

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 537 643**

51 Int. Cl.:

**B66C 15/00** (2006.01)

**B66C 19/00** (2006.01)

**E04B 1/98** (2006.01)

**F16F 7/10** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.07.2011 E 11172696 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.05.2015 EP 2543620**

54 Título: **Amortiguador de vibraciones para la amortiguación de una vibración de una estructura susceptible de vibraciones**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.06.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Wittelsbacherplatz 2  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**FORSTER, GERHARD;  
HAMANN, JENS;  
LADRA, UWE y  
SCHÄFFERS, ELMAR**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 537 643 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**

Amortiguador de vibraciones para la amortiguación de una vibración de una estructura susceptible de vibraciones

La presente invención se refiere a un amortiguador de vibraciones para la amortiguación de una vibración de una estructura susceptible de vibraciones, en particular de una grúa.

5 Las frecuencias propias mal amortiguadas pueden conducir en las máquinas a que éstas solamente puedan trabajar con productividad limitada o incluso no sea posible ninguna mecanización, puesto que las máquinas se vuelven inestables.

10 En el caso de grúas de contenedores, que se emplean para la carga y descarga de buques de contenedores, por ejemplo el movimiento de desplazamiento del carro de traslación excita la estructura de la grúa a una vibración en la dirección de la marcha del carro de traslación. La amplitud de la vibración puede alcanzar, en función del tipo de construcción y del tamaño de la grúa, hasta un metro. Puesto que las tolerancias en la recepción y deposición de contenedores están la mayoría de las veces sólo en el intervalo de pocos milímetros, el conductor de la grúa debe esperar siempre hasta que se ha atenuado de manera correspondiente la vibración de la estructura de la grúa. Esta espera durante el traslado de los contenedores cuesta mucho tiempo y provoca costes altos no deseados.

15 Una posibilidad para reducir la vibración de una estructura de grúa consiste en diseñar más rígido el pórtico de la grúa, lo que implica un coste alto y empleo de material. Además, un refuerzo suficiente de la estructura de la grúa con frecuencia no es posible en virtud de criterios de construcción de fuerza mayor, puesto que deben cumplirse determinadas especificaciones exigidas a la anchura de la vía, al área de la sección transversal, a la altura de paso libre o similares.

20 De manera alternativa o adicional a un refuerzo constructivo de la estructura de la grúa se conoce emplear los llamados atenuadores pasivos de las vibraciones. Tales amortiguadores pasivos de las vibraciones comprenden normalmente un amortiguador con elementos de resorte y presentan como elemento de actuación central una masa oscilante, que se designa a continuación como masa de amortiguación. La masa de amortiguación está acoplada en este caso con la estructura de la grúa a amortiguar de tal manera que vibra en sentido opuesto a la estructura de la grúa. Para la consecución de una acción de atenuación efectiva, sin embargo, el peso de la masa de amortiguación debe ser muy alto. En el caso particular, el peso alcanza hasta 60 toneladas.

Otros sistemas de amortiguación de las vibraciones se publican en los documentos EP 2 327 651 A1, JP 61 041032 A, JP 3 200 694 A y US 4.635.892 A.

30 Además, la publicación JP 58220083 A publica un sistema de amortiguación de las vibraciones de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

Partiendo de este estado de la técnica, un cometido de la presente invención es crear un amortiguador de vibraciones del tipo mencionado al principio, que presenta una estructura sencilla y económica y que se puede integrar sin problemas en la estructura apta para vibraciones, en particular está configurada de manera que se puede reequipar.

35 Para la solución de este cometido, la presente invención crea un amortiguador de vibraciones activo para la amortiguación de una vibración de una estructura apta para vibraciones, en particular de una grúa de acuerdo con la reivindicación 1.

40 Una ventaja esencial de un amortiguador de vibraciones activo de este tipo frente a los amortiguadores de vibraciones pasivos convencionales consiste en que el peso de la masa de amortiguación para la consecución de una atenuación efectiva de la vibración solamente debe presentar una fracción del peso de una masa de amortiguación de un atenuador pasivo de las vibraciones. Además, el diseño del amortiguador activo de las vibraciones se puede adaptar relativamente sin problemas a los requerimientos de una estructura apta para vibraciones existente o variable, de manera que el amortiguador de las vibraciones se puede emplear de una manera muy flexible. Además, el amortiguador de las vibraciones se puede integrar en una estructura oscilante existente con un gasto relativamente reducido y se puede reequipar de manera correspondiente.

45 De acuerdo con la invención, la instalación de regulación presenta un estimador de la posición, que está configurado de tal forma que sobre la base de la señal del sensor, en la que se trata con preferencia de una señal de aceleración, genera una señal de la posición que representa la posición real de la estructura apta para vibraciones y que se escala con un factor de ponderación d/m y se convierte, teniendo en cuenta la multiplicación del mecanismo de transmisión en una señal de la velocidad angular, de manera que la señal de control de la velocidad angular es alimentada como variable teórica a un regulador de la velocidad de la instalación de regulación.

50 La instalación de regulación está instalada de tal forma que una velocidad angular real del motor registrada indirectamente a través del transmisor del motor es alimentada como variable real al regulador de la velocidad con

signo negativo. En virtud del hecho de que el carro del amortiguador de vibraciones de acuerdo con la invención está accionado indirectamente a través del motor rotatorio, para la detección de la velocidad angular del motor no es necesario, por lo tanto, ningún sistema de medición directa adicional, puesto que la detección se puede realizar directamente a través del transmisor del motor.

5 La instalación de regulación está diseñada de tal forma que sobre la base de la señal del sensor se genera una señal de la velocidad, que se escala con un factor de amortiguador, se convierte teniendo en cuenta la multiplicación del mecanismo de transmisión y se acopa a la señal de activación generada por el regulador de velocidad.

De acuerdo con una variante de la presente invención, está previsto un regulador de corriente, a través del cual se alimenta al motor la señal de activación.

10 De manera ventajosa, está previsto un regulador de la posición, al que se alimentan un ángulo de rotación real del motor detectado indirectamente a través del transmisor del motor como variable real y un ángulo de rotación teórico constante. Gracias a un regulador de posición de este tipo resulta una posición media estable de la masa del amortiguador. Se suprime una desviación del recorrido. El regulador de posición puede estar configurado con esta finalidad, por ejemplo, como regulador-P o como regulador-PI. La señal de salida del regulador de posición se aplica con preferencia a la variable teórica alimentada al regulador de velocidad.

15 El mecanismo de transmisión puede presentar, por ejemplo, una combinación de piñón y cremallera, un piñón roscado esférico o una correa.

Además, el mecanismo de transmisión puede estar provisto con un engranaje.

20 Otras características y ventajas de la presente invención se muestran con la ayuda de la descripción siguiente de una forma de realización del amortiguador activo de vibraciones de acuerdo con la invención con referencia al dibujo adjunto, que muestra una representación esquemática de una forma de realización de un amortiguador de vibraciones de acuerdo con la invención.

25 El dibujo muestra de forma esquemática un amortiguador activo de vibraciones 10 de acuerdo con la presente invención, que sirve para la amortiguación de una vibración de una estructura 12 apta para vibraciones que presenta una masa de la estructura  $m_s$ . En la estructura 12 apta para vibraciones se trata en el presente caso de una grúa, que presenta un soporte, a lo largo del cual se puede mover un carro de traslación. La masa de la estructura o bien de la grúa  $m_s$  se puede mover con una amortiguación reducida en su frecuencia propia, lo que se representa de forma esquemática en el presente caso por medio del muelle 14 y el amortiguador 16. En la grúa 12 está montado un sensor 18, que está diseñado para la detección de una componente del movimiento de la grúa, en el presente caso para la detección de la aceleración de la grúa 12 con relación al sistema de referencia estacionario y para la generación de una señal de aceleración correspondiente. En el soporte de la grúa 12 está montado un motor rotatorio 20 que presenta un transmisor del motor, a través del cual se puede accionar un carro 22 acoplado de la misma manera con la estructura 12 apta para vibraciones con la masa de amortiguación  $m_{\text{amortiguador}}$  linealmente a lo largo de una sección parcial del soporte. Para transferir el movimiento giratorio del motor 20 con una multiplicación predeterminada aun movimiento lineal del carro 22, entre el motor 20 y el carro 22 está dispuesto un mecanismo de transmisión correspondiente 24, que se forma en el presente caso por una combinación de piñón y cremallera.

35 El objetivo del amortiguador de vibraciones 10 es compensar una vibración de la grúa 12 a través de un movimiento de la masa de amortiguación  $m_{\text{Amortiguador}}$ . El principio básico consiste en que a través del movimiento del carro 22 aparece una fuerza, que actúa en virtud del acoplamiento en la grúa 10 en dirección opuesta amortiguando sobre la grúa 10. Con otras palabras, la fuerza  $F_{\text{Carro}}$  que aparece a través del movimiento del carro 22, que es igual al cociente del par motor  $M_{\text{Mot}}$  y el radio del piñón  $R_{\text{Piñón}}$  del mecanismo de transmisión 24, corresponde a la fuerza de amortiguación negativa  $F_{\text{Amortiguador}}$ , que actúa sobre la grúa. Por lo tanto se aplica:

$$F_{\text{Carro}} = M_{\text{Mot}} / R_{\text{Piñón}} = - F_{\text{Amortiguador}}$$

45 Para el cálculo y generación de la señal de activación del motor que provoca el movimiento de compensación, el amortiguador de vibraciones 10 presenta una instalación de regulación 26, cuya entrada de variables de medición está conectada con el sensor de vibraciones 18 y cuya salida de variables de regulación está conectada con el motor 20.

50 La instalación de regulación comprende un estimador de la posición 28, conectado con el sensor de vibraciones 18, un formador de escala 30 conectado con el estimador de la posición, un regulador-D 32, que está conectado de la misma manera con el estimador de la posición, un miembro 34, que está conectado con el formador de escala 30 y con el regulador-D 32, un regulador de velocidad 38 provisto con una entrada de regulador 36, que está conectado con el miembro 34 y con el transmisor del motor 20, un regulador de la corriente 40, que está dispuesto entre el regulador de velocidad 38 y el motor 20, y un regulador de la posición 42, que está colocado delante del regulador de velocidad 38 y está conectado con el transmisor del motor 20. Además, la instalación de regulación comprende

miembros 44 y 46, que están dispuestos entre el regulador-D 32 y el regulador de corriente 40.

La instalación de regulación 26 trabaja de la siguiente manera:

- Una vibración a amortiguar de la grúa 12, que ha sido generada especialmente a través el movimiento del carro de traslación, es detectada a través del sensor 18 como señal de aceleración  $a$ . La señal de aceleración  $a$  es alimentada en una primera etapa al estimador de la posición 28, que calcula sobre la base de la señal de aceleración  $a$  una señal de la posición  $x$ . La señal de la posición  $x$  es escalada en el formador de escala 30 con un factor de ponderación  $d/m_{\text{Amortiguador}}$ , en el que corresponde a la amortiguación deseada y  $m_{\text{Amortiguador}}$  corresponde al peso de la masa del amortiguador. La señal de posición  $x$  se alimenta, además, al regulador-D 32, para calcular la velocidad real  $v$  de la estructura 12 apta para vibraciones. A la señal de posición  $x$  escalada con el factor  $d/m_{\text{Amortiguador}}$  se aplica entonces la velocidad real calculada con signo negativo, después de lo cual tiene lugar en el miembro 34 una conversión de acuerdo con la multiplicación del mecanismo de transmisión 24 que conecta el motor 20 con el carro 22, en el presente caso una conversión con el factor  $1/R_{\text{Piñón}}$ , en la que  $R_{\text{Piñón}}$  corresponde al radio del piñón del mecanismo de transmisión 24. La señal de la velocidad angular generada de esta manera es alimentada entonces como variable teórica a la entrada de regulación 36 del regulador de velocidad 38, que puede estar configurado, por ejemplo, como regulador-POI, de manera que la señal de control de la velocidad angular se aplica a la señal de salida del regulador de posición 42. Al regulador de posición 42 se alimenta como valor real la posición real  $\varphi_{\text{Mot}}$  del motor detectada directamente a través del transmisor del motor con signo negativo y como valor teórico  $\varphi^*$  se alimenta un valor constante. El regulador de posición 42 sirve para impedir una desviación del recorrido de la masa de amortiguación  $m_{\text{Amortiguador}}$ .
- Al regulador de velocidad 38 se alimenta como otra señal de entrada la velocidad angular real  $\omega_{\text{Mot}}$  del motor, detectada de la misma manera directamente a través el transmisor del motor, con signo negativo. Sobre la base de estas señales de entrada, el regulador de velocidad 38 calcula entonces la señal de activación  $A$ , como se ha descrito ya anteriormente.
- En la salida del regulador de velocidad 38 se aplica, además, la señal de la velocidad  $v$  escalada en el miembro 44 con el factor  $d$ , es decir, con la amortiguación  $d$  deseada, que ha sido convertida en el miembro 46 teniendo en cuenta la multiplicación del mecanismo de transmisión 24 (con el factor  $1/R_{\text{Piñón}}$ ) y se alimenta al motor 20 a través del regulador de la corriente 40.

**REIVINDICACIONES**

1.- Amortiguador activo de vibraciones (10) para la amortiguación de una vibración de una estructura (12) apta para vibraciones, en particular de una grúa con

- 5           - un sensor (18), que se puede montar en la estructura (12) apta para vibraciones, que está diseñado para la detección de una componente del movimiento de la estructura con relación a un sistema de referencia y para la generación de una señal de sensor correspondiente,
- un motor (20) rotatorio que se puede montar en la estructura (12) apta para vibraciones y que presenta un transmisor del motor,
- 10          - un carro (22) que puede ser accionado linealmente a través del motor (20), que mueve una masa de amortiguación ( $m_{\text{Amortiguador}}$ ) acoplada con la estructura (12) apta para vibraciones,
- un mecanismo de transmisión (24) dispuesto entre el motor (20) y el carro (22), que transfiere el movimiento giratorio del motor (20) con una multiplicación predeterminada a un movimiento lineal del carro (22), y

15 una instalación de regulación (26), cuya entrada de las variables de medición está conectada con el sensor (18) y cuya salida de las variables de regulación está conectada con el motor (20), de manera que la instalación de regulación (26) está instalada de tal forma que sobre la base de la señal del sensor generada por el sensor (18), se genera una señal de activación (A) para el motor (20), con la que se puede activar el motor (20) de tal manera que el carro (22) y, por lo tanto, la masa de amortiguación ( $m_{\text{Amortiguador}}$ ) ejecutan un movimiento, que compensa la vibración del sistema (12) apto para vibraciones, con relación a la estructura (12) apta para vibraciones, de manera que la instalación de regulación (26) presenta un estimador de la posición (28), que está configurado de tal forma que sobre la base de la señal del sensor, en la que se trata con preferencia de una señal de aceleración (a), genera una señal de posición (x), que representa la posición real de la estructura (12) apta para vibraciones, que se escala con un factor de ponderación d/m y se convierte, teniendo en cuenta la multiplicación del mecanismo de transmisión (24), en una señal de la velocidad angular, de manera que la señal de control de la velocidad angular es alimentada como variable teórica a un regulador de la velocidad (38) de la instalación de regulación (26), caracterizado porque la instalación de regulación (26) está instalada de tal forma que una velocidad angular real ( $\omega_{\text{Mot}}$ ) del motor (20) registrada indirectamente a través del transmisor del motor es alimentada como variable real al regulador de la velocidad (38) con signo negativo, y porque sobre la base de la señal del sensor, se genera una señal de la velocidad (v) que se escala con un factor de amortiguación d y se convierte teniendo en cuenta la multiplicación del mecanismo de transmisión (24) y se aplica a la señal de activación (A) generada por el regulador de velocidad (38).

30 2.- Amortiguador de vibraciones (10) de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque está previsto un regulador de corriente (40), a través del cual se alimenta la señal de activación (A) al motor (20).

35 3.- Amortiguador de vibraciones (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque está previsto un regulador de posición (42), al que se alimentan un ángulo de rotación real ( $\phi_{\text{Mot}}$ ) del motor (20), detectado indirectamente a través del transmisor del motor como variable real y un ángulo de rotación teórico constante ( $\phi^*$ ).

4.- Amortiguador de vibraciones (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el mecanismo de transmisión (24) presenta una combinación de piñón y cremallera, un piñón roscado esférico o una correa.

40 5.- Amortiguador de vibraciones (10) de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el mecanismo de transmisión (24) presenta un engranaje.

