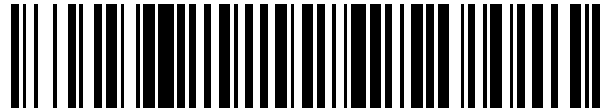


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 422 274**

51 Int. Cl.:

F16F 15/22

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.12.2007 E 07856698 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.05.2013 EP 2100054**

54 Título: **Dispositivo para el control de la vibración de una estructura**

30 Prioridad:

15.12.2006 DE 102006059189

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

10.09.2013

73 Titular/es:

**SOLETANCHE FREYSSINET (100.0%)
133 BOULEVARD NATIONAL
92500 RUEIL MALMAISON, FR**

72 Inventor/es:

STAROSSEK, UWE

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 422 274 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 para el control de la vibración de una estructura

5 Las estructuras de construcción, los vehículos terrestres, acuáticos, aéreos y espaciales así como otras máquinas, aparatos e instalaciones, designados en general a continuación como construcciones, son excitados a través de fuerzas que actúan dinámicamente a oscilaciones, que pueden perjudicar la capacidad de uso, la durabilidad y la estabilidad o seguridad funcional. La posibilidad y las repercusiones de tales oscilaciones deben investigarse en el proyecto de construcción. Las oscilaciones deben suprimirse o limitarse, en caso necesario, a través de medidas adecuadas. Una medida posible es el refuerzo de la construcción, lo que condiciona, sin embargo, una necesidad elevada de material, peso más elevado y costes más elevados.

10 Una alternativa conveniente y económica pueden ser los sistemas de control pasivos o activos, que introducen fuerzas que contrarrestan las oscilaciones en la construcción y de esta manera reducen el perjuicio de la oscilación. En el caso de los llamados amortiguadores mecánicos activos, estas fuerzas adicionales son generadas la mayoría de las veces a través del desplazamiento o aceleración de masas auxiliares. En el caso de esta intervención regular selectiva, el desplazamiento o aceleración de la masa auxiliar son variables de ajuste, que deben calcularse y ajustarse (circuito de regulación) en función de los parámetros del sistema y del movimiento medido de la construcción y eventualmente de las condiciones ambientales medidas. Tales sistemas ya se emplean en edificios altos en regiones de terremotos (ver Hausner, G. W.; Bergmann, L. A.; Caughey, T. K.; Chassiskos, A. G.; Claus, R. O; Masri, S. F.; Skelton, R. E.; Soong, T. T.; Spencer, B. F.; Yao, J. T. P. "Structural Control: Past, Present, and Future". Journal of Engineering Mechanics, 9 (123), 1997, 897-971).

20 Los requerimientos planteados a los dispositivos para el control de las oscilaciones son múltiples y son parcialmente contradictorios en las consecuencias de diseño. Por una parte, las variables de fuerza generadas por el sistema de control deben ser regulables de la manera más discrecional posible en el tiempo y en el espacio. Por otra parte, el principio de construcción debe ser lo más sencillo posible en interés de alta seguridad funcional y costes reducidos de creación. Otros criterios son alta robustez del circuito de regulación y una necesidad de energía lo más reducida posible.

30 Se conoce a partir del documento WO 2005/116340 A1 un dispositivo para la amortiguación de un movimiento oscilante en una estructura de soporte, que presenta una pareja de cuerpos de masas alojados de forma pivotable, que están dispuestos sobre lados opuestos de un eje. Un accionamiento regula los cuerpos de masas alrededor de un ángulo predeterminado en un plano perpendicularmente al eje de conformidad con una unidad de control, que reacciona a valores medido de la posición de la estructura de soporte y/o del movimiento de la estructura de soporte. El movimiento de articulación está limitado en este caso a una zona angular determinada.

35 Se conoce a partir del documento WO 2006/029851 un dispositivo de amortiguación para la amortiguación de un movimiento oscilante, en el que una pareja de cuerpos de masas están fijados en los dos extremos de una viga alojada de forma giratoria y que están dispuestos sobre lados opuestos de un eje de giro o de oscilación de la viga, pudiendo predeterminarse o influirse sobre el movimiento giratorio o movimiento oscilante de la viga activamente desde un actuador o pasivamente por medio de elementos de resorte y/o elementos de amortiguación. La disposición relativa de ambos cuerpos de masas está predeterminada fijamente en este caso a través de la viga.

40 Se conoce a partir de Patent Abstracts of Japan 06147258 A un dispositivo para la amortiguación de vibraciones. El dispositivo está constituido por una rueda de engranaje con un dentado interior, en el que engrana una segunda rueda dentada con un dentado exterior. La segunda rueda dentada posee el semi-diámetro de la rueda de engranaje exterior y está provista en la zona del borde con un peso. A través de un brazo de palanca dispuesto en el centro se desplaza la segunda rueda dentada en un movimiento de rotación dentro de la rueda de engranaje exterior.

45 Se conoce a partir de Patent Abstracts of Japan 2000120764 A un dispositivo para la amortiguación de vibraciones, en el que dos discos giratorios uno con relación al otro están provistos con discos más pequeños dispuestos excéntricamente. Los discos más pequeños llevan excéntricamente un peso. A través de la regulación de la posición angular de los discos más pequeños con relación al disco mayor se puede ajustar la distancia del peso con respecto al eje de rotación.

50 Se conoce a partir de Patent Abstracts of Japan 02096064 A u dispositivo para el control de vibraciones en edificios altos. El dispositivo posee dos masas que están alojadas, respectivamente, de forma giratoria sobre un brazo en el dispositivo. Está previsto controlar la longitud del brazo de rotación, mientras que los cuerpos de masas giran en sentido opuesto entre sí.

El documento FR2845744 A se refiere a un dispositivo y a un procedimiento para la reducción de oscilaciones, que son transmitidas desde un chasis de automóvil y muestra un dispositivo para el control de oscilaciones de una construcción con

- dos cuerpos de masas, que están alojados de forma giratoria, respectivamente, alrededor de un eje de rotación, de manera que ambos ejes de rotación se extienden en la misma dirección y el centro de gravedad de cada cuerpo de masas presenta un radio respecto al eje de rotación asociado,
 - un accionamiento, que desplaza cada cuerpo de masa en un movimiento de rotación circundante,
- 5
- al menos un sensor, que detecta un movimiento o aceleración de la construcción, y
 - un control, que controla, sobre la base del movimiento detectado o de la aceleración, la siguiente variable de ajuste de los dos cuerpos de masas para la generación de variables de fuerza resultantes, para controlar la oscilación de una construcción conectada con el dispositivo:
 - el ángulo de giro del movimiento de rotación de al menos un cuerpo de masas.
- 10 El cometido de la invención es proporcionar un dispositivo para el control de la oscilación de una construcción, en el que se cumplen mejor los requerimientos existentes que a través de dispositivos conocidos y de una manera ponderada.
- Este cometido se soluciona por medio de un dispositivo para el control de la oscilación de una construcción con las características de la reivindicación 1. Las configuraciones ventajosas son objeto de las reivindicaciones dependientes.
- 15 El dispositivo de acuerdo con la invención para el control de la oscilación de una construcción se define con las características de la reivindicación 1.
- Para el dispositivo de acuerdo con la invención se implanta y se utiliza aquí la designación de rotor de doble desequilibrio.
- 20 Cada cuerpo de masas forma un desequilibrio a través de la distancia de su centro de gravedad respecto al eje de rotación asociado. Ambos ejes de rotación se extienden en la misma dirección, es decir, que se extienden paralelos. Pueden presentar una distancia entre sí o pueden estar dispuestos sin distancia entre sí, es decir, coincidentes. El sentido de giro de cada cuerpo de masas es en primer lugar discrecional. Ambos cuerpos de masas realizan un movimiento de rotación circundante. Cada cuerpo de masas que forma un desequilibrio genera en este caso, en virtud de las fuerzas centrípetas, una fuerza variable en el tiempo sobre su eje de rotación.
- 25 Las variables de fuerza resultantes generadas a través de los dos cuerpos de masas circundantes, que son ejercidas por el dispositivo para el control de la oscilación, dependen en este caso de la configuración del dispositivo. En particular, las magnitudes de las dos masas, las velocidades de rotación de los dos cuerpos de masas, una relación de fases entre los dos movimientos de rotación (a la misma velocidad cuantitativa) así como la distancia del eje de rotación de un cuerpo de masas respecto del eje de rotación de otro cuerpo de masas tienen una influencia decisiva. Dichas variables de influencia pueden estar en este caso, en principio, predeterminadas fijamente o pueden ser variables. A través del control previsto de acuerdo con la invención de al menos una de las variables decisiva de acuerdo con la redacción de la reivindicación 1 se consigue una influencia selectiva de las variables de fuerza resultantes, para controlar, es decir, especialmente amortiguar la oscilación de una construcción conectada con el dispositivo. A través de un control adecuado se puede generar tanto un par de torsión, que actúa en la dirección de los ejes de rotación, (es decir, un momento de giro alrededor de la dirección axial) como también una fuerza que actúa perpendicularmente a la dirección de los ejes de rotación. La curva de tiempo de las actuaciones de momentos y de fuerza depende de dichas variables de influencia y se puede predeterminar de múltiples maneras a través de la configuración del dispositivo y el control de acuerdo con la invención. A través del movimiento de rotación circundante de los dos cuerpos de masas se pueden generar, a velocidad de rotación constante, fuerzas y momentos de giro periódicos, debiendo mantener el accionamiento solamente el movimiento de rotación de los dos cuerpos de masas. Por lo tanto, el dispositivo es especialmente economizador de energía. En el caso de velocidad de rotación no constante se pueden seleccionar también actuaciones de momentos y de fuerzas no periódicas.
- 30
- 35
- 40
- 45 En una configuración preferida de la invención, está presente un sensor, que detecta una condición del medio ambiente. En este caso, se puede tratar, por ejemplo, de una velocidad del viento o de una aceleración del suelo, tal vez en el caso de un terremoto. También se pueden utilizar varios sensores, que detectan las condiciones ambientales dado el caso diferentes. Una consideración de tales condiciones del medio ambiente a través del control del dispositivo puede contribuir a u empleo efectivo del dispositivo. Por ejemplo, el dispositivo solamente se puede poner en funcionamiento por encima de una velocidad determinada del viento.
- 50 En una configuración preferida de la invención, las velocidades de rotación de los dos cuerpos de masas son de la misma magnitud en cuanto al importe. De esta manera, se puede accionar el dispositivo con una relación de fases fija entre los dos cuerpos de masas giratorios. Se consigue una actuación armónica de la fuerza o bien del momento con la velocidad de rotación común de los dos cuerpos de masas.

5 En otra configuración preferida de la invención, los dos cuerpos de masas tienen la misma masa. Con una disposición adecuada de los dos cuerpos de masas resulta con ello de una manera especialmente sencilla un desequilibrio de la misma magnitud de los dos cuerpos de masas giratorios. En particular, con un control correspondiente se pueden compensar componentes individuales de la actuación de la fuerza de un cuerpo de masas a través de componentes correspondientes de la actuación de la fuerza del otro cuerpo de masas, de manera que es posible de una manera sencilla un funcionamiento del dispositivo también sin fuerzas, componentes de fuerzas y/o momentos de giro resultantes.

10 En otra configuración preferida de la invención, la distancia de un cuerpo de masas respecto del eje de rotación asociado al cuerpo de masas para ambos cuerpos de masas es de la misma magnitud. El radio de los cuerpos de masas respecto de sus ejes de rotación respectivos puede estar predeterminado en este caso fijamente o puede ser variable. En combinación con cuerpos de masas de la misma masa se consigue a través del mismo radio de los dos cuerpos de masas respecto de los ejes de rotación asociados un desequilibrio de la misma magnitud de cada cuerpo de masas.

15 De acuerdo con la invención, la distancia entre los ejes de rotación asociados a los dos cuerpos de masas es regulable. A través de la regulación de la distancia entre los dos ejes de rotación se puede ajustar la amplitud de un momento de giro generado. En este caso, la capacidad de regulación del momento de giro es independiente de una fuerza generada adicionalmente, dado el caso.

20 En otra configuración preferida de la invención, al menos uno de los dos cuerpos de masas está constituido por dos cuerpos de masas parciales, que están distanciados uno del otro en la dirección de los ejes de rotación. Los dos cuerpos de masas parciales que forman un cuerpo de masas pueden ser con preferencia de la misma magnitud y marchan de forma sincronizada. En particular, el cuerpo de masas no dividido se puede disponer entre los dos cuerpos de masas parciales circundantes sobre un eje de rotación común, de manera que no aparecen momentos no deseados alrededor de un eje que está perpendicularmente a este de rotación común.

25 En otra configuración preferida de la invención, las relaciones de fases entre los movimientos de rotación de los dos cuerpos de masas se pueden ajustar a través de un acoplamiento mecánico. De esta manera se simplifica el control de las relaciones de fases entre los dos cuerpos de masas. En particular, se puede utilizar un engranaje, a través del cual se puede predeterminar la diferencia de fases entre los dos cuerpos de masas circundantes.

30 De acuerdo con otra configuración preferida de la invención, los movimientos de rotación de los dos cuerpos de masas van en el mismo sentido. En el caso de rotación en sentido inverso de los dos cuerpos de masas, a través de aquellos puntos del ciclo de movimiento, en los que coincide la posición angular de ambos cuerpos de masas, se puede definir una dirección, a lo largo de la cual actúa una fuerza armónica. A través de la predeterminación de la relación de las fases entre los dos movimientos de rotación se puede determinar esta dirección.

35 De acuerdo con otra configuración preferida de la invención, los ejes de rotación de los dos cuerpos de masas coinciden. En este caso, no se producen momentos de giro. De esta manera, sólo se consigue una actuación de la fuerza.

En otra configuración preferida de la invención, los movimientos de rotación de los dos cuerpos de masas van en el mismo sentido. Con preferencia, el ángulo de las fases entre los dos movimientos de rotación es siempre 180° , es decir, que los dos cuerpos de masas están siempre en posición opuesta. De esta manera se puede generar un momento en la dirección de los ejes de rotación, sin que aparezca una actuación de fuerza simultánea.

40 En otra configuración preferida de la invención, el dispositivo está combinado con un segundo dispositivo, de manera que los ejes de rotación del primer dispositivo y del segundo dispositivo se extienden en la misma dirección. Todos los cuatro ejes de rotación se extienden de esta manera en paralelo. Los ejes de rotación pueden presentar en este caso una distancia entre sí o también pueden coincidir. A través de la combinación de dos dispositivos resulta una pluralidad de posibilidades para generar al mismo tiempo una fuerza y un momento en la dirección de los ejes del rotor. De acuerdo con la configuración de los dispositivos individuales se pueden ajustar de una manera muy sencilla las frecuencias, amplitudes y direcciones de la fuerza y del momento. De este modo se puede simplificar la construcción de los dispositivos individuales y/o se puede reducir el gasto de control necesario.

45 De acuerdo con otra configuración preferida de la invención, las velocidades de rotación de los dos cuerpos de masas del primer dispositivo y de los dos cuerpos de masas del segundo dispositivo tienen el mismo importe. Las actuaciones de fuerza y de momento de los dos dispositivos se añaden entonces siempre a actuaciones armónicas de fuerza y de momento de la misma frecuencia.

50 En otra configuración preferida de la invención, los dos dispositivos presentan una distancia entre sí. Con preferencia, esta distancia entre los dos dispositivos es regulable. A través de esta distancia se puede ajustar la amplitud de un momento generado en común por los dos dispositivos.

5 En otra configuración preferida de la invención, los ejes de rotación de los cuerpos de masas de los dos dispositivos coinciden. Expresado de otra manera, la distancia entre los dos dispositivos es cero. Por lo tanto, todos los cuatro ejes de rotación están dispuestos sobre una recta. Esto posibilita un tipo de construcción especialmente compacto así como la generación de fuerzas armónicas de amplitud discrecional y en dirección discrecional perpendicular al eje de rotación. En este caso, la amplitud y la dirección de la fuerza se pueden ajustar de una manera especialmente sencilla a través de la previsión de los ángulos de fases de los dos dispositivos individuales.

En otra configuración preferida de la invención, dos dispositivos, que están constituidos, respectivamente, por dos dispositivos, se pueden combinar entre sí de una manera ventajosa.

10 En otra configuración preferida de la invención, el control, que calcula las variables de ajuste en virtud de los valores de medición del al menos un sensor y que genera instrucciones de control para el control, para controlar los movimientos o aceleraciones de la construcción, está diseñado como regulación. Es decir, que las instrucciones de control son adaptadas progresivamente de acuerdo con la modificación temporal de los valores de medición y con respecto al objeto de regulación de la supresión o limitación de oscilaciones. Con una regulación de este tipo se puede formar un circuito de regulación, que amortigua de una manera especialmente efectiva los movimientos u
15 oscilaciones no deseados de la construcción.

En otra configuración preferida de la invención, una pluralidad de dispositivos están dispuestos distribuidos sobre la construcción. Especialmente en construcciones grandes, como por ejemplo un puente, de esta manera se puede conseguir un control efectivo de la oscilación. Con preferencia, el control o regulación de los dispositivos individuales se realiza de forma coordinada. No obstante, también es posible y puede ser ventajoso controlar o bien regular los
20 dispositivos de forma autónoma, es decir, independiente unos de los otros.

Adicionalmente, puede estar previsto prever la distancia de al menos un cuerpo de masas respecto de su eje de rotación asociado como variable y controlable durante el funcionamiento y controlar esta distancia a través de un control sobre la base del movimiento o aceleración detectados.

25 A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de ejemplos de realización representados en siete figuras. En este caso:

La figura 1 muestra una representación esquemática de un rotor de doble desequilibrio de acuerdo con la invención (principio básico).

La figura 2 muestra una representación esquemática de otro ejemplo de realización de la invención con cuerpos de masas que giran en sentido opuesto (variante 1a).

30 La figura 3 muestra una representación esquemática de un ejemplo no acorde con la invención con cuerpos de masas que giran en sentido opuesto y ejes de rotación coincidentes (variante 1b).

La figura 4 muestra una representación esquemática de otro ejemplo no acorde con la invención con un cuerpo de masas formado dos cuerpos de masas parciales (variante 1c).

35 La figura 5 muestra una representación esquemática de otro ejemplo de realización de la invención con cuerpos de masas que circulan en el mismo sentido (variante 2a).

La figura 6 muestra una representación esquemática de otro ejemplo de realización de la invención con dos rotores de doble desequilibrio combinados (variante 3).

40 La figura 7 muestra una representación esquemática de otro ejemplo no acorde con la invención con dos rotores de doble desequilibrio combinados y ejes de rotación coincidentes, donde tres de los cuatro masas de desequilibrio están sustituidas, respectivamente, por dos masas parciales del mismo tamaño (variante 4c).

45 Los dos cuerpos de masas de un rotor de doble desequilibrio se forman, respectivamente, por una masa centrífuga. Una masa centrífuga con eje de rotación asociado se designa como rotor. El rotor de doble desequilibrio y sus configuraciones se describen con respecto a su eficacia y, por lo tanto, con limitación a los principios mecánicos que sirven de base y con la ayuda de esbozos de principio mecánicos. Las posibilidades de la realización técnica son múltiples y no se consideran aquí en particular.

50 El rotor de doble desequilibrio está constituido por dos rotores diseñados del mismo tipo con masas centrífugas giratorias 10 (m_1) y 20 (m_2), respectivamente (figura 1). Los ejes 12, 22 de los dos rotores están dispuestos en paralelo y a una distancia a entre sí. Las masas centrífugas 10, 20 giran con las velocidades de giro ω_1 o bien ω_2 . En el marco de un circuito de regulación, las velocidades de giro ω_1 , ω_2 , la relación de las fases θ entre los ángulos de giro de las dos masas centrífugas 10, 20, la distancia a de los dos ejes de rotor y los radios r_1 y r_2 , respectivamente, de las dos masas centrífugas 10, 20, y la magnitud de los dos desequilibrios como magnitud de regulación son variables. Otro parámetro opcional o ajustable a través de una regulación en el sentido de una variable de regulación

es el sentido de giro de los dos rotores, siendo posible una rotación en el mismo sentido o en sentido inverso. Las variables de regulación son calculadas sobre la base de mediciones del movimiento de la construcción 30 y, dado el caso, de las condiciones ambientales en el marco de un circuito de regulación y se ajustan a través de servomotores, dispositivos de ajuste hidráulicos u otros tipos de actuadores. La coordinación de las variables de regulación que se ajustan en los dos rotores se puede realizar, en parte, a través de dispositivos mecánicos auxiliares. En configuraciones especiales, se pueden predeterminar variables de regulación individuales como constantes o pueden estar en una relación predeterminada fija entre sí. En particular, las dos velocidades de giro pueden ser de la misma magnitud cuantitativa, de manera que se aplica $|\omega_1| = |\omega_2| = \omega$. El rotor de doble desequilibrio está conectado fijamente con la construcción 30. Para el refuerzo de la actividad o para la consecución de efectos especiales se pueden emplear también varios dispositivos en configuraciones iguales o diferentes, cuyo funcionamiento se realiza de una manera coordinada o autónoma.

Por medio del dispositivo descrito en forma de realización sencilla o múltiple se pueden generar magnitudes de fuerza armónicas o no armónicas en gran medida de dirección, frecuencia y amplitud discretas y se pueden introducir en la construcción 30. En el dispositivo en forma de realización sencilla, en estas magnitudes de fuerza se trata de dos fuerzas F_x, F_y superpuestas verticalmente en el plano perpendicularmente a los ejes de rotación 12, 22 y un momento M en la dirección de los (es decir, alrededor de los) ejes del rotor 12, 22. A través de la selección correspondiente de las variables de regulación indicadas en el párrafo anterior se pueden generar estas tres magnitudes de fuerza de una manera aislada o simultánea. En el caso de la generación simultánea, la relación de las amplitudes o bien de las variables de las magnitudes de fuerza se puede regular sobre zonas amplias. Las magnitudes de fuerzas armónicas de la frecuencia $\omega/2\pi$ son generadas a una velocidad de giro constante ω .

A continuación se utilizan los símbolos representados en la figura 1, que tienen el siguiente significado: φ_1 es el ángulo de giro del movimiento de rotación del primer cuerpo de masas con relación a una posición angular de referencia (en la figura 1 la dirección perpendicularmente a la línea de conexión de los dos ejes de rotación 12, 22); φ_2 es el ángulo de giro del movimiento de rotación del segundo cuerpo de masas con relación a la misma posición angular de referencia; la relación entre los dos ángulos de giro se describe, dado el caso, a través de la medida θ , designada aquí como ángulo de las fases; ω_1 es y ω_2 designan las velocidades angulares de los dos movimientos de rotación. En presencia de velocidades angulares del mismo valor y constantes en el tiempo $\omega = |\omega_1| = |\omega_2|$, se aplican la siguientes relaciones $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = \omega t + \theta$ en el caso de rotación en el mismo sentido, o bien $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = -\omega t + \theta$ en el caso de rotación en sentido opuesto. En el caso de rotación en el mismo sentido se aplica $\varphi_2 - \varphi_1 = \theta$, con lo que θ representa también de una manera de designación convencional un ángulo de las fases. En el caso de rotación en sentido contrario se aplica $\varphi_2 - \varphi_1 = 2\omega t + \theta$, con lo que la designación seleccionada aquí de θ como ángulo de las fase se desvía de la manera de designación convencional.

Las magnitudes de fuerza introducidas en la construcción 30 sirven para el control de las oscilaciones y son variables de regulación a determinar en el marco de un circuito de regulación. En interés de una eficiencia de regulación más elevada, pueden ser deseables curvas de magnitudes de fuerzas no armónicas, pero periódicas o también aperiódicas. Estas curvas se pueden generar a través de la velocidad giratoria variable $\omega(t)$. Una curva de las magnitudes de fuerza aproximadamente en forma de dientes de sierra se puede generar a través de una velocidad giratoria constante ω , que se superpone a un término armónico $\Delta\omega \sin \omega t$. Las explicaciones siguientes se refieren – en interés de una representación más sencilla – al funcionamiento con velocidad giratoria constante, siendo posible, sin embargo, también el funcionamiento con velocidad giratoria variable y es objeto de la invención.

En el ejemplo de realización representado en la figura 2 (variante 1a) del dispositivo descrito anteriormente en forma de realización sencilla, ambas masas centrífugas 10, 20 son de la misma magnitud ($m_1 = m_2 = m$) y giran en sentido contrario. El movimiento se describe a través de las expresiones $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = \omega t + \theta$. (En las figuras 2 a 7 se prescinde de una representación de los elementos mostrados en la figura 1 del circuito de regulación como sensor 40 y EDV 50; sin embargo, estos elementos están presentes). Los dos puntos de encuentro de las masas centrífugas 10, 20 – es decir, las dos posiciones de las masas, en las que las posiciones angulares de los rotores coinciden – se encuentran sobre una recta 60 (g), que está en un cierto ángulo $\gamma = \theta/2$ con respecto a la perpendicular sobre la línea de unión de los dos ejes del rotor 12, 22. Por lo tanto, este ángulo se puede ajustar sobre el ángulo de las fases θ . De esta manera, se puede generar una fuerza armónica F en la dirección de g y un momento armónico M en la dirección de los ejes del rotor 12, 22. Las amplitudes de las magnitudes de fuerza se pueden ajustar, manteniendo la frecuencia, a través de la modificación de los radios r_1, r_2 , siendo posible, en general, la previsión fácil $r_1 = r_2$. Si se ajusta γ de manera que g se encuentra perpendicularmente a la línea de unión de los dos ejes del rotor 12, 22 ($\gamma = 0$), en el caso de que $r_1 = r_2$, aparece exclusivamente una fuerza armónica F en la dirección de g . La magnitud de la distancia a de los dos ejes del rotor 12, 22 está en este caso sin influencia, de manera que – en interés de un tipo de construcción lo más compacto posible – esta distancia se puede reducir a cero, es decir, que los dos ejes se pueden disponer de una manera coincidente.

El modo de actuación de este dispositivo se puede ampliar ahora a través de la selección de una dirección discrecional de la recta 60 (g) (variante 1b, figura 3; se aplican de nuevo las designaciones $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = -\omega t + \theta$).

Con él se pueden generar fuerzas armónicas en esta dirección sin la aparición simultánea de un momento alrededor del eje de rotor. La dirección de la fuerza se puede ajustar a través de la previsión del ángulo de las fases θ . Para la prevención de momentos no deseados alrededor de un eje perpendicularmente al eje del rotor se pueden disponer los centros de gravedad de las dos masas centrífugas sin desplazamiento en la dirección del eje del rotor 12, 22, siendo representada una de las masas centrífugas 10, 20 por dos masas parciales 20a, 20b que marchan en el mismo sentido, las cuales se disponen a ambos lados (en la dirección del eje del rotor 12, 22) de la otra masa centrífuga 10, con las mismas distancias con respecto a ésta (variante 1c, figura 4; se aplican de nuevo las relaciones $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = -\omega t + \theta$). El ángulo de giro de las masas centrífugas 10, 20 y, dado el caso, de las masas centrífugas parciales 20a, 20b, se pueden coordinar de manera ventajosa a través de un acoplamiento mecánico, tal vez a través de un engranaje. Esto se aplica para todos los ejemplos de realización descritos aquí.

En otro ejemplo de realización del dispositivo, en una realización sencilla según la figura 5 (variante 2a), unas masas centrífugas 10, 20 de la misma magnitud giran en el mismo sentido y con el mismo radio r . El desplazamiento de fases es $\theta = 180^\circ$, es decir, que las dos masas centrífugas 10, 20 están siempre en posición opuesta. Los movimientos siguen las expresiones $\varphi_1 = \omega t$; $\varphi_2 = \omega t + 180^\circ$. De esta manera, se puede generar un momento armónico M en la dirección de los ejes del rotor 12, 22. La amplitud del momento se puede ajustar a través de la distancia a de los dos ejes del rotor 12, 22 o, como anteriormente, a través de la modificación simultánea y del mismo tipo de los radios r de las dos masas centrífugas 10, 20. Si se representa una de las dos masas centrífugas 10, 20 por medio de dos masas parciales 20a, 20b de la misma magnitud y que marchan en el mismo sentido (variante 2b, correspondiente a la figura 4, pero con distancia a) variable, entonces se pueden ajustar también valores pequeños a hasta $a = 0$, sin tener que tolerar momentos no deseable alrededor de un eje perpendicularmente al eje del rotor. El momento M se puede reducir de esta manera hasta el valor de la amplitud cero, lo que puede ser necesario en el transcurso de la regulación también sólo temporalmente. Los ángulos de giro de las masas centrífugas se pueden coordinar de manera ventajosa a través de engranajes.

En otro ejemplo de realización según la figura 6 (variante 3) se disponen dos dispositivos del mismo tipo de acuerdo con la figura 2 (variante 1a), de manera que ambos dispositivos están orientados y alineados espacialmente de la misma manera. Las masas centrífugas 10, 20 o bien 70, 80 de ambos dispositivos giran con la misma velocidad cuantitativa y el ángulo de las fases dentro de cada uno de los dos dispositivos se ajusta de tal manera que cada dispositivo genera, respectivamente, sólo una fuerza armónica y ningún momento ($\theta_1 = \theta_2 = \theta$). Las dos rectas 60 62 (g_1, g_2) y, por lo tanto, las direcciones de la fuerza están paralelas entre sí y está perpendicularmente a la línea de unión, respectivamente, de dos ejes de rotor 12, 22 o bien 72, 82 asociados ($\gamma_1 = \gamma_2 = 0$). Los dos dispositivos se encuentran a una cierta distancia b perpendicularmente a g_1, g_2 . De esta manera, se pueden generar al mismo tiempo una fuerza armónica F en la dirección de g_1, g_2 y un momento armónico M de la misma frecuencia en la dirección de los ejes de rotación 12, 22, 72, 82. Las amplitudes de la fuerza y del momento y el ángulo de las fases entre estas dos magnitudes de la fuerza se pueden ajustar a través de variación de los radios de las masas centrífugas (10, 20 o bien 70, 80) – pudiendo ajustarse los radios r_1, r_2 de los dos dispositivos de manera independiente entre sí, pudiendo ajustarse los dos radios de un dispositivo, en general, iguales-, del ángulo de las fases θ entre los ángulos de giro de las masas centrífugas 10, 20 y 70, 80 de los dos dispositivos y de la distancia b de los dos dispositivos.

Otro ejemplo de realización (variante 4a, no representada en una figura) corresponde al dispositivo doble según la variante 3 (figura 6), siendo seleccionada la distancia b con cero. De esta manera se puede generar una fuerza armónica F sin la aparición de un momento M . La amplitud de esta fuerza se puede ajustar de manera especialmente sencilla a través de la variación del ángulo de las fases Θ entre los ángulos de giro de las masas centrífugas de los dos dispositivos. A tal fin no es necesaria ya una variación de los radios de las masas centrífugas. La fuerza F actúa perpendicularmente a la línea de unión de dos ejes de rotor asociados (si $a \neq 0$). Si se disponen los dos ejes, respectivamente, de un dispositivo de forma coincidente ($a = 0$), entonces se pueden disponer todos los cuatro ejes sobre una recta (variante 4b no acorde con la invención, no representada en una figura). Esto posibilita, por una parte, un tipo de construcción compacto, por otra parte la generación de fuerzas armónicas en dirección discrecional perpendicularmente al eje del rotor. La dirección de la fuerza se puede ajustar a través de la previsión de los ángulos de las fases θ_1 y θ_2 de los dos dispositivos, pudiendo ajustarse el mismo ángulo de las fases para los dos dispositivos ($\theta_1 = \theta_2$). La amplitud de fuerza F se puede ajustar como anteriormente a través de modificación del ángulo de las fases Θ . Para la reducción de momentos alrededor de un eje perpendicularmente al eje de rotación 12, 22, 72, 82 se pueden disponer los centros de gravedad de todas las masas centrífugas sin desplazamiento en la dirección del eje del rotor, de manera que tres de las cuatro masas centrífugas son representadas, respectivamente, a través de dos masas parciales 20a, 20b, 70a, 70b, 80a, 80b de la misma magnitud, que giran siempre en el mismo sentido, las cuales se disponen, respectivamente, a ambos lados (en la dirección del eje del rotor) de la masa centrífuga 10 no dividida y en cada caso con las mismas distancias con respecto a ésta (variante 4c no acorde con la invención, representada en la figura 7).

En otro ejemplo no acorde con la invención (variante 5, no representada en una figura) se combinan de una manera conveniente dos dispositivos del mismo tipo de acuerdo con la variante 4a, 4b o 4c y se emplean como la variante 3

que se refiere a la variante 1a. De esta manera se pueden generar de nuevo una fuerza armónica perpendicularmente a los ejes del rotor y un momento armónico M de la misma frecuencia en la dirección de los ejes del rotor. En el lugar de la variación de los radios de las masas centrífugas, como es necesario en la variante 3 (figura 6) para el ajuste de las amplitudes y ángulos de fases de la fuerza y del momento, entra la modificación de los ángulos de las fases Θ_1 , Θ_2 de los dos dispositivos de acuerdo con la variante 4a, 4b o 4c.

En otro ejemplo (variante 6, no representado en una figura) se combina el dispositivo descrito en una forma de realización sencilla o múltiple en una o varias de las variantes 1 a 5 de manera discrecional, siendo generadas en cada caso magnitudes de fuerza de diferente tipo y de diferente frecuencia. A través de la combinación de una variante 1 (variante 1a según la figura 2, ajustada de manera que solamente se genera una fuerza y ningún momento, o variante 1b o 1c) y de una variante 2 se pueden generar, por ejemplo, una fuerza armónica y un momento armónico de una manera independiente, es decir, con amplitud, frecuencia y relación de fases ajustables en cada caso de forma discrecional. Ambos dispositivos pueden estar incorporados en un circuito de regulación común o, independientemente uno del otro, pueden estar dispuestos en circuitos de regulación separados. La última posibilidad mencionada de un funcionamiento autónomo conduce a una simplificación de la tarea de regulación. El circuito de regulación para la generación de fuerzas podría limitarse, por ejemplo, a la medición de desplazamientos, el circuito de regulación para la generación de momentos podría limitarse a la medición de giros. Tales configuraciones son ventajosas cuando al mismo tiempo aparecen varios modos de oscilación a amortiguar con frecuencias diferentes, pudiendo combinarse para cada modo de oscilación también varios dispositivos en diferentes configuraciones.

En otro ejemplo (variante 7, no representada en una figura) se aloja el dispositivo descrito en forma de realización sencilla o múltiple o en una o varias de las variantes 1 a 6 en un contenedor, que está conectado fijo, pero desprendible con la construcción. Aquí son ventajosas las posibilidades de la transformación del contenedor y, por lo tanto, la adaptación a estados variables de construcción, funcionamiento o solicitud, y la reutilización en otras construcciones. Para aplicaciones, en las que deben emplearse masas centrífugas relativamente grandes (instalaciones de construcción, vehículos acuáticos), se puede prever como contenedor un contenedor estándar de 20' o 40'. Como otras ventajas resultan de esta manera un montaje y una logística (transporte, almacenamiento) sencillos y económicos. Se pueden emplear varios contenedores; el funcionamiento de los dispositivos contenedores se puede realizar de una manera coordinada o autónoma.

El dispositivo descrito en forma de realización sencilla o múltiple o en una o varias de las variantes 1 a 7 se puede emplear para el control de oscilaciones en estructuras de construcción, vehículos terrestres, acuáticos, aéreos y espaciales o en otras máquinas, aparatos e instalaciones. Una aplicación posible en la construcción es la supresión o limitación de oscilaciones como consecuencia de terremotos, viento o tráfico y de esta manera la garantía de la estabilidad segura, de la durabilidad y de la capacidad de uso. Como ejemplo se menciona la amenaza de la estabilidad de puentes de gran envergadura a través de fuerzas del aire inducidas por movimiento y tambaleo de torsión-flexión condicionado de esta manera, que puede aparecer en el estado de construcción o en el estado final. Un puente construido en voladizo puede ser excitado a oscilaciones en el caso de voladizo grande, como sucede especialmente en el caso de puentes de cables inclinados en el estado de construcción, también como consecuencia de ráfagas del viento, cuyas oscilaciones aparecen como oscilaciones verticales, oscilaciones transversales u oscilaciones de torsión y perjudican la estabilidad o el ciclo de la construcción. Otro ejemplo de aplicación en la construcción es la limitación de oscilaciones horizontales o de torsión en edificios altos y torres, que pueden aparecer a través de terremotos o viento.

Las oscilaciones de traslación que aparecen en los ejemplos mencionados se pueden suprimir de manera ventajosa a través de dispositivos según las variantes 1, 3 ó 4, siendo alineados los dispositivos y sus partes y siendo ajustados los ángulos de las fases de tal manera que las fuerzas generadas se encuentran paralelamente a las direcciones de traslación y contrarrestan las oscilaciones de traslación. Las oscilaciones de torsión se pueden suprimir de manera ventajosa a través de un dispositivo según las variantes 2, 3 ó 5, siendo alineados el dispositivo y sus partes de tal manera que el momento generado contrarresta la oscilación a la torsión – los ejes de rotación en un puente están orientados, por lo tanto, en la dirección longitudinal del puente, en un edificio alto o torre están orientados verticalmente – y donde sea necesario los ángulos de las fases son ajustados de tal forma que no aparece ninguna fuerza que actúa al mismo tiempo. En el caso de oscilaciones combinadas de traslación y de torsión, son efectivos los dispositivos según las variantes 1, 3, 5 ó 6 solas o en combinación con las variantes 2 ó 4. La amplitud, la frecuencia y la fase de las fuerzas y momentos generados se calculan y se ajustan en el marco del circuito de regulación o de los circuitos de regulación en base al movimiento medido de la construcción y eventualmente de las condiciones ambientales medidas (en el caso de terremotos, por ejemplo, la aceleración de la tierra en el lugar de ubicación y en el entorno del lugar de ubicación). En el caso más sencillo (oscilación armónica como puro movimiento de traslación o de torsión) las fuerzas generadas están en contrafase a la velocidad de la oscilación a suprimir. Para el estado de construcción de una estructura de construcción, la aplicación descrita se puede realizar de manera ventajosa en combinación con la variante 7.

REIVINDICACIONES

- 1.- Dispositivo para el control de oscilaciones de una construcción (30) con
- 5 - dos cuerpos de masas (10, 20), que están alojados de forma giratoria, respectivamente, alrededor de un eje de rotación (12, 22), de manera que ambos ejes de rotación se extienden en la misma dirección y el centro de gravedad de cada cuerpo de masas presenta un radio (r_1, r_2) respecto al eje de rotación (12, 22) asociado, y de manera que una distancia entre el eje de rotación de un cuerpo de masas y el eje de rotación de otro cuerpo de masas de cero se puede ajustar como variable de ajuste;
 - un accionamiento, que desplaza cada cuerpo de masas (10, 20) en un movimiento de rotación circundante,
 - al menos un sensor (40), que detecta un movimiento o aceleración de la construcción (30), y
 - 10 - un control (50), que controla, sobre la base del movimiento detectado o de la aceleración, al menos una de las siguientes variables de ajuste de los dos cuerpos de masas para la generación de variables de fuerza resultantes, para controlar la oscilación de una construcción conectada con el dispositivo:
 - el ángulo de giro (φ_1, φ_2) del movimiento de rotación de al menos un cuerpo de masas (10, 20),
 - 15 - la distancia (a) del eje de rotación (12) de un cuerpo de masas (10) respecto del eje de rotación (22) del otro cuerpo de masas (20).
- 2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque las velocidades de rotación (ω_1, ω_2) de los dos cuerpos de masas (10, 20) son de la misma magnitud en cuanto al importe.
- 3.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque los dos cuerpos de masas (10, 20) tienen la misma masa.
- 20 4.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque el radio (r_1, r_2) de un cuerpo de masas respecto del eje de rotación (12, 22) asociado al cuerpo de masas (10, 20) es de la misma magnitud para ambos cuerpos de masas (10, 20).
- 5.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque al menos uno de los dos cuerpos de masas (10, 20) está constituido por cuerpos de masas parciales (20a, 20b), que están distanciados entre sí en la dirección de los ejes de rotación (12, 22).
- 25 6.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado porque las designaciones de las fases entre los movimientos de rotación de los cuerpos de masas (10, 20 o bien 10, 20a, 20b) son regulables por medio de un acoplamiento mecánico.
- 7.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizado porque los movimientos de rotación de los dos cuerpos de masas (10, 20) son en sentido opuesto.
- 30 8.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizado porque está combinado con un segundo dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que los ejes de rotación (12, 22, 72, 82) del primero y del segundo dispositivo se extienden en la misma dirección.
- 9.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizado porque los ejes de rotación (12, 22, 72, 82) de los cuerpos de masas (10, 20, 70, 80) de ambos dispositivos coinciden.
- 35 10.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8 ó 9, caracterizado porque está combinado con un segundo dispositivo de acuerdo con la reivindicación 8 ó 9, en el que los ejes de rotación (12, 22, 72, 82) del primero y del segundo dispositivo se extienden en la misma dirección.
- 11.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 10, caracterizado porque las designaciones de las fases entre los movimientos de rotación de los cuerpos de masas (10, 20, 70, 80 o bien 10, 20a, 20b, 70a, 70b, 80a, 80b) se pueden regular por medio de un acoplamiento mecánico.
- 40 12.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizado porque el control (50), que genera instrucciones para el control del dispositivo en virtud de los valores de medición de al menos un sensor, está diseñado como regulación.
- 45 13.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizado porque varios dispositivos están dispuestos distribuidos sobre la construcción (30).
- 14.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado porque el control (50) controla,

sobre la base del movimiento o aceleración detectados, el radio de al menos un cuerpo de masas respecto de su eje de rotación asociado.

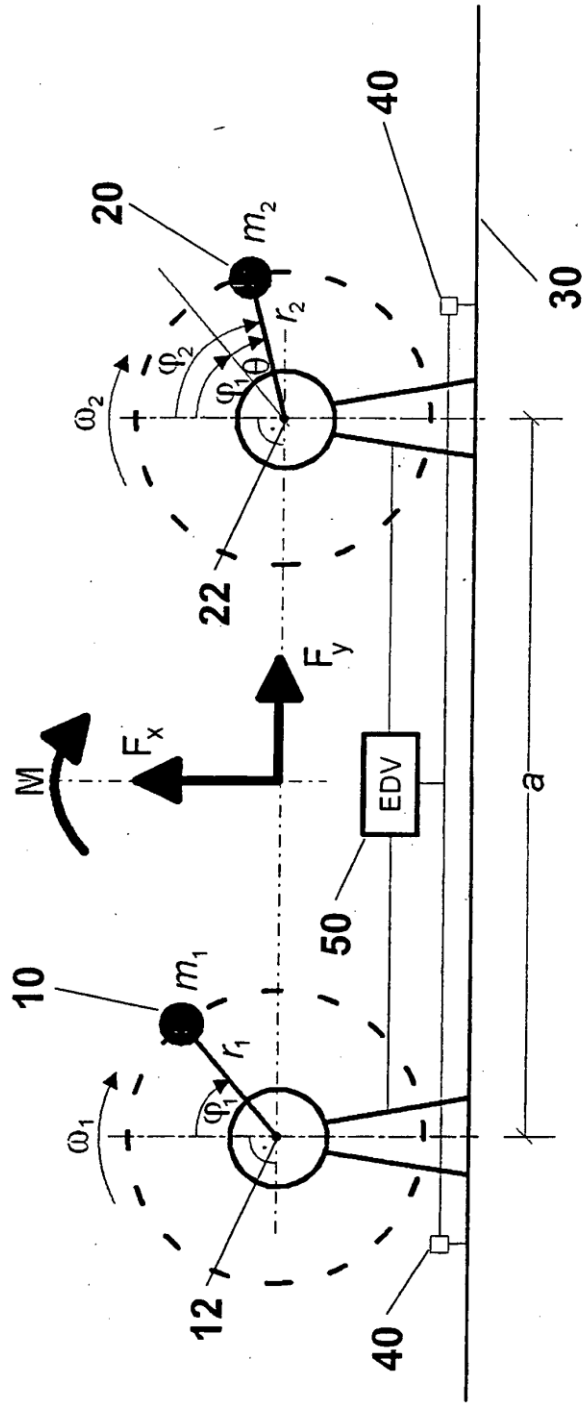


Fig. 1

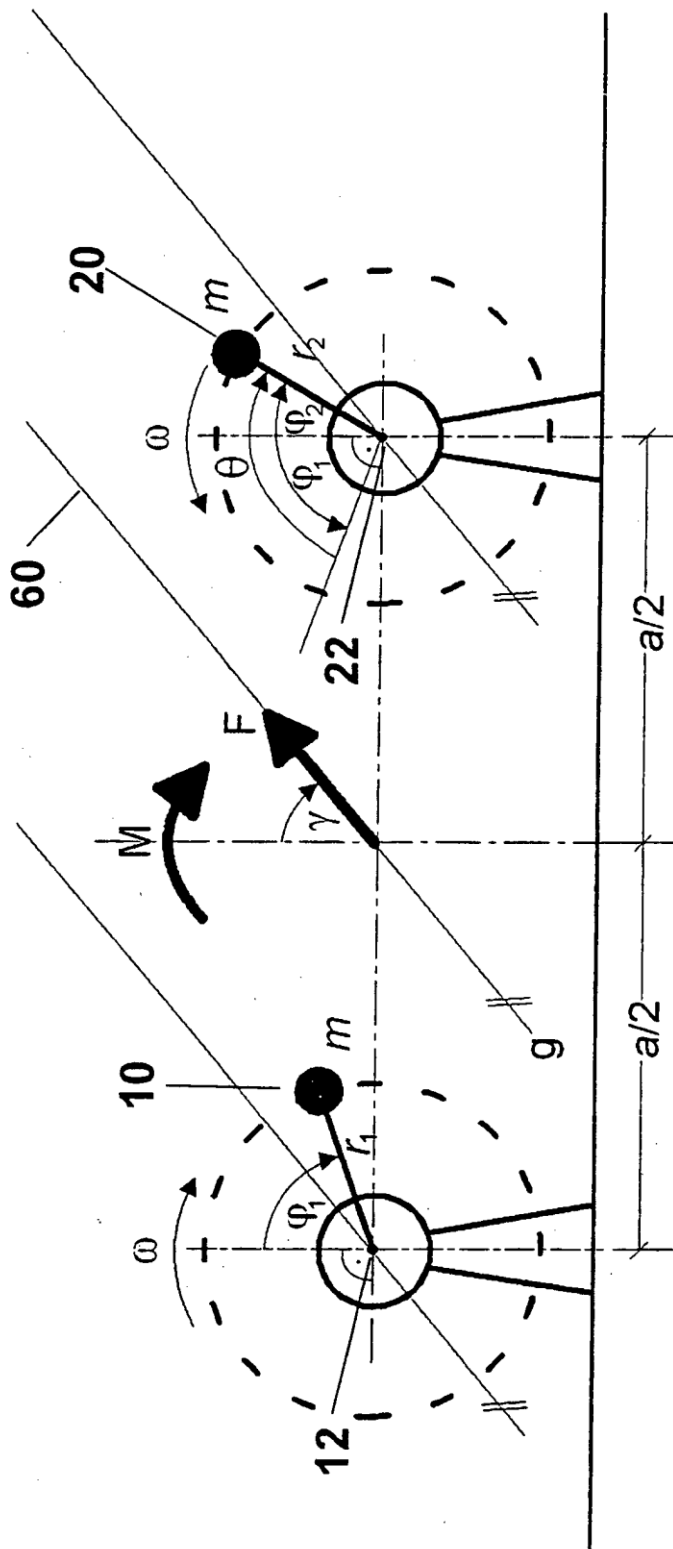


Fig. 2,

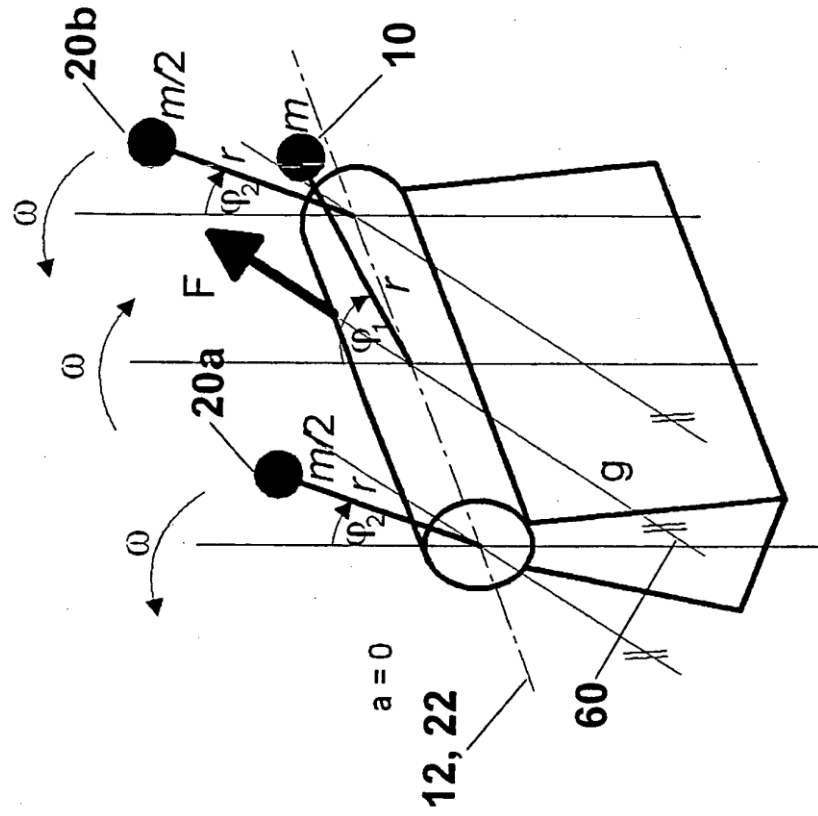


Fig. 4

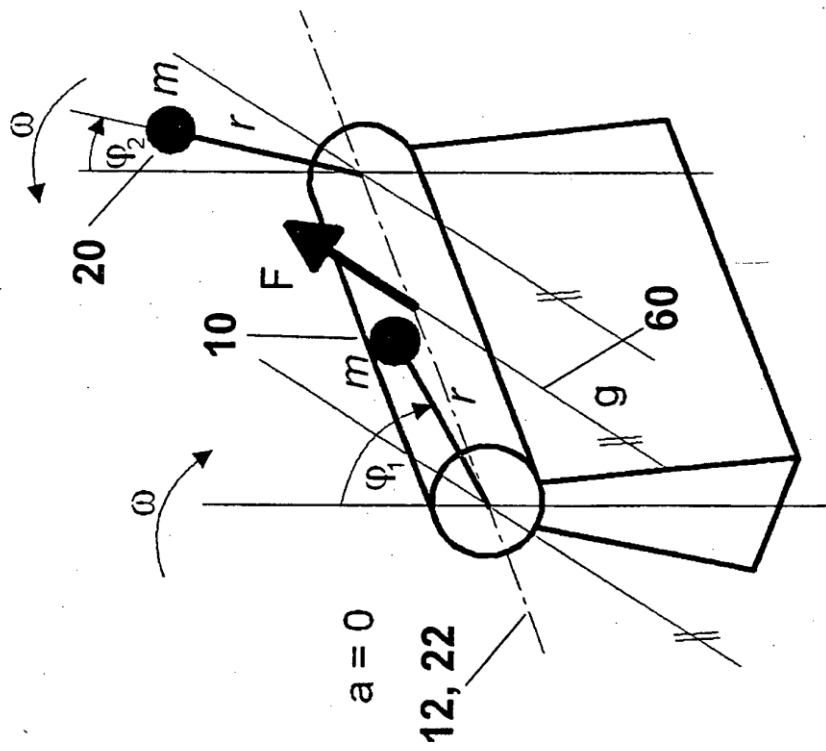


Fig. 3

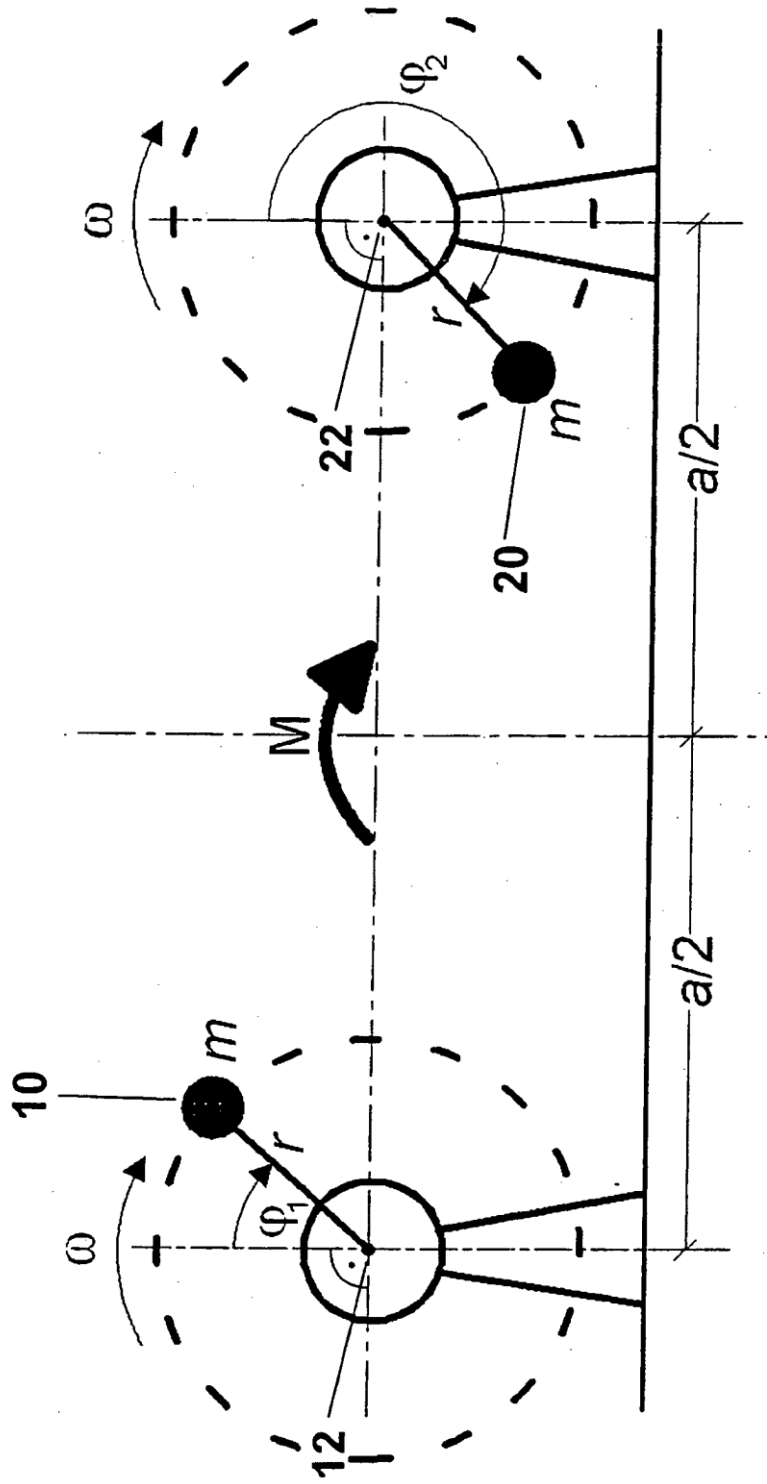


Fig. 5

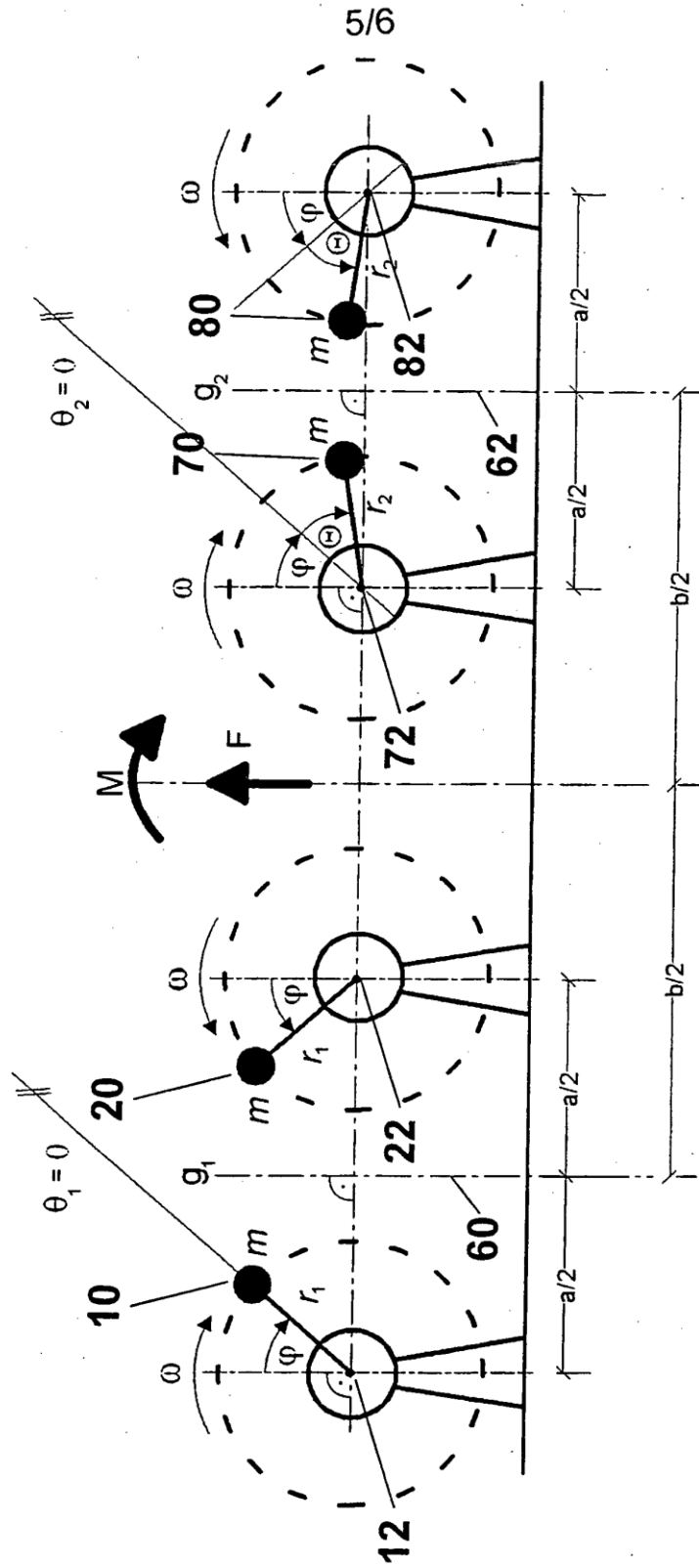


Fig. 6

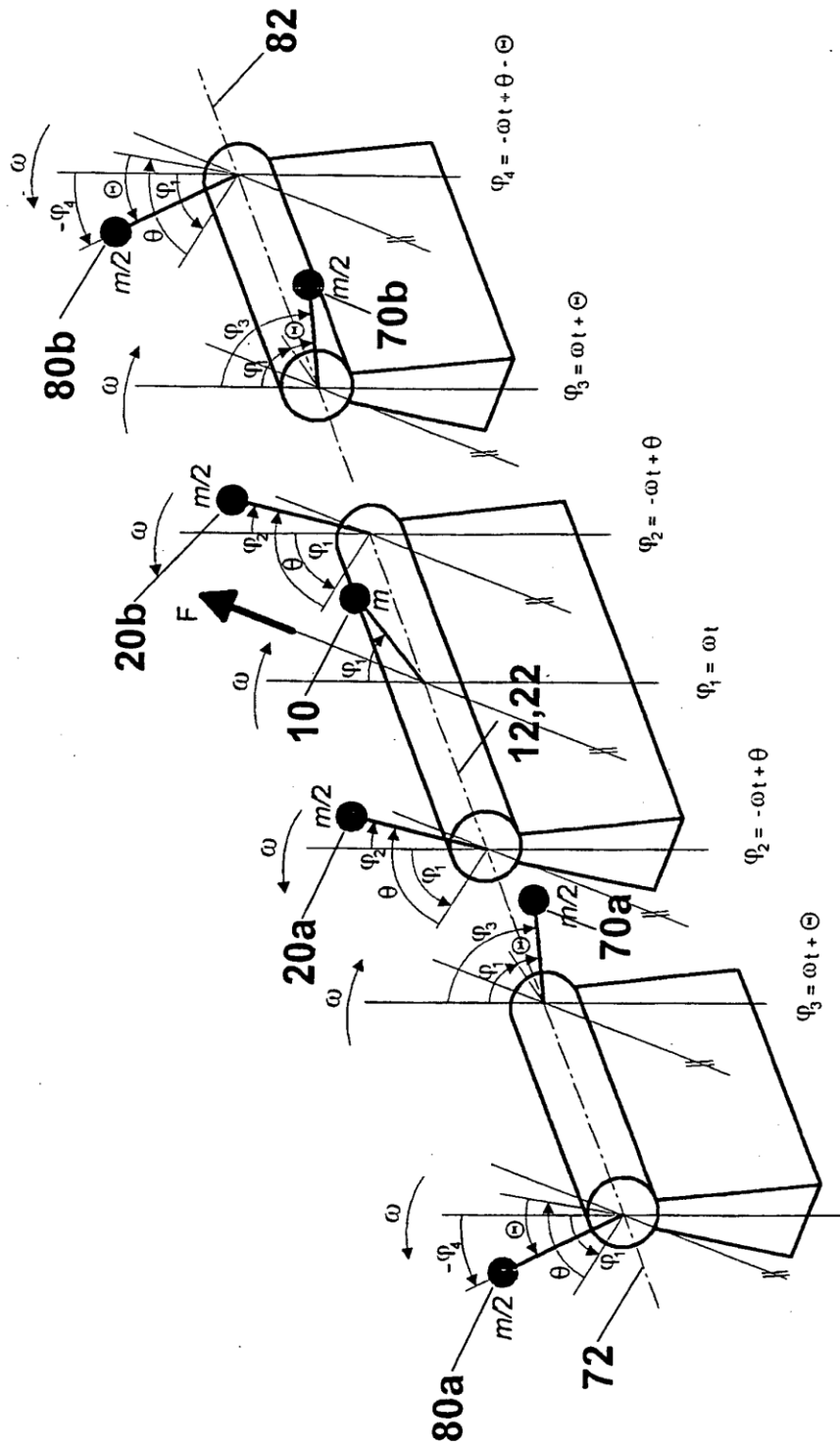


Fig. 7 $\varphi_4 = -\omega t + \theta - \theta$