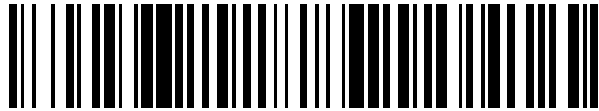


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 409 096**

51 Int. Cl.:

**B66C 13/06** (2006.01)

**B66C 13/48** (2006.01)

**G05D 19/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2008 E 08851881 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2013 EP 2219988**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de regulación del desplazamiento de una carga suspendida**

30 Prioridad:

**19.11.2007 FR 0759158**

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

**24.06.2013**

73 Titular/es:

**SCHNEIDER TOSHIBA INVERTER EUROPE SAS  
(100.0%)  
33, RUE ANDRÉ BLANCHET  
27120 PACY SUR EURE, FR**

72 Inventor/es:

**STANTCHEV, PENTCHO**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 409 096 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de regulación del desplazamiento de una carga suspendida

La presente invención se refiere a un dispositivo de regulación y a un procedimiento de regulación del desplazamiento de una carga suspendida por cables de una carretilla móvil en un aparato elevador.

5 Los aparatos elevadores, tales como pórticos, grúas o puentes grúa, comprenden habitualmente una carretilla que se desplaza por unos raíles según un eje X horizontal. Este primer movimiento, según el eje X, se denomina generalmente movimiento de dirección ( Trolley o Short travel movement). En función del tipo de aparatos, a veces estos raíles además pueden ser a su vez móviles, según un eje Y horizontal perpendicular al eje X que, de este modo, permite a la carretilla poder desplazarse según los ejes X e Y. Este segundo movimiento, según el eje Y, se denomina generalmente movimiento de traslación ( Crane o Long travel movement). Se asocia un dispositivo de suspensión de la carga a unos cables que pasan por la carretilla, pudiendo variar la longitud de los cables, de manera que se pueda desplazar la carga según un eje Z vertical, denominado movimiento de elevación ( Hoisting movement).

10 La manipulación de una carga mediante un aparato elevador conlleva balanceos de la carga que evidentemente se desean amortiguar para poder transferir la carga suavemente y con total seguridad, y ello en el menor intervalo de tiempo posible. Estos balanceos se generan mediante la aceleración del o de los movimientos horizontales de la carretilla, según los ejes X y/o Y, y su frecuencia de oscilación depende de la longitud de los cables. Existen ya varias soluciones para disminuir automáticamente el ángulo de oscilación de una carga suspendida de este tipo.

15 El documento FR2638344 describe un dispositivo de regulación de la transferencia de una carga suspendida que permite intervenir sobre los mandos de desplazamiento de la carretilla a partir de las correcciones de la posición de la carretilla y del ángulo de oscilación. El ángulo de la oscilación se mide periódicamente mediante sensores asociados a la carretilla y a la carga. La necesidad de mediciones periódicas del ángulo de la oscilación conlleva la utilización permanente de sensores de ángulo. Ahora bien, éstos se utilizan a menudo en un entorno exterior o agresivo, tal como un medio siderúrgico, por ejemplo, que presenta una temperatura ambiente elevada. Por lo tanto, es necesario un mantenimiento continuo de los sensores para su conservación.

20 Para paliar la presencia permanente de un sensor de ángulo de oscilación en fase de explotación, el documento FR2775678 describe un procedimiento de regulación que comprende una primera fase inicial de modelización o de identificación por aprendizaje de una función de transferencia propia del aparato a regular, utilizando los datos que proporciona un sensor del ángulo de oscilación, luego una segunda fase de explotación en la que esta función de transferencia determinada de este modo entonces permite regular la carga suspendida sin utilizar un sensor de ángulo de oscilación. De este modo, se pueden sortear en particular los problemas de entorno y de mantenimiento del sensor. La puesta en práctica de un procedimiento de este tipo, sin embargo sigue siendo bastante compleja a causa de la existencia de esta fase inicial de modelización o de aprendizaje.

25 Por otro lado, el documento US5443566 describe un dispositivo electrónico de control de oscilación (o "antisway control") que utiliza en particular como parámetro variable de entrada la fuerza de aceleración de la carretilla, gracias a una medición en tiempo real de la corriente que circula en el motor encargado de efectuar el movimiento horizontal de la carretilla. Esta medición de la corriente vuelve el dispositivo de regulación del balanceo de la carga más complejo y hace más difícil la implantación de un dispositivo de este tipo en un equipo de automatismo físicamente alejado del variador de velocidad de desplazamiento de la carretilla. Además, el valor de la corriente o del par motor puede depender del peso de la carga suspendida, mientras que la oscilación no depende del peso de la carga. Ahora bien, como no se conoce este peso, el uso de una corriente del motor en el algoritmo de cálculo de la oscilación podría conllevar por lo tanto, faltas de precisión en la corrección de la oscilación.

30 El documento US 5 219 420 describe un procedimiento para el manejo de una grúa basado en una solución de doble rampa para amortiguar la oscilación.

35 Esa es la razón por la que la invención tiene por objetivo dominar las oscilaciones de una carga suspendida durante su traslado, utilizando un dispositivo o un procedimiento simple, rápido y fácil de aplicar. Ésta permite minimizar las mediciones o la toma de datos necesarios para controlar y dominar la oscilación de una carga.

40 Para ello, la invención describe un dispositivo de regulación del desplazamiento de una carga suspendida por cables de una carretilla, que es móvil según un primer eje horizontal, en un aparato elevador, comprendiendo el dispositivo unos medios para determinar la longitud de los cables de suspensión de la carga y unos medios para determinar un dato representativo de una velocidad de desplazamiento de la carretilla según el primer eje. El dispositivo de regulación calcula un primer ángulo de oscilación de la carga y una velocidad de dicho primer ángulo de oscilación, utilizando únicamente dicha longitud y dicho dato representativo de la velocidad de desplazamiento, según el primer eje como únicas variables de entrada, y utilizando una aceleración de dicho primer ángulo de oscilación como variable interna.

45 De acuerdo con una característica, el dispositivo de regulación calcula el primer ángulo de oscilación con la ayuda de un proceso iterativo, utilizando la velocidad y la aceleración de dicho primer ángulo de oscilación.

- De acuerdo con una característica, el dato representativo de la velocidad de desplazamiento de la carretilla según el primer eje, se determina utilizando una referencia de velocidad, proporcionada a un variador de velocidad, que regula el desplazamiento de la carretilla según el primer eje. Como alternativa, el dato representativo de la velocidad de desplazamiento de la carretilla, según el primer eje, se determina utilizando una estimación de velocidad que se elabora mediante un variador de velocidad que regula el desplazamiento de la carretilla según el primer eje.
- De acuerdo con otra característica, el dispositivo de regulación envía una señal de corrección que se añade a una consigna de velocidad para proporcionar una referencia de la velocidad de desplazamiento de la carretilla según el primer eje. La señal de corrección se calcula aplicando un coeficiente de corrección al primer ángulo de oscilación calculado y un coeficiente de corrección a la velocidad calculada del primer ángulo de oscilación. Los coeficientes de corrección son preferentemente variables en función de la longitud de los cables de suspensión de la carga.
- De acuerdo con otra característica, la carretilla también es móvil según un segundo eje horizontal perpendicular al primer eje. El dispositivo de regulación comprende unos medios para determinar un dato representativo de la velocidad de desplazamiento de la carretilla según el segundo eje, y calcula un segundo ángulo de oscilación de la carga y una velocidad de dicho segundo ángulo de oscilación, utilizando únicamente dicha longitud y dicho dato representativo de la velocidad de desplazamiento según el segundo eje como únicas variables de entrada, y utilizando una aceleración de dicho segundo ángulo de oscilación como variable interna.
- De acuerdo con otra característica, la carretilla también es móvil, según un segundo eje horizontal perpendicular al primer eje, y comprende unos medios para determinar una velocidad de desplazamiento de la carretilla según el segundo eje. El dispositivo de regulación calcula un segundo ángulo de oscilación de la carga y una velocidad de dicho segundo ángulo de oscilación, utilizando únicamente la longitud de los cables y la velocidad de desplazamiento según el segundo eje como únicas variables de entrada.
- La invención describe también un procedimiento de regulación del desplazamiento de una carga suspendida por cables de una carretilla, que es móvil al menos según un eje horizontal, en un aparato elevador. El procedimiento de regulación se aplica mediante el dispositivo de regulación y comprende una etapa de cálculo que permite determinar un ángulo de oscilación de la carga y una velocidad del ángulo de oscilación, utilizando únicamente como únicas variables de entrada una longitud de los cables de suspensión de la carga y un dato representativo de una velocidad de desplazamiento de la carretilla, y utilizando una aceleración de dicho ángulo de oscilación como variable interna.
- De acuerdo con otra característica, el procedimiento de regulación calcula el ángulo de oscilación con la ayuda de un proceso iterativo, utilizando la velocidad de dicho ángulo de oscilación y la aceleración de dicho ángulo de oscilación. El procedimiento de regulación no comprende ninguna etapa previa de inclusión de variables en un modelo. La etapa de cálculo utiliza un modelo matemático de péndulo con amortiguación.
- Otras características y ventajas se pondrán de manifiesto en la siguiente descripción detallada, refiriéndose a un modo de realización que se proporciona a modo de ejemplo y que se representa mediante los dibujos adjuntos en los que:
- la figura 1 muestra un ejemplo conocido de un aparato elevador de una carga suspendida de tipo puente grúa,
  - la figura 2 representa un esquema simplificado, de conformidad con la invención, de un dispositivo de regulación del desplazamiento de una carga, según un único eje horizontal,
  - la figura 3 representa un esquema simplificado, de conformidad con la invención, de un dispositivo de regulación del desplazamiento de una carga, según dos ejes horizontales.
- El dispositivo de regulación del desplazamiento de una carga suspendida de acuerdo con la invención puede aplicarse en un aparato elevador, tal como un puente grúa, un pórtico o similar. El ejemplo de la figura 1 muestra un aparato de tipo puente grúa que comprende una carretilla 10. La carretilla 10 puede efectuar un primer movimiento según un primer eje X horizontal. Este primer movimiento, denominado movimiento de dirección, se efectúa sobre dos raíles 12 horizontales. El conjunto compuesto por la carretilla 10 y los raíles 12 es móvil sobre unos raíles 13, según un segundo eje Y horizontal, perpendicular al eje X de dirección, para efectuar un movimiento denominado movimiento de traslación. Por otro lado, el aparato es capaz de efectuar un movimiento de elevación, según un eje Z vertical, para levantar y descender una carga 15 suspendida por uno o varios cables 14 de elevación que pasan por la carretilla 10 y al final de los cuales está asociado un órgano de suspensión de la carga 15.
- El movimiento de dirección, según el eje X, se efectúa gracias a un motor Mx regulado mediante un variador Dx de velocidad que recibe una referencia de velocidad Vrx (véase figura 2). Del mismo modo, el movimiento de traslación según el eje Y se efectúa gracias a un motor My regulado mediante un variador Dy de velocidad que recibe una referencia de velocidad Vry (véase figura 3). El movimiento de elevación, según el eje Z, se efectúa gracias a un motor de elevación no representado en las figuras, que permite enrollar y desenrollar los cables de suspensión. Este motor de elevación puede colocarse en la carretilla 10.
- El conductor del aparato de elevación dirige el movimiento X de dirección, o respectivamente de traslación Y, proporcionando dicho conductor, una señal de consigna de velocidad Vcx de dirección, o respectivamente una señal de consigna de velocidad Vcy de traslación, con la ayuda, por ejemplo, de un mando o mandos – de tipo joystick (en inglés, palanca de mando), tal y como se indica en las figuras 2 y 3. Sin embargo, en determinadas aplicaciones en

las que los aparatos de elevación se regularían automáticamente, también se podría prever que las consignas de velocidad  $V_{cx}$ ,  $V_{cy}$  procedieran directamente de un equipo de automatización.

5 A causa del movimiento de elevación, la carga 15 suspendida por los cables 14, obviamente presenta una altura variable en función de la longitud  $L$  de los cables de suspensión. Esta altura de suspensión de la carga se asemejará a la longitud  $L$  de los cables, a la que eventualmente podría añadirse un "offset" (retranqueo) que represente la distancia entre el extremo más bajo de los cables 14 y la carga 15 (materializada, por ejemplo, por su centro de gravedad).

10 Debido a efectos perturbadores, principalmente a causa de la aceleración y del frenado de la carretilla 20, según el eje  $X$  y/o según el eje  $Y$ , la carga 15 adopta un movimiento pendular, denominado oscilación, que se define por un ángulo de oscilación indicado como  $\Theta_x$ , respectivamente  $\Theta_y$ , que forman los cables con respecto a la vertical en el plano vertical pasando por el eje  $X$ , respectivamente  $Y$ . El objeto de la invención es facilitar el manejo del aparato elevador, amortiguando de forma sencilla y automática la oscilación, según el eje  $X$  y/o según el eje  $Y$ , durante el desplazamiento de la carga 15, de forma transparente para el conductor del aparato. Ventajosamente, la invención no requiere una fase de aprendizaje y tampoco requiere ninguna medida del ángulo de oscilación  $\Theta_x$  y/o  $\Theta_y$ , de la corriente del motor o del par motor, que podrían resultar costosas y más largas de aplicar.

15 Con referencia al modo de realización de la figura 2, el dispositivo 20 de regulación tiene por objetivo amortiguar el movimiento de oscilación de la carga 15 únicamente durante su desplazamiento de una posición a otra, según el eje  $X$ , evidentemente pudiendo efectuarse este desplazamiento al mismo tiempo que un movimiento de elevación de la carga 15.

20 El dispositivo de regulación comprende unos medios para determinar la longitud  $L$  de los cables de suspensión. Estos medios de determinación comprenden, por ejemplo, un sensor o codificador asociado al eje del motor de elevación o al tambor de enrollamiento de los cables. También son posibles otros medios: por ejemplo, los medios para determinar la longitud  $L$  también podrían comprender simplemente varios finales de recorrido repartidos en el conjunto del recorrido de los cables, determinándose entonces la longitud  $L$  por unos valores máximos en función de la activación de estos finales de recorrido. Sin embargo, esta solución es evidentemente menos precisa.

25 El dispositivo de regulación comprende también unos medios para determinar un dato representativo de la velocidad  $V_x$  de desplazamiento de la carretilla 10, según el eje  $X$  de dirección. Este dato representativo de la velocidad  $V_x$  de la carretilla, según el eje  $X$ , puede determinarse de diferentes formas:

- 30 - De acuerdo con una primera variante, la velocidad  $V_x$  de desplazamiento se obtiene midiendo la velocidad real de desplazamiento de la carretilla 10 según el eje  $X$ . No obstante, esta solución requiere la utilización de un sensor de velocidad o de desplazamiento de la carretilla 10 según el eje  $X$ .
- De acuerdo con una segunda variante, la velocidad  $V_x$  de desplazamiento se obtiene directamente mediante la referencia de velocidad  $V_{rx}$  que se proporciona a la entrada del variador  $D_x$  encargado de regular el motor  $M_x$  que mueve la carretilla 10 en el eje  $X$  de dirección. En este caso, se supone que el variador  $D_x$  garantiza el seguimiento de la referencia de velocidad con extrema rapidez. Esta solución es muy fácil de aplicar, puesto que la referencia de velocidad  $V_{rx}$  es fácilmente accesible.
- 35 - De acuerdo con una tercera variante, la velocidad  $V_x$  de desplazamiento se obtiene a través de una estimación de la velocidad, elaborada en el variador  $D_x$  de velocidad, encargado de regular el motor  $M_x$ . En algunos casos, esta estimación de velocidad, se encuentra de hecho, más cerca de la velocidad real que la referencia  $V_{rx}$  de velocidad, a causa de fenómenos tales como la separación entre los tramos de prolongación de la rampa o de fenómenos mecánicos. Por lo tanto, esta solución puede resultar particularmente interesante para una aplicación que utilice un motor cónico. El parámetro interno al variador de estimación de velocidad a menudo está disponible en una salida analógica del variador.

40 El dispositivo 20 de regulación comprende un módulo 21 estimador unido a un módulo 22 corrector. El módulo 21 estimador recibe en la entrada la longitud  $L$  de los cables y la velocidad  $V_x$  de desplazamiento de la carretilla, según el eje  $X$  de dirección. Éste calcula un primer ángulo  $\Theta_x$  de oscilación, según el eje  $X$ , así como una velocidad (o variación)  $\Theta'_x$  de este primer ángulo  $\Theta_x$ . A continuación, se transmiten los valores del primer ángulo  $\Theta_x$  de oscilación y de la velocidad  $\Theta'_x$ , al módulo 22 corrector que calcula y envía a la salida una señal  $\Delta V_x$  de corrección que se suma a la consigna de velocidad  $V_{cx}$  del movimiento de dirección.

50 Para calcular el ángulo  $\Theta_x$  de oscilación y la velocidad  $\Theta'_x$ , la invención prevé que el procedimiento de regulación utilice un modelo matemático de péndulo con amortiguación, que responde a la siguiente ecuación:

$$L * \Theta''X = - g * \text{sen}\Theta_x - V'_x * \text{cos}\Theta_x + (V_z - K_f) * \Theta'_x$$

en la que:

- 55 -  $L$  representa la longitud de los cables,
- $V_z$  representa la velocidad del movimiento de elevación, calculada como la derivada de la longitud  $L$ ,
- $\Theta_x$  representa el primer ángulo de oscilación de la carga, según el eje  $X$  de dirección,
- $\Theta'_x$  representa la velocidad del ángulo  $\Theta_x$  de oscilación (o velocidad angular de la carga según el eje  $X$ ),

- $\Theta''x$  representa la aceleración del ángulo  $\Theta x$  de oscilación (o aceleración angular de la carga según el eje X),
- $V'x$  representa la aceleración del movimiento de dirección, según el eje X, calculada como la derivada de la velocidad  $V_x$  de desplazamiento determinada según el eje X,
- $K_f$  representa un coeficiente de rozamiento fijo,
- $g$  representa la gravedad.

Por lo tanto, se observa que el dispositivo de regulación utiliza la aceleración  $\Theta''x$  del ángulo  $\Theta x$  de oscilación como variable interna y que las únicas variables de entrada son ventajosamente la longitud  $L$  de los cables y la velocidad  $Vx$  de desplazamiento, según el eje X.

La ecuación anterior implica el primer ángulo  $\Theta x$  de oscilación, la primera derivada  $\Theta'x$  de este ángulo y la segunda derivada  $\Theta''x$  de este ángulo  $\Theta x$ . El primer ángulo  $\Theta x$  de oscilación, por lo tanto, se calcula con la ayuda de un proceso iterativo en el tiempo que utiliza la velocidad  $\Theta'x$  y la aceleración  $\Theta''x$ . Este proceso iterativo puede representarse, en cualquier momento  $t$  de la siguiente forma:

$$\Theta'x_t = \Theta'x_{t-1} + \Theta''x_{t-1} * \Delta t$$

$$\Theta x_t = \Theta x_{t-1} + \Theta'x_{t-1} * \Delta t$$

$$V'x_t = (Vx_t - Vx_{t-1}) / \Delta t$$

$$Vz_t = (L_t - L_{t-1})/\Delta t$$

$$\Theta''x_t = (-g * \text{sen}\Theta x_t - V'x_t * \text{cos}\Theta x_t + (Vz_t - K_f) * \Theta'x_t) / L_t$$

en las que  $\Theta x_t$  y  $\Theta x_{t-1}$  representan el ángulo de oscilación según el eje X de dirección, respectivamente en un instante  $t$  y en un instante anterior  $t-1$ ;  $\Theta'x_t$  y  $\Theta'x_{t-1}$  representan la velocidad del ángulo  $\Theta x$  de oscilación, respectivamente en los instantes  $t$  y  $t-1$ ;  $\Theta''x_t$  y  $\Theta''x_{t-1}$  representan la aceleración del ángulo  $\Theta x$  de oscilación, respectivamente en los instantes  $t$  y  $t-1$ ;  $V'x_t$  representa la aceleración del movimiento de dirección en el instante  $t$ ;  $Vx_t$  y  $Vx_{t-1}$  representan la velocidad de desplazamiento según el eje X, respectivamente en los instantes  $t$  y  $t-1$ ;  $Vz_t$  representa la velocidad del movimiento de elevación en el instante  $t$ ;  $L_t$  y  $L_{t-1}$  representan la longitud de los cables, respectivamente en los instantes  $t$  y  $t-1$  y;  $\Delta t$  representa la diferencia de tiempo entre el instante  $t$  y el instante  $t-1$ .

El proceso iterativo parte de la hipótesis de que en el arranque del movimiento de dirección, los valores de  $\Theta x$ ,  $\Theta'x$  y  $\Theta''x$  son nulos, es decir, que en el instante  $t = 0$  tenemos:  $\Theta x_0 = \Theta'x_0 = \Theta''x_0 = 0$ .

Con referencia al modo de realización de la figura 3, el dispositivo 20 de regulación tiene por objeto amortiguar el movimiento oscilante de la carga 15 durante su desplazamiento, según el eje X de dirección y el eje Y de traslación, los desplazamientos siguiendo los ejes X e Y, los cuales evidentemente puede controlar simultáneamente el conductor y efectuarse al mismo tiempo que un movimiento de elevación de la carga.

En este caso, el módulo 21 estimador del dispositivo 20 de regulación recibe en la entrada, la longitud  $L$  de los cables, la velocidad  $V_x$  de la carretilla según el eje X de dirección, así como la velocidad  $V_y$  de la carretilla según el eje Y de traslación, determinadas por los medios de determinación. Preferentemente, las velocidades de las carretillas  $V_x$  y  $V_y$  se obtienen directamente mediante las referencias de velocidad  $V_{rx}$ , respectivamente  $V_{ry}$ , que se proporcionan a la entrada de los variadores  $D_x$ , respectivamente  $D_y$ . Pero éstas también podrían obtenerse a partir de estimaciones o mediciones de la velocidad real de dirección de la carretilla 10, según el eje X, y de la velocidad real de traslación de la carretilla 10, según el eje Y.

Además de  $\Theta x$  y  $\Theta'x$ , el módulo 21 estimador también calcula un segundo ángulo  $\Theta y$  de oscilación según el eje Y y una velocidad  $\Theta'y$  de este ángulo  $\Theta y$ . Los valores del segundo ángulo  $\Theta y$  de oscilación y de la velocidad  $\Theta'y$  se transmiten al módulo 22 corrector que calcula y envía de salida, una señal  $\Delta Vy$  de corrección que se suma a la consigna  $V_{cy}$  de velocidad del movimiento de traslación.

Por lo tanto, el procedimiento de regulación utiliza dos modelos de péndulo con amortiguación similares e independientes para los ejes X e Y:

$$L * \Theta''x = -g * \text{sen}\Theta x - V'x * \text{cos}\Theta x + (Vz - K_{fx}) * \Theta'x$$

$$L * \Theta''y = -g * \text{sen}\Theta y - V'y * \text{cos}\Theta y + (Vz - K_{fy}) * \Theta'y$$

en las que:

- 5 - L representa la longitud de los cables, Vz representa la velocidad del movimiento de elevación calculada como la derivada de la longitud L,
- $\Theta x$  representa el primer ángulo de oscilación según el eje X de dirección,  $\Theta'x$  representa la velocidad del ángulo  $\Theta x$  de oscilación,  $\Theta''x$  representa la aceleración del ángulo  $\Theta x$  de oscilación,
- $\Theta y$  representa el segundo ángulo de oscilación, según el eje Y de traslación,  $\Theta'y$  representa la velocidad del ángulo  $\Theta y$  de oscilación,  $\Theta''y$  representa la aceleración del ángulo  $\Theta y$  de oscilación,
- 10 -  $V'x$  representa la aceleración del movimiento de dirección, según el eje X, calculada como la derivada de la velocidad  $Vx$  de desplazamiento, determinada según el eje X,
- $V'y$  representa la aceleración del movimiento de traslación, según el eje Y, calculada como la derivada de la velocidad  $Vy$  de desplazamiento, determinada según el eje Y,
- $K_{fx}$  y  $K_{fy}$  representan unos coeficientes de rozamiento fijos, pero que pueden ser diferentes el uno del otro,
- 15 - g representa la gravedad.

Se supone que en el arranque del movimiento de dirección, respectivamente del movimiento de traslación, los valores  $\Theta x$ ,  $\Theta'x$ ,  $\Theta''x$ , respectivamente  $\Theta y$ ,  $\Theta'y$ ,  $\Theta''y$ , son nulos. Tal y como se ha indicado anteriormente, en el caso del movimiento  $\Theta x$  por sí solo, las ecuaciones anteriores implican la primera derivada y la segunda derivada del ángulo de oscilación, utilizando por lo tanto un proceso que es iterativo en el tiempo, es decir, que los resultados se recalculan de forma periódica en cada instante t, utilizando en particular, los resultados obtenidos en el instante anterior t-1.

De este modo, la invención permite al módulo 21 estimador conocer en tiempo real unos valores estimados del ángulo de oscilación y de la velocidad de este ángulo según uno y/u otro de los ejes X e Y. Estas estimaciones se transmiten al módulo 22 corrector que les aplica un coeficiente  $K_{\Theta}$  de corrección, respectivamente  $K'_{\Theta}$ , para proporcionar las señales  $\Delta Vx$  y/o  $\Delta Vy$  de corrección, de acuerdo con las siguientes ecuaciones:

$$\Delta Vx = K_{\Theta x} * \Theta x + K'_{\Theta x} * \Theta'x \quad \text{y} \quad \Delta Vy = K_{\Theta y} * \Theta y + K'_{\Theta y} * \Theta'y$$

en las que:  $K_{\Theta x}$  y  $K_{\Theta y}$  son los coeficientes correctores aplicados respectivamente a los ángulos  $\Theta x$  y  $\Theta y$  de oscilación para los ejes X e Y;  $K'_{\Theta x}$  y  $K'_{\Theta y}$  son los coeficientes correctores aplicados respectivamente a las velocidades de los ángulos  $\Theta'x$  y  $\Theta'y$  de oscilación para los ejes X e Y;  $\Delta Vx$  y  $\Delta Vy$  son las señales de corrección que hay que aplicar respectivamente a las consignas de velocidad  $Vcx$  y  $Vcy$ , según los ejes X e Y.

La referencia  $Vrx$  de velocidad aplicada a la entrada del variador  $Dx$  que regula el motor  $Mx$  de dirección es por lo tanto igual a:  $Vrx = Vcx + \Delta Vx$ . Del mismo modo, la referencia de velocidad  $Vry$  aplicada a la entrada del variador  $Dy$  que regula el motor  $My$  de traslación es igual a:  $Vry = Vcy + \Delta Vy$ .

De acuerdo con un primer modo simplificado, los valores de los coeficientes  $K_{\Theta}$ ,  $K'_{\Theta}$  de corrección, son fijos. De acuerdo con un segundo modo de realización preferente, los valores de los coeficientes  $K_{\Theta}$ ,  $K'_{\Theta}$  de corrección pueden modificarse en función de la longitud L de los cables determinada por el dispositivo 20, con el fin de optimizar las correcciones de velocidad a aportar según la altura del péndulo formado por la carga 15. El módulo 22 corrector, por lo tanto, es capaz de memorizar varios valores de  $K_{\Theta}$ ,  $K'_{\Theta}$ , según la longitud L.

En vista de su simplicidad, el dispositivo de regulación descrito puede integrarse fácilmente en un autómata programable encargado de manejar y supervisar los movimientos de un aparato de elevación. Éste también puede implantarse directamente dentro de cada variador  $Dx$  y  $Dy$  de velocidad que regulan los movimientos de la carretilla según los ejes X e Y.

El dispositivo descrito permite aplicar un procedimiento de regulación del desplazamiento de la carga 15 según uno o varios ejes X, Y horizontales. El procedimiento de regulación comprende una etapa de cálculo, efectuada por el módulo 21 estimador, que permite determinar un ángulo  $\Theta x$ ,  $\Theta y$  de oscilación según los ejes X, Y y una velocidad  $\Theta'x$ ,  $\Theta'y$  de este ángulo de oscilación. La etapa de cálculo utiliza directamente un modelo de péndulo con amortiguación y sólo se precisa conocer como únicas variables de entrada, la longitud L de los cables 14 de suspensión de la carga 15 y la velocidad  $Vx$ ,  $Vy$  de desplazamiento de la carretilla según los ejes X, Y.

Ventajosamente, el procedimiento no comprende, por lo tanto, ninguna etapa previa de inclusión de variables en un modelo, que precise conocer otros parámetros variables, tales como una medida del ángulo de oscilación o una medida de la corriente que circula por el motor, con objeto de determinar o ajustar un modelo matemático concreto o con objeto de establecer una función de transferencia entre la velocidad de la carretilla y el ángulo de oscilación medido por un sensor para una longitud dada de los cables.

5 El procedimiento de regulación a continuación incluye una etapa de corrección, que efectúa el módulo 22 corrector del dispositivo 20 de regulación. La etapa de corrección utiliza el valor calculado del ángulo  $\Theta_x$  de oscilación y de la velocidad  $\Theta'_x$  del ángulo de oscilación para proporcionar una señal  $\Delta V_x$  de corrección de velocidad, que se introducirá como complemento de una eventual consigna  $V_{cx}$  de velocidad en calidad de referencia de velocidad  $V_{rx}$  que se proporciona a la entrada del variador  $D_x$  de velocidad que regula el motor X de dirección de la carretilla  $M_x$ . Del mismo modo, la etapa de corrección utiliza el valor calculado del ángulo  $\Theta_y$  de oscilación y de la velocidad  $\Theta'_y$  del ángulo de oscilación para proporcionar una señal de corrección de velocidad  $\Delta V_y$ , que se introducirá como complemento de una eventual consigna de velocidad  $V_{cy}$  en calidad de referencia de velocidad  $V_{ry}$  proporcionada a la entrada del variador  $D_y$  de velocidad que regula el motor de traslación Y de la carretilla  $M_y$ .

10

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de regulación del desplazamiento de una carga (15) suspendida por cables de una carretilla (10), que es móvil según un primer eje (X) horizontal, en un aparato de elevación, comprendiendo el dispositivo unos medios para la determinación de una longitud (L) de los cables (14) de suspensión de la carga (15) y unos medios para la determinación de un dato representativo de una velocidad ( $V_x$ ) de desplazamiento de la carretilla (10) según el primer eje (X), **caracterizado porque** el dispositivo (20) de regulación calcula un primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación de la carga (15) y una velocidad ( $\Theta'_x$ ) de dicho primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación, utilizando únicamente dicha longitud (L) y dicho dato representativo de la velocidad ( $V_x$ ) de desplazamiento, según el primer eje (X), como únicas variables de entrada, y utilizando una aceleración ( $\Theta''_x$ ) de dicho primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación como variable interna.
2. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo (20) de regulación calcula el primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación con la ayuda de un proceso iterativo, utilizando la velocidad ( $\Theta'_x$ ) de dicho primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación y la aceleración ( $\Theta''_x$ ) de dicho primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación.
3. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dato representativo de la velocidad ( $V_x$ ) de desplazamiento de la carretilla, según el primer eje (X), se determina utilizando una referencia ( $V_{rx}$ ) de velocidad que se proporciona a un variador (Dx) de velocidad que guía el desplazamiento de la carretilla (10) según el primer eje (X).
4. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dato representativo de la velocidad ( $V_x$ ) de desplazamiento de la carretilla, según el primer eje (X), se determina utilizando una estimación de velocidad que se elabora mediante un variador (Dx) de velocidad que guía el desplazamiento de la carretilla (10) según el primer eje (X).
5. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** el dispositivo de regulación envía una señal ( $\Delta V_x$ ) de corrección que se añade a una consigna de velocidad ( $V_{cx}$ ) para proporcionar una referencia de velocidad ( $V_{rx}$ ) de desplazamiento de la carretilla (10), según el primer eje (X), la señal ( $\Delta V_x$ ) de corrección se calcula aplicando un coeficiente ( $K_{\Theta_x}$ ,  $K'_{\Theta_x}$ ) de corrección al primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación calculado y a la velocidad ( $\Theta'_x$ ) calculada del primer ángulo ( $\Theta_x$ ) de oscilación.
6. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la carretilla (10) también es móvil según un segundo eje (Y) horizontal perpendicular al primer eje (X), y que comprende unos medios para determinar un dato representativo de una velocidad ( $V_y$ ) de desplazamiento de la carretilla (10) según el segundo eje (Y), **caracterizado porque** el dispositivo (20) de regulación calcula un segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación de la carga (15) y una velocidad ( $\Theta'_y$ ) de dicho segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación, utilizando únicamente dicha longitud (L) y dicho dato representativo de la velocidad ( $V_y$ ) de desplazamiento según el segundo eje (Y) como únicas variables de entrada, y utilizando una aceleración ( $\Theta''_y$ ) de dicho segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación como variable interna.
7. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dispositivo (20) de regulación calcula el segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación con la ayuda de un proceso iterativo utilizando la velocidad ( $\Theta'_y$ ) de dicho segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación y la aceleración ( $\Theta''_y$ ) de dicho segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación.
8. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dato representativo de la velocidad ( $V_y$ ) de desplazamiento de la carretilla, según el segundo eje (Y), se determina utilizando una referencia ( $V_{ry}$ ) de la velocidad de desplazamiento de la carretilla según el segundo eje (Y).
9. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dato representativo de la velocidad ( $V_y$ ) de desplazamiento de la carretilla, según el segundo eje (Y), se determina utilizando una medida de la velocidad de desplazamiento de la carretilla (10) según el segundo eje (Y).
10. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el dispositivo de regulación envía una señal ( $\Delta V_y$ ) de corrección que se añade a una consigna de velocidad ( $V_{cy}$ ) para proporcionar una referencia de la velocidad ( $V_{ry}$ ) de desplazamiento de la carretilla (10), según el segundo eje (Y), la señal ( $\Delta V_y$ ) de corrección se calcula aplicando un coeficiente ( $K_{\Theta_y}$ ,  $K'_{\Theta_y}$ ) de corrección al segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación calculado y a la velocidad ( $\Theta'_y$ ) calculada del segundo ángulo ( $\Theta_y$ ) de oscilación.
11. Dispositivo de regulación de acuerdo con la reivindicación 5 ó 10, **caracterizado porque** los coeficientes ( $K_{\Theta_x}$ ,  $K'_{\Theta_x}$ ,  $K_{\Theta_y}$ ,  $K'_{\Theta_y}$ ) de corrección son variables en función de la longitud (L) de los cables (14) de suspensión de la carga (15).
12. Procedimiento de regulación del desplazamiento de una carga (15) suspendida por cables de una carretilla (10), que es móvil al menos según un eje (X, Y) horizontal, en un aparato de elevación, siendo el procedimiento puesto en práctica mediante un dispositivo (20) de regulación, de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado porque** el procedimiento de regulación comprende una etapa de cálculo que permite determinar un ángulo ( $\Theta_x$ ,  $\Theta_y$ ) de oscilación de la carga (15) y una velocidad ( $\Theta'_x$ ,  $\Theta'_y$ ) del ángulo de oscilación utilizando únicamente como únicas variables de entrada la longitud (L) de los cables (14) de suspensión de la carga (15) y un



dato representativo de una velocidad ( $V_x, V_y$ ) de desplazamiento de la carretilla, y utilizando una aceleración ( $\Theta''_x, \Theta''_y$ ) de dicho ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación como variable interna.

5 13. Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** el procedimiento de regulación calcula el ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación con la ayuda de un proceso iterativo utilizando la velocidad ( $\Theta'_x, \Theta'_y$ ) de dicho ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación y de la aceleración ( $\Theta''_x, \Theta''_y$ ) de dicho ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación.

14. Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la velocidad ( $V_x, V_y$ ) de desplazamiento de la carretilla se determina a partir de una referencia de velocidad ( $V_{rx}, V_{ry}$ ) de desplazamiento de la carretilla.

10 15. Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** el procedimiento de regulación comprende una etapa de corrección que permite proporcionar una señal de corrección de velocidad ( $\Delta V_x, \Delta V_y$ ) a partir de los valores determinados del ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación y de la velocidad ( $\Theta'_x, \Theta'_y$ ) del ángulo de oscilación, siendo calculada la señal ( $\Delta V_x, \Delta V_y$ ) de corrección aplicando un coeficiente ( $K_{\Theta_x}, K'_{\Theta_x}, K_{\Theta_y}, K'_{\Theta_y}$ ) de corrección al ángulo ( $\Theta_x, \Theta_y$ ) de oscilación calculado y a la velocidad ( $\Theta'_x, \Theta'_y$ ) calculada del ángulo de oscilación.

15 16. Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 15, **caracterizado porque** los coeficientes ( $K_{\Theta_x}, K'_{\Theta_x}, K_{\Theta_y}, K'_{\Theta_y}$ ) son variables en función de la longitud (L) de los cables (14) de suspensión de la carga (15).

17. Procedimiento de regulación de acuerdo con la reivindicación 12, **caracterizado porque** la etapa de cálculo utiliza un modelo matemático de péndulo con amortiguación.

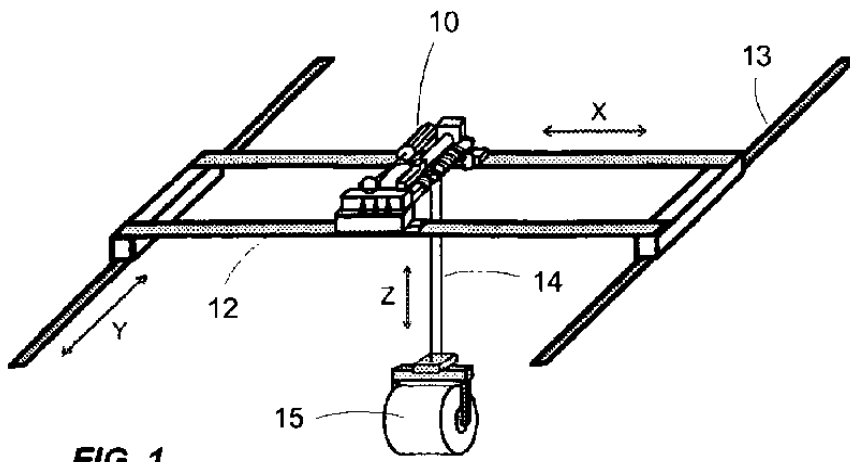


FIG. 1

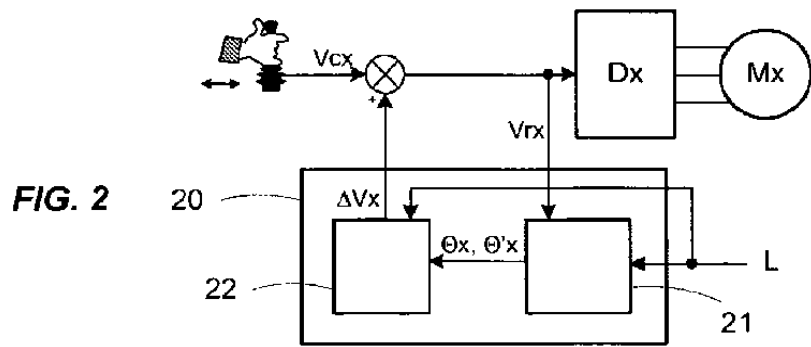


FIG. 2

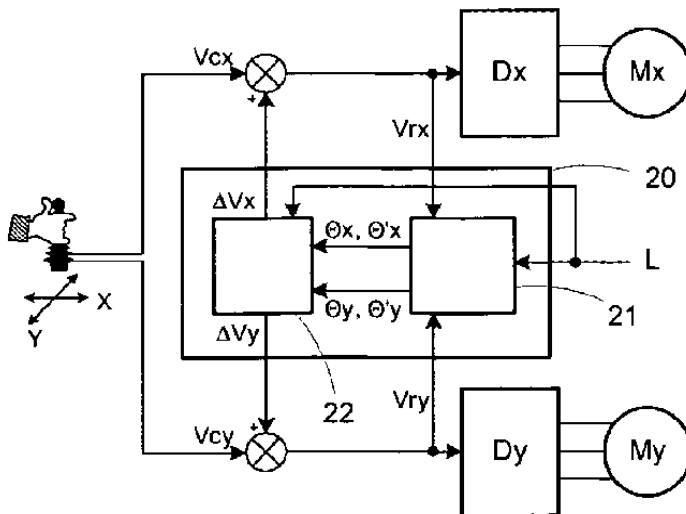


FIG. 3