

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 167**

51 Int. Cl.:

G01B 21/04 (2006.01)

B66C 13/06 (2006.01)

B66C 13/46 (2006.01)

G01B 11/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2013** **E 13194811 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.09.2017** **EP 2878565**

54 Título: **Método para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, así como método para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de la carga**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.02.2018

73 Titular/es:
SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)
Wittelsbacherplatz 2
80333 München, DE

72 Inventor/es:
HAMM, CARSTEN y
LADRA, UWE

74 Agente/Representante:
CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 654 167 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

Método para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, así como método para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de la carga.

5 La presente invención hace referencia a un método para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un elemento de sujeción a modo de un cable, donde la grúa presenta un brazo y un carro que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual la carga se encuentra fijada mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, y en la grúa se proporciona al menos un dispositivo óptico de detección para detectar un ángulo de
10 oscilación y/o un ángulo de rotación de la carga, en donde mediante al menos un dispositivo óptico de detección se detecta un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de la carga. Además, la presente invención hace referencia a un método para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, así como hace referencia a una grúa.

15 Para volcar cargas, por ejemplo desde una embarcación hacia un camión o un vagón, se utilizan grúas, en particular las así llamadas grúas pórtico para contenedores, las cuales presentan un brazo orientado esencialmente de forma horizontal, así como un carro que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo mediante un dispositivo de accionamiento del carro. Las grúas de esa clase para volcar cargas pueden comprender además un dispositivo de accionamiento de la grúa, mediante el cual toda la grúa puede desplazarse en general de forma transversal con respecto a la dirección de desplazamiento del carro y, con ello, de forma transversal con respecto al brazo.

20 Para un proceso de transporte, la carga que debe ser volcada, la cual puede tratarse de un contenedor o de un elemento similar, es sujeta en el carro de la grúa mediante uno o varios medios de fijación a modo de un cable, donde dichos medios pueden consistir en cables, cadenas, cintas o elementos similares. La longitud de los medios de fijación a modo de cables puede modificarse mediante un mecanismo de elevación asociado al carro. La carga puede estar fijada directamente en los medios de fijación a modo de cables. De manera alternativa, los medios de
25 fijación pueden estar unidos a un medio de alojamiento de la carga, por ejemplo a un así llamado spreader (dispositivo de elevación de contenedores), el cual a su vez aloja la carga. Para ello, de manera ventajosa, el spreader comprende un dispositivo de sujeción con el cual pueden sujetarse cargas de distintas dimensiones.

30 La carga que se suspende en el carro mediante los medios de sujeción a modo de cables y eventualmente mediante el spreader, puede ser elevada entonces utilizando el mecanismo de elevación, mediante un movimiento del carro a lo largo del brazo, así como mediante un movimiento del brazo, así como de toda la grúa, en particular de forma transversal con respecto a la dirección de desplazamiento del carro, puede ser transportada desde la embarcación hacia la tierra o de forma inversa, y a continuación puede ser bajada.

35 En el caso de un proceso de transporte de esa clase existe el problema de que la carga guiada por el cable, a través del desplazamiento del carro y eventualmente del movimiento de la grúa, así como a través de influencias externas, como por ejemplo viento, tiende a producir distintos movimientos, similares a una oscilación. De este modo, la carga puede tender a producir movimientos de oscilación traslatorios, es decir, movimientos a modo de un péndulo, así como movimientos de rotación oscilantes alrededor de sus ejes, durante los cuales la carga se mueve a modo de un péndulo de rotación. En los movimientos de oscilación rotativos antes mencionados se considera importante en particular el movimiento de rotación de la carga alrededor del eje normal, el cual se denomina también como
40 movimiento oblicuo.

Puesto que los diferentes movimientos de oscilación de la carga implican riesgos, esto debe ser observado y eventualmente deben tomarse contramedidas. Por el estado del arte se conocen ya diferentes métodos con los cuales puede determinarse el ángulo de oscilación y/o de rotación actual de una carga guiada por un cable, la cual debe ser volcada mediante una grúa.

45 Como ángulo de oscilación se mide o detecta usualmente el ángulo, en el estado de desviación actual de la carga, entre al menos un medio de fijación a modo de un cable, con el cual la misma está fijada en el carro, y las verticales, así como su proyección hacia el plano que se extiende en la dirección de desplazamiento del carro y las verticales. Como ángulo de rotación se detecta el ángulo alrededor del cual se encuentra rotada la carga cuando la misma realiza un movimiento de rotación alrededor de sus ejes, con respecto a una posición cero. Si la carga realiza un
50 movimiento oblicuo, es decir, un movimiento de rotación alrededor de su eje normal, se habla entonces también de un ángulo oblicuo.

Para detectar el ángulo de oscilación o de rotación actual se emplean en particular dispositivos ópticos de detección asociados a la estructura de la grúa, por ejemplo sistemas de cámaras, con los cuales pueden ser observados los movimientos de vibración traslatorios y/o rotativos, tal como se conoce por ejemplo por la solicitud WO 2004/031068
55 A1. Los sistemas de cámaras de esa clase comprenden generalmente una cámara proporcionada en el lado inferior

del carro, así como arriba un reflector posicionado sobre la carga, orientado hacia la cámara, el cual es necesario para evaluar la imagen. A través de métodos adecuados de procesamiento de la imagen, a partir de las imágenes creadas mediante la cámara y el reflector, se determina el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación de la carga.

5 Una condición previa para que los sistemas de cámaras, con los cuales se determina el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación actual, proporcionen valores de medición fiables, consiste en un ajuste cuidadoso de ese sistema. De este modo, en particular es necesario que la cámara proporcionada en el carro y el reflector proporcionado en la carga estén alineados exactamente uno con respecto a otro.

10 Dicha condición previa, en el duro entorno de funcionamiento de una grúa, en general no se cumple o sólo puede cumplirse realizando una gran inversión. En primer lugar, existen limitaciones en la construcción, las cuales conducen al hecho de que los sistemas de cámaras conocidos deben ser montados en posiciones no satisfactorias, debido a lo cual se produce un desplazamiento no deseado entre la cámara y el reflector. En ese caso se produce además una inclinación constante durante la medición de la posición actual de la carga. Puede suceder además que la cámara se encuentre posicionada o deba posicionarse de manera que, bajo un ángulo, mire hacia la carga, así como hacia el reflector proporcionado en el lado superior de la carga. También en este caso la posición de la carga se mide de forma incorrecta, donde el error depende de la altura de la elevación, por tanto de la longitud actual del medio de fijación o medio de fijación a modo de cable, mediante el cual la carga está fijada en el carro. En todos los casos antes mencionados, en lugar del ángulo de oscilación o de rotación efectivo, se registra un ángulo incorrecto.

15 Por el estado del arte son conocidos diferentes procedimientos para remediar el problema antes mencionado. En primer lugar, los sistemas de cámaras utilizados pueden ser calibrados. Para ello, en el marco de la puesta en servicio se realiza un ajuste para hacer que la posición cero de la cámara coincida lo más posible con la posición cero de la carga. Lo mencionado puede tener lugar por ejemplo a través de un ajuste manual del sistema. A un ajuste de esa clase se asocia una inversión considerable, y existe además el problema de que la calibración, en el duro entorno de la grúa, sólo se mantiene durante un período comparativamente breve.

20 Otra posibilidad consiste en prescindir de la medición de información absoluta de la posición de la carga, determinando sólo diferencias de posición. Esto significa que en lugar de la posición, en particular en lugar del ángulo de oscilación o de rotación absoluto actual, se registran sólo valores de velocidad del ángulo obtenidos a partir de la formación de la diferencia. Sin embargo, la información relativa obtenida de ese modo no se considera siempre como suficiente.

25 Considerando el estado del arte mencionado, el objeto de la presente invención consiste en crear un método de la clase indicada en la introducción para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, con el cual puedan determinarse de forma fiable ángulos de oscilación y/o de rotación de cargas guiadas por cables.

30 Dicho objeto, con un método de la clase mencionada en la introducción para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, se alcanzará debido a que

- se supone que el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación detectado se encuentra sujeto a un error sistemático condicionado por al menos un dispositivo óptico de detección, y

- se determina el valor del error sistemático al que se encuentra sujeto el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación detectado.

35 40 Expresado de otro modo, la idea central de la presente invención reside en el hecho de que, de manera selectiva, se parte de que el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación actual de la carga, detectado mediante al menos un dispositivo óptico de detección convencional, se encuentra sujeto a un error. De este modo, de acuerdo con la invención se supone que el error se encuentra sujeto en sí mismo al dispositivo utilizado para la detección del ángulo, el cual puede tratarse por ejemplo de un sistema de cámaras. Concretamente, se parte del hecho de que a través de una posición de instalación incorrecta de los componentes de al menos un dispositivo óptico utilizado, en particular a través de una posición de instalación incorrecta de la cámara y/o del reflector, así como de un ajuste incorrecto o defectuoso de dichos componentes unos con respecto a otros, se provoca un error sistemático, en el cual los valores del ángulo detectado se desvían de los valores efectivos. El error sistemático se trata en particular de una inclinación, es decir, de un desplazamiento del valor de medición medido con respecto al valor del ángulo que efectivamente debe ser medido.

Partiendo de la suposición de que los valores del ángulo detectados no son los efectivos, de acuerdo con la invención se determina el valor del error sistemático.

De acuerdo con la invención se supone que el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación detectado están sujetos a un error sistemático, en donde se utiliza un modelo matemático en el cual se considera que el ángulo de oscilación, así como el ángulo de rotación, pueden presentar un error.

5 El método de acuerdo con la invención puede aplicarse independientemente de si el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación de la carga están sujetos o no a un error sistemático. En el caso de que el dispositivo óptico de detección utilizado se encuentre ajustado de forma correcta, como valor del error sistemático se determinaría por ejemplo cero o un valor por debajo de un valor umbral predeterminado. Por consiguiente, el método de acuerdo con la invención puede aplicarse también para descubrir si un dispositivo óptico de detección en una grúa se encuentra ajustado o no de forma correcta.

10 Una forma de ejecución ventajosa del método de acuerdo con la invención se caracteriza porque se determina el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación sin error.

15 Si el valor del error sistemático, al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación de la carga, ha sido determinado de acuerdo con la invención, entonces el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación detectado puede ser corregido con respecto al error sistemático determinado, obteniendo así el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación efectivo, sin error.

A través de dicha corrección del error de acuerdo con la invención puede prescindirse por completo de un ajuste manual costoso de al menos un dispositivo óptico utilizado, debido a lo cual se ahorran tiempo y, con ello, costes, de modo considerable.

20 Inclusive, en la instalación de al menos un dispositivo óptico de detección en la estructura de la grúa puede admitirse de forma intencional un montaje o un ajuste incorrecto, ya que el error de medición sistemático condicionado por ello puede ser determinado, donde éste puede ser eliminado del valor del ángulo medido. De este modo es posible proporcionar los dispositivos ópticos de medición también en puntos que divergen del estado del arte, a los cuales por ejemplo puede accederse con mayor facilidad, debido a lo cual se ahorran igualmente tiempo y costes.

25 El método de acuerdo con la invención puede ejecutarse tanto para determinar ángulos de oscilación actuales de la carga, así como también para determinar ángulos de rotación actuales de la misma. De este modo, se considera relevante en particular el ángulo de rotación de la carga alrededor de su eje normal, es decir, el así llamado ángulo oblicuo.

30 Para detectar el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación de la carga pueden emplearse uno o varios dispositivos ópticos de detección convencionales, los cuales en particular comprenden respectivamente una cámara y un reflector. Pueden utilizarse por ejemplo un dispositivo de detección que detecta tanto el ángulo de oscilación actual, como también un ángulo de rotación actual, en particular el ángulo oblicuo actual de la carga. De manera alternativa, también para detectar el ángulo de oscilación y el ángulo de rotación puede emplearse respectivamente un dispositivo de detección separado. El dispositivo óptico de detección, así como los dispositivos ópticos de detección, observan los movimientos de vibración de la carga, donde de modo conocido emplean métodos de procesamiento de la imagen para obtener los valores del ángulo de oscilación o del ángulo de rotación actual a partir de los registros ópticos.

40 Una forma de ejecución de la invención se caracteriza porque mediante al menos un dispositivo óptico de detección se detecta una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación y/o del ángulo de rotación. De este modo, por ejemplo puede detectarse la primera derivación temporal del ángulo de oscilación o del ángulo de rotación, es decir la velocidad del ángulo de oscilación o del ángulo de rotación. Por ejemplo, esto puede tener lugar formando la diferencia de dos registros temporalmente distanciados del estado de desviación actual de la carga.

45 De acuerdo con otra forma de ejecución de la invención se supone que el ángulo de oscilación detectado con al menos un dispositivo óptico de detección es igual a la suma del ángulo de oscilación sin error y un valor del error, y/o que el ángulo de rotación con al menos un dispositivo óptico de detección es igual a la suma del ángulo de rotación sin error y un valor del error.

Los movimientos de oscilación o de rotación de la carga consisten en movimientos de vibración que de forma universal pueden describirse a través de una ecuación diferencial de segundo orden de la fórmula

$$\ddot{z}(t) + \omega^2 z(t) = \omega^2 u$$

De este modo, $z(t)$ es la variable observada, es decir el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación, ω es la frecuencia propia del movimiento de vibración y $u(t)$ es la variable de ajuste, la cual puede tratarse por ejemplo de la posición del carro.

5 La frecuencia propia ω del movimiento de rotación y/o de oscilación vibrantes de la carga, en sistemas mecánicos, puede determinarse de forma sencilla a través de pruebas de vibración, de modelos de cálculo o de otros métodos conocidos por el estado del arte. En el caso del movimiento oscilante de vibración a modo de un péndulo se determina la frecuencia angular propia solamente a través de la longitud actual de al menos un medio de fijación a modo de un cable, es decir, la altura de elevación actual de la carga. Esa variable se detecta en los sistemas de grúas a través de técnicas de medición, disponiéndose de la misma con ello para determinar la frecuencia angular propia. De acuerdo con la invención se parte del hecho de que debido a que a través de la alineación o ajuste inexactos de al menos un dispositivo óptico de detección, mediante el cual se mide o detecta el ángulo de oscilación o de rotación actual, en lugar del valor del ángulo $z(t)$ efectivo se mide una variable que se encuentra sujeta a un error sistemático z_{off}

$$\tilde{z}(t) = z(t) + z_{off}$$

15 Por consiguiente, de acuerdo con la presente invención, el conocimiento sobre propiedades de vibración de la carga, las cuales pueden ser descritas matemáticamente mediante la ecuación diferencial antes mencionada, se combina con un modelo de error para el error no conocido, el cual está condicionado por un posicionamiento y/o un ajuste incorrectos del dispositivo óptico de detección utilizado.

20 En un perfeccionamiento de la invención en particular se prevé la suposición de que el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación detectado sea temporalmente constante o varíe de forma cuasiestática en función de la longitud de al menos un medio de fijación a modo de un cable, mediante el cual la carga está fijada en el carro. Por tanto, se parte del hecho de que el error z_{off} se mantiene constante a lo largo del tiempo o de que sólo se modifica con poca frecuencia en función de la altura de elevación de la carga.

25 Con el método de acuerdo con la invención, junto con errores que no varían con el tiempo, los cuales son causados por ejemplo debido a que la cámara del dispositivo óptico de detección se encuentra dispuesta desplazada con respecto al reflector, pueden determinarse también errores que se modifican con el tiempo, en particular errores que dependen de la altura de elevación de la carga. Los errores de esa clase que varían temporalmente se producen por ejemplo debido a que la cámara está orientada hacia el reflector en un ángulo. De este modo, con el método de acuerdo con la invención pueden compensarse también errores que varían con el tiempo.

30 Otra variante ventajosa del método de acuerdo con la invención se caracteriza porque se utiliza al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control para determinar el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación medidos, y/o el ángulo de oscilación sin error y/o el ángulo de rotación sin error.

35 La utilización de modelos observadores, denominados también observadores, es conocida en el área de la ingeniería de control. Con un observador, a partir de variables de entrada conocidas, por ejemplo variables de ajuste, y variables de salida conocidas, por ejemplo variables de medición, de un sistema de referencia observado, pueden reconstruirse estados. Se habla de que los estados son observables. Los observadores se emplean por ejemplo en el marco de la modelación de campos de regulación. El comportamiento físico de un campo de regulación real puede modelarse matemáticamente mediante ecuaciones diferenciales. Los mismos usualmente son lineales o linealizados y pueden expresarse como sistema de ecuaciones diferenciales de primer orden en escritura de matriz. Puesto que el modelo matemático y el comportamiento de los campos de regulación reales no coinciden de forma exacta, éstos con el tiempo se desarrollan sin embargo de forma diferente. La teoría de los observadores introduce un retorno para compensar el modelo matemático con el campo de regulación real.

45 En un perfeccionamiento de la presente invención puede preverse que se utilice al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control, el cual se encuentra ampliado en un modelo de error. Un modelo observador ampliado de ese modo de acuerdo con la invención es particularmente adecuado para determinar el error sistemático que se encuentra condicionado a través de al menos un dispositivo óptico de detección utilizado, y el ángulo de oscilación o de rotación sin error.

50 De este modo, en particular puede preverse que se utilice al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control, en el cual el modelo de error se encuentra combinado con ecuaciones de movimiento para movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de la carga.

Además, otra forma de ejecución ventajosa del método de acuerdo con la invención se caracteriza porque se utiliza un modelo observador basado en la ingeniería de control, el cual comprende como parámetros de estado al menos

el ángulo de oscilación, una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación y el error sistemático al cual está sujeto el ángulo de oscilación, y/o por porque se utiliza un modelo observador basado en la ingeniería de control que comprende como parámetros de estado al menos el ángulo de rotación, una de las derivaciones temporales del ángulo de rotación y el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación.

- 5 De manera ventajosa, el sistema de observador que se utiliza se considera en una representación de estados. Partiendo de que $z(t)$ es la variable que debe ser observada, a saber, el ángulo de oscilación o de rotación, en la representación de estados se obtiene

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

- 10 con el vector de estado $x(t)$, las señales de salida $y(t)$, las señales de entrada $u(t)$, la matriz del sistema A , la matriz de salida C y el vector de entrada b . En concreto se obtiene

$$\begin{bmatrix} \dot{z}(t) \\ \ddot{z}(t) \\ \dot{z}_{off}(t) \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{=A} \underbrace{\begin{bmatrix} z(t) \\ \dot{z}(t) \\ z_{off}(t) \end{bmatrix}}_{=x(t)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \omega^2 \\ 0 \end{bmatrix}}_{=b} u(t)$$

y

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \ddot{z} \\ \dot{z}_{off} \end{bmatrix}}_{=y(t)} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{=C} \begin{bmatrix} z(t) \\ \dot{z}(t) \\ z_{off}(t) \end{bmatrix}$$

Conforme a ello, el vector de estado $x(t)$ se amplía en el error z_{off} , el cual se supone de acuerdo con la invención.

- 15 El rango de la matriz de observabilidad

$$Q = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ 0 & -\omega^2 & 0 \end{bmatrix}$$

es 3, con ello, todas las tres variables de estado, es decir z , \dot{z} y z_{off} pueden determinarse sin error a partir del modelo ampliado, por tanto también la inclinación.

- 20 Para la utilización en una estructura de control debe desarrollarse aún la dinámica del observador, es decir, la dinámica con la cual se elimina el error entre el modelo y la realidad. Ese es un procedimiento estándar en la ingeniería de control, lo cual es posible sin limitaciones utilizando un método conocido por el estado del arte.

Una estructura del observador según

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) + L(y_m(t) - y(t)) = (A - LC)x(t) + bu(t) + Ly_m(t)$$

- 25 con la matriz de retorno L , compara las variables de medición que son detectadas mediante al menos un dispositivo óptico de detección, junto con métodos de procesamiento de la imagen correspondientes, a saber el ángulo de oscilación o de rotación $z_{cam}(t)$ detectado

$$y_m(t) = \begin{bmatrix} z_{cam}(t) \\ \dot{z}_{cam}(t) \end{bmatrix}$$

5 con las variables $y(t)$ determinadas, y actualiza las variables de estado $x(t)$ mediante la matriz de retorno L que debe ser dimensionada de forma adecuada. De este modo, $z_{cam}(t)$ representa el ángulo de oscilación o de rotación detectado con el dispositivo óptico de detección, y $\dot{z}_{cam}(t)$ representa la velocidad del ángulo de oscilación o de rotación. $y_m(t)$ es el vector de las variables de medición que provienen del campo.

A partir de las dos variables de medición velocidad del ángulo \dot{z}_{cam} y valor del ángulo sujeto a error z_{cam} de la cámara, en el vector de estado $x(t)$ del observador son determinadas las tres variables necesarias velocidad del ángulo \dot{z} , el ángulo z efectivo liberado del error y el error z_{off} .

10 A continuación, en particular en el marco de un control para la atenuación de vibraciones, dichas variables pueden utilizarse para el movimiento de la carga guiada por un cable. La variable de error z_{off} determinada de acuerdo con la invención refleja el grado del error predominante.

15 De acuerdo con la presente invención, utilizando al menos un modelo observador ampliado en el modelo de error, con el principio del modelo antes descrito es posible identificar las variables de estado que son necesarias para un control para la atenuación de vibraciones, a saber, en particular un ángulo de oscilación y/o de rotación actual efectivo, así como la velocidad del ángulo de oscilación y/o de rotación. De manera robusta y fiable puede determinarse la información faltante sobre el error causado en al menos un dispositivo óptico de detección utilizado, así como sobre su instalación incorrecta y/o sobre su ajuste incorrecto.

20 Otro objeto de la presente invención consiste en un método para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de una carga alojada en una grúa mediante al menos un elemento de sujeción a modo de un cable, donde la grúa presenta un brazo y un carro que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual la carga se encuentra fijada mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, y en la grúa se proporciona al menos un dispositivo óptico de detección para detectar un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de la carga, en donde a la grúa se encuentra asociado al menos un dispositivo de regulación para atenuar movimientos de oscilación y/ movimientos de rotación de la carga, el cual comprende los pasos:

25 • mediante el método de acuerdo a la invención antes descrito, para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación, se determina el ángulo de oscilación sin error y/o el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación detectado y/o mediante el método de acuerdo a la invención antes descrito, para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación, se determina el ángulo de rotación sin error y/o el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación,

30 • el ángulo de oscilación sin error y/o el valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación detectado, es transmitido hacia al menos un dispositivo de regulación, y/o el ángulo de rotación sin error y/o el valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación detectado, es transmitido hacia el mismo o hacia otro dispositivo de regulación; y

35 • mediante al menos un dispositivo de regulación, en base al ángulo de oscilación sin error y/o al valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación detectado, se atenúa el movimiento de oscilación de la carga y/o en base el ángulo de rotación sin error y/o al valor del error al cual se encuentra sujeto al ángulo de rotación detectado, se atenúa el movimiento de rotación de la carga.

40 Expresado de otro modo, el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación liberado del error sistemático de acuerdo con la invención, en lugar de la variable sujeta a un error, se utiliza para una medida consecutiva en base a la ingeniería de control, para atenuar los movimientos de vibración de la carga. Para ello, el ángulo de oscilación o el ángulo de rotación liberado del error sistemático es transmitido hacia al menos un dispositivo de regulación que está diseñado para atenuar los movimientos de oscilación y/o de rotación observados de la carga. En base al valor del ángulo efectivo, liberado del error, el dispositivo de regulación, por ejemplo de modo conocido, puede determinar una señal de ajuste para el dispositivo de accionamiento del carro, de manera que el mismo es controlado de manera que el movimiento de la carga, a modo de un péndulo, es atenuado de forma selectiva en el plano que se extiende desde la dirección de desplazamiento del carro y las verticales.

45 Si el valor de oscilación o de rotación erróneo, detectado mediante al menos un dispositivo óptico de detección, es transmitido a un dispositivo de regulación, tal como es usual en el estado del arte, entonces la regulación tiene lugar en un ángulo incorrecto. De este modo, en particular debido al error de medición, la carga es regulada en una posición incorrecta. Si el error de medición se modifica con el tiempo, entonces el movimiento de la carga incluso es

regulado de modo que la carga sigue al error. Si se utiliza el método de acuerdo con la invención ese problema se evita por completo.

5 En el método de acuerdo con la invención para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de la carga, en un perfeccionamiento se prevé que de manera adicional se determine una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación y/o del ángulo de rotación, en particular la velocidad del ángulo de oscilación y/o la velocidad del ángulo de rotación, y que se transmita hacia al menos un dispositivo de regulación.

10 Por último, un objeto de la presente invención consiste en una grúa con un brazo, con un carro que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual se encuentra fijada una carga mediante al menos un medio de fijación a modo de un cable, con al menos un dispositivo óptico de
15 detección para detectar un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación de la carga, con al menos un dispositivo de cálculo que se encuentra diseñado para ejecutar el método de acuerdo con la invención antes descrito para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación, y con al menos un dispositivo de regulación, el cual está diseñado para ejecutar el método de acuerdo con la invención antes descrito para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación y con al menos un dispositivo de regulación que está diseñado para atenuar el movimiento de oscilación y/o de rotación de la carga en base al ángulo de oscilación y/o de rotación sin error determinado mediante el método.

Con la grúa de acuerdo con la invención, los métodos de acuerdo con la invención antes descritos pueden implementarse de forma constructiva.

20 Con respecto a otras variantes ventajosas de la invención se remite a las reivindicaciones dependientes, así como a la siguiente descripción de un ejemplo de ejecución, haciendo referencia al dibujo añadido. El dibujo muestra:

Figura 1: una grúa de acuerdo con la invención con un brazo y con un carro que puede desplazarse a lo largo del brazo, en donde se encuentra fijada una carga mediante medios de fijación a modo de cables; y

Figura 2: una representación ampliada del carro mostrado en la figura 1, con un dispositivo óptico de detección; y

Figura 3: la carga representada en la figura 1 en una vista superior.

25 La figura 1 muestra una grúa 1, en este caso una grúa pórtico para contenedores, la cual comprende un brazo 2 que se extiende esencialmente de forma horizontal, así como un carro 3 que puede desplazarse a lo largo del brazo 2. Al carro 3 se encuentra asociado un dispositivo de accionamiento que no está representado en la figura, mediante el cual el mismo puede desplazarse en ambas direcciones a lo largo del brazo 2.

30 En el carro 3, mediante medios de fijación a modo de cables, en este caso cuatro cables 4, se encuentra fijada una carga, la cual en el ejemplo de ejecución representado se trata de un contenedor 5. El contenedor 5 debe ser transportado desde una embarcación no representada en la figura hacia un camión que tampoco se encuentra representado. Los cuatro cables 4, los cuales en la figura 1 se muestran de forma esquemática sólo a través de un cable 4, pueden observarse claramente en la vista del contenedor 5 representada en la figura 3. Los cables 4 están fijados en un medio de alojamiento de la carga no representado en las figuras, en un spreader, el cual se
35 proporciona en el lado superior del contenedor 5. La longitud del cable 4 puede modificarse mediante un mecanismo de elevación no representado en la figura, para elevar el contenedor 5, para bajarlo, así como superar obstáculos a lo largo del recorrido de transporte.

40 En el marco del proceso de transporte, el contenedor 5 fijado mediante los cables 4 al carro 3, debido al movimiento del carro 3, de la grúa 1, así como a influencias externas, como por ejemplo el viento, se encuentra sujeto a movimientos de vibración de diferente clase. De este modo, el contenedor 5 puede tender a producir tanto movimientos de vibración traslatorios, es decir, movimientos a modo de un péndulo, como también movimientos de rotación de vibración alrededor de su eje, es decir, movimientos a modo de un péndulo de rotación. En este caso, en lo que respecta a los movimientos de rotación, se considera relevante en particular el movimiento de rotación vibrante del contenedor 5 alrededor de su eje normal, el cual se denomina también como movimiento oblicuo.

45 Puesto que los diferentes movimientos de oscilación de la carga 5 implican riesgos, esto debe ser observado y eventualmente deben tomarse contramedidas.

50 Por lo tanto, los movimientos del contenedor 5 son observados con un dispositivo óptico de detección 6 proporcionado en la grúa 1. El dispositivo óptico de detección 6 comprende una cámara 6a proporcionada en el lado inferior del carro 3, así como un reflector 6b proporcionado en el lado superior del contenedor 5. Con la ayuda de un método de procesamiento de imágenes, de manera conocida, a partir de los registros realizados con la cámara 6a del contenedor 5, así como del reflector 6b proporcionado en su lado superior, es medido el estado de desviación

actual del contenedor 5. Se detecta así el ángulo de oscilación actual ϕ y el ángulo oblicuo actual ψ del contenedor 5.

5 El ángulo de oscilación actual ϕ es el ángulo contenido en el estado de desviación actual del contenedor 5, entre los cables 4 y las verticales 7, así como su proyección hacia el plano que se extiende en la dirección de desplazamiento del carro 3 y las verticales 7. El ángulo oblicuo ψ , tal como se representa en la figura 3, es el ángulo alrededor del cual se encuentra rotado el contenedor 5 cuando el mismo realiza un movimiento de rotación alrededor de su eje normal, con respecto a una posición cero.

10 En este caso, la cámara 6a y el reflector 6b del dispositivo óptico de detección 6 están montados de forma incorrecta o no se encuentran ajustados de forma suficiente. Concretamente, la cámara 6a no está dispuesta de forma precisa con respecto al reflector 6b, sino desplazada con respecto a ésta. Además, la cámara 6a no mira ortogonalmente hacia el reflector 6b, sino bajo un ángulo. Debido a la posición de instalación incorrecta y a la orientación de la cámara 6a, con el dispositivo óptico de detección 6, en lugar del ángulo de oscilación actual efectivo ϕ y del ángulo oblicuo ψ , se detecta un valor de esas variables que se encuentra sujeto a un error sistemático.

15 Mediante el dispositivo óptico de detección 6 se detectan además la velocidad del ángulo de oscilación ϕ y la velocidad del ángulo de rotación ψ , formando la diferencia de dos mediciones temporalmente distanciadas del ángulo de oscilación ϕ , así como la diferencia de mediciones temporalmente distanciadas del ángulo oblicuo ψ . Los valores de velocidad no están sujetos a errores, ya que el error sistemático se suprime debido a la formación de la diferencia.

20 Para determinar el ángulo de oscilación actual efectivo ϕ y el ángulo oblicuo actual efectivo ψ del contenedor 5 se ejecuta el método de acuerdo con la invención para determinar al menos un ángulo de oscilación y/o de rotación.

Los cálculos necesarios para ejecutar el método de acuerdo con la invención son realizados mediante un dispositivo de cálculo que no se encuentra representado en las figuras, el cual está asociado a la grúa 1, donde dicho dispositivo comprende en este caso un procesador convencional.

25 Puesto que el método de acuerdo con la invención se aplica tanto para determinar el ángulo de oscilación actual efectivo del contenedor 5, así como también para determinar el ángulo oblicuo actual efectivo del contenedor 5, los cálculos deben realizarse por una parte para el ángulo de oscilación y por otra parte para el ángulo oblicuo.

Los movimientos de oscilación o de rotación del contenedor 5 consisten en movimientos de vibración que de forma universal pueden describirse a través de una ecuación diferencial de segundo orden de la fórmula

$$\ddot{z}(t) + \omega^2 z(t) = \omega^2 u$$

30 De este modo, $z(t)$ es la variable observada, en este caso en primer lugar el ángulo de oscilación ϕ , así como en segundo lugar el ángulo oblicuo ψ . ω es la frecuencia propia del movimiento de oscilación o del movimiento oblicuo del contenedor 5 y $u(t)$ es la variable de ajuste, la cual en este caso puede tratarse de la posición del carro 3.

35 De acuerdo con la invención, en primer lugar se supone que el ángulo de oscilación ϕ detectado y el ángulo oblicuo ψ detectado con el dispositivo óptico de detección respectivamente es igual a la suma del ángulo de oscilación o el ángulo oblicuo ψ sin error y un valor del error. Concretamente se parte del hecho de que, debido a la orientación o ajuste inexactos del dispositivo óptico de detección 6, en lugar del valor del ángulo verdadero $z(t)$, es decir del ángulo de oscilación ϕ o del ángulo oblicuo ψ , es medida una variable que se encuentra sujeta a un error sistemático Z_{off}

$$\tilde{z}(t) = z(t) + z_{off}$$

40 La variable

$$\tilde{z}(t)$$

es por tanto el ángulo de oscilación ϕ o el ángulo oblicuo ψ medido con el dispositivo óptico de detección 6.

Se supone además que el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación y el ángulo oblicuo varía de forma cuasiestática en función de la longitud del cable 4.

En este caso, la frecuencia angular propia del movimiento de oscilación del contenedor 5 se calcula a partir de la altura de elevación actual del contenedor 5, la cual se detecta a través de técnicas de medición, y la frecuencia propia del movimiento oblicuo se determina a través de pruebas de vibración.

5 Para determinar el error sistemático al cual se encuentran sujetos el ángulo de oscilación ϕ medido y el ángulo oblicuo ψ medido, y el ángulo de oscilación ϕ sin error y el ángulo oblicuo ψ sin error, en el ejemplo de ejecución representado se utilizan modelos de observador en base a la ingeniería de control, los cuales se encuentran ampliados en un modelo de error. El modelo de error respectivamente está combinado con las ecuaciones de movimiento para el movimiento de oscilación o el movimiento oblicuo del contenedor 5. En este caso se emplea un modelo de observador ampliado para determinar el ángulo de oscilación ϕ sin error y un modelo de observador
10 ampliado para determinar el ángulo oblicuo ψ sin error. Los modelos de observador ampliados de acuerdo con la invención están almacenados en el dispositivo de cálculo, no representado, el cual se encuentra asociado a la grúa 1.

15 El modelo de observador basado en la ingeniería de control para calcular el ángulo de oscilación ϕ sin error comprende el ángulo de oscilación ϕ , una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación ϕ y el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación ϕ , como variables de estado. El modelo de observador basado en la ingeniería de control para calcular el ángulo oblicuo sin error comprende del mismo modo como variables de estado el ángulo oblicuo ψ , una de las derivaciones temporales del ángulo oblicuo ψ , y el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo oblicuo ψ .

20 Partiendo del hecho de que $z(t)$ es la variable que debe ser observada, es decir, en este caso el ángulo de oscilación o el ángulo oblicuo ϕ , ψ , en la representación de estados se obtiene

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t)$$

$$y(t) = Cx(t)$$

con el vector de estado $x(t)$. Concretamente se obtiene

$$\begin{bmatrix} \dot{z}(t) \\ \ddot{z}(t) \\ \dot{z}_{off}(t) \end{bmatrix} = \underbrace{\begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}}_{=A} \underbrace{\begin{bmatrix} z(t) \\ \dot{z}(t) \\ z_{off}(t) \end{bmatrix}}_{=x(t)} + \underbrace{\begin{bmatrix} 0 \\ \omega^2 \\ 0 \end{bmatrix}}_{=b} u(t)$$

25 y

$$\underbrace{\begin{bmatrix} \dot{z} \\ \ddot{z} \end{bmatrix}}_{=y(t)} = \underbrace{\begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}}_{=C} \begin{bmatrix} z(t) \\ \dot{z}(t) \\ z_{off}(t) \end{bmatrix}$$

Conforme a ello, el vector de estado $x(t)$ se amplía en el error z_{off} , el cual se supone de acuerdo con la invención.

El rango de la matriz de observabilidad

$$Q = \begin{bmatrix} C \\ CA \\ CA^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ -\omega^2 & 0 & 0 \\ 0 & -\omega^2 & 0 \end{bmatrix}$$

es 3, con ello, todas las tres variables de estado, es decir z , \dot{z} y z_{off} , pueden determinarse sin error a partir del modelo ampliado. Para la utilización en una estructura de regulación debe desarrollarse aún la dinámica del observador.

Una estructura del observador según

$$\dot{x}(t) = Ax(t) + bu(t) + L(y_m(t) - y(t)) = (A - LC)x(t) + bu(t) + Ly_m(t)$$

con la matriz de retorno L , compara las variables de medición que provienen de la cámara 6a, incluyendo el método de procesamiento de la imagen correspondiente,

$$y_m(t) = \begin{bmatrix} z_{cam}(t) \\ \dot{z}_{cam}(t) \end{bmatrix}$$

con las variables $y(t)$ determinadas, y actualiza las variables de estado $x(t)$ mediante la matriz de retorno L que debe ser dimensionada de forma adecuada. De este modo, $z_{cam}(t)$ representa el ángulo de oscilación o de rotación detectado mediante la cámara 6a, y $\dot{z}_{cam}(t)$ representa la velocidad del ángulo de oscilación o de rotación.

A partir de las dos variables de medición velocidad del ángulo \dot{z}_{cam} y valor del ángulo sujeto a error z_{cam} de la cámara, en el vector de estado $x(t)$ del observador son determinadas las tres variables necesarias velocidad del ángulo \dot{z} , el ángulo z efectivo liberado del error, es decir el ángulo de oscilación ϕ sin error y el ángulo oblicuo ψ sin error, y el error z_{off} .

Los ángulos ϕ , ψ sin error determinados, a continuación, junto con las velocidades del ángulo, son transferidos a dispositivos de regulación asociados a la grúa 1, los cuales tampoco se representan en las figuras. De este modo, el ángulo de oscilación ϕ liberado del error sistemático de acuerdo con la invención y la velocidad del ángulo de oscilación son transferidos a un dispositivo de regulación que se utiliza para una regulación que atenúa la vibración del movimiento de oscilación del contenedor 5. A un segundo dispositivo de regulación que se utiliza para una regulación que atenúa la vibración del movimiento oblicuo del contenedor 5 son transferidos el ángulo oblicuo ψ liberado del error sistemático de acuerdo con la invención y la velocidad del ángulo oblicuo.

Los dispositivos de regulación, en base a los valores del ángulo sin error, realizan una regulación fiable para atenuar las vibraciones del movimiento del contenedor 5, garantizando con ello un funcionamiento más seguro de la grúa 1.

De manera alternativa con respecto a la forma de ejecución representada aquí puede emplearse también un dispositivo de regulación que posibilite una regulación para atenuar las vibraciones, tanto del movimiento de oscilación, como también del movimiento oblicuo del contenedor 5.

Si bien la invención fue ilustrada y descrita en detalle a través del ejemplo de ejecución preferente, la presente invención no se limita a los ejemplos descritos, de manera que el experto puede deducir otras variantes en base a ello, sin abandonar el alcance de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para determinar al menos un ángulo de oscilación (ϕ) y/o un ángulo de rotación (ψ) de una carga (5) alojada en una grúa (1) mediante al menos un elemento de sujeción (4) a modo de un cable, donde la grúa (1) presenta un brazo (2) y un carro (3) que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo (2) mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual la carga (5) se encuentra fijada mediante al menos un medio de fijación (4) a modo de un cable, y en la grúa (1) se proporciona al menos un dispositivo óptico de detección (6) para detectar un ángulo de oscilación (ϕ) y/o un ángulo de rotación (ψ) de la carga (5), en donde
- mediante al menos un dispositivo óptico de detección (6) se detecta un ángulo de oscilación (ϕ) y/o un ángulo de rotación (ψ) de la carga (5),
- 10 caracterizado porque,
- se supone que el ángulo de oscilación (ϕ) y/o el ángulo de rotación (ψ) detectado se encuentra sujeto a un error sistemático condicionado por al menos un dispositivo óptico de detección (6), donde se utiliza un modelo matemático en el cual se considera que el ángulo de oscilación y/o el ángulo de rotación pueden presentar un error, y
- 15 - se determina el valor del error sistemático al que se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) y/o el ángulo de rotación (ψ) detectado.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado porque se determina el ángulo de oscilación (ϕ) y/o el ángulo de rotación (ψ) sin error.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque mediante al menos un dispositivo óptico de detección (6) se detecta una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación (ϕ) y/o del ángulo de rotación (ψ).
- 20 4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se supone que el ángulo de oscilación (ϕ) detectado con al menos un dispositivo óptico de detección (6) es igual a la suma del ángulo de oscilación (ϕ) sin error y un valor del error, y/o que el ángulo de rotación (ψ) detectado con al menos un dispositivo óptico de detección (6) es igual a la suma del ángulo de rotación (ψ) sin error y un valor del error.
- 25 5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se supone que el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) y/o el ángulo de rotación (ψ) detectado es temporalmente constante o varía de forma cuasiestática en función de la longitud de al menos un medio de fijación (4) a modo de un cable, mediante el cual la carga (5) está fijada en el carro (3).
- 30 6. Método según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque se utiliza al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control para determinar el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) y/o el ángulo de rotación (ψ) medido, y/o el ángulo de oscilación (ϕ) sin error y/o el ángulo de rotación (ψ) sin error.
7. Método según la reivindicación 6, caracterizado porque se utiliza al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control, el cual se encuentra ampliado en un modelo de error.
- 35 8. Método según la reivindicación 7, caracterizado porque se utiliza al menos un modelo observador basado en la ingeniería de control, en el cual el modelo de error se encuentra combinado con ecuaciones de movimiento para movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de la carga (5).
9. Método según la reivindicación 8, caracterizado porque se utiliza un modelo observador basado en la ingeniería de control que comprende como parámetros de estado al menos el ángulo de oscilación (ϕ), una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación (ϕ) y el error sistemático al cual está sujeto el ángulo de oscilación (ϕ), y/o por
- 40 porque se utiliza un modelo observador basado en la ingeniería de control que comprende como parámetros de estado al menos el ángulo de rotación (ψ), una de las derivaciones temporales del ángulo de rotación (ψ) y el error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación (ψ).
- 45 10. Método para atenuar movimientos de oscilación y/o movimientos de rotación de una carga (5) alojada en una grúa (1) mediante al menos un elemento de sujeción (4) a modo de un cable, donde la grúa (1) presenta un brazo (2) y un carro (3) que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo (2) mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual la carga (5) se encuentra fijada mediante al menos un medio de fijación (4) a modo de un cable, y en la grúa (1) se proporciona al menos un dispositivo óptico de detección (6) para detectar un ángulo de oscilación y/o un ángulo de rotación (ϕ , ψ) de la carga, en donde a la grúa (1) se encuentra asociado al menos un

dispositivo de regulación para atenuar movimientos de oscilación y/ movimientos de rotación de la carga (5), el cual comprende los pasos:

- 5 - mediante el método según una de las reivindicaciones 1 a 9 se determina el ángulo de oscilación (ϕ) sin error y/o el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) detectado y/o mediante el método según una de las reivindicaciones 1 a 9 se determina el ángulo de rotación (ψ) sin error y/o el valor del error sistemático al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación (ψ),
- 10 - el ángulo de oscilación (ϕ) sin error y/o el valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) detectado, es transmitido hacia al menos un dispositivo de regulación, y/o el ángulo de rotación (ψ) sin error y/o el valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación (ψ) detectado, es transmitido hacia el mismo o hacia otro dispositivo de regulación; y
- mediante al menos un dispositivo de regulación, en base al ángulo de oscilación (ϕ) sin error y/o al valor del error al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) detectado, se atenúa el movimiento de oscilación de la carga (5) y/o en base el ángulo de rotación (ψ) sin error y/o al valor del error al cual se encuentra sujeto al ángulo de rotación (ψ) detectado, se atenúa el movimiento de rotación de la carga (5).
- 15 11. Método según la reivindicación 10, caracterizado porque de manera adicional se determina una de las derivaciones temporales del ángulo de oscilación (ϕ) y/o del ángulo de rotación (ψ), en particular la velocidad del ángulo de oscilación y/o la velocidad del ángulo de rotación, y se transmite hacia al menos un dispositivo de regulación.
- 20 12. Grúa (1) con un brazo (2), con un carro (3) que puede desplazarse de forma lineal a lo largo del brazo (2) mediante un dispositivo de accionamiento, en el cual se encuentra fijada una carga (5) mediante al menos un medio de fijación (4) a modo de un cable, con al menos un dispositivo óptico de detección (6) para detectar un ángulo de oscilación (ϕ) y/o un ángulo de rotación (ψ) de la carga (5), con al menos un dispositivo de cálculo que se encuentra diseñado para ejecutar el método según una de las reivindicaciones 1 a 9, y con al menos un dispositivo de regulación, el cual está diseñado para atenuar el movimiento de oscilación de la carga (5) en base al ángulo de oscilación (ϕ) sin error determinado mediante el método y/o en base al error al cual se encuentra sujeto el ángulo de oscilación (ϕ) detectado y/o está diseñado para atenuar el movimiento de rotación de la carga (5) en base al ángulo de rotación (ψ) sin error determinado mediante el método y/o en base al error al cual se encuentra sujeto el ángulo de rotación (ψ) detectado.
- 25

FIG 1

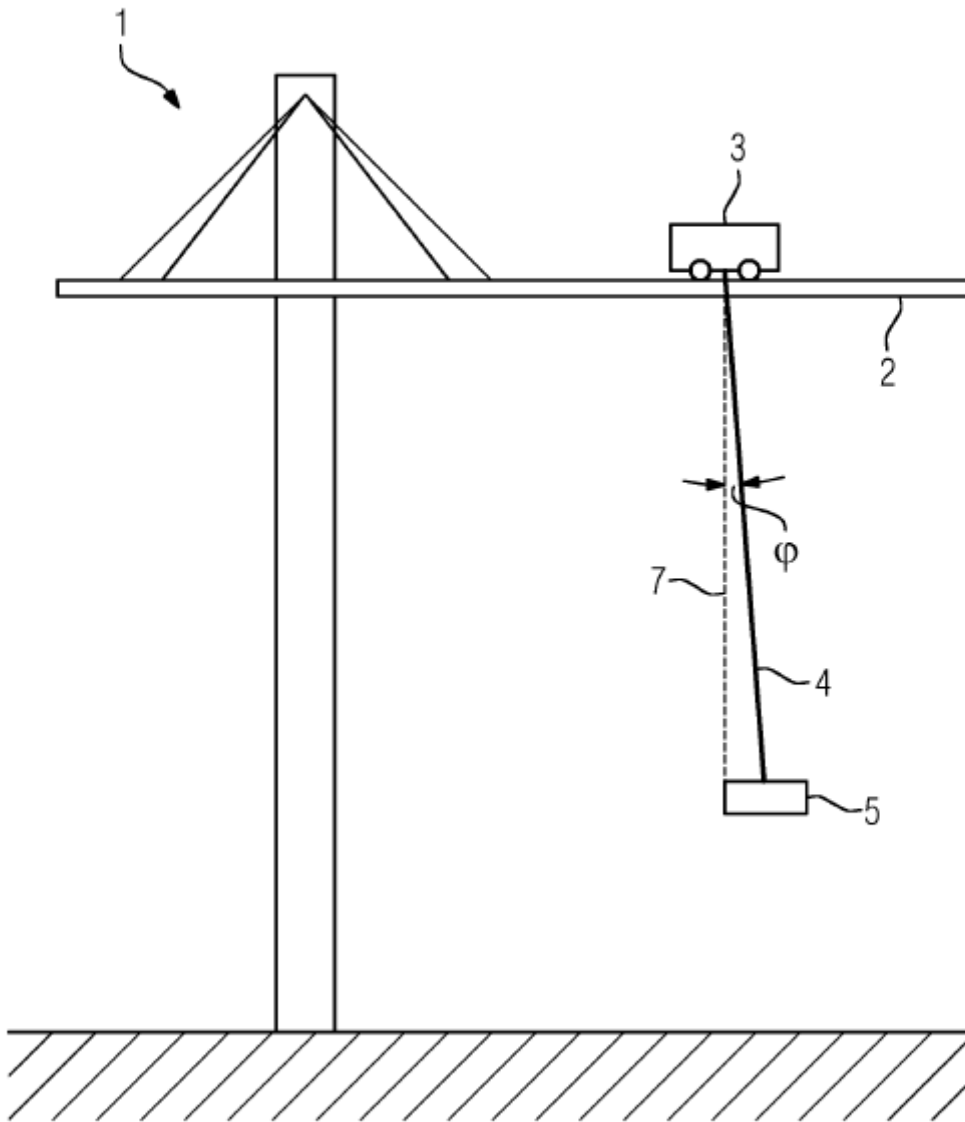


FIG 2

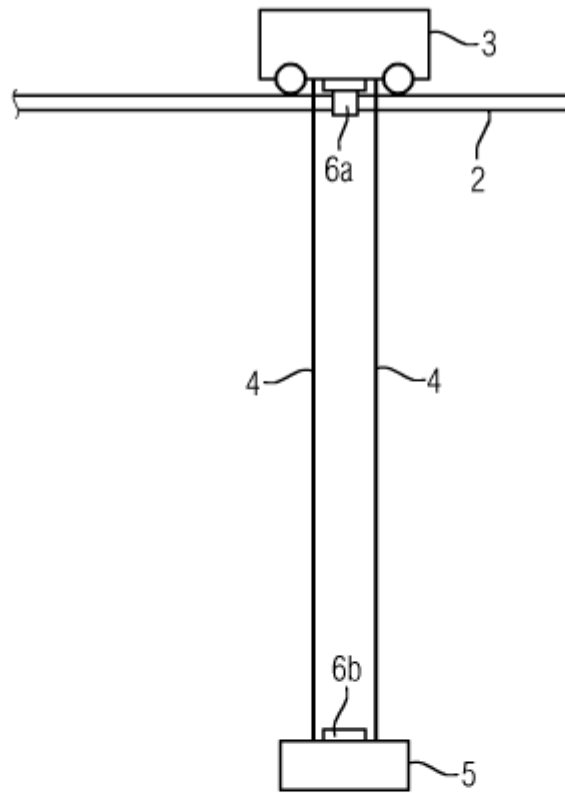


FIG 3

