

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 201**

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: **15.01.2014 PCT/EP2014/050676**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111410**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2014 E 14700990 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.03.2017 EP 2928611**

54 Título: **Procedimiento para la regulación del accionamiento así como sistema de accionamiento que funciona según el procedimiento.**

30 Prioridad:

16.01.2013 DE 102013200578

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

02.08.2017

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 2 628 201 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

Procedimiento para la regulación del accionamiento así como sistema de accionamiento que funciona según el procedimiento.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para la regulación del accionamiento, concretamente un procedimiento para la regulación del accionamiento de un accionamiento de cargas pesadas, en particular de un accionamiento de cargas pesadas de un molino vertical previsto para triturar materiales quebradizos, por ejemplo materia prima para cemento, así como a un sistema de accionamiento correspondiente que funciona según el procedimiento.

10 Los molinos verticales de tipo mencionado anteriormente con un plato molturador que rota alrededor de la vertical así como cilindros molturadores por encima del plato molturador tienden a experimentar oscilaciones mecánicas intensas, puesto que expresado de manera simplificada, en el caso del tren de accionamiento de un molino vertical se trata de un sistema oscilante en forma de un oscilador de masa dual. A la primera masa pertenecen el plato molturador así como todas las unidades movidas con el plato molturador y la segunda masa es el rotor del motor que realiza el accionamiento. La unión entre estas dos masas se produce en forma de un engranaje, que actúa en el sistema oscilante como un resorte de torsión. El sistema se excita mediante una alternancia de carga de baja frecuencia continua del proceso de molienda así como ocasionales cargas alternas del proceso de molienda produciendo oscilaciones breves o también de mayor duración. Las fuerzas y los momentos que se producen a este respecto pueden ser tan intensos que tiene que detenerse el proceso de molienda, para evitar daños en el tren de accionamiento, concretamente en particular en el motor eléctrico y/o en el engranaje, o en la instalación en total. El motivo del crecimiento de las oscilaciones en el tren de accionamiento (oscilaciones del tren de transmisión) es que el amortiguamiento en el tren de accionamiento (amortiguamiento del tren de transmisión) no es suficiente para compensar la energía de oscilación introducida desde la máquina de trabajo (mecanismo de molienda).

15 Para mantener tales oscilaciones reducidas, el operador del molino tiene hasta la fecha que diseñar los parámetros de proceso, es decir en particular una presión de compresión de los cilindros molturadores, una composición del material a moler así como las cantidades de adición de aditivos de molienda, de tal manera que la generación de oscilaciones se mantiene bajo un nivel crítico. Sin embargo, esto conduce a limitaciones no deseadas en el diseño del proceso, que tienen un efecto negativo sobre muchos aspectos. Se ven afectados por ejemplo el espectro de los productos que pueden producirse con el material molido obtenido en cada caso, la eficacia del molino, el aporte de energía necesario y la rentabilidad. Además, una ruta de este tipo es muy poco fiable, dado que para la correcta gestión del proceso se requiere mucha experiencia y las propiedades de los materiales naturales triturados siempre son distintas. Así se producen una y otra vez oscilaciones de torsión aumentadas.

25 Ante este trasfondo y debido a los requisitos crecientes en cuanto a la disponibilidad, eficacia así como los costes del ciclo de vida (TCO = *Total Cost of Ownership*) el diseño y la disposición de los componentes eléctricos y mecánicos de un sistema de accionamiento y del respectivo tren de accionamiento de un accionamiento de cargas pesadas, en particular de un molino vertical, tienen cada vez más importancia.

30 Para los molinos verticales, los sistemas de accionamiento con un engranaje y al menos un motor eléctrico en forma de un motor asíncrono, preferiblemente un motor de anillos rozantes, así como un convertidor de frecuencia que abastece a al menos un motor eléctrico representan hoy en día una solución preferida. A este respecto, los engranajes del molino están realizados en la práctica con frecuencia como variantes de engranajes planetarios cónicos o cilíndricos. El objetivo del engranaje es, además de la conversión del número de revoluciones y del par motor, la absorción de las fuerzas de molienda axiales y su transmisión a la base.

35 Hasta la fecha se ha intentado solucionar el problema esbozado anteriormente mediante una integración de un elemento mecánico en el tren de accionamiento, caracterizándose el respectivo elemento mecánico o dado el caso también una pluralidad de elementos mecánicos por un efecto de amortiguamiento correspondientemente intenso. Actualmente, como tales elementos con un efecto de amortiguamiento suficientemente intenso se utilizan acoplamientos, en particular acoplamientos elastoméricos altamente elásticos.

40 En esta solución resulta desventajoso, por un lado, que en el caso de un acoplamiento de este tipo se trata de una pieza de desgaste cara. Por otro lado, el modo de acción de un amortiguamiento del tren de transmisión conseguido con un acoplamiento radica en la conversión de energía de oscilación en energía térmica, lo que tiene un efecto negativo sobre el balance de energía. Finalmente, el grado de amortiguamiento del tren de transmisión que puede conseguirse con un acoplamiento de este tipo también es todavía bastante reducido y ha demostrado ser insuficiente en casos individuales.

45 Por el documento DE 10 2007 033 256 A1 se conoce un accionamiento de molino con un accionamiento principal, un engranaje de superposición y un accionamiento adicional regulado. Se pretende que el accionamiento adicional y su regulación, basándose en un par motor actual y un par motor promediado como magnitud de entrada según la

ponderación de circuitos de regulación correspondientes, reduzcan las fluctuaciones del par motor del accionamiento principal y las fluctuaciones del número de revoluciones del plato molturador.

5 Un objetivo de la presente invención consiste en indicar un procedimiento para la regulación del accionamiento de un molino vertical y un sistema de accionamiento que funciona según el procedimiento, que reduce las oscilaciones del tren de transmisión, en particular un procedimiento y un dispositivo correspondiente, que reducen las oscilaciones del tren de transmisión sin usar un acoplamiento u otro amortiguador mecánico en el tren de accionamiento así como sin usar un accionamiento adicional.

10 El objetivo mencionado anteriormente se alcanza mediante un procedimiento para la regulación del accionamiento de un molino vertical con las características de la reivindicación 1. El objetivo se alcanza además mediante un sistema de accionamiento así como una unidad de regulación comprendida en el sistema de accionamiento con las características de la reivindicación de dispositivo paralela así como mediante un molino vertical o un sistema de accionamiento de un molino vertical con una unidad de regulación de este tipo.

15 El molino vertical denominado aquí y en lo sucesivo en ocasiones también sólo de manera abreviada como molino comprende un plato molturador que puede girar alrededor de la vertical, que puede accionarse mediante al menos un motor eléctrico y un tren de accionamiento que comprende al menos un engranaje y que se acciona durante el funcionamiento del molino. En este sentido, la configuración ya mencionada al principio del oscilador de masa dual se obtiene con al menos el plato molturador como primera masa o primer elemento de inercia de masa y al menos el rotor del motor eléctrico como segunda masa o segundo elemento de inercia de masa, estando acopladas las dos masas oscilantes mediante el engranaje que actúa entonces como un resorte de torsión.

20 En el procedimiento propuesto en el presente documento para la regulación del accionamiento de un molino vertical con un plato molturador que rota alrededor de la vertical, en el que el plato molturador puede accionarse mediante al menos un motor eléctrico y un tren de accionamiento que comprende al menos un engranaje y en el que al menos el motor eléctrico y el plato molturador representan elementos de inercia de masa en un sistema oscilante, que están unidos mediante el engranaje que actúa como elemento de resorte de torsión, se detecta una fluctuación del número de revoluciones de al menos uno de los elementos de inercia de masa y se gestiona el motor eléctrico por medio de un regulador que minimiza la fluctuación del número de revoluciones detectada, en el que el regulador para la gestión del motor eléctrico se parametriza de tal manera que, en el caso de una excitación sinusoidal, los momentos de reacción máximos resultantes en el engranaje son mínimos, en particular en cada frecuencia técnicamente relevante o las frecuencias de excitación que se producen principalmente durante el funcionamiento son mínimos. La gestión conseguida con ello del motor eléctrico se denomina a continuación gestión óptima para el amortiguamiento.

35 En una unidad de regulación destinada a la realización de un procedimiento de este tipo y eventualmente de formas de realización individuales o múltiples, concretamente una unidad de regulación para la regulación del accionamiento de un molino vertical, a la unidad de regulación se le puede suministrar como magnitud de entrada al menos un valor de medición relevante para la oscilación, por ejemplo un valor de medición adecuado como medida para la fluctuación del número de revoluciones mencionada anteriormente. Como valor de medición relevante para la oscilación se tiene en cuenta un valor de medición del número de revoluciones detectado en el motor eléctrico o en el árbol de motor o en otro sitio en el tren de accionamiento.

40 Resumiendo, la invención es por tanto un procedimiento así como un dispositivo para la regulación del accionamiento de una disposición de cargas pesadas en forma de un sistema de accionamiento, en el que por medio de la unidad de regulación se consigue una gestión del número de revoluciones del motor eléctrico, caracterizándose la gestión del número de revoluciones porque, sin usar un amortiguamiento mecánico, tal como por ejemplo un acoplamiento que actúa como amortiguador de oscilaciones u otro amortiguador mecánico, una atenuación del número de revoluciones del motor eléctrico tiene como consecuencia una atenuación de las oscilaciones de torsión en el tren de accionamiento.

45 A este respecto, como amortiguamiento se entiende una variación temporal de la amplitud de las oscilaciones de torsión en el tren de accionamiento. Si la amplitud disminuye, el amortiguamiento es positivo. Si la amplitud aumenta, el amortiguamiento es negativo. Si la amplitud se mantiene constante, el amortiguamiento es cero. El amortiguamiento puede tener diversas causas. Una posible causa para un amortiguamiento positivo es la transformación de energía de oscilación en energía térmica, por ejemplo mediante operaciones de fricción internas o externas de piezas móviles de un sistema de oscilación. El enfoque presentado en el presente documento aprovecha otra posibilidad para la generación de un amortiguamiento positivo.

55 Cuando el molino vertical se deja de nuevo libre tras una excitación limitada temporal, oscila en el caso de una consideración ideal como oscilador de masa dual con su frecuencia propia y una amplitud de oscilación constante. En el caso de una excitación persistente con la frecuencia propia, la amplitud de oscilación aumenta en teoría infinitamente. No tiene lugar ningún amortiguamiento y en realidad en este caso se produce un daño del engranaje.

5 El enfoque de solución convencional, seguido hasta la fecha, consiste en complementar el resorte de torsión, es decir el engranaje, con un elemento de amortiguamiento (por ejemplo en forma de un amortiguador mecánico con desplazamiento de aceite o de un acoplamiento elastomérico altamente elástico). Es decir, en el modelo de oscilación se produce una combinación de resorte-amortiguador en lugar del elemento de resorte de tensión puro. El elemento de amortiguamiento contrarresta un movimiento relativo de los elementos de inercia de masa, concretamente al menos del plato mlturador y del rotor del motor eléctrico. A este respecto, una parte de la energía de la oscilación se transforma en el elemento de amortiguamiento en calor.

10 El enfoque propuesto en el presente documento parte del conocimiento de que una oscilación en el tren de accionamiento del molino vertical está asociada no sólo con un movimiento relativo entre los dos elementos de inercia de masa. Igualmente se obtiene también un número de revoluciones fluctuante (oscilante) de cada elemento de inercia de masa con respecto a su número de revoluciones promedio en el tiempo. Es decir, tiene lugar una oscilación del número de revoluciones alrededor del número de revoluciones promedio. En el caso de la masa del rotor del motor eléctrico denominada a continuación en ocasiones también masa de motor, el número de revoluciones promedio en el tiempo corresponde al número de revoluciones perseguido en cada caso en funcionamiento, que se denomina a continuación número de revoluciones teórico tanto para el caso de soluciones de accionamiento reguladas en función del número de revoluciones como para el caso de las denominadas soluciones de accionamiento estables en cuanto al número de revoluciones.

20 El enfoque según la invención se basa en la atenuación de la oscilación del número de revoluciones descrita en este caso en la masa de motor. A este respecto, se aprovecha que el reposo de sólo una masa oscilante del sistema oscilante ya es suficiente para conseguir un efecto de reposo de todo el sistema. No es obligatoriamente necesario actuar sobre todos los elementos de inercia de masa al mismo tiempo, tal como es el caso en el enfoque convencional en el caso de un amortiguador mecánico.

25 Para atenuar la oscilación del número de revoluciones de la masa de motor, se contrarresta una desviación del número de revoluciones real de la masa de motor con respecto al respectivo número de revoluciones promedio (número de revoluciones teórico). Esto tiene lugar superponiendo el momento de entrehierro que actúa sobre el rotor con un momento adicional. Así, a través del momento de entrehierro promedio se sigue introduciendo la potencia de trabajo del molino, y a través del momento adicional superpuesto se consigue la atenuación de la oscilación del número de revoluciones.

30 Por consiguiente, la ventaja de la invención consiste sobre todo en que la atenuación del tren de accionamiento es posible sin un amortiguador de oscilaciones mecánico.

35 Esto tiene lugar gestionándose de manera adecuada el momento que actúa en el entrehierro del motor eléctrico (momento de entrehierro) en su evolución temporal. Esto se consigue por medio de un regulador parametrizado de manera óptima para el amortiguamiento y que actúa como regulador del número de revoluciones, en particular un regulador en forma de un regulador PI. Un parámetro de regulador óptimo para el amortiguamiento o parámetros de regulador óptimos para el amortiguamiento se define o definen porque los momentos de reacción máximos en el engranaje a una excitación sinusoidal periódica son mínimos, en particular una excitación sinusoidal periódica de cada frecuencia técnicamente relevante durante el funcionamiento del molino vertical o las frecuencias de excitación que se producen principalmente durante el funcionamiento son mínimas.

40 El grado de amortiguación que puede conseguirse de esta manera depende de la exactitud del sensor de número de revoluciones y de la velocidad de procesamiento del regulador de número de revoluciones, que puede estar realizado como componente de un convertidor de frecuencia, de modo que también tienen que tenerse en cuenta la velocidad de procesamiento del convertidor de frecuencia y una parte de potencia posterior para la excitación del motor eléctrico. Por tanto, los componentes usados tienen que satisfacer demandas elevadas, que hasta la fecha no se habían requerido en el campo de los molinos verticales.

45 Configuraciones ventajosas de la invención son el objeto de las reivindicaciones dependientes. A este respecto, las dependencias usadas apuntan a la configuración adicional del objeto de la reivindicación independiente mediante las características de la respectiva reivindicación dependiente. No deben entenderse como que se prescinde de conseguir una protección propia del objeto para las combinaciones de características de las reivindicaciones dependientes. Por lo demás, en cuanto a un diseño de las reivindicaciones en el caso de una especificación más detallada de una característica en una reivindicación subordinada, debe partirse de la base de que no hay una limitación de este tipo en las reivindicaciones en cada caso anteriores. Finalmente, debe indicarse que el procedimiento indicado en el presente documento también puede perfeccionarse de manera correspondiente a las reivindicaciones de dispositivo dependientes y viceversa.

55 Cuando el o cada motor eléctrico se abastece desde un convertidor de frecuencia, el momento teórico resultante, es decir la superposición de un momento de trabajo basado en el número de revoluciones teórico con un momento adicional destinado a la atenuación de la oscilación del número de revoluciones, puede suministrarse al convertidor de frecuencia, que a continuación se encarga de una manera básicamente en sí conocida de una activación del o de

cada motor eléctrico, de modo que se obtiene el momento teórico en el tren de accionamiento.

El procedimiento y la unidad de regulación que funciona según el procedimiento se basan en parámetros de regulador determinados automáticamente, que garantizan la activación óptima para el amortiguamiento del motor eléctrico, es decir una activación en la que, en el caso de una excitación sinusoidal del proceso de molienda, los momentos de reacción máximos resultantes en el engranaje en el caso de cada frecuencia técnicamente relevante o la frecuencia de excitación que se produce principalmente durante el funcionamiento son mínimos. La determinación de los parámetros de regulador tiene lugar basándose en una búsqueda de valores extremos en una pluralidad de grados de amortiguamiento conocidos que pueden conseguirse con determinados parámetros de regulador. Los grados de amortiguamiento conocidos o bien se han registrado para los más diversos parámetros de regulador previamente de manera experimental en el respectivo molino vertical o bien son el resultado de una simulación del molino vertical. Dentro de la pluralidad de los grados de amortiguamiento se busca el mayor grado de amortiguación. Esto tiene lugar con la búsqueda de valores extremos, que encuentra al menos valores extremos locales o un valor extremo absoluto. Para la búsqueda de valores extremos pueden usarse procedimientos en sí conocidos, por ejemplo un procedimiento de gradiente. La búsqueda de valores extremos está implementada en software y en este sentido la invención también es un programa informático con medios de códigos de programa, para realizar todas las etapas del procedimiento descrito ahora y a continuación, cuando el programa informático se ejecuta en una unidad de regulación para la regulación del accionamiento de un molino vertical. Por lo demás, la invención es por consiguiente también un medio de almacenamiento digital con señales de control legibles electrónicamente, que pueden actuar conjuntamente con una unidad de regulación para la regulación del accionamiento de un molino vertical de tal manera que se realiza un procedimiento de este tipo. Finalmente, la invención también es una unidad de regulación para la regulación del accionamiento de un molino vertical, que comprende una unidad de procesamiento y una memoria, estando cargado en la memoria un programa informático de este tipo y ejecutándose en el funcionamiento de la unidad de regulación mediante su unidad de procesamiento.

A continuación se explicará más detalladamente un ejemplo de realización de la invención mediante los dibujos. Los objetos o elementos correspondientes entre sí están dotados en todas las figuras de los mismos números de referencia.

El ejemplo de realización no debe entenderse como una limitación de la invención. Más bien, en el marco de la presente divulgación también son posibles variaciones y modificaciones, en particular aquellas variantes y combinaciones, que puede deducir el experto en la técnica en cuanto a la consecución del objetivo por ejemplo mediante la combinación o la transformación de características o elementos o etapas de procedimiento individuales descritos en relación con la partes de la descripción general o especial así como contenidos en las reivindicaciones y/o los dibujos y que mediante características combinables conducen a un nuevo objeto o a nuevas etapas de procedimiento o secuencias de etapas de procedimiento.

Muestran:

la figura 1, una representación muy simplificada esquemáticamente de un molino vertical con un plato de molturación accionado por medio de un accionamiento de cargas pesadas,

la figura 2, una representación gráfica de manera experimental o en el marco de una simulación de grados de amortiguamiento absorbidos en función de dos parámetros de regulador y

la figura 3, un diagrama con un análisis en tiempo real de una dinámica de tren de transmisión del molino vertical en forma del par motor del árbol de motor (árbol primario del engranaje).

La representación en la figura 1 muestra de manera muy simplificada esquemáticamente un molino 10 vertical para triturar materiales quebradizos, por ejemplo materia prima para cemento. El molino 10 vertical comprende un plato 12 molturador que puede girar alrededor de la vertical. El accionamiento del plato 12 molturador tiene lugar por medio de un accionamiento de cargas pesadas en forma de al menos un motor, en particular al menos un motor 14 eléctrico, y en el ejemplo mostrado en este caso por medio de un accionamiento 16 que se encuentra entre el o cada motor 14 eléctrico y el plato 12 molturador. El engranaje 16 se muestra en este caso sin prescindir a una consideración general más amplia como dentado de rueda cónica con un engranaje planetario posterior, representado sin más detalles. El engranaje 16 puede comprender por ejemplo también un dentado de rueda cilíndrica o similar y/o un engranaje planetario conectados aguas arriba o posterior o similar.

El molino 10 vertical comprende al menos un árbol accionado. En la representación en la figura 1, el molino 10 vertical comprende como árbol primario un árbol 18 de motor y como árbol secundario un árbol 20 de plato molturador. El motor 14 eléctrico así como todos los medios para la transmisión de la fuerza de accionamiento del motor 14 eléctrico al plato 12 molturador se denominan tren de accionamiento.

Durante el funcionamiento del molino 10 vertical, el o cada motor 14 eléctrico hace rotar el plato 12 molturador.

Sobre el plato 12 molturador se encuentra como resultado de la operación de molienda y como resultado de sustancias suministradas que deben molerse y triturarse, un lecho 22 de molienda, es decir una mezcla de material molido y que debe molerse. El efecto de molienda se consigue presionando un cilindro 24 molturador o varios cilindros 24 molturadores por un lado debido a su peso, pero por otro lado dado el caso también debido a fuerzas aplicadas adicionalmente, que se aplican por ejemplo por medio de un cilindro hidráulico que actúa sobre un cilindro 24 molturador montado con capacidad de movimiento pivotante o similar, sobre el lecho 22 de molienda y el plato 12 molturador rotatorio.

El molino 10 vertical es en general un sistema oscilante y en especial el molino 10 vertical tiende a experimentar oscilaciones de torsión mecánicas intensas en el tren de accionamiento. Las fuerzas y los momentos que se producen a este respecto pueden volverse tan intensos, que los componentes mecánicos del tren de accionamiento, es decir por ejemplo el engranaje 16, se soliciten de manera extrema o se soliciten de manera excesiva.

Tales oscilaciones de torsión se han intentado tratar hasta la fecha por medio de un acoplamiento o similar, por ejemplo de un acoplamiento elastomérico altamente elástico. Un acoplamiento de este tipo está dispuesto por ejemplo entre el motor 14 eléctrico y el engranaje 16 (no mostrado). Aunque un acoplamiento de este tipo no puede compensar las oscilaciones en la velocidad de giro del plato 12 molturador, sí reduce una transmisión de tales oscilaciones del proceso de molienda al tren de transmisión.

Para evitar tales acoplamientos y similares, en el presente documento se propone que por medio de un conjunto 26 de sensores asociados directa o indirectamente al tren de accionamiento se detecte al menos un valor de medición relevante para la oscilación. Como valor de medición relevante para la oscilación se detecta, por ejemplo, un número de revoluciones momentáneo del motor 14 eléctrico (número 28 de revoluciones real del motor 14 eléctrico) mediante la detección de un número de revoluciones del árbol 18 de motor o una medida para el número de revoluciones del árbol 18 de motor, por ejemplo una derivada temporal del número de revoluciones. Una diferencia entre el número 28 de revoluciones real y un número 30 de revoluciones teórico predeterminado o que puede predeterminarse del motor 14 eléctrico se suministra como desviación de regulación a un regulador 32 que actúa como regulador del número de revoluciones, en particular un regulador 32 en forma un regulador 32 PI. El regulador 32 genera en su salida una magnitud 34 de ajuste. Ésta se suministra al motor 14 eléctrico o a un convertidor 36 de frecuencia conectado aguas arriba del motor 14 eléctrico y representa una superposición de un momento de trabajo basado en el número 30 de revoluciones teórico y de un momento adicional basado en la regulación. El regulador 32 es una unidad funcional de una unidad 38 de regulación, concretamente una unidad 38 de regulación para la activación óptima para el amortiguamiento del motor 14 eléctrico o para la activación óptima para el amortiguamiento indirecta del motor 14 eléctrico en forma de una activación del convertidor 36 de frecuencia conectado aguas arriba del motor 14 eléctrico.

La representación en la figura 2 muestra el grado de amortiguación en función de dos parámetros de regulador del regulador 32, concretamente en función de un factor K_p de amplificación que determina la parte proporcional del regulador 32 y de un tiempo T_n de ajuste posterior que determina la parte integral del regulador 32 del regulador 32 realizado entonces como regulador PI. El grado de amortiguación resultante para parámetros de regulación individuales se representa en el eje z que apunta hacia arriba en la representación y con los diferentes parámetros de regulador, que están representado en los dos ejes en el plano horizontal, da como resultado una superficie 40 tridimensional con al menos un valor 42 extremo. El parámetro de regulador correspondiente al valor 42 extremo, es decir el factor K_p de amplificación correspondiente al valor 42 extremo y el tiempo T_n de ajuste posterior correspondiente al valor 42 extremo, representan los parámetros óptimos del regulador 32 para la activación óptima para el amortiguamiento del motor 14 eléctrico o del convertidor 36 de frecuencia conectado aguas arriba del motor 14 eléctrico.

Dentro de la totalidad de los grados de amortiguamiento que pueden conseguirse ilustrados en la figura 2 mediante la superficie 40 tridimensional, en el marco de un procedimiento para la optimización de los parámetros de regulación es posible una búsqueda de valores extremos. La búsqueda de valores extremos puede tener lugar automáticamente, por ejemplo por medio de una funcionalidad prevista para ello, comprendida en la unidad 38 de regulación. La búsqueda de valores extremos encuentra al menos valores 42 extremos locales (procedimiento de gradiente) y, según configuración, también un valor 42 extremo absoluto. A este respecto, los datos mostrados a modo de ejemplo en la figura 2 o bien se registran de manera experimental o bien son el resultado de una simulación del respectivo molino 10 vertical. Los parámetros de regulador correspondientes al valor 42 extremo determinado en cada caso automáticamente en el marco de la búsqueda de valores extremos, es decir por ejemplo un factor K_p de amplificación y un tiempo T_n de ajuste posterior correspondiente, se aplican al regulador 32 y se usan para la activación óptima para el amortiguamiento del motor 14 eléctrico o del convertidor 36 de frecuencia conectado aguas arriba del motor 14 eléctrico.

Sin embargo, debe indicarse que los parámetros de regulador así determinados generan un momento de entrehierro fluctuante altamente dinámico en el motor 14 eléctrico. Aunque esto tiene un efecto positivo sobre el comportamiento de oscilación del tren de accionamiento, al mismo tiempo significa una alta carga térmica y mecánica para el convertidor 36 de frecuencia así como el motor 14 eléctrico.

5 Para garantizar la mayor libertad y estabilidad de proceso posible para el operador del molino 10 vertical, los parámetros de regulador tienen que ajustarse al menos en primer lugar de manera correspondiente al mayor amortiguamiento posible, independientemente de si es realmente necesario un amortiguamiento tan grande durante el funcionamiento. Esto tiene como consecuencia que el convertidor 36 de frecuencia y el motor 14 eléctrico experimenten una carga más intensa que la necesaria en la mayoría de los casos.

10 Una solución técnica para este problema no ha sido necesaria hasta la fecha y de manera correspondiente tampoco se ha conocido. Sin embargo, el conjunto 26 de sensores usados para la regulación óptima para el amortiguamiento proporciona al mismo tiempo también información sobre la dinámica actual del tren de transmisión. Mediante una evaluación automática de la dinámica de tren de transmisión, por ejemplo por medio de la unidad 38 de regulación, pueden adaptarse de manera adaptativa los parámetros de regulador. Una complementación del enfoque presentado hasta la fecha consiste por consiguiente en que se evalúa un comportamiento de excitación siempre diferente debido a diferentes composiciones y/o propiedades de material del tren de accionamiento como medida para un amortiguamiento necesario en cada caso. Partiendo de un conjunto de parámetros de regulador determinados en el marco de la búsqueda de valores extremos tiene lugar una adaptación adaptativa de los parámetros de regulador, de modo que también se obtiene como resultado un menor amortiguamiento, que el que podrían conseguirse con los parámetros de regulador óptimos, siempre que en el marco de la evaluación automática de la dinámica de tren de transmisión se obtenga como resultado que la dinámica de tren de transmisión detectada por medio del conjunto 26 de sensores permanece dentro de límites predeterminados o que pueden determinarse.

20 De esta manera, el margen de optimización para el operador se mantiene ilimitado con al mismo tiempo una carga reducida del convertidor 36 de frecuencia y del motor 14 eléctrico. Además, con una adaptación adaptativa de los parámetros de regulador puede conseguirse una mejora del grado de acción del molino 10 vertical, así como un aumento de la vida útil del convertidor 36 de frecuencia y del motor 14 eléctrico, dado que se reducen las altas cargas de punta eléctricas.

25 Para explicar una adaptación adaptativa de este tipo, la representación en la figura 3 muestra un registro momentáneo de la dinámica de par motor del tren de transmisión. Mediante un circuito combinatorio de por ejemplo módulos funcionales PT1 y MIN/MAX se forman un momento 44 promedio así como una curva 46 envolvente superior y una curva 48 envolvente inferior del par 50 motor. La distancia entre las dos curvas 46, 48 envolventes es en todo momento una medida de la dinámica de tren de transmisión actual. Esta sirve como base de decisión para la adaptación adaptativa de los parámetros de regulador. Siempre que no se supere un valor umbral predeterminado o que puede determinarse con respecto a la dinámica de tren de transmisión, puede reducirse o mantenerse el grado de amortiguación. Cuando se supera el valor umbral, se aumenta el grado de amortiguación, por ejemplo de manera análoga a la búsqueda de valores extremos descrita anteriormente mediante el avance sobre la superficie 40 en la dirección hacia el valor 42 extremo.

35 Alternativa o adicionalmente, también puede considerarse un análisis de frecuencia en tiempo real del par 50 motor o del número de revoluciones observado. Entonces pueden observarse de manera dirigida los niveles de frecuencias relevantes, es decir por ejemplo una frecuencia propia o una de las frecuencias de excitación mencionadas anteriormente, que se producen principalmente durante el funcionamiento. Entonces puede determinarse con la observación de esta(s) frecuencia(s), si aumenta las oscilaciones del molino 10 vertical y tiene que aumentarse de
40 manera correspondiente el grado de amortiguación o si es suficiente el grado de amortiguación actual.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para la regulación del accionamiento de un molino (10) vertical con un plato (12) molturador que rota alrededor de la vertical, pudiendo accionarse el plato (12) molturador mediante al menos un motor (14) eléctrico y un tren de accionamiento que comprende al menos un engranaje (16),
- 5 representando al menos el motor (14) eléctrico y el plato (12) molturador elementos de inercia de masa en un sistema oscilante, que están unidos a través del engranaje (16) que actúa como elemento de resorte de torsión,
- caracterizado
- porque se detecta una fluctuación del número de revoluciones de al menos uno de los elementos de inercia de masa,
- 10 porque el motor (14) eléctrico se gestiona por medio de un regulador (32) que minimiza la fluctuación del número de revoluciones detectada y porque el regulador (32) se parametriza para la gestión del motor (14) eléctrico de tal manera que, en el caso de una excitación sinusoidal, los momentos de reacción máximos resultantes en el engranaje (16) son mínimos.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que el regulador (32) puede parametrizarse por medio de al menos un parámetro de regulador ajustable y en el que el o cada parámetro de regulador se selecciona de tal manera que, en el caso de una excitación sinusoidal, los momentos de reacción máximos resultantes en el engranaje (16) son mínimos.
- 15
3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que el o cada parámetro de regulador se determina mediante una pluralidad de grados de amortiguamiento así como mediante una búsqueda de valores extremos en la pluralidad de los grados de amortiguamiento y se aplican al regulador (32) y en el que la pluralidad de los grados de amortiguamiento se determinan de manera experimental o se obtienen debido a una simulación.
- 20
4. Procedimiento según la reivindicación 3, en el que el o cada parámetro de regulador se adapta de manera adaptativa mediante una evaluación automática de la dinámica de tren de transmisión.
5. Procedimiento según la reivindicación 4, en el que la evaluación automática de la dinámica de tren de transmisión tiene lugar mediante una consideración de una distancia de dos curvas (46, 48) envolventes.
- 25
6. Producto de programa informático con un programa informático con medios de códigos de programa, para realizar todas las etapas de cada una de las reivindicaciones 1 a 5, cuando el programa informático se ejecuta en una unidad (38) de regulación para la regulación del accionamiento de un molino (10) vertical.
7. Medio de almacenamiento digital con señales de control legibles electrónicamente, que pueden actuar conjuntamente con una unidad (38) de regulación para la regulación del accionamiento de un molino (10) vertical de tal manera que se realiza un procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 30
8. Sistema de accionamiento para un molino (10) vertical con un plato (12) molturador que rota alrededor de la vertical, en el que el plato (12) molturador puede accionarse mediante al menos un motor (14) eléctrico y un tren de accionamiento que comprende al menos un engranaje (16), y con una unidad (38) de regulación para la regulación del accionamiento del molino (10) vertical, caracterizado por medios (32) para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en particular un regulador (32) y un programa informático con medios de códigos de programa, para realizar todas las etapas de cada una de las reivindicaciones 1 a 5, como medio para la realización del procedimiento.
- 35
9. Molino (10) vertical con un plato (12) molturador que rota alrededor de la vertical, en el que el plato (12) molturador puede accionarse mediante al menos un motor (14) eléctrico y un tren de accionamiento que comprende al menos un engranaje (16), caracterizado por un sistema de accionamiento con una unidad (38) de regulación para la regulación del accionamiento del molino (10) vertical así como medios (32) para la realización del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en particular un regulador (32) así como un programa informático con medios de códigos de programa, para realizar todas las etapas de cada una de las reivindicaciones 1 a 5.
- 40

45

FIG 1

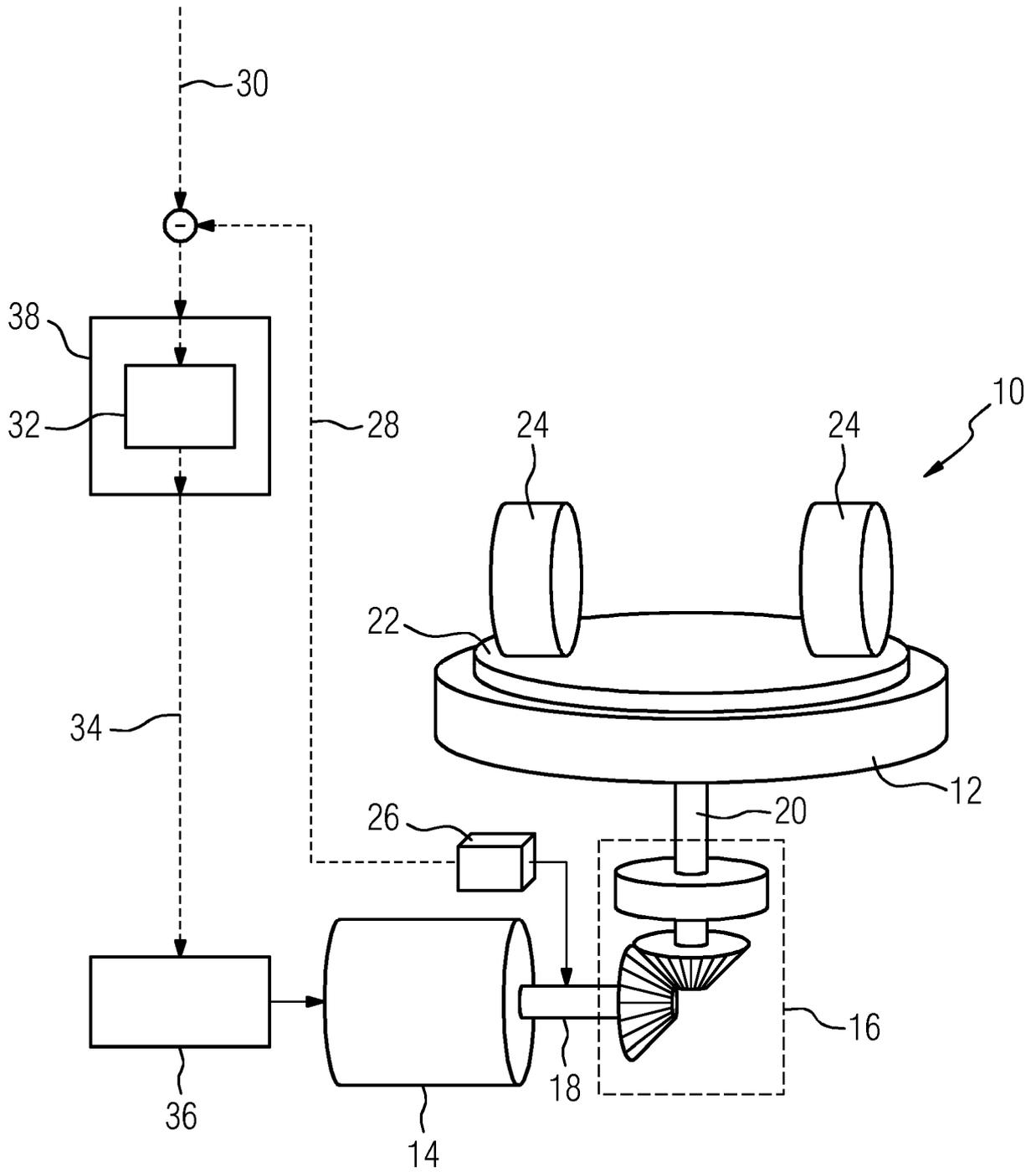


FIG 2

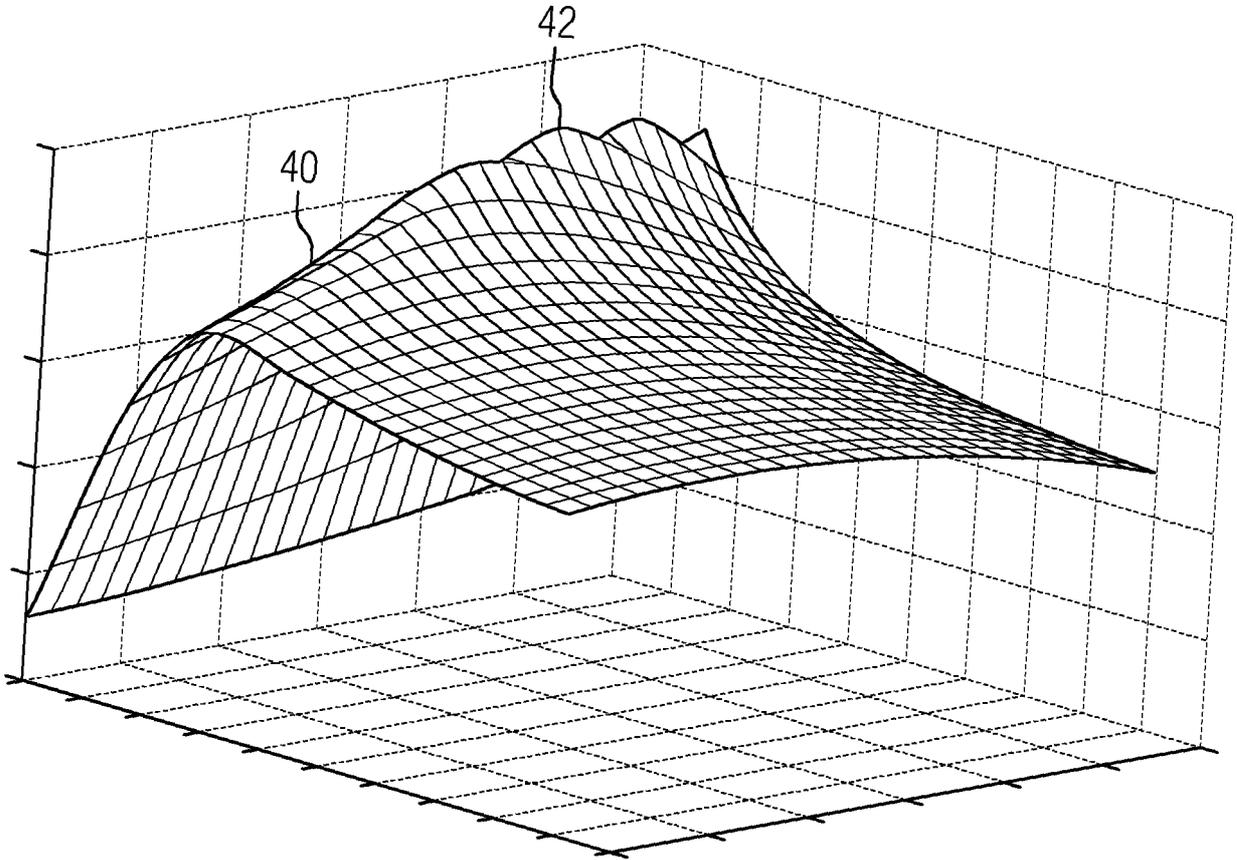


FIG 3

