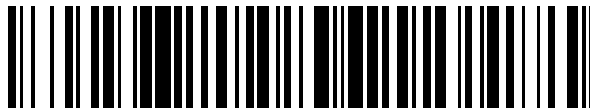


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 796**

51 Int. Cl.:

B02C 15/00 (2006.01)

B02C 25/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **06.08.2013 PCT/EP2013/066474**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111174**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2013 E 13750664 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2945748**

54 Título: **Método y dispositivo para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento**

30 Prioridad:

16.01.2013 DE 102013200578

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

20.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

KUBE, ANDREAS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 625 796 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 y dispositivo para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento

5 La presente invención hace referencia a un método para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular de un accionamiento de carga pesada, así como a un dispositivo que opera según el método. El accionamiento acciona un árbol y la regulación de la velocidad de rotación tiene lugar mediante un dispositivo de control al cual se le alimenta con una desviación a modo de control calculada a partir de un valor objetivo predeterminado o predeterminable para una velocidad de rotación y a un valor real para la velocidad de rotación.

10 Los molinos verticales para triturar materiales fraccionables, por ejemplo materia prima de cemento, se conocen por la solicitud WO 2010/015564 y ocasionalmente tienden a vibraciones de torsión en la línea de accionamiento. Para tratar esas vibraciones de torsión mediante vías vinculadas a la técnica de regulación, para activar un accionamiento de carga pesada que acciona un molino de esa clase se requiere una información precisa sobre el ángulo de rotación real o una de sus derivadas en función del tiempo, es decir, por ejemplo, la velocidad de rotación, en al menos un punto de la línea de accionamiento. Para registrar el valor de medición se considera por ejemplo el rotor del motor. Los sensores del ángulo de rotación se basan en el hecho de que mediante una unidad de muestreo se registra un movimiento relativo de una referencia espacial. La unidad de muestreo se encuentra colocada de forma fija de modo adecuado y la referencia espacial se coloca por ejemplo en la circunferencia de un árbol.

15 La precisión de una medición de esa clase, por ejemplo de una medición de la velocidad de rotación, sin embargo, se ve afectada por el hecho de que un movimiento relativo entre la referencia espacial y la unidad de muestreo se compone de una superposición de diferentes constituyentes del movimiento. En la práctica, esos constituyentes del movimiento pueden producirse debido a un juego del mecanismo del árbol o a otras irregularidades, debido a una curvatura del árbol, debido a una no circularidad, ovalidad o a una excentricidad circunferencial del árbol, así como debido a imprecisiones del montaje o de la fabricación de la referencia espacial.

20 En el caso de una regulación de la velocidad de rotación del árbol, además de la rotación, deben considerarse todos los otros constituyentes del movimiento como constituyentes de interferencia. Una señal de medición imprecisa conduce forzosamente a una mala precisión de la regulación. En especial cuando un constituyente de interferencia presenta una periodicidad, por ejemplo un constituyente de interferencia debido a una excentricidad de la referencia espacial, esto puede ocasionar problemas considerables. Cuando el constituyente de interferencia periódico con al menos uno de sus constituyentes de la línea espectral se encuentra con una frecuencia propia del sistema controlado, entonces eso puede contribuir a una resonancia.

25 Puesto que hasta el momento los accionamientos de molinos verticales y otros accionamientos de carga pesada no se controlan aún de forma muy dinámica, hasta ahora dicho problema no se ha considerado relevante y, de manera correspondiente, no ha sido investigado conforme al conocimiento del inventor.

Un objeto de la presente invención consiste en proporcionar una posibilidad para la medición de la velocidad de rotación, la cual evite los peligros de resonancia antes mencionados.

35 De acuerdo con la invención, dicho objeto se alcanzará con un método para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular de un accionamiento de carga pesada, donde el accionamiento acciona un árbol, es decir que lo hace rotar, y la regulación de la velocidad de rotación tiene lugar mediante un dispositivo de control, donde al dispositivo de control se le alimenta con una desviación a modo de control calculada a partir de un valor objetivo predeterminado o predeterminable para la velocidad de rotación y de un valor real para la velocidad de rotación, de manera que en el árbol se registra un valor real para un ángulo de rotación del árbol o una de sus derivadas en función del tiempo, en particular un valor real para la velocidad de rotación del árbol, mediante un primer sensor, así como mediante al menos otro sensor, y donde el valor real para la velocidad de rotación se calcula mediante una aproximación general ponderada de los valores de medición individuales, obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor, en particular de los valores de medición de la velocidad de rotación.

40 El registro directo o indirecto de la velocidad de rotación del árbol a través del registro de un ángulo de rotación del árbol o de una de las derivadas en función del tiempo del ángulo de rotación son formas de ejecución equivalentes para obtener un valor de medición que puede utilizarse para controlar la velocidad de rotación del accionamiento. Para no dificultar innecesariamente la lectura del siguiente texto, la siguiente descripción continúa en base a un registro de la velocidad de rotación. No obstante, esto debe considerarse como el hecho de que con al menos dos sensores, de forma alternativa, puede medirse por ejemplo respectivamente un ángulo de rotación y, en base a ello, a través de la derivación temporal, puede determinarse la velocidad de rotación o, donde por ejemplo se mide respectivamente una aceleración de la rotación y, en base a ello, a través de la integración en función del tiempo, puede determinarse igualmente la velocidad de rotación.

El objeto antes mencionado se alcanzará igualmente con un dispositivo que presenta medios para ejecutar el método. Un dispositivo de esa clase para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular de un accionamiento de carga pesada, en donde el accionamiento acciona un árbol, es decir, lo hace rotar, y en donde para la regulación de la velocidad de rotación se proporciona un dispositivo de control al cual puede alimentarse con una desviación a modo de control calculada por un valor objetivo predeterminado o predeterminable para la velocidad de rotación y un valor real para la velocidad de rotación, se caracteriza porque al árbol se asocia un primer sensor y al menos otro sensor, respectivamente para registrar un valor de medición de la velocidad de rotación del árbol, y porque el valor real para la velocidad de rotación puede calcularse mediante una aproximación general ponderada de los valores de medición individuales, obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor en particular de los valores de medición de la velocidad de rotación, calculándose durante el funcionamiento del dispositivo por ejemplo como media aritmética.

La ventaja de la invención reside en el hecho que, en caso de un registro múltiple de valores de medición relativos a la velocidad de rotación del árbol, cada valor de medición comprende constituyentes de interferencia eventuales periódicos, de manera que los mismos, en el caso de una aproximación general ponderada, por ejemplo para el cálculo de un valor medio, se suprimen por completo o al menos de forma parcial.

En las reivindicaciones dependientes se indican conformaciones ventajosas de la presente invención. Las remisiones utilizadas se refieren a la otra conformación del objeto de la reivindicación principal, a través de las características de la respectiva reivindicación dependiente. Las mismas no deben entenderse como una renuncia en cuanto a lograr una protección independiente, concreta, para las combinaciones de características de las reivindicaciones dependientes a las que se hace referencia. Además, en cuanto a un diseño de las reivindicaciones en una ejecución más próxima, de una característica en una reivindicación subordinada, debe partirse del hecho de que una limitación de esa clase no se encuentra presente en las reivindicaciones respectivamente precedentes. Por último, cabe señalar que el método aquí indicado puede ser perfeccionado también en correspondencia con las reivindicaciones dependientes relativas al dispositivo, y también a la inversa.

En una forma de ejecución del dispositivo, el primer sensor y el otro sensor o cada otro sensor están distribuidos en una disposición equidistante a lo largo de la circunferencia externa del árbol y el valor real de la velocidad de rotación como media aritmética puede calcularse a partir de valores de medición de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor, y durante el funcionamiento del dispositivo se calcula como media aritmética.

Un media aritmética o un valor media aritmética es un cálculo especialmente sencillo de un valor medio y se considera preferente como un cálculo que puede implementarse de modo especialmente simple como una aproximación general ponderada de los valores de medición de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor.

Si el dispositivo, junto con el primer sensor, comprende exactamente otro sensor, es decir, exactamente dos sensores, y el otro sensor se encuentra dispuesto en el árbol situado de forma opuesta al primer sensor, en particular situado exactamente de forma opuesta, se simplifica entonces el cálculo de la media aritmética en correspondencia con la cantidad de los valores de medición que deben ser promediados, y como valor real de la velocidad de rotación resulta la mitad de la suma de los valores de medición que pueden ser obtenidos por los dos sensores. Además, una disposición en el árbol exactamente opuesta o al menos de forma casi exactamente opuesta de los dos sensores puede realizarse de forma comparativamente sencilla.

El principio aquí presentado para la utilización de accionamientos de carga pesada, en particular tal como se proporcionan en un molino vertical, por ejemplo para triturar materia prima de cemento, se considera en principio también para accionamientos de otro tipo. A este respecto, la invención se refiere también a un método para compensar interferencias en el registro de la velocidad de rotación de un árbol, donde al árbol, en particular al árbol de un accionamiento de carga pesada, se encuentra asociado un sensor, donde el método se caracteriza porque al árbol se encuentra asociado otro sensor, y porque un valor de medición para la velocidad de rotación del árbol se calcula como aproximación general ponderada, en particular como media aritmética, a partir de valores de medición individuales, obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor. La invención se refiere también a un dispositivo correspondiente, a saber, por ejemplo a un muestreador de la velocidad de rotación, para compensar interferencias en el registro de la velocidad de rotación de un árbol, donde el dispositivo comprende un sensor asociado al árbol, en particular a un árbol de un accionamiento de carga pesada, y se caracteriza porque el dispositivo comprende además otro sensor asociado al árbol y porque un valor de medición para la velocidad de rotación del árbol puede calcularse como aproximación general ponderada, en particular como media aritmética, a partir de valores de medición individuales, obtenidos por el sensor y por al menos otro sensor. Para un método "generalizado" de esa clase y un dispositivo generalizado correspondiente se consideran como formas de ejecución especiales todas las formas de ejecución descritas para el método y el dispositivo para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular un accionamiento de carga pesada.

A continuación, un ejemplo de ejecución de la invención se explica en detalle mediante el dibujo. Los objetos que se corresponden unos con otros se indican en todas las figuras con los mismos símbolos de referencia.

El ejemplo de ejecución, así como cada ejemplo de ejecución, no debe entenderse como una limitación para la invención. Más bien, en el marco de la presente descripción son posibles también variaciones y modificaciones, en particular aquellas variantes y combinaciones que, por ejemplo a través de la combinación o la variación de características o elementos, o pasos del método individuales, descritos de forma general o como una parte especial de la descripción, contenidos en las reivindicaciones y/o en el dibujo, pueden ser observadas por el experto en cuanto a la solución del objeto y, a través de características combinables pueden conducir a un nuevo objeto o a un nuevo paso o nuevos pasos del método.

10 Las figuras muestran

Figura 1: una representación esquemática muy simplificada de un molino vertical con un árbol accionado mediante un accionamiento de carga pesada, mediante el cual se hace rotar un plato de molienda del molino vertical;

15 Figura 2 y figura 3: en una vista superior simplificada de forma esquemática, una excentricidad, así como una vibración de un árbol, para explicar el error que se produce en un registro vinculado a la técnica de medición de la velocidad de rotación del árbol;

Figura 4: una disposición con un primer sensor y con al menos otro sensor para registrar la velocidad de rotación del árbol, según el principio aquí sugerido; así como

20 Figura 5: una representación simplificada de forma esquemática de un dispositivo para compensar interferencias en el registro de la velocidad de rotación de un árbol, según el principio aquí sugerido.

La representación de la figura 1, de forma muy simplificada, muestra un molino vertical 10 para triturar materiales fraccionables, por ejemplo materia prima de cemento. El molino vertical 10 comprende un plato de molienda 12 que puede rotar alrededor de la vertical. El accionamiento del plato de molienda 12 tiene lugar mediante un motor, en particular un motor eléctrico 14, y en el ejemplo aquí mostrado, mediante un mecanismo de transmisión 16 que se encuentra entre el motor eléctrico 14 y el plato de molienda 12. El mecanismo de transmisión 16 se muestra aquí de forma general como un dentado de un engranaje cónico. El mecanismo de transmisión 16 puede comprender también un dentado de engranaje cónico o similares, y un engranaje planetario situado aguas arriba o a continuación.

30 El molino vertical 10 comprende al menos un árbol accionado 18, 20. En la representación de la figura 1, el molino vertical 10 comprende un árbol del motor 18 y un árbol del plato de molienda 20. Todos los medios para transmitir la fuerza de accionamiento del motor eléctrico hacia el plato de molienda 12 se denominan como línea de accionamiento. En este caso, a la línea de accionamiento pertenecen el motor eléctrico 14, el árbol del motor 18, el mecanismo de transmisión 16 y el árbol del motor 20.

35 El molino vertical 10 es en conjunto un sistema que puede producir vibraciones. Durante el funcionamiento del molino vertical 10, el motor eléctrico 14 hace rotar el plato de molienda 12. El árbol 18, 20 o cada árbol, así como el mecanismo de transmisión 16, se caracterizan por una cierta elasticidad mecánica, de manera que dentro del molino vertical 10 pueden producirse vibraciones de torsión. Sin embargo, durante el funcionamiento del molino vertical 10 se requiere un número de revoluciones o la velocidad de rotación lo más constante posible del plato de molienda 12. Por ese motivo, la velocidad de rotación del plato de molienda se registra de forma indirecta o de forma directa y se utiliza para una regulación de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 o para una regulación del número de revoluciones del motor eléctrico 14.

45 Se proporciona para ello al menos un sensor 22, 24 correspondiente. En la forma de ejecución mostrada en la figura 1, el sensor 22, 24 se encuentra asociado al eje del plato de molienda 20, registrando de modo correspondiente su velocidad de rotación. A continuación, el árbol del plato de molienda 20 se denominará de forma abreviada sólo como árbol 20.

50 Para controlar la velocidad de rotación se proporciona un dispositivo de control 26. De manera conocida, a dicho dispositivo se le alimenta con una desviación a modo de control calculada con un valor objetivo 28 predeterminado o predeterminable para la velocidad de rotación y un valor real 30 para la velocidad de rotación. En base a la desviación de control, igualmente de forma conocida, el dispositivo de control 26 emite una variable de ajuste 32 para activar el motor eléctrico 14.

La representación de la figura 1 ya muestra un sensor 22 y al menos otro sensor 24, tal como se sugiere en este caso. Habitualmente, para el registro de la velocidad de rotación se utiliza un sensor 22 individual, de manera que la

siguiente descripción parte en primer lugar de un sensor individual 22 y de un registro de la velocidad de rotación con un sensor individual 22.

5 El registro de la velocidad de rotación en el árbol del plato de molienda 20 (o de forma alternativa directamente en el plato de molienda 12), presenta el efecto de que también eventuales desviaciones de la velocidad de rotación a causa de vibraciones son registradas de forma directa. La velocidad de rotación registrada puede utilizarse entonces para una regulación particularmente precisa de la velocidad de rotación del plato de molienda 12. Con el fin de una simplificación, la descripción continúa en base a la representación de la figura 1 para un registro del valor de medición en el árbol del plato de molienda 20. Se entiende que el mismo registro del valor de medición puede tener lugar también con respecto al árbol del motor 18, sin que ello se indique respectivamente en detalle. De manera correspondiente, la posibilidad alternativa para el registro del valor de medición en el árbol del motor debe leerse siempre asimismo en la siguiente descripción.

15 La representación en la figura 1 no muestra cojinetes ni objetos similares. Los cojinetes de esa clase naturalmente se encuentran presentes. Sin embargo, durante el funcionamiento del molino vertical 10 resulta una excentricidad del árbol 20 o también una vibración del árbol 20 en la dirección radial. Las representaciones de las figuras 2 y 3 muestran esto en una representación simplificada de forma esquemática, mediante una sección transversal a través del árbol 20.

20 La representación en la figura 2 muestra la situación en el caso de una excentricidad del árbol 20. El círculo representado con una línea continua representa una instantánea de una posición del árbol 20 excéntrico. Un primer círculo (más grande) representado con una línea discontinua representa una posición del árbol 20 sin excentricidad. Un segundo círculo más pequeño representado con una línea discontinua muestra la huella del lugar que se desplaza del punto central del árbol 20 excéntrico.

Se entiende que en el caso de un registro de la velocidad de rotación del árbol 20 mediante un sensor 22 con una excentricidad del árbol 20, el valor de medición determinado para la velocidad de rotación contiene un error.

25 A modo de ejemplo, la representación de la figura 3 muestra las relaciones en el caso de un árbol 20 que vibra en dirección radial. El círculo representado con una línea continua y los dos círculos representados con líneas discontinuas con radios iguales representan instantáneas a modo de ejemplo de posibles posiciones de forma horizontal del árbol 20 vibrante. Otro círculo interno representa una línea límite para el área del lugar que se desplaza del punto central del árbol 20 excéntrico.

30 Se entiende también aquí que en el caso de un registro de la velocidad de rotación del árbol 20 mediante un sensor 22 con un árbol 20 vibrante, el valor de medición determinado para la velocidad de rotación contiene un error.

En la práctica, la excentricidad del árbol 20, como también una vibración del árbol 20, pueden presentarse también en combinación, de manera que los efectos representados se suman.

35 Para una regulación muy precisa de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 o del número de revoluciones del motor eléctrico 14 es muy relevante un valor de medición correspondientemente preciso para la velocidad de rotación momentánea del plato de molienda 12 (valor real de la velocidad de rotación). En especial en el caso de una excentricidad del árbol 20 y/o de una vibración del árbol 20, se agrega el hecho de que no sólo el valor real 30 contiene errores, sino que también el error presenta una periodicidad. Una regulación de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 calculada con un valor real 30 que contiene un error periódico de esa clase implica el riesgo de provocar vibraciones en todo el sistema, es decir en el molino vertical 20, lo cual podría producir efectos perjudiciales para la instalación, al menos en fase de resonancia.

Para las relaciones representadas en la figura 2 aplican las siguientes correspondencias:

Un recorrido medido con respecto a una referencia espacial colocado sobre la superficie lateral del árbol 20 depende del respectivo número de revoluciones ω , del tiempo t y del radio r del árbol:

$$s = \omega t \cdot r$$

45 En el caso de una excentricidad e del árbol 20, debido a la excentricidad, se mide adicionalmente una proporción de error periódica F_E :

$$s = \omega t \cdot r + F_E$$

donde

$$F_E = \sin(\alpha x) \cdot \left(1 - \frac{r+e}{r}\right)$$

La respectiva velocidad angular resulta entonces como primera derivación temporal del recorrido medido:

$$v = \frac{ds}{dt} = \omega \cdot \left(r + \cos(\alpha x) \cdot \left[1 - \frac{r+e}{r}\right] \right)$$

- 5 La velocidad angular medida de esa modo, la cual se utilizaría por tanto usualmente como valor real 30 para la velocidad de rotación del árbol 20 y a continuación se utilizaría para una regulación de la velocidad de rotación del árbol 20, comprende la siguiente proporción periódica:

$$\cos(\alpha x) \cdot \left(1 - \frac{r+e}{r}\right)$$

- 10 Los números de revoluciones usuales del accionamiento de un molino vertical 10 se ubican en el rango de 780 U/min hasta 1.100 U/min. Estos números de revoluciones corresponden a frecuencias de rotación de $\omega = 13$ Hz hasta $\omega \approx 18$ Hz. Ésta es también la frecuencia de la proporción periódica antes mencionada de la velocidad angular medida o de la proporción de errores periódica F_E . Por otra parte, las frecuencias propias típicas de la línea de accionamiento de un molino vertical 10 se ubican del mismo modo en ese rango y a través de un error de medición de esa clase provocarían vibraciones. Lo mencionado reside en el hecho de que para la regulación las fluctuaciones efectivas de la velocidad de rotación del árbol no pueden diferenciarse del error periódico contenido en el valor real medido 30 para la velocidad de rotación, y la regulación intenta de modo correspondiente corregir el error periódico. Debido al solapamiento del rango de frecuencia de rotación y del rango de frecuencia propia resulta el hecho de que la regulación intensifica esas fluctuaciones, propiciando una resonancia.

- 20 La representación de la figura 4, simplificada de modo esquemático, muestra el principio de la solución aquí sugerida. Precisamente del modo habitual (figura 2, figura 3), un sensor 22 está asociado al árbol 20, el cual, para una diferenciación, se denomina como primer sensor 22. Junto con ese primer sensor 22, al árbol 20 se encuentra asociado al menos otro sensor 24 (compárese también la representación en la figura 1). Cada sensor 22, 24 proporciona un valor de medición - eventualmente conteniendo un error - para la velocidad de rotación del árbol 20. En el caso de presentarse un error de medición debido a una excentricidad del árbol 20 y a la colocación mostrada de los sensores 22, 24, con las relaciones indicadas anteriormente resultan los siguientes valores de medición proporcionados por los dos sensores 22, 24:

$$v_1 = \omega \cdot \left(r + \cos(\alpha x) \cdot \left[1 - \frac{r+e}{r}\right] \right),$$

$$v_2 = \omega \cdot \left(r + \cos(\alpha x + \pi) \cdot \left[1 - \frac{r+e}{r}\right] \right) = \omega \cdot \left(r - \cos(\alpha x) \cdot \left[1 - \frac{r+e}{r}\right] \right).$$

Por consiguiente, puede observarse que en el caso de una adición de v_1 y v_2 , se suprimen precisamente las dos proporciones periódicas contenidas en los valores de medición.

- 30 De manera correspondiente

$$v = \frac{v_1 + v_2}{2} = \omega \cdot r$$

proporciona precisamente la velocidad de rotación efectiva, sin errores, del árbol 20. Un valor real 30 calculado de ese modo para la velocidad de rotación del árbol 20 puede utilizarse para una regulación de la velocidad de rotación

del árbol 20 y también para una regulación muy dinámica de la velocidad de rotación del árbol 20, sin la preocupación de que un error de excentricidad y similares conduzcan a una fluctuación no deseada del número de revoluciones del árbol o incluso a una vibración del sistema en su totalidad.

5 En lugar de precisamente dos sensores 22, 24, los cuales están dispuestos en el árbol 20 de forma opuesta uno con respecto a otro (figura 4), se considera también la utilización de más de dos sensores (no representado). En todo caso, dos o más sensores 22, 24, es decir un primer sensor 22 y cualquier otro sensor 24, están distribuidos en una disposición equidistante a lo largo de la circunferencia externa del árbol 20 y el valor real 30 de la velocidad de rotación, como media aritmética, resulta de valores de medición de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor 22, 24:

$$v = \frac{v_1 + \dots + v_n}{n} = \omega \cdot r$$

10 En el caso de la disposición equidistante a lo largo de la circunferencia del árbol 20 se encuentran dos sensores 22, 24 a una distancia de $360^\circ/2 = 180^\circ$, tres sensores a una distancia de $360^\circ/3 = 120^\circ$ y n sensores, de modo correspondiente, a una distancia de $360^\circ/n$.

15 El cálculo aquí descrito de la media aritmética de valores de medición individuales de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor 22, 24 es un ejemplo de una aproximación general ponderada de los valores de medición individuales de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor 22,24; y la aproximación general se efectúa dividiendo la suma de todos los valores de medición de la velocidad de rotación por la cantidad de los valores de medición de la velocidad de rotación.

20 Para las relaciones mostradas en la figura 3 (vibración radial del árbol 20) se aplica lo antes mencionado de forma correspondiente. El respectivo error resulta allí de una desviación de la posición de otra clase del árbol 20, es decir por ejemplo de un juego de los cojinetes o de una curvatura y, para una diferenciación del error de excentricidad F_E , se denomina como F_L :

$$s = \omega t \cdot r + F_L$$

El error F_L es esencialmente una variable aleatoria y la velocidad de rotación resulta como

$$v = \frac{ds}{dt} = \omega \cdot r + \frac{dF_L}{dt}$$

25 donde la derivación temporal del error F_L es un ruido, cuya frecuencia máxima resulta de la duración del intervalo de exploración. En el caso de un intervalo de exploración de por ejemplo $250\mu s$ resulta un espectro del ruido de hasta 2 kHz. A partir de ello puede resultar una excitación de banda ancha del sistema en su totalidad. También un error de esa clase es compensado por al menos otro sensor 24, junto con el primer sensor 22 y la aproximación general ponderada de dos o más de los valores de medición de la velocidad proporcionados por el primer sensor y por al menos otro sensor 22, 24.

30 El cálculo de la media aritmética o cualquier aproximación general ponderada por lo demás adecuada de dos o más de los valores de medición de la velocidad proporcionados por un primer sensor y por al menos otro sensor 22, 24 provoca por tanto una compensación de interferencias, por ejemplo interferencias debido a vibraciones y/o excentricidad - del modo antes descrito - en el registro de la velocidad de rotación de un árbol 20. De manera correspondiente, un primer y al menos otro sensor 22, 24 pueden reunirse también en un dispositivo para compensar interferencias en el registro de la velocidad de rotación de un árbol 20.

35 La representación de la figura 5 muestra una representación simplificada de forma esquemática de un dispositivo 34 de esa clase. Junto con el primer sensor y con al menos otro sensor 22, 24; éste comprende una unidad de determinación del valor de medición de la velocidad 36. Dicha unidad, debido a una implementación en software, hardware y/o firmware, realiza una aproximación general ponderada de los valores de medición que pueden obtenerse a través de los sensores 22, 24 individuales. A modo de ejemplo, la unidad de determinación del valor de medición de la velocidad 36 realiza la aproximación general ponderada de los valores de medición individuales, calculando el media aritmética de los valores de medición individuales. Como resultado se emite un valor real 30 corregido de errores para el valor de medición de la velocidad.

Si bien la invención fue ilustrada y descrita en detalle a través del ejemplo de ejecución, 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.

- 5 Los aspectos individuales principales de la presente descripción pueden resumirse del siguiente modo: Se indican un método y un dispositivo correspondiente para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento que acciona un árbol 20, donde la regulación de la velocidad de rotación tiene lugar mediante un dispositivo de control 26 al cual se le alimenta con una desviación a modo de control calculada con un valor objetivo 28 y un valor real 30 para la velocidad de rotación, donde el valor real 30 para la velocidad de rotación del árbol 20 se registra en el árbol 20 mediante un primer sensor 22 y al menos otro sensor 24, y donde el valor real 30 se calcula mediante una
- 10 aproximación general ponderada de los valores de medición de la velocidad de rotación individuales obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor 22, 24.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular de un accionamiento de carga pesada (14), donde el accionamiento acciona un árbol (20) y la regulación de la velocidad de rotación tiene lugar mediante un dispositivo de control (26), al cual se le alimenta con una desviación a modo de control calculada a partir de un valor objetivo (28) predeterminado o predeterminable para la velocidad de rotación y de un valor real (30) para la velocidad de rotación, caracterizado porque el valor real (30) para un ángulo de rotación del árbol (20) o de una de sus derivadas en función del tiempo, en particular la velocidad de rotación del árbol (20), es detectado en el árbol (20) mediante un primer sensor (22) y al menos otro sensor (24), y porque el valor real (30) para la velocidad de rotación se calcula mediante una aproximación general ponderada de los valores de medición individuales, obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor (22, 24), en particular de los valores de medición de la velocidad de rotación.
- 10 2. Dispositivo para controlar la velocidad de rotación de un accionamiento, en particular de un accionamiento de carga pesada (14), donde el accionamiento acciona un árbol (20) y para la regulación de la velocidad de rotación se proporciona un dispositivo de control (26), al cual puede alimentarse con una desviación a modo de control calculada a partir de un valor objetivo (28) predeterminado o predeterminable para la velocidad de rotación y un valor real (30) para la velocidad de rotación, caracterizado porque al árbol (20) está asociado un primer sensor (22) y al menos otro sensor (24), respectivamente para registrar un ángulo de rotación del árbol (20) o unas de sus derivadas en función del tiempo, en particular de un valor de medición de la velocidad de rotación del árbol (20), y porque el valor real (30) de la velocidad de rotación puede calcularse mediante una aproximación general ponderada de los valores de medición individuales, obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor (22, 24), en particular de los valores de medición de la velocidad de rotación.
- 15 3. Dispositivo según la reivindicación 2, donde el primer sensor (22) y otro sensor o cada otro sensor (24) están distribuidos en una disposición equidistante a lo largo de la circunferencia externa del árbol (20) y el valor real (30) de la velocidad de rotación como media aritmética puede calcularse a partir de valores de medición de la velocidad de rotación obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor (22, 24).
- 20 4. Dispositivo según la reivindicación 3, donde junto con el primer sensor (22) se proporciona precisamente otro sensor (24) y donde el otro sensor (24) se encuentra dispuesto en el árbol (20) situado de forma opuesta al primer sensor (22), en particular situado exactamente de forma opuesta.
- 25 5. Método para compensar fallas en la detección de la velocidad de rotación de un árbol (20), donde al árbol (20), en particular a un árbol (20) de un accionamiento de carga pesada (14) está asociado un sensor (22), caracterizado porque al árbol (20) está asociado al menos otro sensor (24) y porque un valor de medición para la velocidad de rotación del árbol (20), como media aritmética, está calculado a partir de valores de medición individuales obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor (22, 24).
- 30 6. Dispositivo (34) para compensar fallas en la detección de la velocidad de rotación de un árbol (20), donde el dispositivo comprende un sensor (22) asociado al árbol (20), en particular a un árbol (20) de un accionamiento de carga pesada (14), caracterizado porque el dispositivo comprende al menos otro sensor (24) asociado al árbol (20) y porque un valor de medición para la velocidad de rotación del árbol (20), como media aritmética, puede calcularse a partir de valores de medición individuales obtenidos por el primer sensor y por al menos otro sensor (22, 24).
- 35

FIG 1

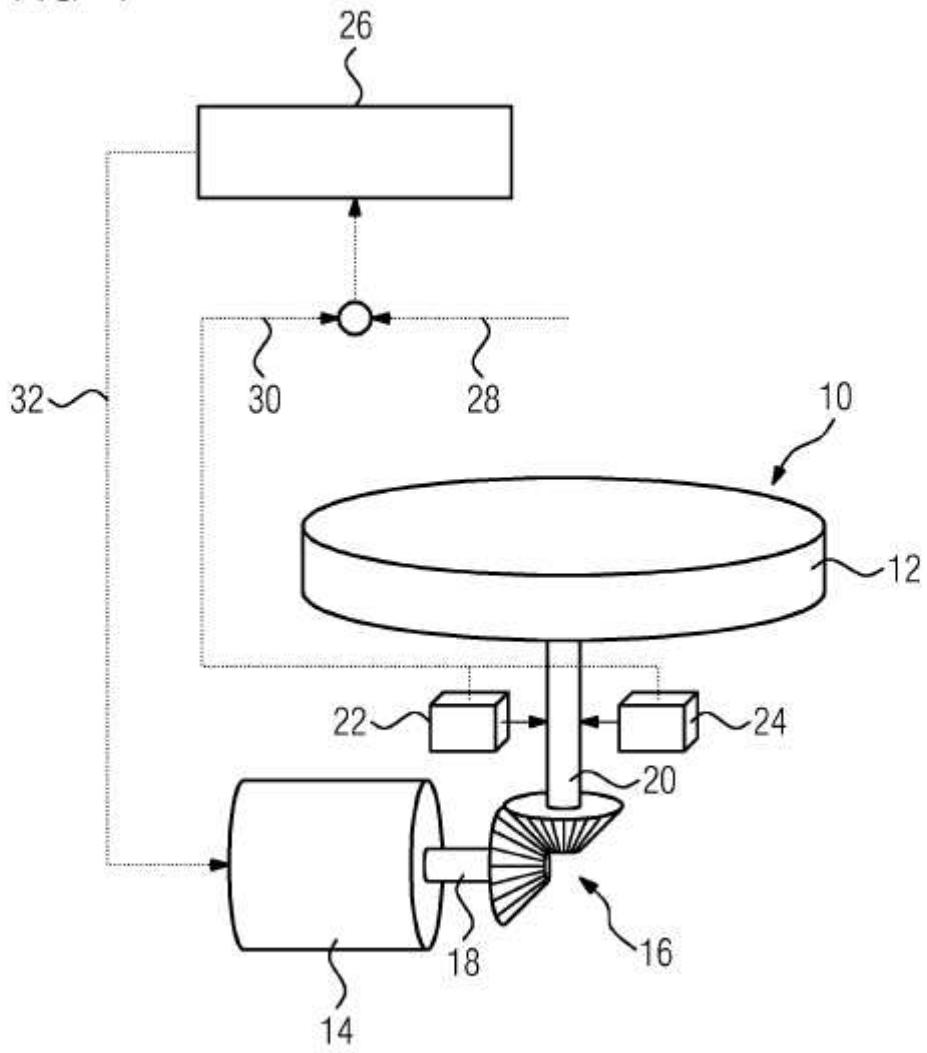


FIG 2 (Estado de la técnica)

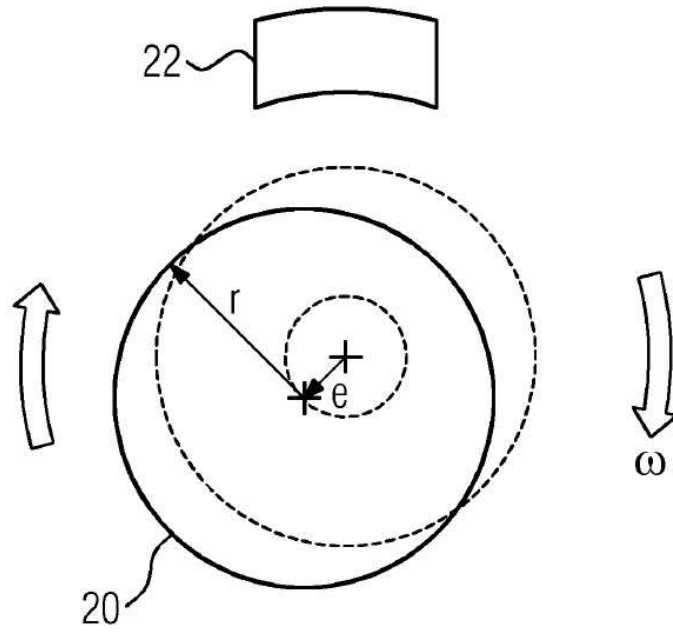


FIG 3 (Estado de la técnica)

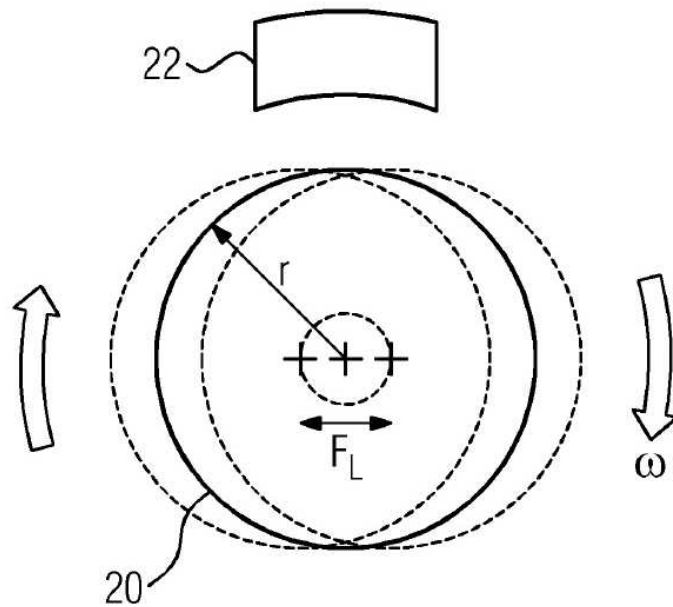


FIG 4

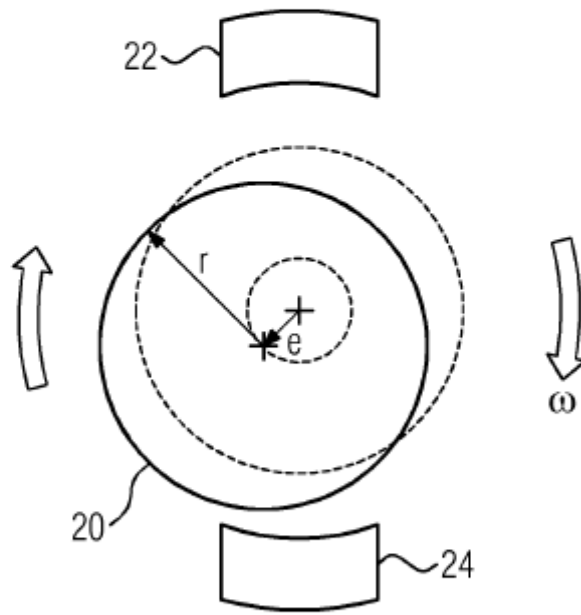


FIG 5

