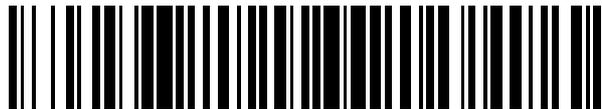


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 622 892**

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: **04.09.2013 PCT/EP2013/068261**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111177**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.09.2013 E 13762761 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.01.2017 EP 2945749**

54 Título: **Método de regulación de accionamiento, así como dispositivo de regulación que opera según el método**

30 Prioridad:

16.01.2013 DE 102013200578

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

07.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KLOTZEK, ANDREAS;
KUBE, ANDREAS y
PÖTTER, FRIEDHELM**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 622 892 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 de regulación de accionamiento, así como dispositivo de regulación que opera según el método

5 La presente invención hace referencia a un método para la regulación de accionamiento, a saber, a un método para la regulación de accionamiento de carga pesada, en particular de un accionamiento de carga pesada de un molino vertical determinado para triturar materiales quebradizos, como por ejemplo materia prima de cemento, así como a un dispositivo de regulación para implementar el método y a un sistema de accionamiento que opera según el método, para un molino vertical, como el conocido por ejemplo por la solicitud DE-10/2007 033 256.

10 Los molinos verticales de la clase mencionada anteriormente, con un plato de molienda que rota alrededor de la vertical, así como con rodillos de molienda por encima del plato de molienda, tienden a fuertes vibraciones mecánicas, ya que, expresado de forma simplificada, un molino vertical se trata de un sistema capaz de vibrar, en forma de un vibrador amortiguado de dos masas. A la primera masa pertenece el plato de molienda, así como todas las unidades desplazadas con el plato de molienda y la segunda masa es el rotor del motor que se acciona. La conexión entre las dos masas mencionadas se presenta en forma de una línea de accionamiento, es decir, en forma de al menos un mecanismo de transmisión comprendido por la línea de accionamiento, el cual actúa como un resorte de torsión en el sistema con capacidad de vibración. El sistema, a través de un cambio de carga continuo, de baja frecuencia, desde el proceso de molienda, así como de cargas de cambio aleatorias desde el proceso de molienda, es activado a modo de impactos, así como es activado para producir vibraciones cortas o también más prolongadas. Las fuerzas y pares que se producen pueden ser tan intensos que el proceso de molienda debe ser detenido para evitar daños en la línea de accionamiento, a saber, en particular en el motor eléctrico y/o en el mecanismo de transmisión, o en la instalación en su totalidad.

15 Para mantener al mínimo las vibraciones mencionadas, el operador del molino, hasta el momento, debe planificar los parámetros del proceso, en particular una presión de compresión de los rodillos de molienda, una preparación del material de molienda, así como las cantidades de adición de auxiliares para la molienda, de manera que la activación de las vibraciones permanezca por debajo de un nivel crítico. Sin embargo, esto implica limitaciones no deseadas en el diseño del proceso, las cuales impactan de forma negativa en muchas áreas. Resultan afectados por ejemplo el espectro de productos que pueden producirse con el material de molienda respectivamente obtenido, la efectividad del molino, la entrada de energía requerida y la relación de costes -efectividad.

20 Ante esta situación y debido a las exigencias cada vez más elevadas en cuanto a la disponibilidad, eficiencia, así como a los costes del ciclo de vida (Total Cost of Ownership), cobran cada vez mayor importancia el diseño y la disposición de los componentes eléctricos y mecánicos de un sistema de accionamiento y de la respectiva línea de accionamiento, de un accionamiento de carga pesada, en particular de un molino vertical.

25 Actualmente, para los molinos verticales, una solución preferente se encuentra en los sistemas de accionamiento con un mecanismo de transmisión y al menos un motor eléctrico en forma de un motor asíncrono, preferentemente un motor de anillos rozantes, así como con al menos un convertidor de frecuencia que alimenta a por lo menos un motor eléctrico. En ese caso, los mecanismos de transmisión del molino están diseñados frecuentemente como variantes de mecanismos de transmisión planetarios de engranajes cónicos o de engranajes rectos. La función del mecanismo de transmisión, junto con la transformación de la velocidad de rotación y del par de rotación, consiste en la absorción de las fuerzas de molienda máximas y en su transmisión hacia la base.

30 En la práctica, una regulación de un sistema de accionamiento de esa clase para un molino vertical se enfrenta esencialmente a los siguientes problemas: Para poder garantizar una conducción óptima del proceso, una primera función del accionamiento, aparentemente trivial, consiste en asegurar la velocidad de rotación predeterminada del plato de molienda. Puesto que el par del proceso requerido en el plato de molienda oscila, es necesaria una regulación de la velocidad de rotación.

35 Las variaciones de carga y las activaciones de la vibración que actúan en la unidad mecánica de accionamiento están marcadas por cargas del pulso, tal como resultan por ejemplo cuando los rodillos de molienda ruedan por encima de material de molienda grueso, por cargas estocásticas del proceso de molienda, por estimulaciones periódicas provenientes del sistema cinemático del mecanismo de transmisión y del molino, así como por una presión de compresión variable de los rodillos de molienda. La interacción de esas influencias de carga conduce a un ciclo de carga complejo, el cual incluso puede contribuir a la producción de vibraciones de resonancia.

40 Junto con las vibraciones de la línea de accionamiento, también un lecho de molienda inestable, por ejemplo fluidizante o marcado por ondulaciones, puede provocar estados extremos de vibración del molino, en particular un sacudimiento del molino.

45 Por último, lo mencionado hace que el triturado de productos naturales sea muy impredecible en cuanto a la regulación del proceso de molienda, para garantizar un funcionamiento suave del molino. Por eso, para el operador

en la estación de control siempre es una tarea difícil hallar los parámetros del proceso adecuados. Finalmente, un accionamiento por sí sólo puede suavizar un proceso regulado de forma inconveniente, pero no puede corregirlo.

5 El principio aquí presentado se ocupa de una reducción de las cargas que actúan sobre la línea de accionamiento durante el funcionamiento del molino vertical. Hasta el momento se ha intentado reducir las cargas mencionadas a través de la utilización de acoplamiento en la línea de accionamiento. Sin embargo, se sabe que un acoplamiento es una pieza de desgaste costosa y que el modo de acción de una atenuación de vibraciones mediante un acoplamiento reside en la transformación de la energía de las vibraciones en calor, lo cual afecta negativamente el balance energético del molino vertical. Además, gracias a observaciones realizadas en molinos verticales que se encuentran en funcionamiento, se ha comprobado que las vibraciones de la línea de accionamiento se mantienen en un nivel muy elevado también en caso de utilizar un acoplamiento.

15 Un objeto de la presente invención, de modo correspondiente, consiste en proporcionar un método para la regulación de accionamiento de un molino vertical y un dispositivo de regulación que opere según el método, el cual reduzca las vibraciones mencionadas de la línea de accionamiento, donde en particular dicho objeto consiste en proporcionar un método y un dispositivo correspondiente que reduzca las vibraciones mencionadas de la línea de accionamiento, sin utilizar un acoplamiento en la línea de accionamiento.

20 El objeto antes mencionado se alcanzará a través de un método para la regulación de accionamiento de un molino vertical con las características de la reivindicación 1. El objeto se alcanzará además a través de un dispositivo de regulación con las características de la reivindicación paralela referida al dispositivo, así como a través de un molino vertical o de un sistema de accionamiento de un molino vertical con un dispositivo de regulación de esa clase. El molino vertical, denominado además también de forma abreviada sólo como molino, comprende un plato de molienda que puede rotar alrededor de la vertical, el cual es accionado a través de al menos un motor eléctrico y de al menos una línea de accionamiento que comprende un mecanismo de transmisión, el cual es accionado durante el funcionamiento del molino.

25 En el método, una velocidad de rotación real y, con respecto a la línea de accionamiento, un par de la línea de accionamiento, se registran, se detectan y/o, junto con una velocidad de rotación deseada determinada o que puede predeterminarse, se suministran a un dispositivo de regulación. El método se caracteriza porque el dispositivo de regulación, en base a la velocidad de rotación real y a la velocidad de rotación deseada, así como en base al par de la línea de accionamiento, genera una señal de salida para un par deseado. La señal de salida para el par deseado provoca que el par deseado resultante se reduzca o aumente en el mismo sentido que un par resultante del proceso de molienda.

30 En el caso de un dispositivo de regulación determinado para ejecutar un método de esa clase y de formas de ejecución descritas a continuación, eventualmente de forma individual, a saber, de un dispositivo de regulación para la regulación de accionamiento de un molino vertical de la clase mencionada y descrita a continuación, al dispositivo de regulación, como variables de entrada, pueden suministrarse una primera y una segunda variable, a saber, una velocidad de rotación real y un par de la línea de accionamiento detectado con relación a la línea de accionamiento, así como una velocidad de rotación deseada predeterminada o predeterminable, como otra variable de entrada. Mediante el dispositivo de regulación, en base a la velocidad de rotación real y a la velocidad de rotación deseada, así como al par de la línea de accionamiento, puede generarse una señal de salida para un par deseado. La señal de salida se caracteriza porque el par deseado resultante se reduce o aumenta en el mismo sentido que un par resultante del proceso de molienda.

35 Expresado de forma resumida, la invención consiste por tanto en un método, así como en un dispositivo, para la regulación de accionamiento de una disposición de carga pesada en forma de un sistema de accionamiento, donde en la regulación, de forma adicional con respecto a la velocidad de rotación real del plato de molienda, se considera el par de la línea de accionamiento detectado con respecto a la línea de accionamiento. Eventuales vibraciones en la línea de accionamiento conducen también a modificaciones del número de revoluciones del plato de molienda (velocidad de rotación real) y a modificaciones correspondientes de la velocidad de rotación del plato de molienda. Sin embargo, se ha comprobado que las vibraciones de esa clase pueden detectarse muy bien, y ante todo lo suficientemente rápido, mediante el par de la línea de accionamiento. El principio aquí descrito prevé de forma correspondiente considerar el par de la línea de accionamiento detectado con respecto a la línea de accionamiento.

40 La ventaja de la invención reside en el hecho de que a través de la reducción o el aumento selectivos del par deseado del lado de accionamiento se reducen o pueden reducirse picos de carga dinámicos. La adecuación, es decir la reducción o el aumento, del par deseado, tiene lugar en el mismo sentido que el par que resulta respectivamente del proceso de molienda. La reducción de los picos de carga de esa clase provoca un descenso de la carga del sistema mecánico de la línea de accionamiento. Hasta el momento, por razones de seguridad, para el manejo de picos de carga de esa clase se ha efectuado siempre un dimensionamiento correspondiente de los componentes individuales de la línea de accionamiento. Esto ahora ya no es necesario, de manera que los componentes individuales de la línea de accionamiento pueden producirse de forma más económica, con menor peso y utilizando menos material. Lo mencionado aplica también para cargas especiales, como por ejemplo en el así

llamado sacudimiento del molino. En especial la necesidad de poder absorber cargas que se producen también durante los sacudimientos del molino ha llevado hasta el momento al sobredimensionamiento antes mencionado de los componentes de la línea de accionamiento. Esto tampoco es necesario en base al principio aquí descrito. Además, ya no se necesita o no es más obligatorio un acoplamiento que hasta el momento se proporcionaba siempre en la línea de accionamiento.

La velocidad de rotación real es por ejemplo la velocidad de rotación momentánea de un árbol en el lado de salida del mecanismo de transmisión y, con ello, es una medida para la velocidad de rotación momentánea del plato de molienda. Para detectar una velocidad de rotación real de esa clase se consideran sensores conocidos, a saber, por ejemplo, los así llamados codificadores incrementales. Cuando el motor eléctrico es alimentado mediante un convertidor de frecuencia y el convertidor de frecuencia es operado en el así llamado funcionamiento sin detector, no es necesaria una detección de la velocidad de rotación real mediante un sensor. En lugar de ello, la velocidad de rotación real puede leerse directamente en el convertidor de frecuencia. Una lectura de esa clase de la velocidad de rotación real se denomina aquí y a continuación como registro de la velocidad de rotación real.

El par de la línea de accionamiento detectado con respecto a la línea de accionamiento es por ejemplo el par mecánico que actúa en el mecanismo de transmisión y es registrado con un sensor igualmente conocido, a saber, por ejemplo, con un sensor del par de rotación. De manera alternativa, para determinar el par de la línea de accionamiento se considera también determinar una posición diferencial de dos lugares de la línea de accionamiento a través de la medición del recorrido de rotación o determinar una de sus derivadas temporales, para deducir en base a ello el par de la línea de accionamiento. Como ejemplo para dos lugares de esa clase de la línea de accionamiento se consideran por ejemplo un árbol del lado de entrada del mecanismo de transmisión y el árbol en el lado de salida del mecanismo de transmisión. Una diferencia entre la posición de rotación de esos dos árboles es una medida para el par de la línea de accionamiento. De manera correspondiente, la detección del par de la línea de accionamiento con respecto a la línea de accionamiento, puede tener lugar también mediante dos codificadores incrementales o similares y mediante un procesamiento adecuado de los valores de medición obtenidos por los sensores de esa clase. Otra posibilidad para determinar el par de la línea de accionamiento consiste en su cálculo en base al par del entrehierro conocido por el convertidor de frecuencia y que actúa sobre la inercia del rotor, y en base a la aceleración determinada de la inercia del rotor. Otra posibilidad para determinar el par de la línea de accionamiento, en particular su dinámica, consiste en anticipar la modificación del par de la línea de accionamiento en base a una coordenada del ángulo de rotación, determinada solamente en un lugar de la línea de accionamiento, en particular en el plato de molienda, o de una de sus derivadas temporales. Todas esas posibilidades se consideran como comprendidas por la formulación utilizada aquí y a continuación, del registro, detección o determinación.

A través de la detección del par de la línea de accionamiento y de su consideración a través del dispositivo de regulación, el par deseado del lado de accionamiento puede aumentarse o reducirse en el mismo sentido que el par de la línea de accionamiento. A modo de una ilustración, esto puede describirse también de manera que, en el caso de un par que resulta debido al proceso de molienda, el cual por ejemplo contrarresta el par deseado de forma abrupta, de forma intensificada (par opuesto) y, con ello, conduciendo normalmente a una torsión aumentada en la línea de accionamiento, la torsión mencionada y la carga de la línea de accionamiento, asociada a ello, se evita o se reduce, donde el par deseado se modifica en el mismo sentido que el par que resulta del proceso de molienda, donde en este caso se reduce. Una causa para el par opuesto intensificado, antes descrito, es por ejemplo el rodamiento de los rodillos de molienda por encima de material grueso sobre el lecho de molienda.

El par de la línea de accionamiento detectado es una medida para un par que resulta del proceso de molienda, más precisamente una medida para una diferencia a partir del par deseado introducido en la línea de accionamiento a través del motor eléctrico o de cada motor eléctrico, y el par acoplado en la línea de accionamiento, del lado de salida, debido al proceso de molienda. Con ello, el par de la línea de accionamiento es también una medida para una torsión de la línea de accionamiento. En caso de un par opuesto aumentado de forma abrupta, el cual conduce a una reducción momentánea de la velocidad de rotación del plato de molienda, el dispositivo de regulación provoca una reducción del par deseado emitido por el motor eléctrico o por cada motor eléctrico (el accionamiento tampoco "se resiste" al par opuesto proveniente del proceso, sino que elude el par opuesto a través de una reducción momentánea del par deseado). En el caso de un par opuesto reducido de forma abrupta, el cual conduce a un aumento momentáneo de la velocidad de rotación del plato de molienda, el dispositivo de regulación provoca un aumento del par deseado emitido como variable guía para el motor eléctrico o para cada motor eléctrico. En ambos casos, se evita o al menos se reduce la modificación de torsión de la línea de accionamiento que resulta sin una adecuación de esa clase, en el mismo sentido, del par deseado. Lo mencionado provoca una reducción de la carga mecánica en la línea de accionamiento, permitiendo diseñar la línea de accionamiento sin el sobredimensionamiento usual hasta el momento. El sobredimensionamiento usual hasta el momento se realizaba precisamente para absorber las fuerzas de esa clase presentes en la línea de accionamiento debido a las torsiones soportadas hasta el momento. Esa reducción o ese aumento del par deseado, resultante del proceso de molienda, en el mismo sentido, variable de forma abrupta, conduce a una modificación momentánea de la velocidad de rotación del motor, de manera que la misma se adapta a la velocidad de rotación del plato de molienda, modificada de forma abrupta. El dispositivo de regulación, junto con la reducción o el aumento del par deseado en el mismo sentido, provocan

también que la velocidad de rotación del plato de molienda permanezca de forma constante o al menos de forma esencialmente constante.

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 materialización 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 de forma inversa.

En una forma de ejecución del método, el dispositivo de regulación comprende un regulador de la velocidad de rotación y un regulador del par de rotación. El regulador de la velocidad de rotación, en base a la velocidad de rotación real y a la velocidad de rotación deseada, emite una primera variable de control (variable de control del regulador de la velocidad de rotación). El regulador del par de rotación actúa sobre la salida del regulador de la velocidad de rotación, es decir, en la primera variable de control emitida por el regulador de la velocidad de rotación. De este modo, en esa forma de ejecución del método se alcanza la reducción o el aumento en el mismo sentido, descritos anteriormente, del par deseado resultante. Para ello, el regulador del par de rotación, en base al par de la línea de accionamiento detectado, emite una segunda variable de control (variable de control del regulador del par de rotación). A continuación, al menos un motor eléctrico, para la reducción o el aumento del par deseado en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda, es activado en base a una adición de las variables de control emitidas por el regulador de la velocidad y por el regulador del par de rotación.

Un dispositivo de regulación determinado para ejecutar esa forma especial del método comprende un regulador de la velocidad de rotación y un regulador del par de rotación que actúa sobre la salida del regulador de la velocidad de rotación. Mediante el regulador de la velocidad de rotación, en base a la velocidad de rotación real y a la velocidad de rotación deseada puede emitirse una primera variable de control y, mediante el regulador del par de rotación, en base al par de la línea de accionamiento detectado, puede emitirse una segunda variable de control. Mediante el dispositivo de regulación, al menos un motor eléctrico, para la reducción o el aumento del par deseado en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda, puede ser activado en base a una combinación, en particular a una adición de las variables de control emitidas por el regulador de la velocidad y por el regulador del par de rotación.

La utilización de un regulador de la velocidad de rotación, así como de un regulador del par de rotación y la suma, en particular adición, de las variables de control emitidas respectivamente por los dos reguladores, por consiguiente, se trata de un ejemplo de medios para reducir o aumentar el par deseado para el motor eléctrico en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda, y de una forma de ejecución posible para la reducción o el aumento del par deseado para el motor eléctrico, en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda. La variable de control emitida por el regulador de la velocidad de rotación conduce por sí sola a un par deseado para mantener una velocidad de rotación mayormente constante del plato de molienda. La variable de control emitida por el regulador del par de rotación y su superposición con la variable de control emitida por el regulador de la velocidad de rotación conduce a una adecuación del par deseado resultante en correspondencia con el par de la línea de accionamiento, respectivamente detectado. Dicha adecuación provoca por ejemplo una reducción del par deseado cuando, debido al par de la línea de accionamiento detectado, se observa que, a causa del proceso de molienda, un par opuesto aumentado actúa sobre la línea de accionamiento. De forma inversa, dicha adecuación provoca un aumento del par deseado cuando, debido al par de la línea de accionamiento detectado, se observa que, a causa del par de carga variable proveniente del proceso de molienda, un par opuesto reducido actúa sobre la línea de accionamiento.

En una forma de ejecución especial del método para la regulación de accionamiento y en un dispositivo de regulación que opera según el método, el regulador del par de rotación comprende un filtro de paso alto y un nivel de filtrado consecutivo para amplificar la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto. Con respecto al método, en el marco de la funcionalidad del regulador del par de rotación, el par de la línea de accionamiento detectado es filtrado con paso alto y, a continuación, se amplifica la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto. El filtrado con paso alto tiene lugar mediante el filtro de paso alto comprendido por el regulador del par de rotación o mediante una funcionalidad comparable. La amplificación de la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto tiene lugar mediante un elemento de transmisión comprendido igualmente por el regulador del par de rotación, con una acción derivada (elemento D).

Cuando el motor eléctrico o cada motor eléctrico es alimentado por un convertidor de frecuencia, el par deseado resultante, es decir, la superposición, en particular la adición, de los dos pares deseados generados por el regulador de la velocidad de rotación y el regulador del par de rotación dentro de dispositivo de regulación, puede ser

transmitido al convertidor de frecuencia, el cual a continuación, de forma en principio conocida, se encarga de activar el motor eléctrico o cada motor eléctrico, de manera que en la línea de accionamiento resulta un par deseado.

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.

5 Cabe señalar aún que el principio aquí descrito y formas de ejecución individuales y eventualmente combinadas pueden combinarse también con el principio sugerido en las solicitudes que se remiten al mismo inventor, de la misma parte solicitante, con el número de acta interno de la parte solicitante 201312092 y 201312099 (el número de acta oficial aún no es conocido), y con las formas de ejecución especiales allí descritas. A este respecto, el contenido completo de la descripción de las solicitudes paralelas mencionadas, en particular en cuanto a la variación
10 periódica allí descrita de la velocidad de rotación del plato de molienda, así como al reconocimiento de patrones en un perfil de los valores de medición y la adecuación de la velocidad de rotación del plato de molienda en el caso de un patrón reconocido, está incluido en la presente descripción. Cualquier posibilidad de esa clase para adecuar la velocidad de rotación del plato de molienda, así como también ambas posibilidades juntas, pueden combinarse con el método aquí descrito y con el dispositivo de regulación que opera según el método, por ejemplo adecuando el par deseado emitido en la salida del dispositivo de regulación para la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, o debido a un patrón reconocido. Las posibilidades descritas en las solicitudes paralelas para adecuar la velocidad de rotación del plato de molienda, así como también las dos posibilidades juntas pueden combinarse también con el método aquí descrito y con el dispositivo de regulación que opera según el método, adecuando el valor deseado de la velocidad de rotación suministrado al regulador de la velocidad de rotación del
15 dispositivo de regulación.
20

El 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.
25

Las figuras muestran:

Figura 1: una representación muy simplificada de un molino vertical con un plato de molienda accionado mediante un accionamiento de carga pesada;

30 Figura 2: el molino vertical como cadena de acción, junto con un dispositivo de regulación determinado para la regulación de accionamiento del molino vertical;

Figura 3: una representación para explicar las direcciones vectoriales de los pares observados; y

Figura 4: el dispositivo de regulación con otros detalles.

La representación en la figura 1, de forma muy simplificada, muestra un molino vertical 10 para triturar materiales quebradizos, 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 accionamiento de carga pesada en forma de al menos un motor, en particular de al menos un motor eléctrico 14 y, en el ejemplo aquí mostrado, mediante un mecanismo de transmisión 16 que se encuentra entre el motor eléctrico 14 o los motores eléctricos, y el plato de molienda 12. El mecanismo de transmisión 16, sin renunciar a una validez universal, se muestra como un dentado de engranaje cónico con un mecanismo de transmisión planetario consecutivo, representado sin más detalles. El mecanismo de transmisión 16 puede comprender también por ejemplo un dentado de engranaje recto o similares y/o un mecanismo de transmisión planetario conectado aguas arriba o de forma consecutiva, o similares.
35
40

El molino vertical 10 comprende al menos un árbol accionado. En la representación en la figura 1, el molino vertical 10 comprende un árbol del motor 18 como árbol del lado de accionamiento y un árbol del plato de molienda 20 como árbol del lado de salida. Todos los medios para transmitir la fuerza de accionamiento del motor eléctrico al plato de molienda 12 se denominan como línea de accionamiento. En este caso, a la línea de accionamiento pertenecen al menos el mecanismo de transmisión 16 y el árbol del plato de molienda 20.
45

Durante el funcionamiento del molino vertical 10, el motor eléctrico 14 o cada motor eléctrico hace rotar el plato de molienda 12 mediante la línea de accionamiento. Sobre el plato de molienda 12, como resultado del proceso de molienda y como resultado de los materiales suministrados que deben ser molidos y triturados, se encuentra un lecho de molienda 22, es decir, una mezcla de material molido y material que debe ser molido. El efecto de molido se logra presionando un rodillo de molienda 24 o varios rodillos de molienda 24, por una parte debido a su peso,
50

pero por otra parte eventualmente también debido a fuerzas aplicadas de forma adicional, las cuales por ejemplo se aplican mediante un cilindro hidráulico activo o un elemento similar montado de forma giratoria, sobre el lecho de molienda 22 y sobre el plato de molienda 12 giratorio.

5 El molino vertical 10 es en conjunto un sistema con capacidad de producir vibraciones, donde en especial el molino vertical 10 tiende a vibraciones de torsión mecánicas elevadas en la línea de accionamiento. Las fuerzas y pares que se producen allí pueden ser tan intensos, que los componentes mecánicos de la línea de accionamiento, por ejemplo el mecanismo de transmisión 16, son expuestos a una carga de forma extrema o son sobrecargados.

10 Hasta el momento se ha intentado tratar las vibraciones de torsión de esa clase mediante un acoplamiento o similares, por ejemplo mediante un acoplamiento elastomérico de alta elasticidad. Un acoplamiento de esa clase está dispuesto por ejemplo entre el mecanismo de transmisión 16 y el plato de molienda 12 (no mostrado). Un acoplamiento de esa clase puede no compensar vibraciones en la velocidad de rotación del plato de molienda 12, pero impide o reduce una transmisión de esas vibraciones hacia el mecanismo de transmisión 16 y hacia el motor eléctrico 14.

15 Se sugiere aquí por ejemplo, mediante sensores 26 asociados a la línea de accionamiento de forma indirecta o directa, que sean detectados valores relevantes para la vibración, a saber, al menos un valor o valor de medición relativo a una velocidad de rotación momentánea de una pieza giratoria del mecanismo de transmisión 16 o del plato de molienda 12, así como al menos un valor de medición relativo a un par mecánico que actúa en la línea de accionamiento. El valor de medición del par detectado es una medida para el par o par del mecanismo de transmisión transmitido mediante el mecanismo de transmisión 16, es decir, una medida para un par que, para
20 diferenciarlo de un par eléctrico que actúa sobre el motor eléctrico 14 y no en la línea de accionamiento, en particular en el mecanismo de transmisión 16, se denomina como par mecánicamente activo. El valor de medición detectado de la velocidad de rotación y el valor de medición detectado con respecto al par mecánico se denominarán a continuación como valor de rotación real 18, así como par de la línea de accionamiento 30. Los dos valores o valores de medición 28, 30 detectados o registrados, junto con una velocidad de rotación deseada 32, son
25 suministrados a un dispositivo de regulación 34. El dispositivo de regulación 34 genera una señal de salida 36 para un par deseado que es suministrado a un convertidor de frecuencia 38 para la activación correspondiente del motor eléctrico 14 o de cada motor eléctrico. Debido a esta activación, el motor eléctrico 14 o cada motor eléctrico durante el funcionamiento del molino vertical 10 genera el par deseado exigido con la señal de salida 36. Si se utiliza un convertidor de frecuencia 38 para alimentar el motor eléctrico 14 o cada motor eléctrico, y el convertidor de frecuencia 38 es operado en un modo de funcionamiento especial, a saber, en el así llamado funcionamiento sin
30 sensor, la velocidad de rotación momentánea puede ser leída también de forma conocida desde una memoria del convertidor de frecuencia 38. Una velocidad de rotación real 28 registrada de ese modo no se trata de un valor de medición, sino que se forma en el convertidor de frecuencia 38 durante la alimentación del motor eléctrico 14 o de cada motor eléctrico. De manera correspondiente, para diferenciarla de una velocidad de rotación 28 detectada a través de medición, un valor obtenido de la velocidad de rotación real 28 en base a ello se denomina como registro de la velocidad de rotación real 28.

La representación en la figura 2 muestra elementos individuales del molino vertical 10 como cadena activa, así como el dispositivo de regulación 34 con otros detalles. De acuerdo con ello, el dispositivo de regulación 34 comprende un regulador de la velocidad de rotación 40 y un regulador del par de rotación 42. Al dispositivo de regulación 34, como
40 variables de control, se suministran la velocidad de rotación real 28 y el par de la línea de accionamiento 30, así como a modo de otra variable de entrada, una velocidad de rotación deseada 32 predeterminada o predeterminable. Mediante el regulador de la velocidad de rotación 40, en base a la velocidad de rotación real 28 y a la velocidad de rotación deseada 32 se emite una primera variable de control 44 que, para diferenciarla, se denomina como variable de control del regulador de la velocidad de rotación 40. El regulador del par de rotación 42 actúa en la salida del regulador de la velocidad de rotación 40, de manera que la salida del regulador de la velocidad de rotación 40, es decir, la primera variable de control 44, y una segunda variable de control 46 emitida en la salida del regulador del par de rotación 42, se superponen. La superposición tiene lugar por ejemplo sumando las dos variables de control 44, 46. La segunda variable de control 46 emitida por el regulador del par de rotación 42 resulta en base al par de la línea de accionamiento detectado 30, el cual es suministrado al regulador del par de rotación 42 en su entrada. La
50 segunda variable de control 46 emitida por el regulador del par de rotación 42, para diferenciarla, se denomina también como variable de control del regulador del par de rotación 42. La variable de control 44 del regulador de la velocidad de rotación 40 y la variable de control 46 del regulador del par de rotación 42 son una medida para un primer y un segundo par deseado para el motor eléctrico 14 o para cada motor eléctrico. El motor eléctrico 14 o cada motor eléctrico, para accionar el plato de molienda 12, es activado mediante el dispositivo de regulación 34 en base a una superposición, en particular a una adición, de las dos variables de control 44, 46 y de la señal de salida 36 resultante.

60 A modo de una ilustración, la representación simplificada de forma esquemática en la figura 3 muestra los pares observados en el principio aquí descrito en el molino vertical 10. En el lado izquierdo se representa el sistema parcial del lado de accionamiento con el motor eléctrico 14 y en el lado derecho se representa el sistema parcial del lado de salida con el plato de molienda 12. Ambos sistemas están acoplados a través del mecanismo de transmisión 16.

Debido a la predefinición del par deseado, el motor eléctrico 14 o cada motor eléctrico aplica un par del motor M_M . En la línea de accionamiento actúa el par de la línea de accionamiento 30, marcado aquí como el par del mecanismo de transmisión M_G que actúa en el mecanismo de transmisión 16. Debido al par de carga variable proveniente del proceso de molienda, un par del proceso M_P , mediante el plato de molienda 12, actúa sobre la línea de accionamiento. Cuando el par del proceso M_P se reduce de forma abrupta, esto conduce a una aceleración del plato de molienda, acompañada de una distensión de la línea de accionamiento, por lo tanto, conduciendo a una modificación de los pares, del par de la línea de accionamiento M_T . Para contrarrestar esa dinámica de los pares, tiene lugar un aumento del par deseado y, con ello un aumento del par del motor M_M , de manera que el rotor se acelera en el mismo sentido, evitándose una modificación de la torsión de la línea de accionamiento. Esto se denomina como una modificación del par deseado en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda. La base de ello reside en una modificación en el mismo sentido de la señal de salida 36 para el par deseado. Cuando el par del proceso M_P aumenta de forma abrupta, por ejemplo porque uno de los rodillos de molienda 24 rueda por encima de un pedazo de material de mayor tamaño, esto conduce a una reducción del par deseado y, con ello, a una reducción del par del motor M_M , de manera que se evita un aumento de las torsiones en la línea de accionamiento. Lo mencionado corresponde igualmente a una modificación de la señal de salida 36 en el mismo sentido de la modificación de los pares resultantes del proceso de molienda, para el par deseado.

La representación en la figura 4 muestra el dispositivo de regulación 34 nuevamente con otros detalles. De acuerdo con ello, el regulador de la velocidad de rotación 40 está realizado por ejemplo como regulador PI. El regulador del par de rotación 42 comprende una primera sección que actúa como paso alto (filtro de paso alto 48), una segunda sección central en donde se amplifica la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto resultante (nivel de filtrado 50), y una tercera sección de cierre, con un elemento proporcional (elemento P 52).

En la forma de ejecución representada, el filtro de paso alto 48 se realiza mediante un filtro de paso bajo 54, de cuya salida se sustrae el par de la línea de accionamiento 30 no filtrado. El nivel de filtrado 50 comprende un elemento de transmisión con acción derivada (elemento D 56), cuya salida representa la velocidad de modificación del par de la línea de accionamiento. Sumando el par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto y la salida del elemento D 56 resulta la amplificación prevista de la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto. Como última unidad de funcionamiento, el regulador de la velocidad de rotación 42 comprende como elemento P 52 un elemento de transmisión con comportamiento proporcional, donde en cuya salida resulta el par deseado del regulador del par de rotación 42.

Todas las secciones funcionales mencionadas del regulador del par de rotación 42 son opcionales consideradas por sí solas. Lo mencionado puede observarse en el hecho de que el filtro de paso bajo 54, el elemento D 56 y el elemento P 52 pueden parametrizarse de forma individual. Cuando por ejemplo el factor de amplificación del elemento P 52 se selecciona en "1", entonces el elemento P 52, en lugar de ello, también podría suprimirse por completo, renunciando así al grado de libertad de la parametrización, ya que entonces no tendría lugar una amplificación de la señal suministrada al elemento P 52 en su entrada. A través de la selección correspondiente de los parámetros del filtro de paso bajo 54 y del elemento D 56 éstos pueden ser desactivados.

Al poner en funcionamiento el molino vertical 10 se regulan parámetros adecuados para las secciones funcionales individuales del regulador del par de rotación 42. Si el regulador del par de rotación 42 por ejemplo no comprende un elemento D 56, entonces el regulador del par de rotación 42 no considera la velocidad de rotación del par de la línea de accionamiento 30 en la medida, tal como es posible en una forma de ejecución en donde el regulador del par de rotación 42 comprende un elemento D 56 de esa clase. Esto no modifica el hecho de que en el método aquí descrito para la regulación de accionamiento del molino vertical 10 y del dispositivo de regulación 34 correspondiente para ejecutar el método puede utilizarse también un regulador del par de rotación 42 que no comprenda el nivel de filtrado 50 aquí descrito y, de forma correspondiente, el elemento D 56 que se encuentra allí. Lo mismo aplica de forma correspondiente para la primera y la tercera sección del regulador del par de rotación 42 con el filtro de paso bajo 54, así como con el elemento P 52 que se encuentran allí.

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.

Los aspectos individuales principales de la presente descripción pueden resumirse del siguiente modo: Se indican un método para la regulación de accionamiento de un molino vertical 10 con un plato de molienda 12 que puede rotar alrededor de la vertical, así como un dispositivo de regulación 34 determinado para ejecutar el método, donde en el funcionamiento del molino vertical 10 el plato de molienda 12 es accionado a través de al menos un motor eléctrico 14 y una línea de accionamiento que comprende al menos un mecanismo de transmisión 16. Como variables de entrada, al dispositivo de regulación 34 se suministran una velocidad de rotación real 28 y un par de la línea de accionamiento 30 determinado con respecto a la línea de accionamiento, así como una velocidad de rotación deseada 32 predeterminada o predeterminable. El dispositivo de regulación 34 actúa como medio para reducir o aumentar el par deseado del motor eléctrico 14. La reducción o el aumento del par deseado tienen lugar en el mismo sentido que el par que resulta del proceso de molienda. Para ello, el dispositivo de regulación 34, en base

a la velocidad de rotación real 28 y a la velocidad de rotación deseada 32, así como al par de la línea de accionamiento 30, genera una señal de salida 36 para un par deseado. Esto provoca que el par deseado resultante se reduzca o aumente en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda. En base a la señal de salida 36 tiene lugar la activación de al menos un motor eléctrico 14.

REIVINDICACIONES

1. Método para la regulación de accionamiento de un molino vertical (10) con un plato de molienda (12) que pueden rotar alrededor de la vertical, donde el plato de molienda (12) puede ser accionado a través de al menos un motor eléctrico (14) y una línea de accionamiento que comprende al menos un mecanismo de transmisión (16),
- 5 - donde una velocidad de rotación real (28) y, con respecto a la línea de accionamiento, un par de la línea de accionamiento (30) o su dinámica, se registran, se detectan y/o, junto con una velocidad de rotación deseada (32) determinada o que puede predeterminarse, se suministran a un dispositivo de regulación (34),
- donde el dispositivo de regulación (34), en base a la velocidad de rotación real (28) y a la velocidad de rotación deseada (32), así como en base al par de la línea de accionamiento (30) o a su dinámica, genera una señal de salida (36) para un par deseado, de manera que el par deseado resultante se reduce o aumenta en el mismo sentido que un par resultante del proceso de molienda.
- 10
2. Método según la reivindicación 1,
- donde el dispositivo de regulación (34) comprende un regulador de la velocidad de rotación (40) que, en base a la velocidad de rotación real (28) y a la velocidad de rotación deseada (32), emite una primera variable de control (44) y
- 15 - donde el dispositivo de regulación (34) comprende un regulador del par de rotación (42) que actúa sobre la salida del regulador del par de rotación (40), el cual, en base al par de la línea de accionamiento (30) detectado, emite una segunda variable de control (46),
- donde al menos un motor eléctrico (14) para la reducción o el aumento del par deseado en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda, es activado en base a una adición de las variables de control (44, 46) emitidas por el regulador de la velocidad (40) y por el regulador del par de rotación (42).
- 20
3. Método según la reivindicación 2, donde en el marco de la funcionalidad del regulador del par de rotación (42), el par de la línea de accionamiento (30) detectado es filtrado con paso alto y a continuación la dinámica del par de la línea de accionamiento filtrado con paso alto resultante se amplifica.
4. Método según la reivindicación 1, 2 ó 3, donde el par de la línea de accionamiento (30) detectado con respecto a la línea de accionamiento se determina en base a una diferencia de posición de dos lugares de la línea de accionamiento.
- 25
5. Dispositivo de regulación (34) para la regulación de accionamiento de un molino vertical (10), donde el molino vertical (10) comprende un plato de molienda (12) que puede rotar alrededor de la vertical, donde el plato de molienda (12) puede ser accionado a través de al menos un motor eléctrico (14) y una línea de accionamiento que comprende al menos un mecanismo de transmisión (16),
- 30 - donde al dispositivo de regulación (34), como variables de entrada, pueden suministrarse una velocidad de rotación real (28) y un par de la línea de accionamiento (30) detectado en la línea de accionamiento,
- donde al dispositivo de regulación (34), como otra variable de entrada, puede suministrarse una velocidad de rotación deseada (32) predeterminada o predeterminable,
- 35 - donde mediante el dispositivo de regulación (34), en base a la velocidad de rotación real (28) y a la velocidad de rotación deseada (32), así como en base al par de la línea de accionamiento (30), puede generarse una señal de salida (36) para un par deseado, de manera que el par deseado resultante se reduce o aumenta en el mismo sentido que un par resultante del proceso de molienda.
6. Dispositivo de regulación (34) según la reivindicación 5,
- 40 - con un regulador de la velocidad de rotación (40) y un regulador del par de rotación (42) que actúa sobre la salida del regulador de la velocidad de rotación (40),
- donde mediante el regulador de la velocidad de rotación (40), en base a la velocidad de rotación real (28) y a la velocidad de rotación deseada (32), puede emitirse una primera variable de control (44) y mediante el regulador del par de rotación (42), en base al par de la línea de accionamiento (30) detectado, puede emitirse una segunda variable de control (46),
- 45

- donde al menos un motor eléctrico (14) puede ser activado mediante el dispositivo de regulación (34) para la reducción o el aumento del par deseado en el mismo sentido que el par resultante del proceso de molienda, en base a una adición de las variables de control (44, 46) emitidas por el regulador de la velocidad (40) y por el regulador del par de rotación (42).

5 7. Dispositivo de regulación (34) según la reivindicación 6, donde el regulador del par de rotación (42) comprende un filtro de paso alto (48), así como un nivel de filtrado (50) subsiguiente como medio para amplificar una dinámica del par de la línea de accionamiento (30) filtrada con paso alto.

8. Molino vertical (10) con un dispositivo de regulación (34) según una de las reivindicaciones 5, 6 ó 7.

FIG 1

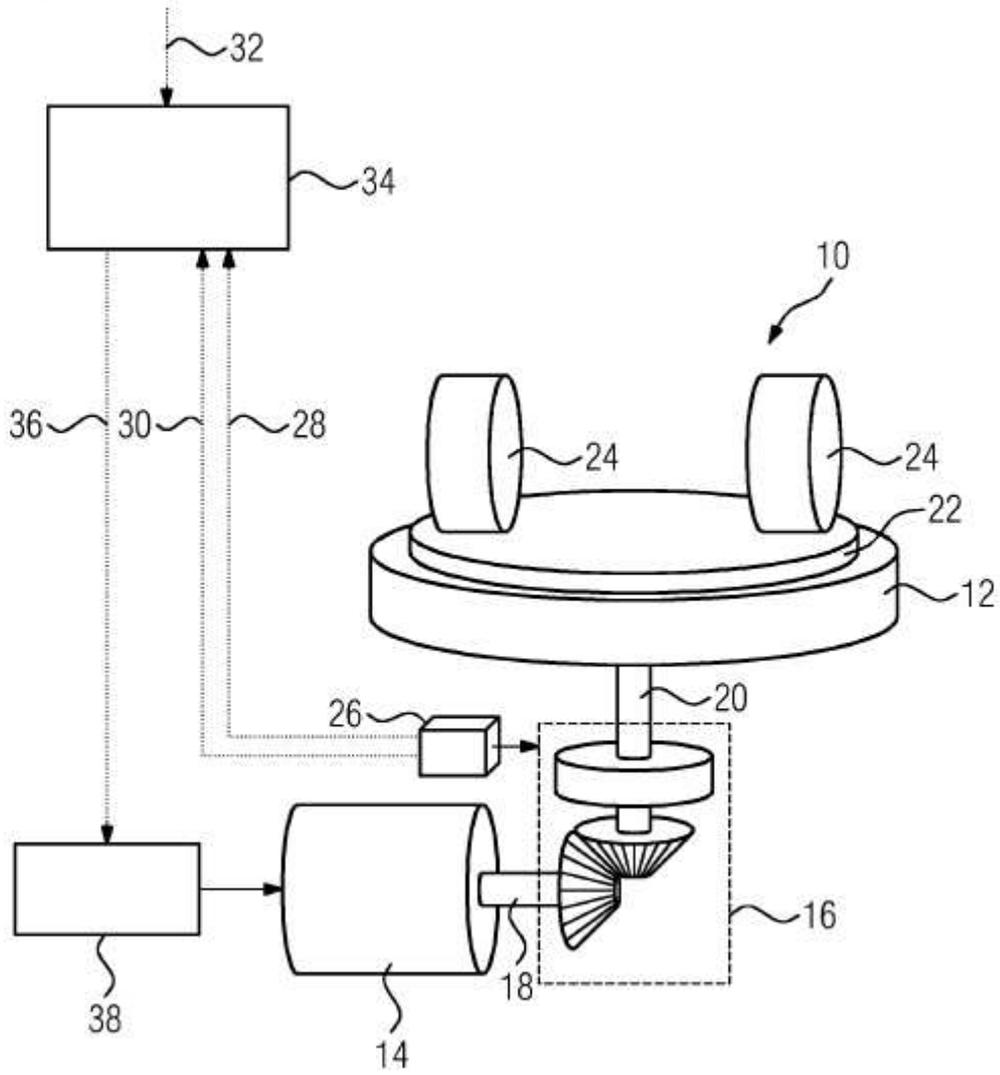


FIG 2

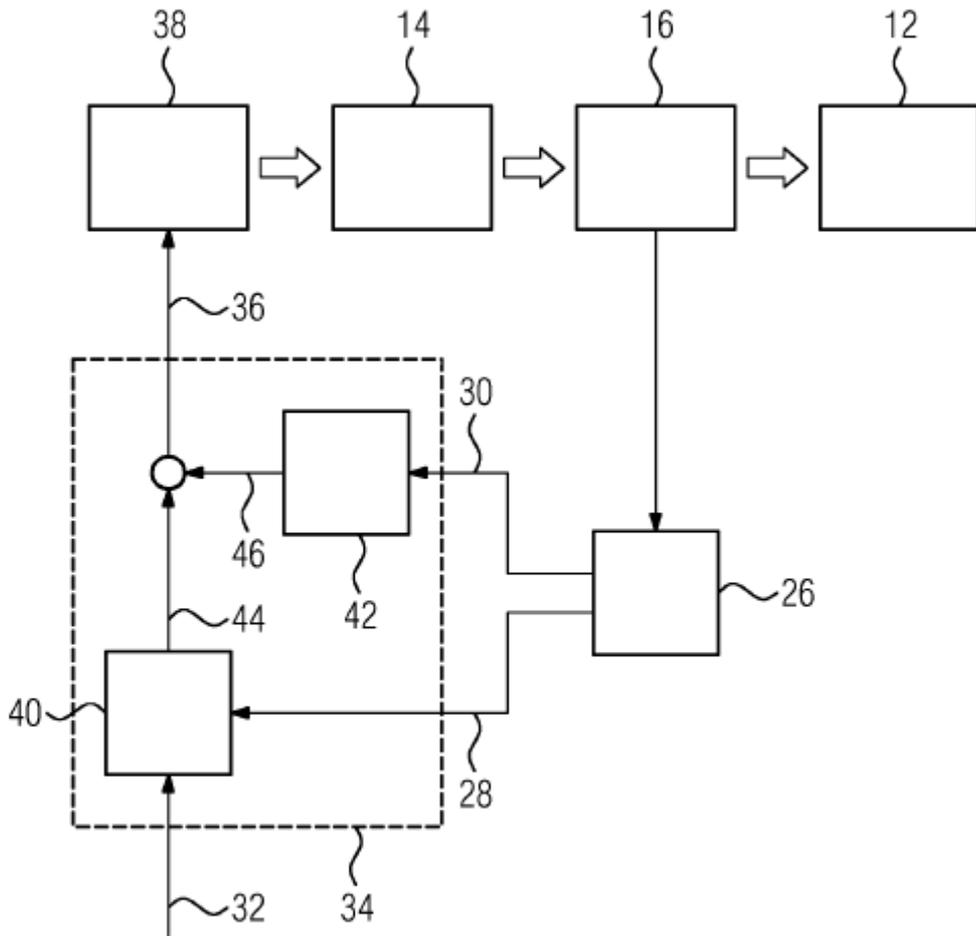


FIG 3

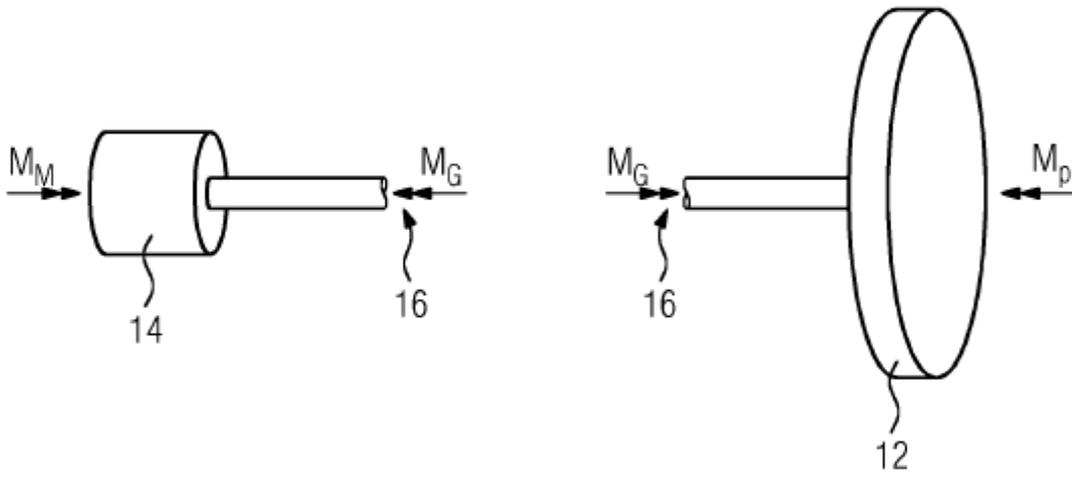


FIG 4

