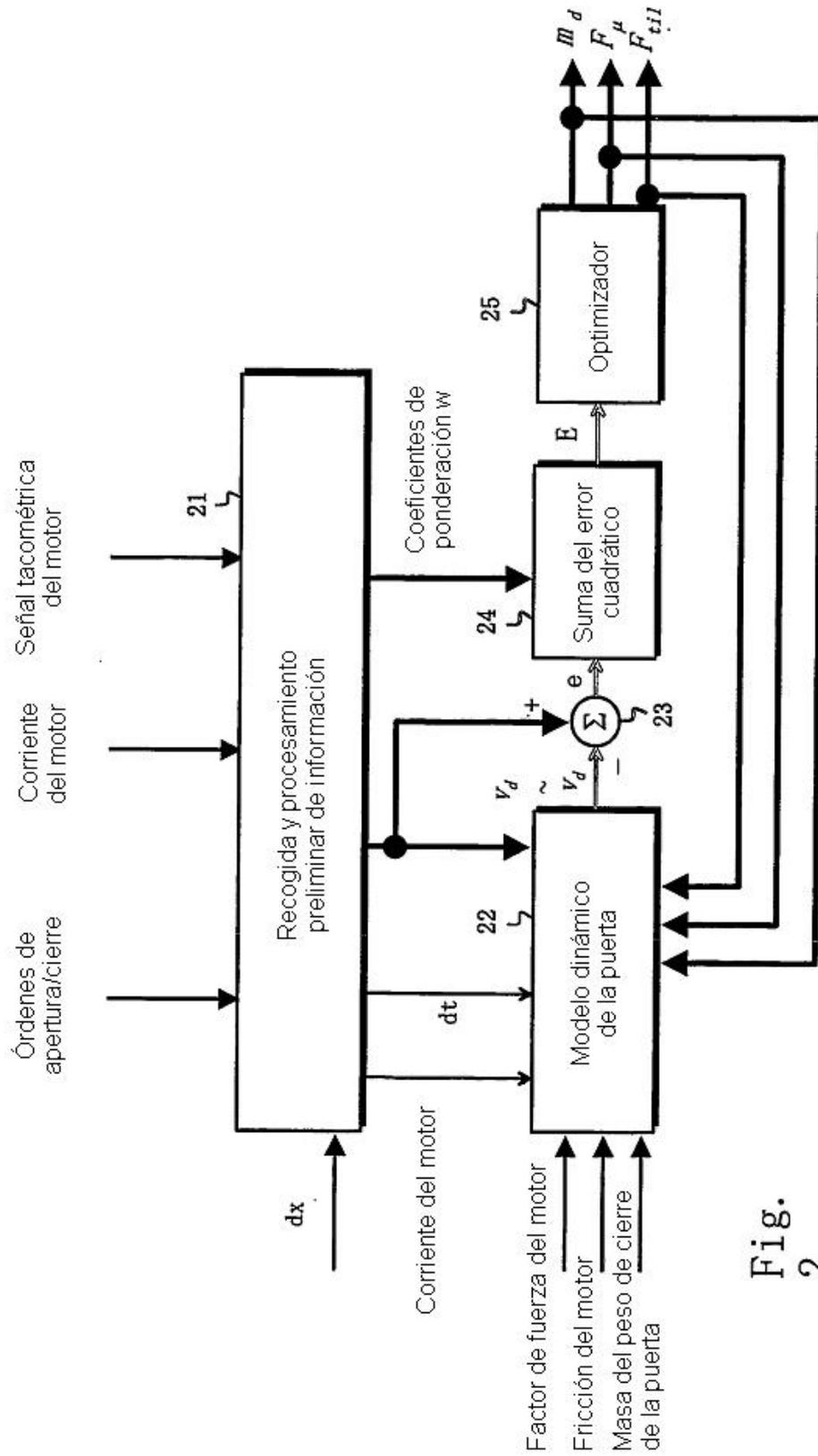


Fig. 2

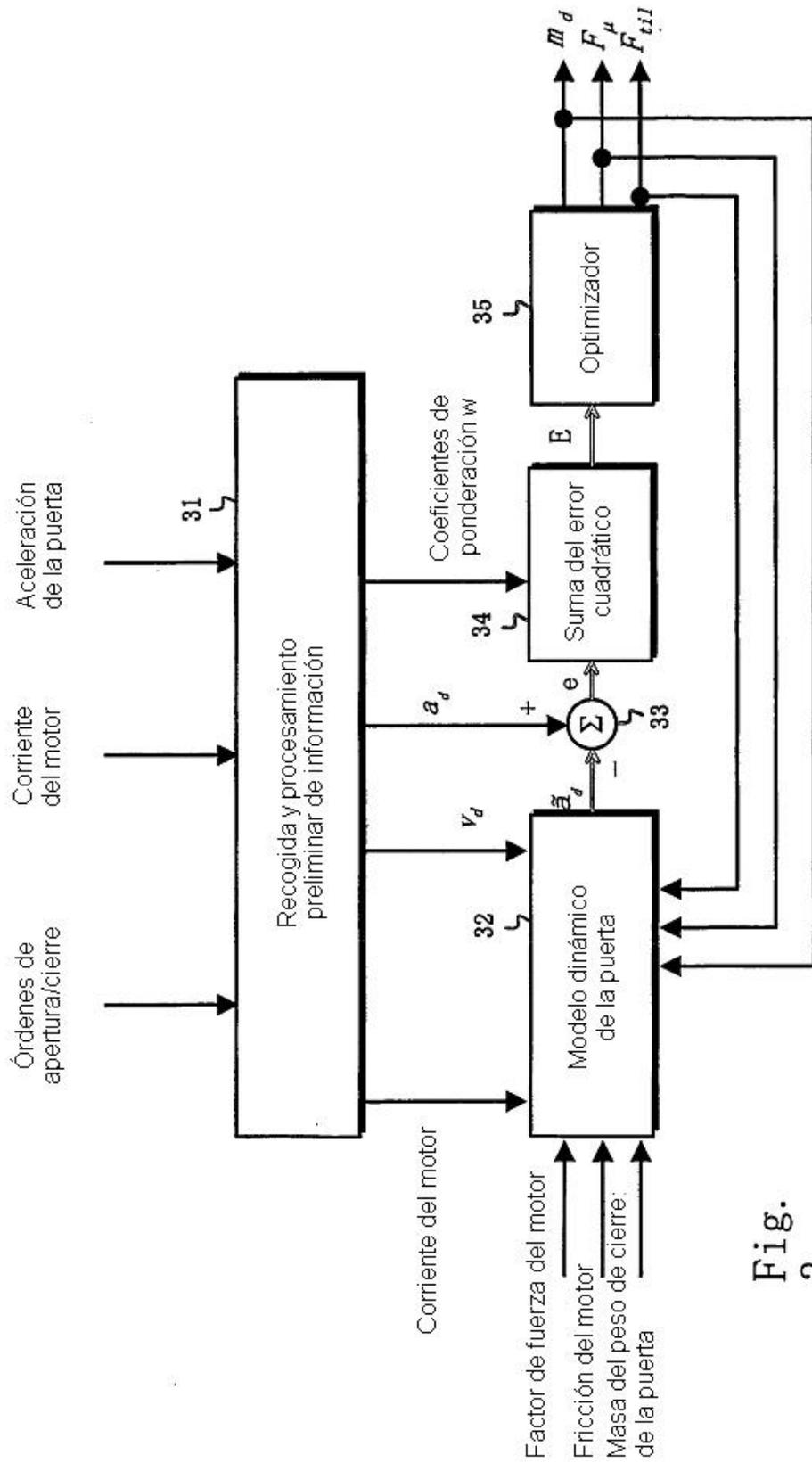


Fig. 3

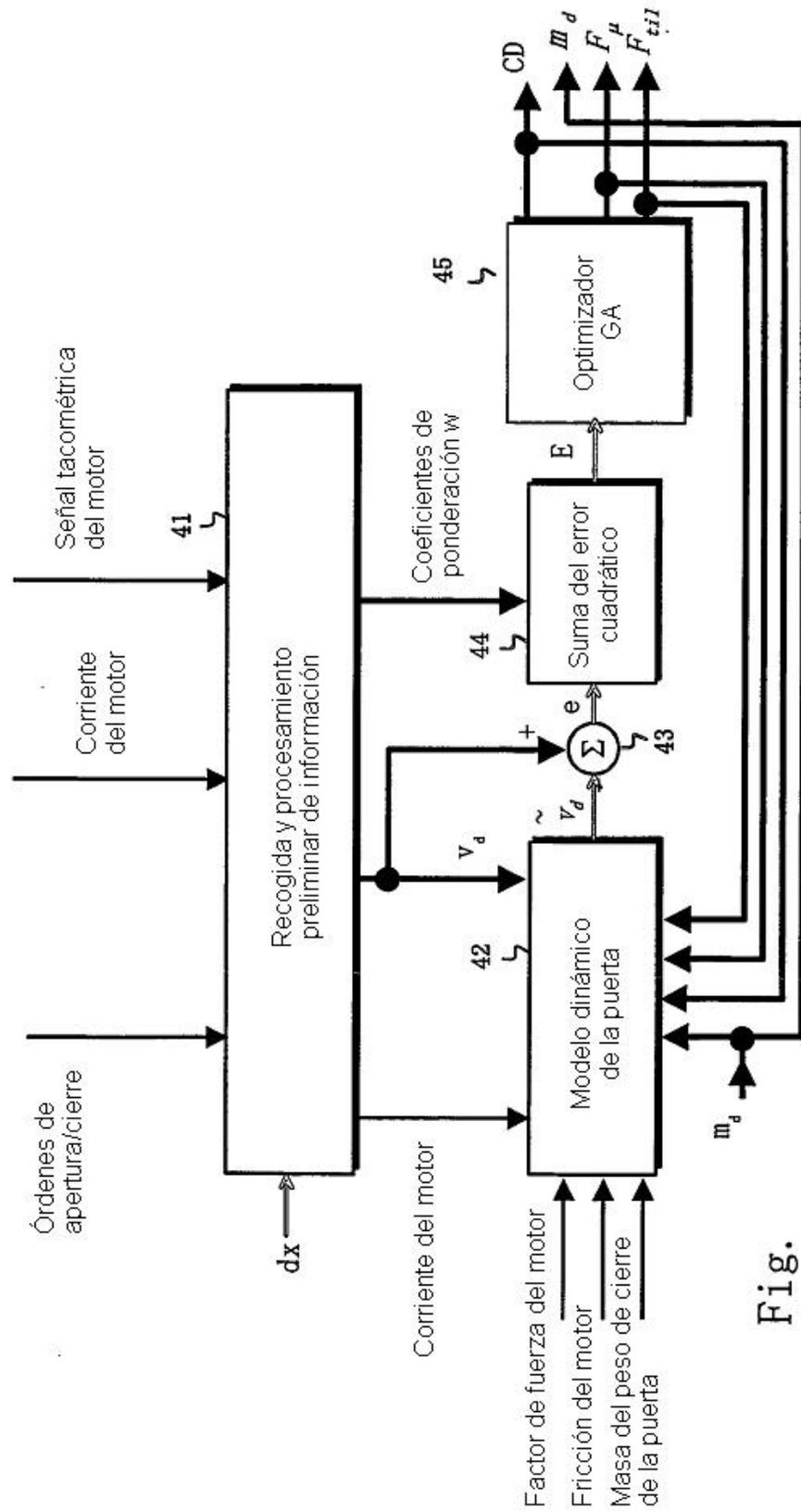


Fig. 4

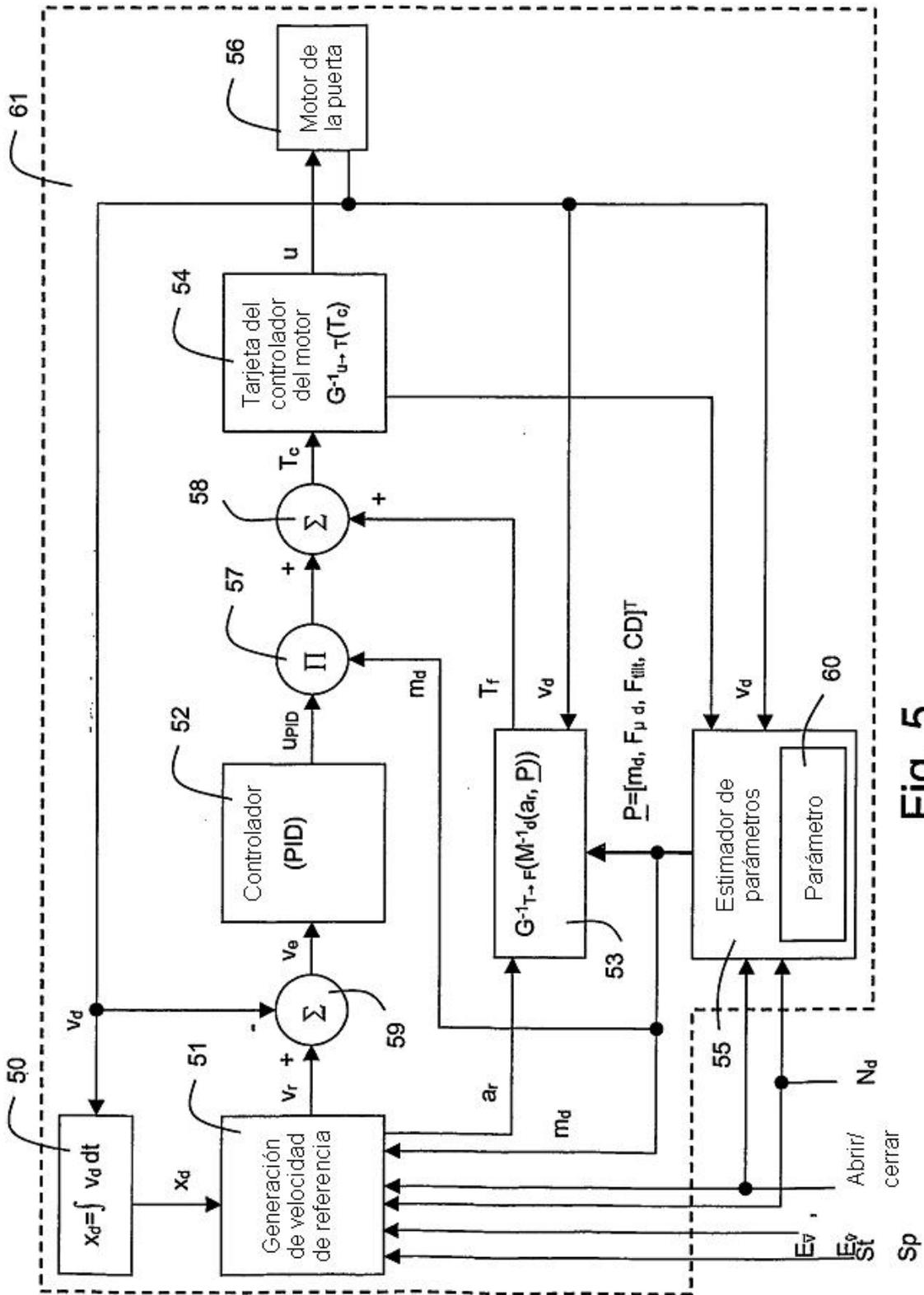


Fig. 5