(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 630 063**

(51) Int. CI.:

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/EP2013/066477**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2014 WO14111175**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.08.2013 E 13750538 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2945747**

(54) Título: **Método de regulación de accionamiento, así como sistema de accionamiento 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:
17.08.2017

(73) Titular/es:

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

(72) Inventor/es:

KUBE, ANDREAS

(74) Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

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 sistema de accionamiento que opera según el método

La presente invención hace referencia a un método para la regulación de accionamiento, a saber, a un método para la regulación de accionamiento de una carga pesada, en particular de un accionamiento de carga pesada en un molino vertical para triturar materiales fraccionables, como por ejemplo materia prima de cemento, así como a un sistema de accionamiento correspondiente que opera según el método. Un método de esa clase se conoce por la solicitud WO 2008/049545 A1.

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, 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 en el mecanismo de transmisión, o en la instalación en su totalidad.

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. A pesar de ello, las medidas de esa clase no son fiables, ya que para la correcta conducción del proceso se requiere mucha experiencia y las propiedades de los materiales naturales molidos o que deben se molidos inevitablemente siempre son diferentes. De este modo se vuelve necesario optimizar el proceso de forma continua y adecuarlo a la materia prima.

Sin embargo, hasta el momento una y otra vez se producen estados de vibración extremos - en la terminología especializada denominados como "sacudimientos" del molino -, de manera que el molino debe ser detenido y ser puesto nuevamente en funcionamiento. Resultan afectadas por ello la disponibilidad y la productividad de la instalación. Pueden producirse además daños en el mecanismo de transmisión y en la instalación. Para eludir dicho problema, la conducción del proceso se ha realizado hasta el momento de forma especialmente defensiva, para evitar lo más posible esas vibraciones del molino. Sin embargo, resultan afectados como resultado el índice de producción, la calidad del producto y el espectro de productos que pueden ser producidos.

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 (TCO =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.

Actualmente, para los molinos verticales, una solución preferente se encuentra en los sistemas de accionamiento con un mecanismo de transmisión y un motor eléctrico en forma de un motor asíncrono, preferentemente un motor de anillos rozantes, así como con un convertidor de frecuencia que alimenta a 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.

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 proporcionar 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.

Las variaciones de carga y las activaciones de la vibración que actúan en el sistema mecánico 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.

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.

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.

El principio aquí presentado se ocupa del efecto de sacudimiento no deseado de un molino debido a una respectiva estructura superficial del lecho de molienda y un objeto de la presente invención, de manera correspondiente, consiste en proporcionar una posibilidad que permita evitar de modo eficiente un sacudimiento de esa clase o al menos reducirlo.

Un motivo para el sacudimiento del molino debido a la estructura superficial del lecho de molienda reside en el hecho de que el molino reacciona como sistema capaz de producir vibraciones frente a excitaciones estocásticas provenientes del proceso de molienda, por ejemplo con movimientos relativos regulares entre los rodillos de molienda y el lecho de molienda. Los movimientos relativos regulares mencionados resultan de la respectiva propia frecuencia del sistema mecánico y el sistema cinemático de los cilindros de molienda, los cuales se encuentran dispuestos de forma móvil, en particular de modo que pueden rotar, por encima del plato de molienda y del lecho de molienda que se produce durante el funcionamiento del molino. Por una parte, los rodillos de molienda actúan sobre el lecho de molienda debido a su propio peso y debido a su apoyo móvil, en particular rotativo. Además, el efecto de los rodillos de molienda sobre el lecho de molienda puede reforzarse aún más a través de una presión de contacto aplicada.

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 sistema de accionamiento con las características de la reivindicación paralela referida al dispositivo. 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 puede ser accionado a través de al menos un motor eléctrico, así como usualmente a través de una línea de accionamiento que comprende un mecanismo de transmisión, el cual es accionado durante el funcionamiento del molino. El método se caracteriza porque una velocidad de rotación del plato de molienda varía de forma cíclica.

En una ejecución de un método de esa clase del sistema de accionamiento, y en formas de ejecución eventualmente individuales o en varias formas de ejecución descritas a continuación, a saber de un sistema de accionamiento para un molino vertical con un plato de molienda que rota alrededor de la vertical, el sistema de accionamiento comprende al menos un motor eléctrico, opcionalmente un convertidor de frecuencia que alimenta el motor eléctrico, un sistema de transmisión entre al menos un motor eléctrico y el plato de molienda, así como opcionalmente un sistema de sensores para obtener valores de medición relevantes para la vibración, en particular valores de medición relevantes para la vibración en forma de valores de medición del par de rotación o de la velocidad de rotación sobre una velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical o sobre al menos un par de accionamiento y/o un par de apoyo que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión. El sistema de accionamiento se caracteriza por un dispositivo de variación de la velocidad de rotación con el cual puede variar cíclicamente una velocidad de rotación del plato de molienda, donde el dispositivo de variación de la velocidad de rotación está determinado y equipado para operar con el método que se describirá en detalle más adelante, donde durante el funcionamiento del sistema de accionamiento se ejecuta un método de esa clase.

De manera resumida, por tanto, la invención consiste en un método y un dispositivo para regular el accionamiento de una disposición de carga pesada en forma de un sistema de accionamiento, en donde la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda apunta a que en una superficie del plato de molienda, sobre el plato de molienda, no se forme una estructura regular, es decir una ondulación del lecho de molienda. De manera correspondiente, el método y el dispositivo que trabaja según el método apuntan en primer lugar a que no pueda producirse en absoluto una posible causa para sacudimientos del molino.

La ventaja de la invención reside en el hecho de que a través de la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda puede evitarse o eliminarse el sacudimiento del molino, o al menos éste puede ser reducido, sin que el proceso de molienda deba ser detenido, y en el hecho de que ese resultado se logra a través de una intervención sencilla en el sistema en su totalidad, es decir, a través de una activación correspondiente del motor eléctrico. A continuación, el evitar, eliminar o reducir las vibraciones se denominará de forma abreviada o corta como evitar.

Como variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda se entiende una variación de la velocidad de rotación del plato de molienda, con un perfil en particular variable de la velocidad de rotación, donde el valor

medio temporal del perfil de la velocidad de rotación corresponde al valor deseado del plato de molienda. Una forma especial de un una variación cíclica de esa clase de la velocidad de rotación del plato de molienda se trata de una variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, por ejemplo una variación sinusoidal de la velocidad de rotación del plato de molienda hacia el valor de rotación deseado del plato de molienda.

En las reivindicaciones dependientes se indican variaciones 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, la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda es activada de forma controlada temporalmente en momentos en particular predeterminados o predeterminables, en particular equidistantes, por un lapso predeterminado o predeterminable, por ejemplo cada cinco minutos durante respectivamente diez segundos. De este modo, la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda no se encuentra activa de forma permanente. Fuera de la activación de la variación periódica o cíclica de la velocidad de rotación resulta la velocidad de rotación "normal" del plato de molienda.

En una forma de ejecución alternativa del método, la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda se activa como reacción frente a una fluctuación de valores de medición relevantes para la vibración, donde dicha fluctuación supera un valor límite predeterminado o predeterminable.

Valores de medición relevantes para la vibración son todos los valores de medición registrados o que pueden ser registrados con respecto al molino, donde en su evaluación pueden detectarse vibraciones mecánicas del molino, en particular aquellas vibraciones mecánicas denominadas como sacudimientos. Para registrar valores de medición de esa clase, relevantes para la vibración, se consideran sensores de vibración en forma de equipos de detección de vibraciones, sensores de vibración o similares, los cuales por ejemplo se colocan en la armazón del molino o en otras partes de la construcción del molino. De manera alternativa o adicional se consideran también sensores que están asociados a la línea de accionamiento, registrando allí valores de medición relevantes para la vibración. De este modo, por ejemplo, puede preverse que un registro del consumo de energía del motor eléctrico tenga lugar mediante un sensor de esa clase y que a partir de un consumo de energía del motor eléctrico, correlacionado con una situación de carga variable, se deduzcan datos relevantes para la vibración, de manera que, en ese sentido, también valores de medición sobre una corriente del motor consumida durante el funcionamiento del molino son un ejemplo de valores de medición relevantes para la vibración.

Si un valor de medición de esa clase supera un valor límite predeterminado o predeterminable o eventualmente supera un valor límite de esa clase varias veces una detrás de otra, en particular una detrás de otra dentro de un lapso predeterminado o predeterminable, eso indica entonces un sacudimiento del molino ya dado o próximo. Partiendo de una detección o predicción de esa clase de un sacudimiento del molino se activa la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, para eliminar nuevamente el sacudimiento del molino, para al menos reducirlo o para impedir absolutamente desde un principio dicho sacudimiento.

En esa variante del método, la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, por lo tanto, no tiene lugar de forma permanente, sino sólo en caso necesario, a saber, cuando debido al monitoreo del valor de medición respectivamente registrado se ha detectado automáticamente la necesidad de tratar una vibración no deseada ya existente o de prevenir el peligro de una vibración, respectivamente en forma de sacudimientos del molino.

En una forma de ejecución del método, la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda tiene lugar en forma de una variación periódica de la velocidad de rotación, donde una frecuencia y/o una amplitud de la forma de la señal que se toma como base para la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda y de forma alternativa o adicional eventualmente también la forma de la señal en sí misma, aumenta o se reduce en función de una fluctuación de un valor de medición relevante para la vibración, donde dicha fluctuación supera un valor umbral predeterminado o predeterminable. En esa variante del método, por tanto, debido a una evaluación automática del valor de medición antes mencionado, la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda varía en sí misma. De este modo, el valor umbral considerado puede ubicarse por encima o por debajo del valor límite antes mencionado. En el caso de una variación permanente de la velocidad de rotación del plato de molienda se considera un valor umbral por debajo de un valor límite que indica un sacudimiento existente o próximo. El hecho de alcanzar o superar un valor umbral de esa clase se considera una indicación de que la

variación periódica que ya ha tenido lugar, de la velocidad de rotación del plato de molienda, no es suficiente para evitar o eliminar el sacudimiento del molino. En el caso de una variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, activada sólo en función de un valor límite monitoreado, el valor umbral considerado adicionalmente en esa forma de ejecución del método se ubica por encima de un valor límite de esa clase. Una superación del valor umbral, por tanto, es un indicador que puede evaluarse automáticamente, el cual indica que la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda no es suficiente para evitar o eliminar el sacudimiento del molino.

Como contramedida, tanto en el caso de una variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda activa de forma permanente o sólo en caso necesario o por momentos, la variación periódica varía por sí misma, por ejemplo al aumentar la duración de la forma de la señal tomada como base. Esto indica una modificación de la ondulación del lecho de molienda y la modificación de la ondulación del lecho de molienda, alcanzada de este modo, indica a su vez que a través de los movimientos resultantes de los rodillos de molienda, debido a la ondulación del lecho de molienda, no son iniciadas frecuencias propias en la totalidad del sistema del molino y, con ello, el sacudimiento del molino es evitado o eliminado, en todo caso al menos reducido, a saber, por ejemplo en su frecuencia y/o intensidad de la vibración y/o velocidad de resonancia.

Para la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda se consideran por ejemplo un perfil sinusoidal, un perfil triangular, un perfil rectangular o un perfil en rampa. Los perfiles de esa clase pueden generarse fácilmente con un generador de señal o similares, así como con una implementación de software del método a través de términos matemáticos o diagramas característicos correspondientes.

En otra forma de ejecución del método o en una forma de ejecución alternativa, tiene lugar una modificación de una respectiva forma de la señal con la cual tiene lugar la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, en función de una fluctuación de valores de medición relevantes para la vibración, la cual supera un valor umbral predeterminado o predeterminable. Esa variante del método se caracteriza por paralelas con respecto a la modificación ya descrita anteriormente (frecuencia, amplitud o forma de la señal) de la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda. En este caso, sin embargo, en función de la superación del valor umbral no se modifica la duración de la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, sino la forma de la señal que se toma como base para esa variación periódica. Con respecto al estado del valor umbral, así como a la aplicación de esa variante del método, en el caso de una variación permanente o que sólo tiene lugar en caso necesario o por momentos, de la velocidad de rotación del plato de molienda, puede remitirse a las ejecuciones anteriores. Como resultado, después de la superación del valor umbral que puede detectarse automáticamente, la cual indica que con la variación periódica anterior de la velocidad de rotación del plato de molienda no puede evitarse o eliminarse el sacudimiento del molino, esta variante también apunta a modificar la variación de la velocidad de rotación del plato de molienda. Esa modificación tiene lugar al modificarse la forma de la señal. Se alcanza con ello también una modificación de la ondulación del lecho de molienda. A su vez - tal como en la variante del método antes descrita - esto apunta a que a través de los movimientos resultantes de los rodillos de molienda, debido a la ondulación del lecho de molienda, no se inicien frecuencias propias en la totalidad del sistema del molino, de manera que de ese modo se impide o elimina el sacudimiento del molino, o en todo caso al menos se reduce.

Naturalmente, las dos variantes para modificar la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda también pueden ser combinadas, a saber, una modificación de la duración y una modificación de la forma de la señal, en particular una modificación cuantitativa y/o cualitativa de la forma de la señal.

Puesto que se trata precisamente de evitar una regularidad de la superficie del lecho de molienda, adecuada para la generación de resonancias, se considera también aplicar las medidas individuales casi de forma aleatoria. Una implementación de software de un método de esa clase ofrece todas las variantes posibles del método como unidades funcionales o la modificación de la duración y la modificación de la forma de la señal como unidades funcionales parametrizables. En base a un generador de números aleatorios o similares son seleccionadas unidades funcionales individuales y/o parámetros para la parametrización de las unidades de funcionamiento o combinaciones de unidades de funcionamiento que eventualmente son parametrizadas de forma individual, para contrarrestar sacudimientos del molino existentes detectados o próximos debido al monitoreo de los valores de medición, antes mencionado.

En una forma de ejecución especial de variantes del método antes descritas de forma individual, como valores de medición relevantes para la vibración se utilizan y registran valores de medición del par de rotación o de la velocidad de rotación. La siguiente explicación del principio aquí sugerido se basa en los valores de medición mencionados del par de rotación o de la velocidad de rotación, sin renunciar a otra generalidad. De forma general, a continuación éstos son denominados como valores de medición. Para obtener dichos valores de medición, con un sistema de sensores, es decir con al menos un sensor comprendido por el sistema de sensores o perteneciente al sistema de sensores, se registra una velocidad de rotación de un componente rotativo de la línea de accionamiento y/o al menos un par de accionamiento y/o un par de apoyo que actúan en o sobre el mecanismo de transmisión.

Una ejecución correspondiente del sistema de accionamiento antes descrito se caracteriza por un sistema de sensores de esa clase para obtener un valor de medición relevante para la vibración en forma de un valor de medición del par de rotación o de la velocidad de rotación, donde mediante el sistema de sensores puede registrarse, y registrarse durante el funcionamiento, una velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical y/o al menos un par de accionamiento y/o un par de apoyo que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión.

En este contexto cabe señalar que la utilización de sensores, por ejemplo de sensores para registrar valores de medición del par de rotación o de la velocidad de accionamiento (sistema de sensores de accionamiento), en lugar de sensores de vibraciones en la construcción del molino, hasta ahora no se ha considerado de forma manifiesta. Según conocimientos del inventor, sin embargo, también con valores de medición de esa clase puede detectarse una vibración mecánica del molino y, con ello, también un sacudimiento del molino. Efectivamente, incluso sucede que los valores de medición de esa clase muestran la respectiva situación del proceso de forma aún más directa, ya que los procesos en el molino triturador, según el conocimiento del inventor, pueden observarse esencialmente con mayor claridad en el grado de libertad del accionamiento que en el nivel de vibración de toda la construcción del molino. Esto reside en el hecho de que el sacudimiento es un colapso periódioco del efecto de apoyo del lecho de molienda sobre los rodillos de molienda. Durante el curso de la pérdida de ese efecto de apoyo, por ejemplo debido a una ondulación del lecho de molienda o de un ablandamiento separado de un material de molienda fluidizante, se produce también una irrupción del par de carga, el cual, desde el lecho de molienda, actúa sobre el plato de molienda y, con ello, directamente sobre la línea de accionamiento. Esa pérdida del par puede detectarse directamente en los valores de medición mencionados, ciertamente aun antes de que los rodillos de molienda se muevan con tanta intensidad, de manera que la vibración se propaga también de forma perceptible en el resto de la construcción del molino. De este modo, estados no deseados, como el sacudimiento del molino o el sacudimiento incipiente del molino, pueden detectarse antes y con mayor precisión. En ensayos comparativos se ha comprobado que una detección del sacudimiento del molino mediante sensores de vibración usualmente tiene lugar como muy pronto después de varios segundos. En ese tiempo, el accionamiento experimenta fácilmente más de cien ciclos de carga (en el caso de una frecuencia del sacudimiento de por ejemplo 15 Hz). Una evaluación del sistema de sensores de accionamiento permite la identificación del sacudimiento ya después de tres a diez ciclos de carga, es decir, en menos de un segundo. La ventaja de una utilización de un sistema de sensores de accionamiento de esa clase y de los valores de medición que pueden obtenerse con el mismo, por tanto, reside en el hecho de que debido a un sacudimiento del molino que puede detectarse antes, contramedidas pueden introducirse más pronto, por ejemplo también una parada de emergencia del accionamiento "(parada de emergencia"), pero también, naturalmente puede introducirse antes principalmente la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda y, con ello, puede reducirse la carga del accionamiento, pero también del molino en su totalidad, a través de sacudimientos del molino.

En una forma de ejecución del método, el motor eléctrico es alimentado por un convertidor de frecuencia y la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda tiene lugar mediante una activación correspondiente del convertidor de frecuencia. Mediante un convertidor de frecuencia, la variación cíclica o periódica descirita de la velocidad de rotación del plato de molienda puede alcanzarse de forma comparativamente sencilla a través de una activación correspondiente del motor eléctrico, pero también puede alcanzarse la modificación de la duración o la modificación de la forma de la señal tomada como base y combinaciones de las mismas. Una alternativa con respecto a un convertidor de frecuencia es un mecanismo de transmisión de superposición, con el cual puede alcanzarse en principio de modo equivalente la variación cíclica o periódica, antes descrita, de la velocidad de rotación del plato de molienda.

El método y el sistema de accionamiento que trabaja según el método se basan en la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda y en un dispositivo de variación de la velocidad de rotación, proporcionado para ello. Anteriormente ya se han descrito aspectos individuales de la funcionalidad del dispositivo de variación de la velocidad de rotación. La funcionalidad del dispositivo de variación de la velocidad de rotación, el registro opcional y el tratamiento de los valores de medición considerados, previos a la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación, así como la activación, funcionalmente posterior con respecto al dispositivo de variación de la velocidad de rotación del plato de molienda, pueden realizarse en un hardware y/o un software. En tanto tenga lugar una realización en software, la invención se refiere también a un programa informático con medios de código del programa para ejecutar todos los pasos del método que se describe aquí y a continuación, cuando el programa informático es ejecutado en un dispositivo de control o similares, para un sistema de accionamiento para un molino vertical. Además, la invención se refiere también a un medio de almacenamiento digital con señales de control que pueden ser leídas electrónicamente, las cuales pueden interactuar con un dispositivo de control programable para un sistema de accionamiento para un molino vertical, de manera que se ejecuta un método de esa clase. Por último, la invención se refiere también a un sistema de accionamiento de la clase antes mencionada, el cual comprende una unidad de procesamiento y una memoria, donde en la memoria está cargado un programa informático de esa clase y durante el funcionamiento del sistema de accionamiento es ejecutado a través de su unidad de procesamiento.

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.

Cabe señalar aún que el principio aquí descrito y formas de ejecución individuales y eventualmente combinadas pueden combinarse también con el principio sugerido en la solicitud que se remite al mismo inventor, de la misma parte solicitante, con el número de acta interno de la parte solicitante 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 la solicitud paralela mencionada, en particular en cuanto al reconocimiento de patrones allí descrito y a las medidas debido a un patrón detectado, está incluido en la presente descripción.

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.

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;

Figura 2: una vista superior del plato de molienda con un lecho de molienda que se encuentra allí;

Figura 3: una representación de una velocidad de rotación, variada de forma periódica, del plato de molienda del molino vertical, así como

Figura 4: una representación de un sistema de accionamiento del molino vertical con un dispositivo de control comprendido por el mismo, el cual provoca una variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda del molino, tal como se muestra en la figura 3.

La representación en 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 accionamiento de carga pesada en forma de 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 con un engranaje planetario, no representado en detalle. El mecanismo de transmisión 16 puede comprender también un dentado de engranaje recto o similares y/o un mecanismo de transmisión planetario conectado aguas arriba o de forma consecutiva, o similares.

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 y un árbol del plato de molienda 20. Todos los medios para transmitir la fuerza de accionamiento del motor eléctrico 14 al plato de molienda 12 se denominan como línea de accionamiento. En este caso, a la línea de accionamiento pertenecen al menos el motor eléctrico 14, el árbol del motor 18, el mecanismo de transmisión 16 y el árbol del plato de molienda 20.

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. 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, pero por otra parte eventualmente también 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 en un rodillo de molienda 24, sobre el lecho de molienda 22 y sobre el plato de molienda 12 giratorio.

La representación en la figura 2 muestra una representación básica simplificada de forma esquemática, de una vista superior del plato de molienda 12 con el lecho de molienda 22 y los en este caso dos rodillos de molienda 24. Las líneas radiales, aquí marcadas de forma discontinua, dentro del lecho de molienda 22, indican una ondulación del lecho de molienda 22, la cual con frecuencia se regula durante el proceso de molienda. Una ondulación de esa clase del lecho de molienda 22 es una posible causa para el sacudimiento del molino, el cual debe evitarse con el principio aquí presentado. En el caso de una ondulación del lecho de molienda 22 puede suponerse fácilmente que los rodillos de molienda 24 dispuestos de modo que pueden desplazarse de forma rotativa siguen a la superficie del lecho de molienda 22 y que el movimiento hacia arriba y hacia abajo de los rodillos de molienda 24, provocado de ese modo, se transmite al molino 10 en forma de vibraciones. Cuando se inicia de ese modo una frecuencia propia del molino 10, puede provocarse incluso una resonancia.

Hasta el momento, las vibraciones de esa clase son registradas mediante un sistema de sensores colocado en el armazón del molino (sensor de vibración; no mostrado). Tan pronto como un valor de medición de vibración, registrado por un sistema de sensores de esa clase, supera un valor límite, el motor eléctrico 14 se detiene y el molino 10 se pone nuevamente en funcionamiento más tarde.

Se sugiere en este caso que una velocidad de rotación del plato de molienda 12 varíe de forma cíclica, en particular de forma periódica. La representación en la figura 3, con el fin de una ilustración, muestra una velocidad de rotación 26 del plato de molienda 12, normalmente constante a excepción de fluctuaciones condicionadas por el funcionamiento, así como una velocidad de rotación 28 variada periódicamente según el principio aquí sugerido, a saber, una velocidad de rotación 28 del plato de molienda 12 variada aquí simétricamente en la velocidad de rotación 26 constante original. La frecuencia que se toma como base para la variación periódica de la velocidad de rotación 28 del plato de molienda 12 se ubica por ejemplo en el rango de 0,1 Hz. La amplitud de la variación periódica se ubica por ejemplo en el rango del 1% de la velocidad de rotación deseada alcanzada sin la variación. En el ejemplo representado, la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 se basa en una forma de la señal triangular. Se consideran igualmente otras formas de la señal, como por ejemplo una señal sinusoidal, una señal rectangular, una señal en rampa, etc. La variación periódica mostrada de la velocidad de rotación 26 es una forma especial de una variación cíclica de la velocidad de rotación. La característica de una variación periódica de esa clase de la velocidad de rotación 26, pero también de cualquier variación cíclica más general, de la velocidad de rotación 26 del plato de molienda 12, consiste en el hecho de que el valor medio temporal de la velocidad de rotación 26 variada da como resultado respectivamente la velocidad de rotación deseada, y en que los valores de la velocidad de rotación variada asumen o pasan una y otra vez el valor deseado de la velocidad de rotación.

Según los conocimientos del inventor, la variación de la velocidad de rotación del plato de molienda evita generalmente que se produzca un sacudimiento del molino, porque la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 evita la formación de una ondulación regular del lecho de molienda 22, tal como se muestra en la figura 2. A través de la variación de la velocidad de rotación del plato de molienda, especialmente de la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda, resulta un desplazamiento local del contorno de la onda en la superficie del lecho de molienda 22, en comparación con un estado que se regula en el caso de una velocidad de rotación no variada. La activación regular de los rodillos de molienda 24 resulta afectada de este modo, donde en cierto modo es perturbada, y no se produce ninguna resonancia. Según los conocimientos del inventor sólo es suficiente una leve variación (en el rango de 1% a 5%) para alcanzar el efecto deseado. Como resultado, el molino 10 no se sacude con tanta frecuencia, lo cual resulta conveniente en cuanto a la disponibilidad y a la libertad de la compañía operadora al diseñar el proceso. Además, el sistema mecánico del molino y el sistema mecánico de accionamiento son exigidos en menor grado.

Debido a que de este modo se reacciona frente a una estructura superficial del lecho de molienda 22, la cual resulta debido al accionamiento del plato de molienda 12, a través de una variación directamente cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12, se trata de un método para la regulación del accionamiento del molino 10.

La variación cíclica o periódica descrita de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 puede estar activa de forma permanente o ser controlada temporalmente. En el caso de una activación controlada temporalmente de la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 se considera por ejemplo que la variación de la velocidad de rotación se active respectivamente en momentos equidistantes por un lapso predeterminado o predeterminable y que después sea nuevamente desactivada.

La variación cíclica o periódica descrita de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 puede activarse también en función de un estado registrado con respecto al molino 10. Para ello se considera el hecho de que mediante un sistema de sensores 30 (figura 1) asociado a la línea de accionamiento, por tanto en particular al motor eléctrico 14, al árbol del motor 18, al mecanismo de transmisión 16 o al árbol del plato de molienda 20, o al plato de molienda 12, son registrados valores de medición 32 relevantes para la vibración, por ejemplo valores de medición 32 del par de rotación o de la velocidad de rotación. Los valores de medición 32 especialmente relevantes para la medición, en forma de valores de medición del par de rotación 32 son 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 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. En base a un valor de medición 32 de esa clase (o del patrón detectado descrito en la solicitud paralela con el número de acta interno 201312099), la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación puede activarse en caso necesario, por ejemplo siempre que un valor de medición 32 registrado supere un valor límite predeterminado o predeterminable.

Para la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12 se proporciona un dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34 (figura 1). Dicho dispositivo comprende por ejemplo un generador de señal 36 realizado en software o hardware - en el caso de una implementación del método y de sus formas de ejecución en software - un programa informático 38 y una unidad de procesamiento 40 proporcionada

para ejecutar el programa informático 38, en forma de un microprocesador o a modo de un microprocesador. El programa informático 38 está cargado en una memoria 42 del dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34.

El generador de señal 36, a través de la generación de una señal cíclica o periódica correspondiente, provoca la variación cíclica o periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda 12, donde por ejemplo una señal inicial 44 resultante, cíclica o periódica, del dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34, es combinada con un valor deseado de la velocidad de rotación 46, y la combinación de las dos señales 44, 46 (suma o resta) se suministra a un convertidor de frecuencia 48 conectado aguas arriba de forma conocida, el cual, debido a la señal de entrada 50 así obtenida, genera una respectiva tensión de suministro, en particular tensión alterna, para accionar el motor eléctrico 14. De este modo, la velocidad de rotación del motor eléctrico 14 fluctúa con la ciclicidad o periodicidad predeterminada por el dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34 y, de manera correspondiente, fluctúa también la velocidad de rotación resultante del plato de molienda 12.

Por último, en forma simplificada esquemáticamente, la representación en la figura 4 muestra que el dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34 es por ejemplo una funcionalidad parcial de un dispositivo de control 52 o similares, por tanto, de un dispositivo de control para activar el convertidor de frecuencia 48. El dispositivo de control 52, junto con el dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34 o con una implementación de software del dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34, puede comprender también otras unidades funcionales, como por ejemplo un dispositivo de regulación 54 para regular la velocidad de rotación del motor eléctrico 14 o similares. El dispositivo de control 52, el convertidor de frecuencia 48 y el motor eléctrico 14 forman juntos un sistema de accionamiento 56 para accionar el molino 10. En lugar del convertidor de frecuencia 48 o adicionalmente con respecto a un convertidor de frecuencia 48 se considera también la utilización de un mecanismo de transmisión de superposición.

Mediante el dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34, en formas de ejecución especiales del principio aquí descrito, puede seleccionarse por ejemplo la forma de la señal que se toma como base para la variación periódica de la velocidad de rotación y/o una duración 58 (figura 4) de la señal inicial 44 que se toma como base para la variación periódica de la velocidad de rotación, del dispositivo de variación de la velocidad de rotación 34.

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, donde el plato de molienda 12 puede ser accionado a través de una línea de accionamiento que comprende un motor eléctrico 14 y un mecanismo de transmisión 16, donde una velocidad de rotación del plato de molienda varía de forma cíclica, en particular periódica, para evitar un sacudimiento del molino 10, así como se indica un sistema de accionamiento 56 que trabaja según el método, con el cual una velocidad de rotación del plato de molienda 12 puede variar de forma periódica.

REIVINDICACIONES

1. Método para la regulación de accionamiento de un molino vertical (10) con un plato de molienda (12) que puede rotar alrededor de la vertical, donde el plato de molienda (12) puede ser accionado a través de un motor eléctrico (14) y una línea de accionamiento que comprende un mecanismo de transmisión (16), donde una velocidad de rotación del plato de molienda (12) varía de forma cíclica.

2. Método según la reivindicación 1, donde la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) es activada de forma controlada temporalmente en momentos en particular predeterminados o predeterminables, en particular equidistantes, por un lapso predeterminado o predeterminable.

3. Método según la reivindicación 1, donde la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) se activa como reacción frente a una fluctuación de valores de medición (32) relevantes para la vibración, en particular valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre una velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical (10) y/o valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre un par de apoyo y/o un par de accionamiento que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión (16), donde dicha fluctuación supera un valor límite predeterminado o predeterminable.

4. Método según la reivindicación 1, 2 ó 3, donde la variación cíclica de la velocidad de rotación tiene lugar en forma de una variación periódica de la velocidad de rotación y donde una amplitud y/o período de la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) aumenta o se reduce en función de una fluctuación de valores de medición (32) relevantes para la vibración, en particular valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre una velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical (10) y/o valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre un par de apoyo y/o un par de accionamiento que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión (16), donde dicha fluctuación supera un valor umbral predeterminado o predeterminable.

5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, donde la variación cíclica de la velocidad de rotación tiene lugar en forma de una variación periódica de la velocidad de rotación y donde la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) tiene lugar con un perfil sinusoidal, un perfil triangular, un perfil rectangular o un perfil en rampa.

6. Método según la reivindicación 5, donde una modificación de una forma de la señal, con la cual tiene lugar la variación periódica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) se activa en función de una fluctuación de valores de medición (32) relevantes para la vibración, en particular valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre una velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical (10) y/o valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición sobre un par de apoyo y/o un par de accionamiento que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión (16), donde dicha fluctuación supera un valor umbral predeterminado o predeterminable.

7. Método según una de las reivindicaciones precedentes, donde el motor eléctrico (14) es alimentado por un convertidor de frecuencia (48) y donde la variación cíclica de la velocidad de rotación del plato de molienda (12) tiene lugar mediante una activación correspondiente del convertidor de frecuencia (48).

8. Método según una de las reivindicaciones precedentes, donde para obtener valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de valores de medición (32) del par de rotación o de la velocidad de rotación un sistema de sensores (30) detecta una velocidad de rotación de un componente rotativo de la línea de accionamiento y/o al menos un par de accionamiento y/o un par de apoyo que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión (16).

9. Programa informático (38) con medios de código del programa para ejecutar todos los pasos de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8 cuando el programa informático (38) es ejecutado en un dispositivo de control (52) de un sistema de accionamiento (56) para un molino vertical (10).

10. Medio de almacenamiento digital con señales de control que pueden ser leídas electrónicamente, las cuales pueden interactuar con un dispositivo de control (52) programable para un sistema de accionamiento (56) para un molino vertical (10), de manera que se ejecuta un método según una de las reivindicaciones 1 a 8.

11. Sistema de accionamiento (56) para un molino vertical (10) con un plato de molienda (12) que puede rotar alrededor de la vertical, donde el sistema de accionamiento presenta

- un motor eléctrico (14);

- un convertidor de frecuencia (48) que alimenta el motor eléctrico (14) y

- un mecanismo de transmisión (16) entre el motor eléctrico (14) y el plato de molienda (12),

y donde el sistema de accionamiento según un método de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8 varía la velocidad de rotación del plato de molienda (12) de forma cíclica.

12. Sistema de accionamiento (56) según la reivindicación 11, con un sistema de sensores (30) para registrar valores de medición (32) relevantes para la vibración, en particular valores de medición (32) relevantes para la vibración en forma de un valor de medición (32) de la velocidad de rotación de un componente rotativo del molino vertical (10) o en forma de un valor de medición (32) del par de rotación sobre al menos un par de accionamiento y/o un par de apoyo que actúa en o sobre el mecanismo de transmisión (16).

13. Dispositivo de control (52) de un sistema de accionamiento (56) de un molino vertical (10) según la reivindicación 11 ó 12, con una unidad de procesamiento (40) y una memoria (42), en donde se encuentra cargado un programa informático (38) según la reivindicación 8, el cual es ejecutado durante el funcionamiento del dispositivo de control (52) por la unidad de procesamiento (40).

FIG 1

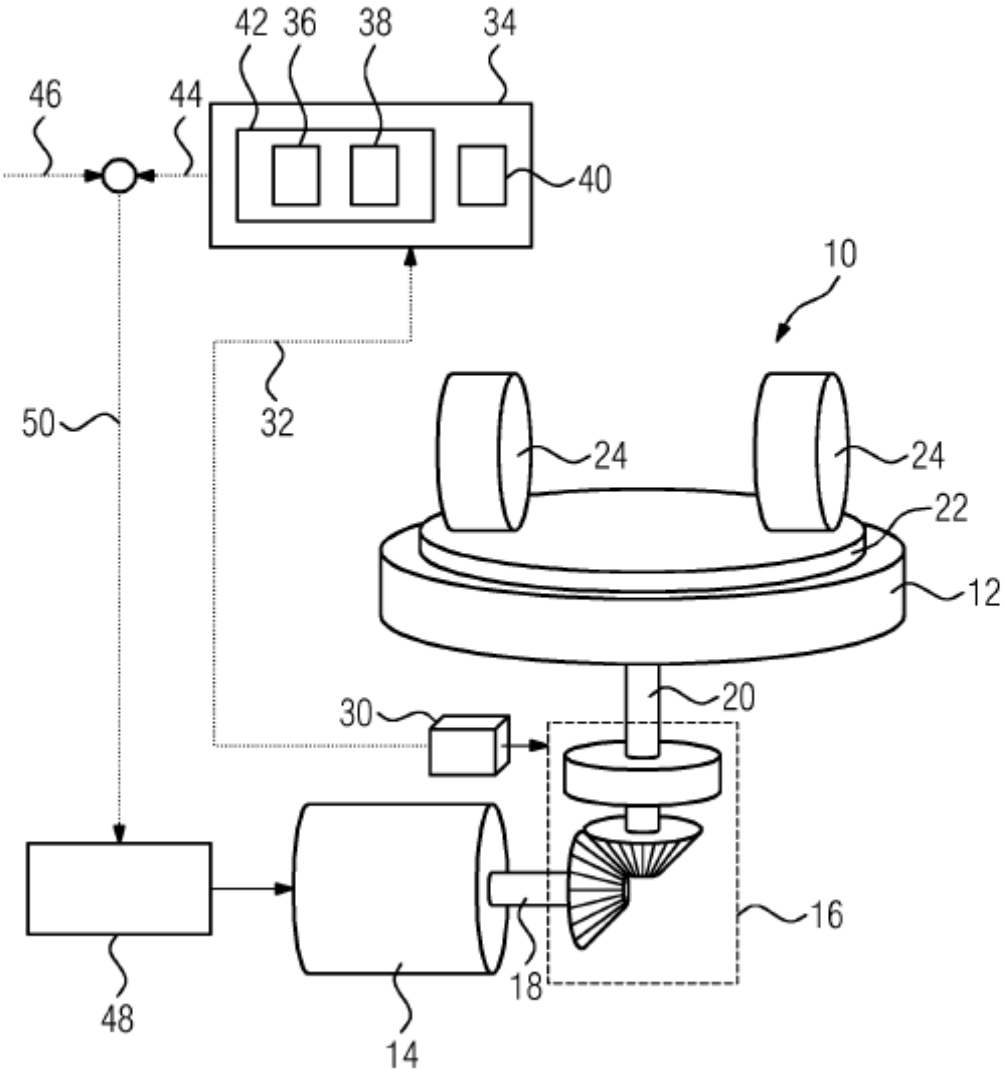

FIG 2

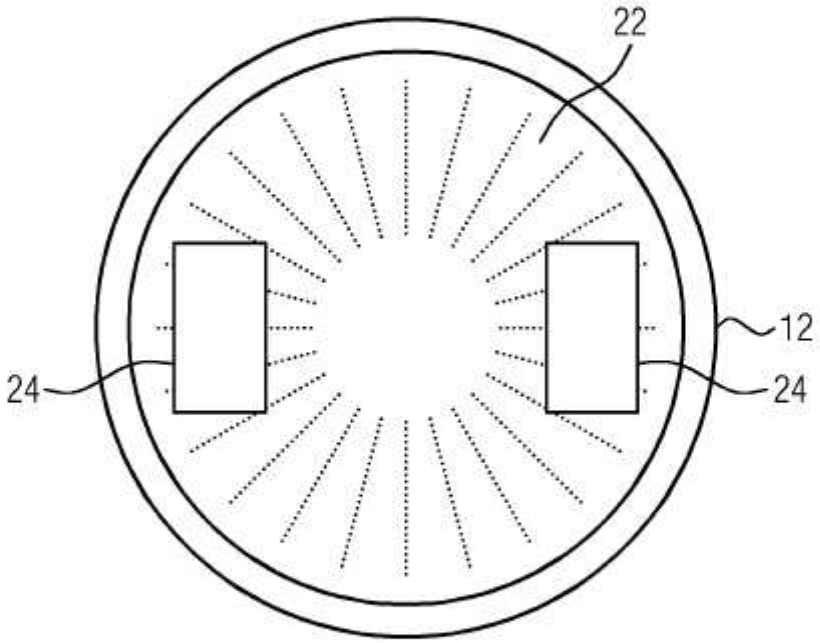

FIG 3

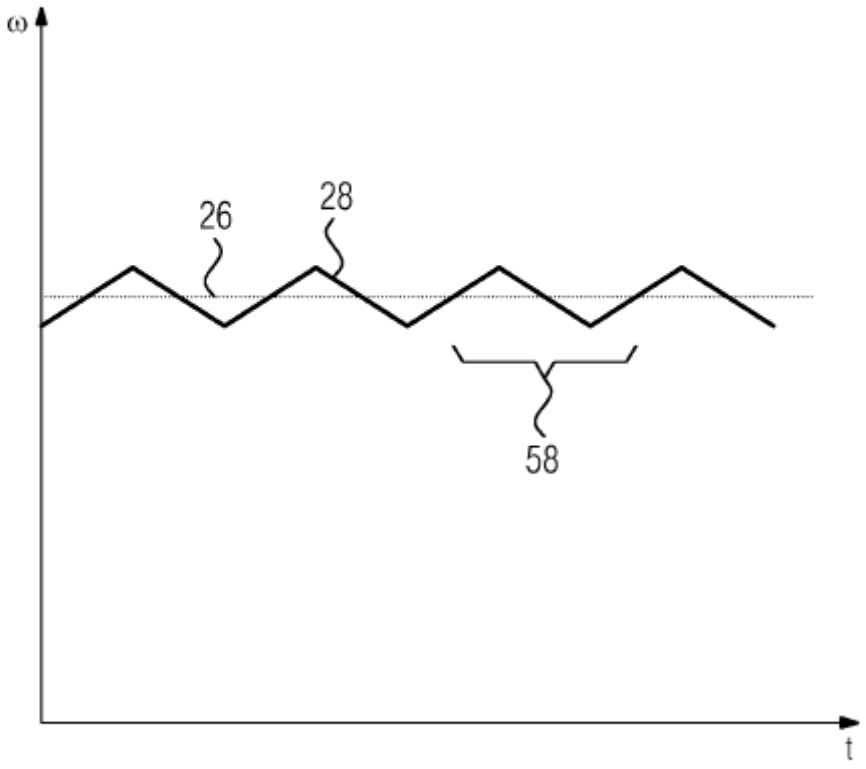
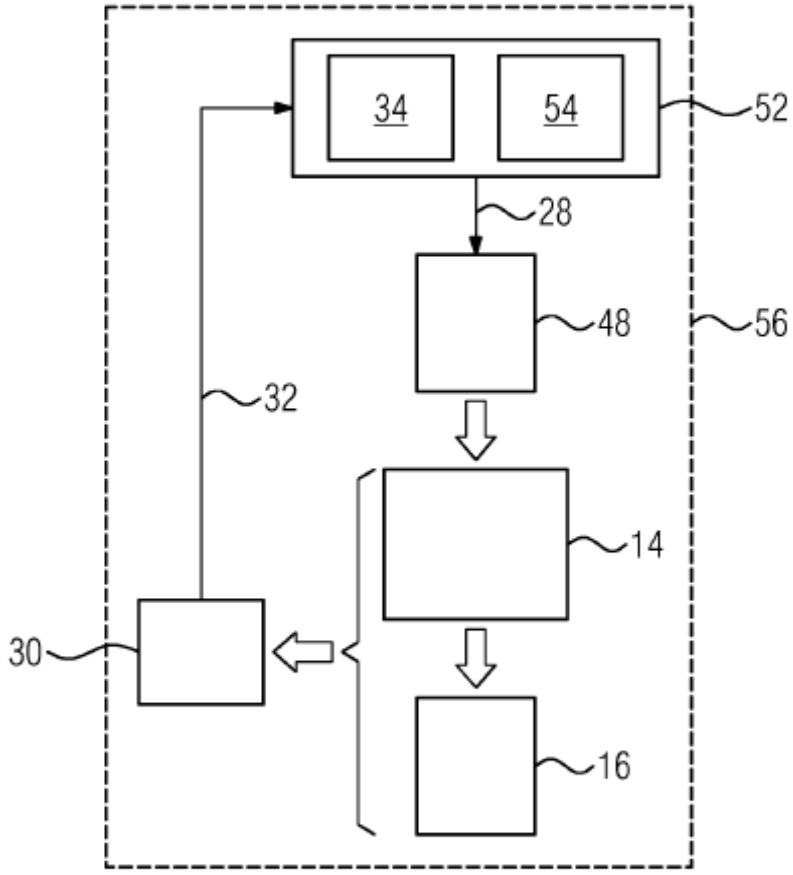
FIG 4