

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 757 748**

51 Int. Cl.:

G01D 5/12 (2006.01)
G01M 1/30 (2006.01)
G01M 1/36 (2006.01)
G01D 5/26 (2006.01)
G01D 5/244 (2006.01)
G01D 5/347 (2006.01)
G01M 1/22 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.09.2016** E 16189596 (6)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.08.2019** EP 3171135

54 Título: **Dispositivo de medición angular y método para el funcionamiento de un dispositivo de medición angular**

30 Prioridad:

23.11.2015 DE 102015223061

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

30.04.2020

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)
Dr.-Johannes-Heidenhain-Str. 5
83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**JOACHIMSTHALER, INGO y
GEISLER, THOMAS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 757 748 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de medición angular y método para el funcionamiento de un dispositivo de medición angular

5 CAMPO DE LA TÉCNICA

La presente invención hace referencia a un dispositivo de medición angular así como a un método para el funcionamiento de un dispositivo de medición angular. En general el dispositivo de medición angular está concebido para generar informaciones relativas a un desequilibrio del eje medido por el dispositivo de medición angular.

10 ESTADO DE LA TÉCNICA

Los dispositivos de medición angular para el registro de la posición del ángulo de un eje son muy habituales en el campo de la tecnología de automatización y de las máquinas herramientas. Por ejemplo son implementados para determinar los valores de posición en accionamientos regulados, que requieren una electrónica conectada, por ejemplo una regulación numérica, para calcular los valores nominales para circuitos reguladores, con los cuales es controlado el accionamiento (p.ej. el avance de una herramienta o de una pieza). Entre el eje del dispositivo de medición y el eje de la máquina se establece a la vez una conexión mecánica rígida, de manera que el movimiento del eje de la máquina es transmitido al eje del dispositivo de medición. Para la determinación del ángulo de rotación del eje a medir, los dispositivos de medición angular incluyen un patrón de medida, generalmente a modo de un disco de códigos, que tiene aplicada una estructura de graduación cuyo muestreo permite la determinación de la posición angular del eje. En esto se utilizan tanto principios de muestreo ópticos, magnéticos o también inductivos. Esta medición de ángulos puede estar basada en principios de medición incrementales y/o absolutos.

25 Hoy día son utilizados preferentemente dispositivos de medición angular que, independientemente de que el principio de medición utilizado sea absoluto o incremental o sea tanto absoluto como incremental, genera valores angulares que son transmitidos desde interfaces de datos digitales generalmente seriales desde el dispositivo de medición de posicionamiento a la electrónica conectada.

30 Especialmente en el caso de que el accionamiento, del que se debe medir la posición angular del eje mediante un dispositivo de medición angular, mueve grandes cargas, como por ejemplo el accionamiento de un eje de una mesa giratoria en una máquina herramienta, o si se requiere revoluciones altas, como p. ej. en un husillo de una máquina herramienta, es importante que la masa movida por el accionamiento referido al eje rotativo del eje no presente desequilibrio.

35 Las patentes WO 2009/156094, DE 198 13 881 A1, DE 195 39 633 A1 y DE 41 04 694 A1 describen sistemas de equilibrado electromecánicos. Para la determinación del desequilibrio se necesitan sensores diferenciados para el registro de las revoluciones y de las oscilaciones causadas por el desequilibrio. Las señales de los sensores se evalúan de forma descentralizada.

40 La patente EP 2 719 499 A1 también describe la determinación del desequilibrio en máquinas. Propone disponer un dispositivo de medición de desequilibrio en un bastidor de la máquina fijo o de movimiento lineal.

La patente EP 2 944 966 A1 describe un sensor de vibración, basado en la medición de la posición de un bloque de masa móvil.

45 La patente DE 31 53 754 C2 propone un método para el control de un dispositivo de equilibrio de ruedas basado en la medición de ángulos. También en este caso la determinación del desequilibrio es independiente de la medición angular.

50 La patente DE 10 2013 209004 A1 se refiere al equilibrado de un eje. Se utilizan varios sensores, ubicados en diferentes puntos de la máquina.

COMPENDIO DE LA INVENCION

55 Es objeto de la presente invención, crear un dispositivo que genera de manera sencilla una información sobre el desequilibrio de un eje o de una parte de una máquina accionada por un eje.

El objeto se resuelve mediante un dispositivo de medición angular según reivindicación 1. Detalles ventajosos de un dispositivo de medición angular de este tipo resultan de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 1.

Se propone un dispositivo de medición angular que abarca

- 60
- una carcasa,
 - una unidad de registro de posición para la generación de valores angulares que especifican el ángulo de posicionamiento de un eje referido a su posición de referencia,
 - una unidad de interfaz para las comunicaciones con una electrónica conectada a través de un canal de transmisión de datos,
- 65

en donde el dispositivo de medición angular además incluye:

- al menos un sensor de desequilibrio, que genera una señal de desequilibrio a partir de las desviaciones correspondientes al desequilibrio del eje,
- una unidad de evaluación de desequilibrio que genera valores de desequilibrio a partir de la señal de desequilibrio, así como
- una unidad de procesamiento de señales, que genera información de desequilibrio a partir de los valores angulares y del desequilibrio que son transmitidos a través de la unidad de interfaz a la electrónica conectada.

Además, la presente invención tiene por objeto presentar un método mediante el que se puede generar una información acerca del desequilibrio de un eje o de la parte de una máquina accionada por un eje. Este objeto se resuelve mediante un método para el funcionamiento de un dispositivo de medición angular objeto de la invención según reivindicación 9.

Detalles ventajosos de un método de este tipo resultan de las reivindicaciones dependientes de la reivindicación 9. Se reivindica en la presente un método para el funcionamiento de un dispositivo de medición angular, objeto de la invención, en donde

- a partir de la unidad de registro de posición se generan valores angulares, que especifican el ángulo de posicionamiento del eje con respecto de la posición de referencia,
- a partir de la unidad de registro de desequilibrio se generan valores de desequilibrio a partir de la señal de desequilibrio de al menos un sensor de desequilibrio, que son un indicador de las desviaciones del eje debidas al desequilibrio y
- los valores angulares y los de desequilibrio son enviados a la unidad de procesamiento de señales, la que de acuerdo a los valores angulares y los valores de desequilibrio genera la información de desequilibrio, que abarca al menos la posición de fase de la señal de desequilibrio referida a la posición de referencia así como la amplitud de la señal de desequilibrio.

Se ha mejorado así un dispositivo de medición angular que generalmente ya se encuentra a disposición para la medición angular de un eje, para la generación de información de desequilibrio. El dispositivo de medición angular conforma así un sistema cerrado para la determinación del desequilibrio.

Ventajas adicionales, así como detalles de la presente invención resultan de la siguiente descripción sobre la base de los dibujos.

DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Muestran

- La figura 1a el diseño mecánico del dispositivo de medición angular objeto de la invención,
- la figura 1b el diseño mecánico de un modo de realización opcional de un dispositivo de medición angular objeto de la invención,
- la figura 2 un diagrama de bloques de un dispositivo de medición angular objeto de la invención,
- la figura 3 un diagrama de señales para la generación temporizada de valores de desequilibrio,
- la figura 4 un diagrama de señales para la generación de valores de desequilibrio en función de la posición,
- la figura 5 un diagrama en bloque de un primer diseño de una unidad de procesamiento de información para la generación de una información de desequilibrio y
- la figura 6 un diagrama de bloque en un diseño opcional de una unidad de procesamiento de información para la generación de una información de desequilibrio.

DESCRIPCIÓN DE UN MODO DE REALIZACIÓN

La figura 1a muestra el diseño mecánico del dispositivo de medición angular objeto de la invención, montado a un eje 30 de una máquina. En este ejemplo de realización, la máquina es una mesa rotativa 32 de una máquina herramienta. En general, los dispositivos de medición angular objeto de la invención son aplicables cuando en una máquina es necesario registrar y cuantificar el desequilibrio de un eje o de una parte de una máquina accionada por un eje.

Otros ejemplos de aplicación de dispositivos de medición angular objeto de la invención son rectificadoras, tornos y husillos de máquinas herramienta.

El eje 30 de la mesa rotativa 32 se encuentra montado mediante un rodamiento de carga 34 de manera que pueda rotar con respecto a una bancada de la máquina (no representada). Cada carga asimétrica de la mesa rotativa 32 lleva a un desequilibrio, que provoca pequeñas desviaciones de la parte del rodamiento de carga 34 que rota con el eje 30 (y también del propio eje 30) respecto de la parte fija del rodamiento 34, montada en la bancada.

5 El dispositivo de medición angular presenta una carcasa 10, montada a la bancada de la máquina. Un eje 12 del dispositivo de medición angular se encuentra montado en la carcasa 10 de manera que pueda girar mediante un rodamiento 11 y se conecta mecánicamente de forma rígida al eje 30 de la mesa rotativa 32. Para esto se prevén medios de unión apropiados 33. Por ejemplo pueden unirse mediante atornillado. También puede preverse un elemento de acoplamiento que posibilite una conexión lo suficientemente rígida para transmitir las desviaciones del eje 30 también al eje 12. El eje 12 forma de esta manera prácticamente una prolongación del eje 30.

10 La parte fija del rodamiento 11 con respecto al eje 12 se encuentra unida mecánicamente de manera flexible a la carcasa 10 en dirección axial y radial mediante un acople 13 (representado simbólicamente). Para esto el acoplamiento 13 puede incluir elementos amortiguadores y/o muelles. La conexión mecánica flexible permite una desviación de desequilibrio del rodamiento 11 frente a la carcasa 10. En cambio en sentido de la torsión el acople 13 es de construcción rígida, permitiendo así una medición angular precisa.

15 Un patrón de medición 14 con un escala de medición 15 dispuesta radialmente alrededor del eje de rotación común de los ejes 12 y 30, se encuentra conectado a su vez al eje 12 de manera que no pueda girar, de manera que la rotación de la mesa rotativa 32, o su eje 30, desencadena una rotación del patrón de medición 14.

20 En un modo de realización opcional, la estructura de medición 14 también podrá estar unida de manera que no pueda girar directamente con el eje 30. El eje 12, el rodamiento 11 así como los medios de conexión 33 del dispositivo de medición angular podrían omitirse en tal caso.

La escala de medición 15 incluye una o varias marcas graduadas, que dependiendo del principio de funcionamiento del dispositivo de medición angular, se encuentran realizadas con codificación incremental y/o absoluta.

25 Las marcas graduadas incrementales constan de una secuencia regular de códigos, de cuya exploración resultan señales de posición generalmente sinusoidales. La determinación de la posición resulta del recuento de períodos de señales y de fracciones de períodos de señales (interpolación) y por esto es esencialmente relativo. Para poder establecer un referente absoluto, generalmente se prevé una marca de referencia. Esta puede estar dispuesta en una marca graduada separada o integrada en una marca incremental. El sobrepaso de la marca de referencia permite la asignación de un valor real del ángulo.

30 Las marcas graduadas absolutas pueden estar codificadas en paralelo (p.ej. Gray-Code –en valores de grises-) o en serie (p.ej. chain code –cadena de códigos-, pseudo-random-code –códigos pseudo-aleatorios). De su muestreo resultan las señales de posición, que contienen la posición angular inmediata.

35 Puesto que las marcas graduadas incrementales permiten una mayor resolución del ángulo que las absolutas, en los dispositivos de medición angulares se presentan tanto marcas de codificación graduadas incrementales como absolutas. Aquí, la posición absoluta es obtenida a partir de la exploración de la marca graduada codificada absoluta (posición aproximada) y la resolución del valor del ángulo es mejorada escaneando la marca graduada incremental (posición fina). Mediante esta disposición se puede prescindir de una marca de referencia.

40 El principio físico de exploración en el que se basa el dispositivo de medición angular es irrelevante para la presente invención. Por ejemplo puede ser utilizado un modo de muestreo óptico, magnético, capacitivo o inductivo.

45 Según el objeto de la invención, en la carcasa 10 del dispositivo de medición angular se presenta al menos un sensor de desequilibrio 20, con el que se pueden medir las desviaciones de desequilibrio del eje 12 del dispositivo de medición angular y con esto el eje 30 de la mesa rotativa. Puede ser diseñado como sensor de aceleramiento que registra las desviaciones del eje 12 de una dirección de medición X.

50 Especialmente cuando se mueven grandes masas con la mesa giratoria, la disposición del sensor de desequilibrio 20 no es crítica, dado que con el eje giratorio 30 todos los componentes del sistema comienzan a vibrar debido al desequilibrio.

55 Sin embargo, resulta especialmente ventajoso si el sensor de desequilibrio 20 está conectado mecánicamente de forma rígida a la parte estacionaria del rodamiento 11, ya que en este caso es de esperar que se produzca la mayor desviación. En el presente ejemplo, el sensor de desequilibrio 20 está dispuesto en una placa de circuito impreso 22, la cual a su vez se encuentra montada directamente a la parte estática del rodamiento 11. De esta manera el sensor de desequilibrio 20 se encuentra acoplado mecánicamente de manera rígida en sentido radial mediante la placa de circuito impreso 22 y el rodamiento 11 al eje 12. Desviaciones del eje 12 de esta manera también provocan desviaciones del sensor de desequilibrio 20.

60 Resulta especialmente ventajoso si se disponen dos sensores de desequilibrio 20, cuyas direcciones de medición X, Y se hallan dispuestos de manera ortogonal entre sí en el plano de rotación del patrón de medición 14. En este caso se obtienen dos señales de desequilibrio en gran parte sinusoidales con desplazamiento de fase de 90° entre sí, que pueden considerarse como las partes reales e imaginarias de una función compleja y que pueden ser evaluados con

especial facilidad por circuitos interpoladores, que se utilizan para la evaluación de señales de posición de dispositivos de medición de posición incrementales, según la magnitud y el ángulo de fase.

5 Si además se quiere detectar una oscilación adicional del eje 12 causada por el desequilibrio, se puede prever otro sensor de desequilibrio 20 que mide las desviaciones en una dirección de medición Z perpendicular al plano de rotación y, por lo tanto, paralelo al eje de rotación del eje 12.

10 Los sensores de desequilibrio 20 pueden ser componentes individuales dispuestos en la placa de circuito impreso 22. Sin embargo, es especialmente ventajoso que un componente contenga al menos dos sensores de desequilibrio 20 para detectar el desequilibrio en las direcciones de medición X, Y, Z.

Desde el punto de vista constructivo resulta una construcción simple si los sensores de desequilibrio 20 son realizados con tecnología SMD.

15 En la placa de circuito impreso 22 se pueden disponer, de manera total o parcial, componentes de conmutación eléctrica, p.ej. componentes para el procesamiento de señales (digitales y/o analógicos), así como para la transmisión de datos/señales a una electrónica acoplada. Además en la placa de circuito impreso 22 se puede disponer, de manera total o parcial, una unidad de exploración 24, para la generación de señales de posición mediante muestreo de la escala de medición 15.

20 Opcionalmente se puede montar la placa de circuito impreso 22 en la carcasa 10 y que al menos un sensor de desequilibrio 20 se encuentre fijado a la parte fija del rodamiento 11. Para la conexión del sensor de desequilibrio 20 a la placa de circuito impreso 22 debería preverse un cable. La forma de realización presentada resulta especialmente ventajosa en cuanto a la técnica de fabricación dado que los costes del cableado dentro de la carcasa 10 se minimizan.

La figura 1b muestra el diseño mecánico de una realización opcional de un dispositivo de medición angular objeto de la invención. Los componentes ya descritos en figura 1a llevan el mismo número de referencia.

30 En este ejemplo, el sensor de desequilibrio 200 es un sensor de desplazamiento 200, con el que se puede medir una distancia d entre las respectivas posiciones de referencia, una asociada a la carcasa 10 del dispositivo de medición angular y una posición de referencia asociada al eje 12. En el ejemplo, el sensor de desplazamiento 200, dispuesto en la placa de circuito impreso 22, mide la distancia d respecto a un plano de referencia 201 de la carcasa 10. Opcionalmente, el sensor de recorrido también podría estar conectado a la carcasa 10 y medir directamente la distancia al eje 12 o al patrón de medida 14. Superficies apropiadas podrían en este caso conformar el plano de referencia.

35 La medición de la distancia en el sensor de recorrido 200 puede estar basada en cualquier principio de medición, por ejemplo en el óptico, magnético, capacitivo o inductivo.

40 Dado que el acople 13 permite una desviación del eje 12 con respecto a la carcasa 10, la distancia d es una medida del desequilibrio. De manera análoga a las señales de desequilibrio de un sensor de aceleración, la distancia d presenta un recorrido sinusoidal y presenta una duración de ciclo que se corresponde con un giro del eje 12.

45 Para este ejemplo también vale que resulta especialmente ventajoso prever dos sensores de recorrido 200 para las direcciones de medición X, Y o hasta tres sensores 200 para las direcciones de medición X, Y, Z.

50 La figura 2 muestra un diagrama de bloques de un dispositivo de medición angular objeto de la invención. Las unidades de funcionamiento centrales del dispositivo de medición angular son: una unidad de registro de posición 50, una unidad de registro de desequilibrio 60, una unidad de procesamiento de señales 70 así como una interfaz 80. La unidad de registro de posición 50 presenta un diseño apropiado para generar valores de ángulos φ digitales, que especifican la posición del ángulo del eje 12, y también del eje 30, con respecto a una posición de referencia. Para esto presenta la asociación del patrón de medición 14 con una escala de medición 15 y la unidad de muestreo 24 para su exploración. Además, la unidad de registro de posición 50 incluye una unidad de evaluación de posición 52 para la creación del valor angular digital φ de las señales de exploración de la unidad de muestreo 24.

55 En función de los pasos de método necesarios para procesar las señales de exploración de la unidad de muestreo 24 a valores angulares φ , la unidad de procesamiento de posiciones 52 abarca distintas unidades de funcionamiento, que realizan los pasos del proceso como la potenciación, la corrección de señales (corrección Offset, de amplitud, de fases), la interpolación, el recuento de períodos de subdivisión, la conversión A/D, etc.

60 En el marco de la presente invención, los valores angulares φ pueden abarcar un valor absoluto, que especifica la posición angular con una mayor definición del dispositivo de medición angular. En paralelo al valor absoluto, pueden medirse además señales de recuento, resultantes de la exploración de la división incremental, y transferirse como parte del valor angular φ . En las señales de recuento se trata generalmente de dos señales rectangulares desfasadas en 90°. Otra opción es transmitir un valor absoluto de la medición de ángulo como valor de ángulo φ ,

que resulta del muestreo de una marca graduada absolutamente codificada (posición aproximada), así como señales de recuento, que resultan del muestreo de una división incremental y que se pueden utilizar para generar la posición fina, por ejemplo con un contador.

5 La generación de valores angulares φ en la unidad de registro de posición 50 puede producirse de manera continua o únicamente a requerimiento de la unidad de procesamiento de señales 70. Son posibles también formas mixtas, de manera que por ejemplo los valores absolutos son generados únicamente a requerimiento y las señales de recuento se transmiten continuamente. Para la transmisión de las respectivas señales de control, especialmente de un comando de requerimiento de posición P_RQ, a la unidad de registro de posiciones 50, así como de los valores angulares φ a la unidad de procesamiento de señales 70, se prevén conductores de señales 54.

10 La unidad de registro de desequilibrio 60 tiene la función de generar valores de desequilibrio u discretos, que equivalen a los valores del momento de la señal de desequilibrio, generado por al menos un sensor de desequilibrio 20 y que corresponda a una medición de la desviación causado por el desequilibrio de los ejes 12, 30. Abarca al menos un sensor de desequilibrio 20 así como una unidad de análisis de desequilibrio 62.

15 El sensor de desequilibrio 20 genera con la rotación del eje 12 del dispositivo de medición angular (y con esto del eje 30 de la mesa rotativa 32) una señal de desequilibrio dependiente del desequilibrio de los ejes 12, 30, especialmente de la masa movida por el eje 30. Este, con revoluciones constantes del eje 12, es generalmente sinusoidal, en donde un giro de los ejes 12 corresponde a un período de señal de la señal de desequilibrio.

20 La señal de desequilibrio es dirigida a la unidad de análisis de desequilibrio 62, en la que a través de la señal de desequilibrio analógica se pueden generar valores de desequilibrio digitales u. Para esto la unidad de análisis de desequilibrio 62 puede abarcar un filtro de paso bajo para la limitación del ancho de banda de la señal de desequilibrio y para filtrar las partes de la señal de alta frecuencia que se superponen a la señal pura de desequilibrio, así como un convertidor analógico-digital para la digitalización de la señal analógica. Preferentemente será utilizado un convertidor sigma-delta.

25 Para la transmisión de señales de control a la unidad de registro de desequilibrio 60 especialmente de la orden de requerimiento de desequilibrio U_RQ, para iniciar la generación de valores de desequilibrio y para transmitir los valores de desequilibrio u a la unidad de análisis de señales 70, están previstos conductores 64 apropiados.

Los valores de desequilibrio se pueden generar en función del tiempo o de la posición.

30 En la unidad de análisis de señales 70, los valores angulares φ y los valores de desequilibrio u se transforman en una información de desequilibrio I, que permite el equilibrado del aparato en el que se utiliza el dispositivo de medición de ángulos. En el marco de la presente invención, la información de desequilibrio I incluye al menos una información sobre la posición de fase de la señal de desequilibrio con respecto a la posición angular del eje medido 30 así como la amplitud de la señal de desequilibrio. Puesto que la amplitud de la señal de desequilibrio presenta una relación con las revoluciones del eje, la información de desequilibrio I también puede abarcar el número de revoluciones del eje. Esto es válido especialmente si para la determinación de la información de desequilibrio no se especifica un número de revoluciones definido.

35 Para poder sincronizar las secuencias en el dispositivo de medición angular y para poder ejecutarlas en una matriz temporal exacta, en el dispositivo de medición angular se prevé un generador de pulsos de reloj 72, que genera una señal de pulso de reloj CLK que sirve como base temporal. Por lo tanto la señal de pulso de reloj CLK puede ser enviada a la unidad de registro de posición 50, a la unidad de registro de desequilibrio 60, a la unidad de procesamiento de señales 70 y a la unidad de interfaz 80.

40 La unidad de interfaz 80 posibilita comunicaciones con la electrónica conectada 100. En especial la unidad de interfaz 80 recibe comandos y dado el caso datos de la electrónica conectada 100 y transmite información de salida a la electrónica conectada 100. Son parte de la información de salida además de la información de desequilibrio I también por ejemplo valores angulares φ , que son requeridos por la electrónica conectada 100 mediante un comando de requerimiento de posición. Preferentemente la unidad de interfaz 80 es apropiada para la transmisión serial de datos, en donde la transmisión de datos puede ser realizada, dependiendo del principio físico de transmisión, a través de conductos eléctricos, fibra óptica o de forma inalámbrica.

45 La conexión física entre la interfaz 80 y la unidad de interfaz correspondiente (no representada) de la electrónica conectada 100, se realiza mediante un canal de transmisión de datos 82. El canal de transmisión de datos 82 abarca todos los componentes necesarios para permitir el intercambio de datos entre la unidad de interfaz 80 del dispositivo de medición angular y la unidad de interfaz de la electrónica conectada 100, como p.ej. componentes convertidores de señales, receptores/transmisores de datos, redes (eléctricas, ópticas,...), conectores, etc.

50 La figura 3 presenta un diagrama de señales para la generación temporizada de valores de desequilibrio. En la parte superior se representa la trayectoria del ángulo de rotación de los ejes 12, 30 a velocidad constante. Partiendo de una posición de referencia, al que le corresponde el valor angular 0° , el valor angular φ dentro del período de tiempo

T, que se corresponde con el período de tiempo que tarda el eje 30 para un giro, aumenta linealmente de 0° a 360° y vuelve luego a 0°. El salto aquí representado es sólo el resultado de la representación seleccionada y no es un salto en el sentido matemático. De hecho, los valores angulares φ responden a una función continua.

5 La parte inferior de la figura 3 muestra el transcurso de la señal de desequilibrio, registrada por el sensor de desequilibrio 20. La señal de desequilibrio $u(t)$ es en gran medida sinusoidal a velocidad constante y presenta la duración de período T, que se corresponde con el tiempo de giro del eje 30. La representación elegida sirve únicamente a la interpretación y muestra el transcurso idealizado de la señal de desequilibrio $u(t)$. De hecho, en la práctica se sobreponen interferencias a la señal de desequilibrio $u(t)$, resultantes de vibraciones y aceleraciones de otros causantes que el desequilibrio del eje 30.

15 La unidad de procesamiento de señales 70 inicia entonces durante intervalos regulares los valores de desequilibrio u y también los valores angulares φ , siempre y cuando estos no se generen continuamente. Los valores de desequilibrio u y los valores angulares φ son almacenados para un posterior procesamiento. Los intervalos son determinados por el índice de muestreo (frecuencia de muestreo), que según el teorema de muestreo de Nyquist-Shannon deberán duplicar la frecuencia máxima esperable de la señal explorada, para poder recomponer en el procesamiento posterior la señal original a partir de los valores discretos. En el presente caso la señal de desequilibrio $u(t)$ presenta la frecuencia de rotación del eje 30. Bajo la condición de que el ancho de banda de la señal de desequilibrio $u(t)$ se encuentre limitado a la frecuencia de rotación máxima esperable del eje 30, por ejemplo mediante la utilización de un filtro de paso bajo, esto significa que el índice de muestreo debe sumar más del doble de la frecuencia de rotación del eje 30, para que la señal de desequilibrio $u(t)$ pueda ser reconstruida a partir de los valores discretos de desequilibrio. Sin embargo en la práctica en lugar del índice de muestreo menor teóricamente posible, generalmente se elige un índice de muestreo mayor para, en el mayor número de revoluciones registrable por rotación del eje 30, disponer de valores suficientes para el posterior procesamiento de señales, especialmente para poder lograr una supresión de ruido e interferencia elevada. Con ello es conveniente, pero no necesario, registrar los valores de desequilibrio u y valores angulares φ simultáneamente y almacenarlos para su posterior procesamiento.

30 En el ejemplo de la figura 3 en los momentos t_0 a t_7 se generan y registran los valores de desequilibrio u_0 a u_7 así como valores angulares φ_0 a φ_7 . En general, esto significa que se registran al momento t_i los valores de desequilibrio u_i y los valores angulares φ_i respectivamente. Con esto, la unidad de procesamiento de señales 70 tiene a su disposición pares de valores con los que puede calcular la información de desequilibrio I . En concreto se puede determinar la posición de fase de la señal de desequilibrio $u(t)$ referida al punto de referencia de la medición angular y con esto de los valores angulares, en los que la señal de desequilibrio $u(t)$ presenta un máximo u_{max} y/o un mínimo u_{min} , así como la amplitud de la señal de desequilibrio $u(t)$. La información de desequilibrio I a su vez puede ser transmitida mediante la unidad de interfaz 80 y el canal de transmisión de datos 82 a la electrónica conectada 100 y allí por ejemplo puede ser utilizada para el equilibrado de la mesa rotativa 32.

40 Para evitar generar demasiados valores de desequilibrio u_i por rotación del eje 12 en las revoluciones bajas, se puede prever adaptar el índice de muestreo al número de revoluciones.

45 La figura 4 muestra un diagrama de señales durante la generación de señales de valores de desequilibrio u . En la parte superior se representa nuevamente el recorrido del ángulo de giro de los ejes 12, 30 con revoluciones constantes, la parte inferior muestra la trayectoria de la señal de desequilibrio registrada por el sensor de desequilibrio 20, dependiente del valor angular φ .

50 La unidad de procesamiento de señales 70 inicia la generación de valores de desequilibrio para posiciones angulares definidas del eje 30. En el ejemplo, los valores de desequilibrio u_0 a u_{11} son generados con valores angulares de φ_0 a φ_{11} (en términos generales valores de desequilibrio u_i con valores angulares φ_i), donde la distancia angular de dos valores angulares sucesivos es de 45°. Para el registro detallado de los valores angulares φ_i , con los que se generan los valores de desequilibrio u_i , existen varios métodos ventajosos:

- La unidad de registro de posición 50 genera en intervalos cortos, ya sea autorregulado o a requerimiento de la unidad de procesamiento de señales 70, valores angulares actuales φ y los transmite a la unidad de procesamiento de señales 70. Esta calcula a partir de dos o más valores angulares consecutivos φ , p.ej. por extrapolación, el momento en el que se alcanza el valor angular φ_i , en el que se deberá generar el valor de desequilibrio u_i e inicia en ese momento la generación del valor de desequilibrio u_i .
- La unidad de registro de posiciones 50 genera continuamente valores angulares φ actualizados y transmite el valor angular actual φ correspondiente a la unidad de procesamiento de señales 70. Esta inicia la generación de valores de desequilibrio u_i para cambios de bits definidos de los valores de ángulo φ . Preferentemente se elegirán cambios de bits (es decir cambio de valor de un bit de 1 a 0 o de 0 a 1) de bits individuales de valores angulares φ , dado que de esta manera se obtiene automáticamente una distribución homogénea de los valores de desequilibrio u_i a través de un giro del eje 12.

65

- Si se transmiten valores de recuento como parte de los valores angulares φ , se puede utilizar estos (p. ej. mediante procesamiento de flancos de señal), para iniciar la generación de valores de desequilibrio u_i . Para reducir la cantidad de valores de desequilibrio u_i , se pueden contar las señales de recuento mediante un contador y generar únicamente un valor de desequilibrio u_i en cada cambio de bit. También en esto es ventajoso utilizar únicamente un único bit de la salida del contador.

En este método, los valores de desequilibrio u_i no son dependientes del tiempo sino del ángulo de giro. Es por esto que la señal de desequilibrio también puede ser representada en función del ángulo de rotación φ del eje 12 y presenta exactamente un período de señal por cada rotación del eje 12.

La generación controlada por posición de valores de desequilibrio es especialmente ventajosa, porque independientemente del número de revoluciones o de una aceleración, en cada rotación del eje 30 se genera la misma cantidad de valores de desequilibrio. Debido a la correspondencia definida de valor angular - valor de desequilibrio, también la información de fases de la información de desequilibrio I puede ser extraída de los valores de desequilibrio.

Independientemente si la generación de valores de desequilibrio se realiza controlada por tiempo o por posicionamiento, la unidad de procesamiento de señales 70 cuenta a su disposición con series de valores angulares y valores de desequilibrio para la generación de información de desequilibrio I mediante métodos digitales de procesamiento de señales.

La figura 5 muestra un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento de señales 70 para la formación de información de desequilibrio I de series de valores angulares φ_i y de valores de desequilibrio u_i , suministrados de manera temporizada por la unidad de registro de posiciones 50 y por la unidad de registro de desequilibrio 60. Abarca una unidad de determinación de revoluciones 74, una unidad de filtro 76 y una unidad de evaluación 78.

La unidad de determinación de revoluciones 74, a la que se transmiten los valores angulares φ_i , determina a partir de los valores angulares φ_i la frecuencia de rotación $\omega(t)$ del eje 12. Este se encuentra asociado a la unidad de filtro 76, realizada como paso de banda adaptativo, cuya frecuencia de paso puede ser regulada a la frecuencia de rotación $\omega(t)$ del eje 12.

Independientemente si en el al menos un sensor de desequilibrio 20 se trata de un sensor de aceleramiento, un sensor de recorrido o un sensor alternativo, apto para la medición de desequilibrio, a la señal de desequilibrio $u(t)$ siempre se superponen señales de ruido, de causantes distintos al desequilibrio del eje 12. La unidad de filtrado 76, calibrada a la frecuencia de rotación $\omega(t)$ del eje 12, filtra los valores de desequilibrio u_i suministrados, que representan la señal de desequilibrio $u(t)$ y genera una serie de valores filtrados de desequilibrio w_i , los que a su vez representan una señal filtrada de desequilibrio $w(t)$.

Como opción a un paso de bandas, la unidad de filtrado 76 puede ser diseñada adecuadamente para calcular los valores filtrados de desequilibrio w_i o la señal filtrada de desequilibrio $w(t)$, p.ej. mediante una transformada de Fourier, una transformada rápida de Fourier (FFT) o mediante otros métodos de procesamiento de señales, que funcionan como un filtro de paso de banda estrecha.

Los valores de desequilibrio filtrados w_i y los valores angulares φ_i son transmitidos a la unidad de evaluación 78, que genera la información de desequilibrio I a partir de ellos. Para esto la unidad de evaluación 78 determina a partir de los valores de desequilibrio filtrados w_i la amplitud de la señal de desequilibrio filtrada $w(t)$, así como su posición de fase con respecto a la posición angular del eje 12, representado por los valores angulares φ_i .

Además se puede transmitir a la unidad de evaluación 78 la frecuencia de rotación $\omega(t)$. Esta puede complementar la información de desequilibrio I, de manera que para el equilibrado del eje 30 de la mesa rotativa 32 o en general de la máquina a equilibrar, también se puede tener en cuenta la dependencia de las revoluciones de la amplitud de la señal de desequilibrio $u(t)$.

Por otro lado, en un caso muy simplificado, puede prescindirse completamente de la unidad de determinación de revoluciones 74, si la información de desequilibrio I se determina siempre a la misma velocidad. Esta por ejemplo puede estar dada por la electrónica asociada 100. En este caso, la unidad de filtrado 76 no debe ser diseñada adaptativa, sino debe ser regulada con una cantidad predeterminada de revoluciones.

Puesto que todos los componentes necesarios para la determinación de la información de desequilibrio I se encuentran dispuestos en el dispositivo de medición angular, en el fabricante, por ejemplo en el curso del proceso de calibración al finalizar el proceso de fabricación, se pueden determinar valores de corrección y almacenarlos, y ser considerados durante el funcionamiento del dispositivo de medición angular para la determinación de información de desequilibrio I. Los valores de corrección pueden ser referidos al procesamiento de señales, especialmente la duración de la señal, como por ejemplo el tiempo requerido para el procesamiento de señales salientes del sensor de desequilibrio 20 en cuanto a valores de desequilibrio, o la duración de la señal en la unidad de filtrado 76.

Además, los valores de corrección pueden considerarse condiciones geométricas, por ejemplo la posición angular del al menos un sensor de desequilibrio 20 referido a un punto de referencia de la medición de posición.

5 La figura 6 muestra un diagrama de bloques de una unidad de procesamiento de señales 70 para la formación de información de desequilibrio I de series de valores de equilibrio u_i que le son suministrados por la unidad de registro de desequilibrio 60 controlado por el posicionamiento. Abarca una unidad de requerimiento 175, una unidad de filtrado 176 y una unidad de evaluación 178.

10 Se suministran valores angulares φ a la unidad de requerimiento 175. Para esto la unidad de registro de posición 50 genera valores angulares φ ya sea continuos o, como muestra la flecha punteada, como serie de comandos de requerimientos de posicionamiento P_QR, que son enviados por la unidad de requerimientos 175 a intervalos equidistantes, a la unidad de registro de posición 50. También en este caso los intervalos de tiempo regulares resultan ventajosos.

15 La unidad de requerimiento 175 determina a partir de los valores angulares φ ingresados, p.ej. mediante los métodos ventajosos descritos anteriormente en figura 4, los momentos en los que deben ser medidos los valores de desequilibrio u_i y en ese momento envía comandos de requerimiento de desequilibrio U_RQ a la unidad de registro de desequilibrio 60 para iniciar la medición.

20 Este método presenta, respecto del modo de realización descrito anteriormente, dos ventajas esenciales:

- Debido a la asignación fija de valores de desequilibrio u_i a valores angulares φ_i , la información de fase de la información de desequilibrio I ya está contenida sólo en los valores de desequilibrio u_i .
- Dado que los valores de desequilibrio u_i no son determinados dependientes del tiempo sino de la posición, son también independientes de la frecuencia de rotación $\omega(t)$ y dado el caso hasta de la aceleración del eje 12. Por cada rotación del eje 12 resulta siempre una serie de datos de valores de desequilibrio u_i , que se corresponde exactamente con el período de la señal de desequilibrio $u(t)$.

30 Los valores de desequilibrio u_i a su vez son transmitidos a la unidad de filtrado 176, la que filtra las señales de ruido y entrega las señales de desequilibrio filtradas w_i a la unidad de evaluación 178. Debido a las razones mencionadas anteriormente, la unidad de filtrado 176 no debe ser diseñada adaptativa, es decir no necesita información sobre la frecuencia de rotación $\omega(t)$.

35 La unidad de evaluación 178 por otro lado determina la información de desequilibrio I, es decir la amplitud de la señal de desequilibrio $w(t)$ representado por los valores de desequilibrio filtrados w_i , así como su posición de fase referida a un punto de referencia de la medición angular.

40 Para poder considerar la dependencia del número de revoluciones de la amplitud de la señal de desequilibrio una unidad de requerimiento 175 puede enviar la frecuencia de rotación $\omega(t)$ del eje 12 a la unidad de evaluación 178, para complementar la información de desequilibrio I.

45 Si bien en los ejemplos descritos solo se representa el procesamiento de valores de desequilibrio u_i de un solo sensor de desequilibrio 20, un especialista fácilmente puede mejorar especialmente la unidad de procesamiento de señales 70 para el procesamiento de valores u_i de varios sensores de desequilibrio 20.

La presente invención por supuesto no se encuentra limitada a los modos de realización descritos. De hecho, basándose en los modos de realización reivindicados, otras variantes pueden ser desarrolladas por un especialista.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de medición angular, que abarca

- 5
- una carcasa (10),
 - una unidad de registro de posiciones (50) para la generación de valores angulares (φ , ϕ_i), que especifican el ángulo de posicionamiento de un eje (12, 30) referido a su posición de referencia,
 - una unidad de interfaz (80) para las comunicaciones con una electrónica conectada (100) a través de un canal de transmisión de datos (82),
- 10 en donde el dispositivo de medición angular además incluye
- al menos un sensor de desequilibrio (20), que genera una señal de desequilibrio ($u(t)$) a partir de las desviaciones correspondientes al desequilibrio del eje (12, 30),
 - una unidad de evaluación de desequilibrio (62) que genera valores de desequilibrio (u , u_i) a partir de la señal de desequilibrio ($u(t)$), así como
- 15
- una unidad de procesamiento de señales (70), que genera una información de desequilibrio (I) a partir de los valores angulares (φ , ϕ_i) y de los valores de desequilibrio (u , u_i), que puede ser transmitida a través de la unidad de interfaz (80) a la electrónica conectada (100)
- en donde la unidad de registro de posiciones (50) y el sensor de desequilibrio (20) se encuentran dispuestos dentro de una carcasa (10).

20 2. Dispositivo de medición angular según la reivindicación 1, en donde el eje (12) se encuentra asignado al dispositivo de medición angular y

- 25
- el eje (12) se encuentra montado dentro de la carcasa (10) de manera que pueda girar mediante un rodamiento (11),
 - la parte fija del rodamiento (11) con respecto al eje (12) se encuentra acoplada mecánicamente de forma flexible a la carcasa (10) mediante un acople (13) y
 - el eje (12) con los medios de conexión (33) se puede acoplar mecánicamente de forma rígida a un eje (30) de una máquina (32).
- 30

3. Dispositivo de medición angular según una de las reivindicaciones 1 o 2, en donde al menos un sensor de desequilibrio (20) se encuentra acoplado mecánicamente de forma rígida al eje (12).

35 4. Dispositivo de medición angular según la reivindicación 3, en donde al menos un sensor de desequilibrio (20) se encuentra conectado mecánicamente de forma rígida a la parte fija del rodamiento (11).

40 5. Dispositivo de medición angular según la reivindicación 4, en donde al menos un sensor de desequilibrio (20) se encuentra dispuesto en una placa de circuito impreso (22), que se encuentra fijada en la parte fija del rodamiento (11).

6. Dispositivo de medición angular según una de las reivindicaciones anteriores, en donde se prevén dos sensores de desequilibrio (20), cuyas direcciones de medición (X, Y) se encuentran ortogonales entre sí en el plano de rotación del eje (12).

45 7. Dispositivo de medición angular según una de las reivindicaciones anteriores, en donde se prevé un sensor de desequilibrio adicional (20), cuya dirección de medición (Z) se encuentra dispuesto paralelo al eje de rotación del eje (12).

50 8. Dispositivo de medición angular según una de las reivindicaciones anteriores, en donde en donde al menos un sensor de desequilibrio (20) sea un sensor de aceleración o un sensor de recorrido

9. Método para la utilización de un dispositivo de medición de ángulo según una de las reivindicaciones 1 a 8, en donde

- 55
- valores de ángulos (φ , ϕ_i), son generados por una unidad de registro de posiciones (50), que especifican el ángulo de posicionamiento de un eje (12, 30) referido a una posición de referencia,
 - valores de desequilibrio (u , u_i) son generados por la unidad de registro de desequilibrio (60) a partir de la señal de desequilibrio ($u(t)$) producida por el sensor de desequilibrio (20), que representan una medida para la desviación debida al desequilibrio del eje (12, 30) y
- 60
- los valores (φ , ϕ_i) y los valores de desequilibrio (u , u_i) son enviados a la unidad de procesamiento de señales (70), la que basado en los valores angulares (φ , ϕ_i) y los valores de desequilibrio (u , u_i) genera la información de desequilibrio (I), que abarca al menos la posición de fase de la señal de desequilibrio ($u(t)$) referida a la posición de referencia, así como la amplitud de la señal de desequilibrio ($u(t)$).

65 10. Método según la reivindicación 9, en donde

- los valores de desequilibrio (u, u_i) son transmitidos a una unidad de procesamiento de señales (70) de una unidad de filtrado (76, 176), que filtra los ruidos sobrepuestos a los valores de desequilibrio (u, u_i) y forma valores de desequilibrio filtrados (w_i) y
 - los valores de desequilibrio filtrados (w_i) son transmitidos a una unidad de evaluación (78, 178), que genera la información de desequilibrio (l).
- 5
11. Método según la reivindicación 10, en donde la generación de valores de desequilibrio (u, u_i) es temporizada y
- los valores angulares (φ, φ_i) son transmitidos a una unidad de determinación de rotaciones (74), que determina sobre la base de los valores angulares (φ, φ_i) frecuencia de rotación ($\omega(t)$) del eje (12, 30),
 - la frecuencia de rotación ($\omega(t)$) es transmitida a la unidad de filtrado (76), diseñada como filtro de paso de banda adaptativo, y que la frecuencia de paso de la unidad de filtrado (76) es regulada según la frecuencia de rotación y
 - los valores angulares (φ, φ_i) son transmitidos a la unidad de evaluación (78).
- 10
- 15
12. Método según la reivindicación 11, en donde la frecuencia de rotación ($\omega(t)$) del eje (12, 30) también es transmitida a la unidad de evaluación (78).
- 20
13. Método según la reivindicación 10, en donde la generación de valores de desequilibrio (u, u_i) es controlada por la posición y los valores angulares (φ, φ_i) son transmitidos a una unidad de requerimiento (175), que determina a partir de dos valores angulares sucesivos los momentos para la generación de valores de desequilibrio (u, u_i) e inicia en ese momento determinado para la generación de valores de desequilibrio (u, u_i).
- 25
14. Método según la reivindicación 13, en donde la unidad de requerimiento (175) determina a partir de dos valores angulares sucesivos (φ, φ_i) la frecuencia de rotación ($\omega(t)$) y los momentos para la generación de valores de desequilibrio (u, u_i) mediante extrapolación.
- 30
15. Método según la reivindicación 14, en donde la frecuencia de rotación ($\omega(t)$) del eje (12, 30) también es transmitida a la unidad de evaluación (178).
16. Método según una de las reivindicaciones 9 a 15, en donde la información de desequilibrio (l) es determinada con frecuencia de rotación constante ($\omega(t)$) del eje (12, 30).

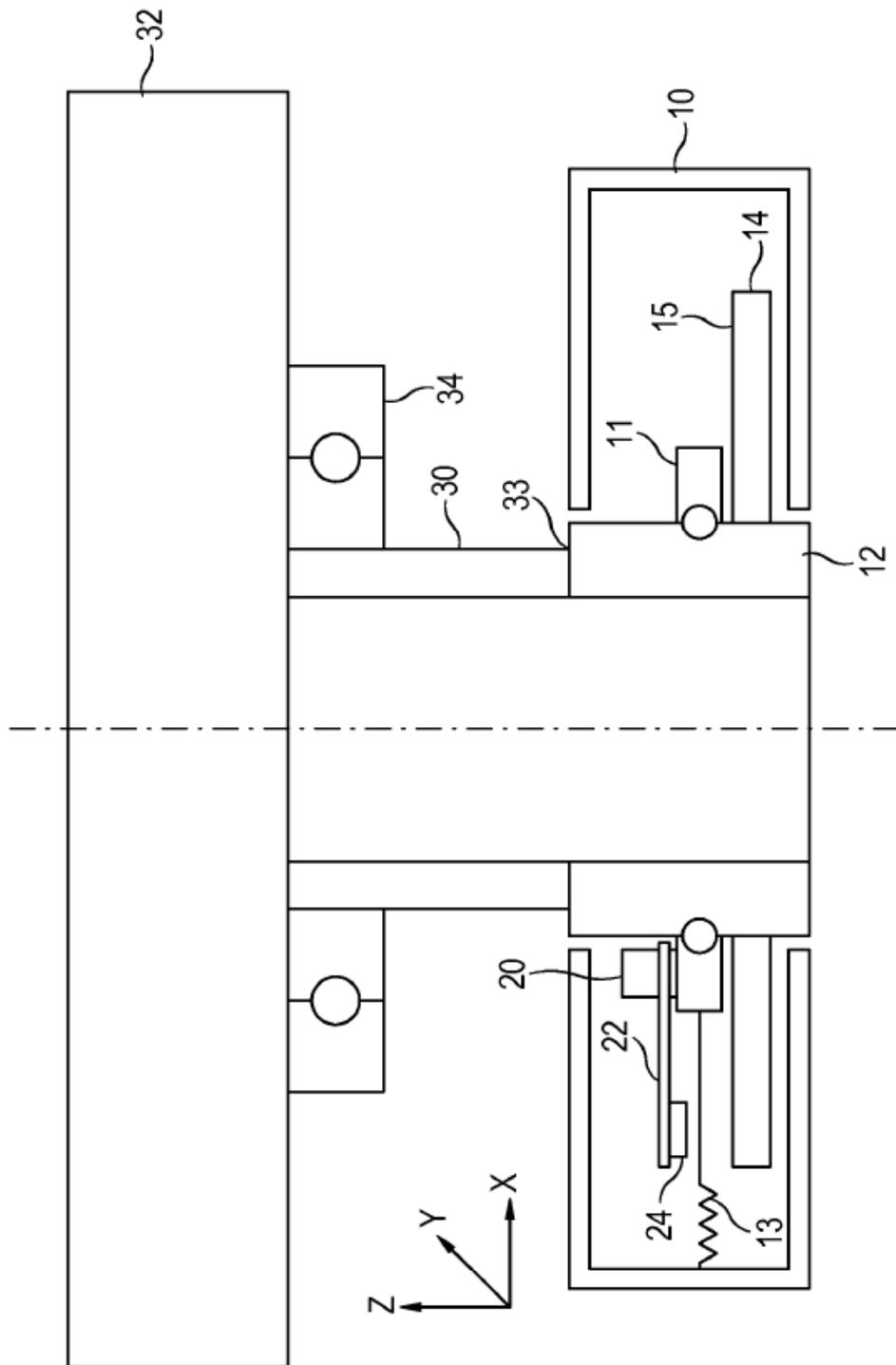


Fig. 1a

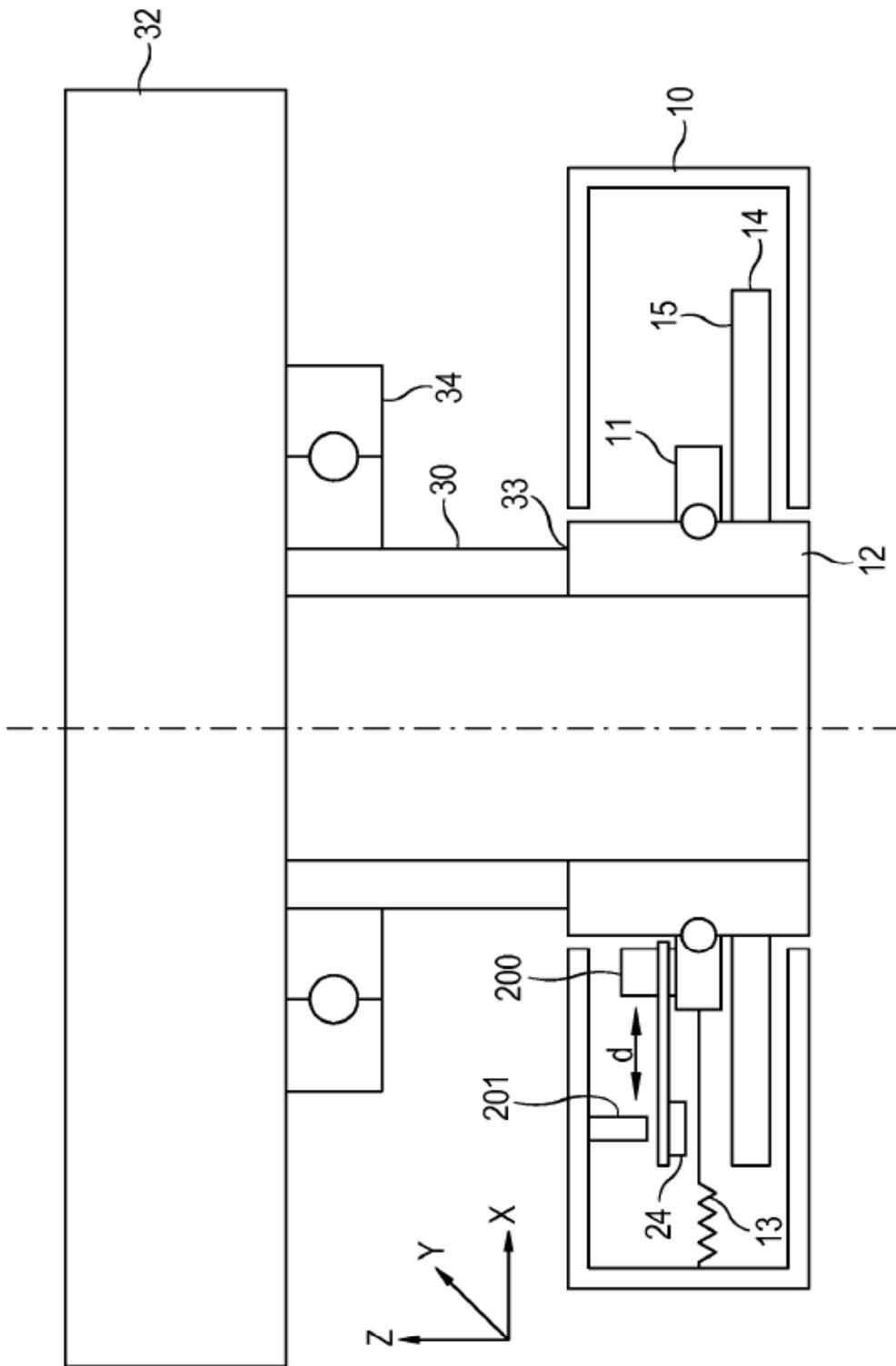


Fig. 1b

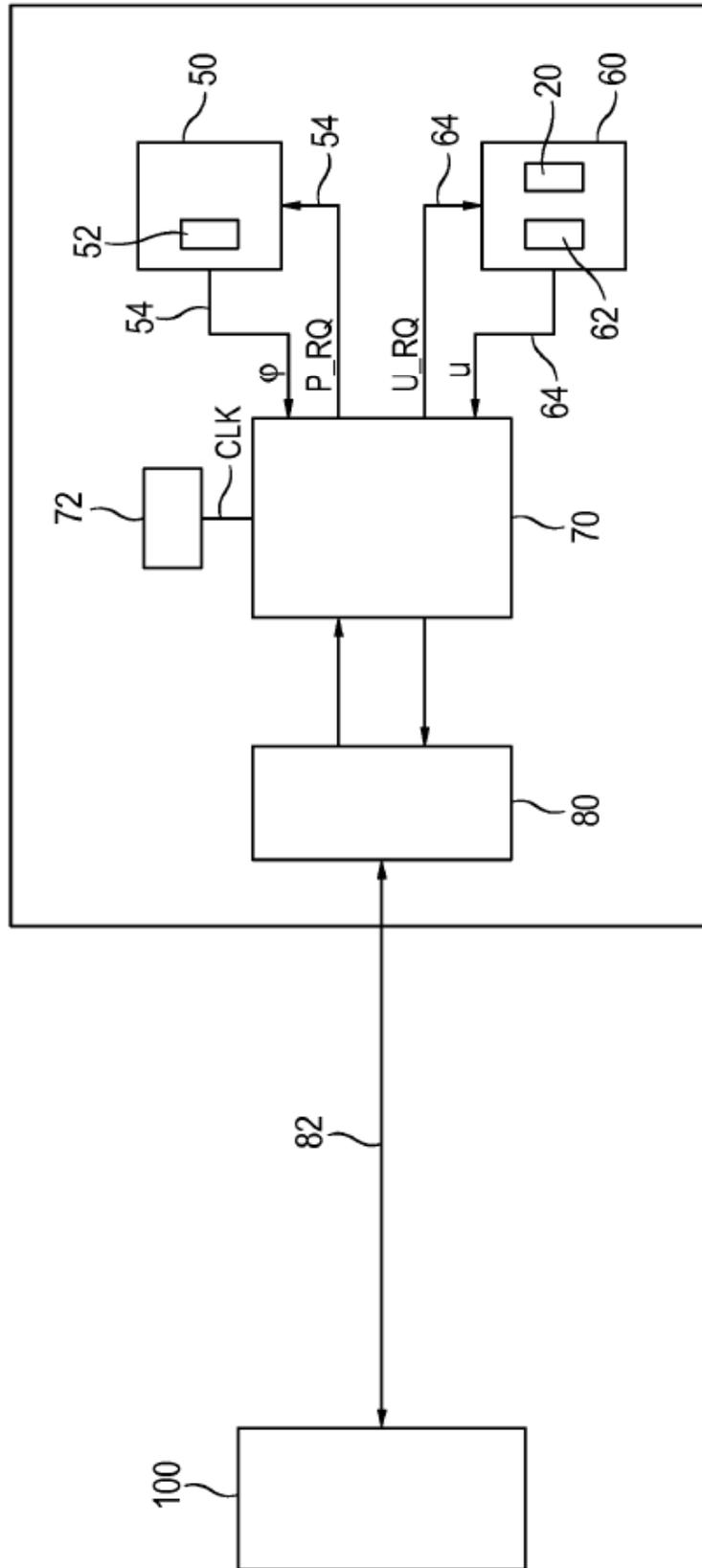


Fig. 2

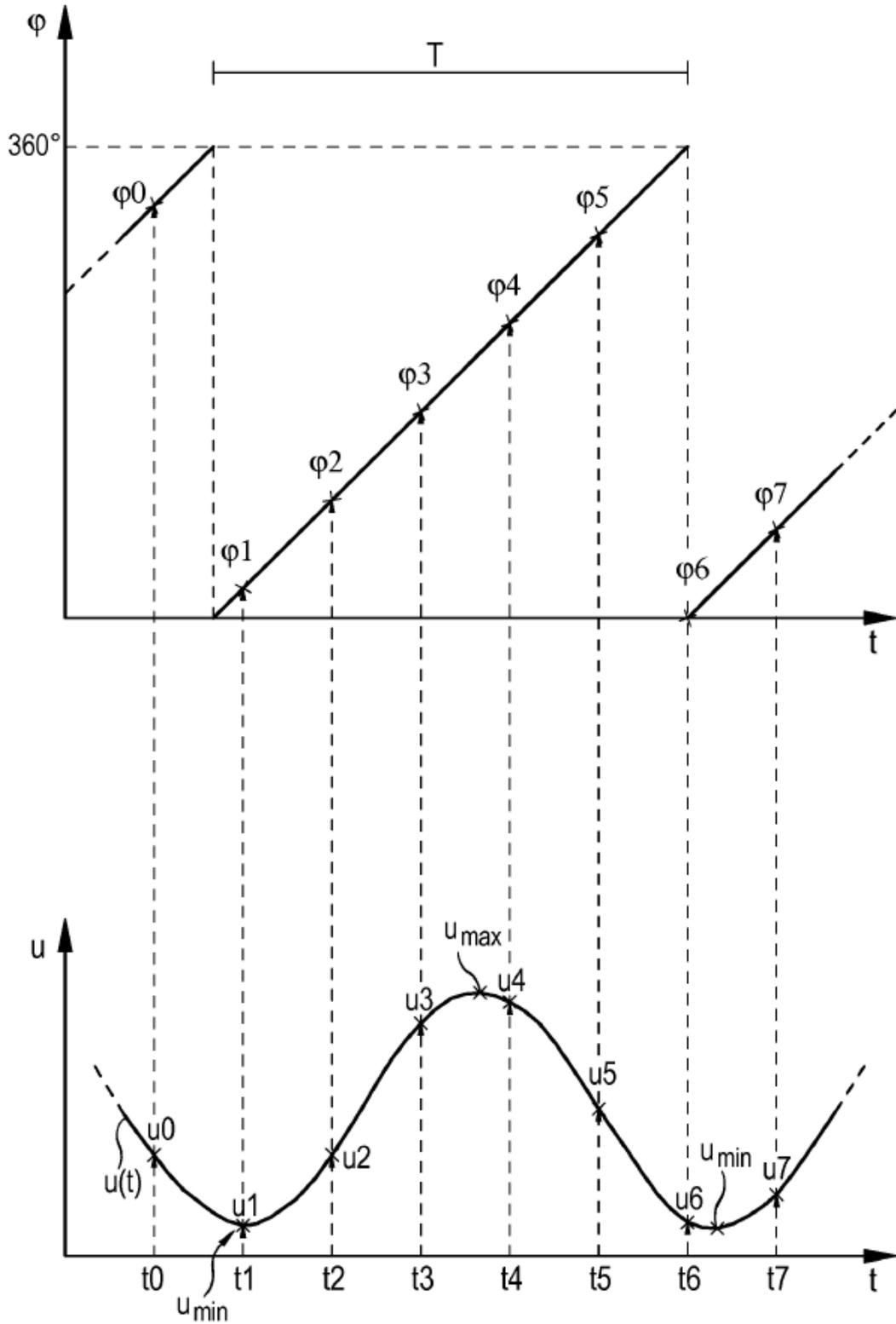


Fig. 3

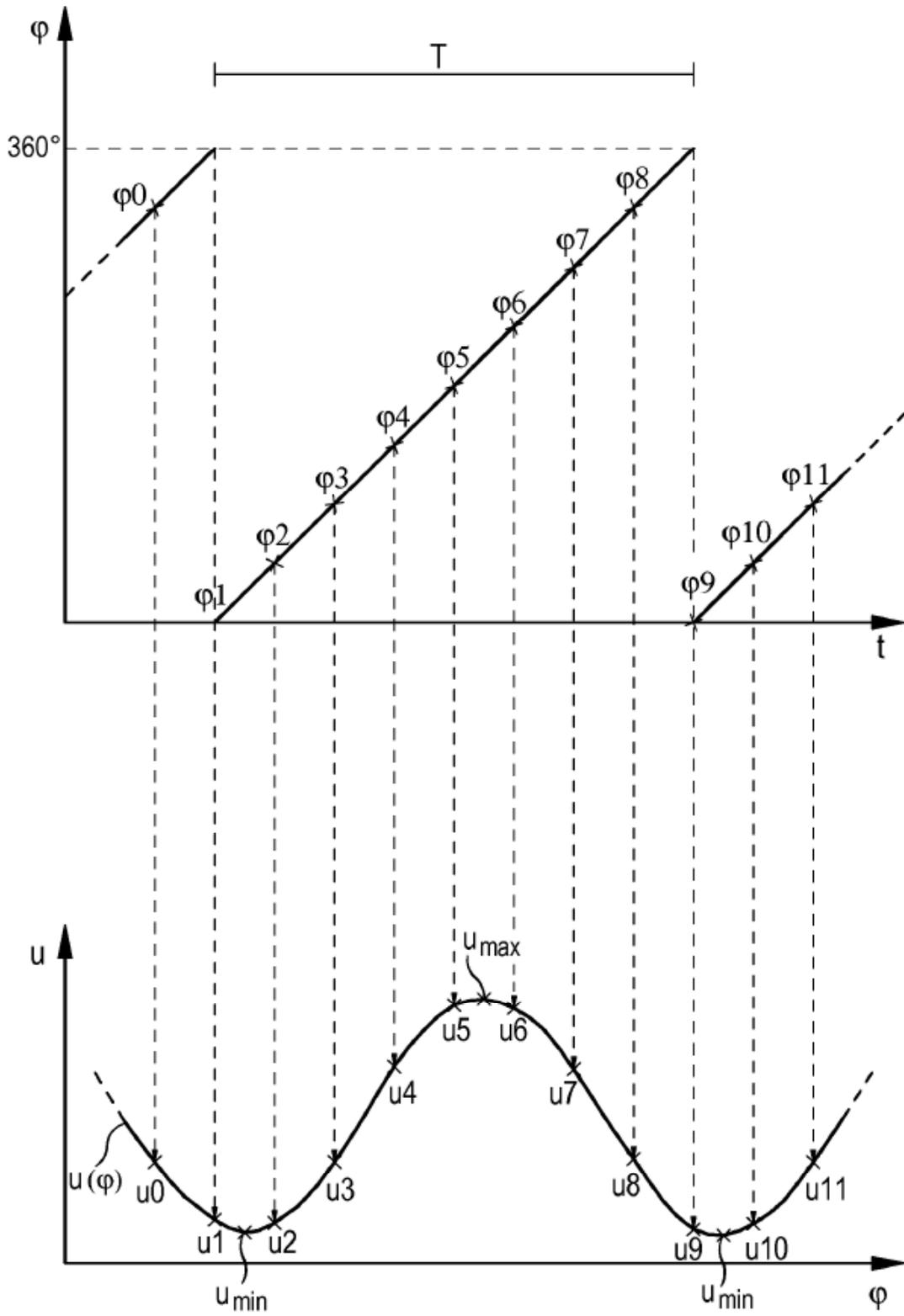


Fig. 4

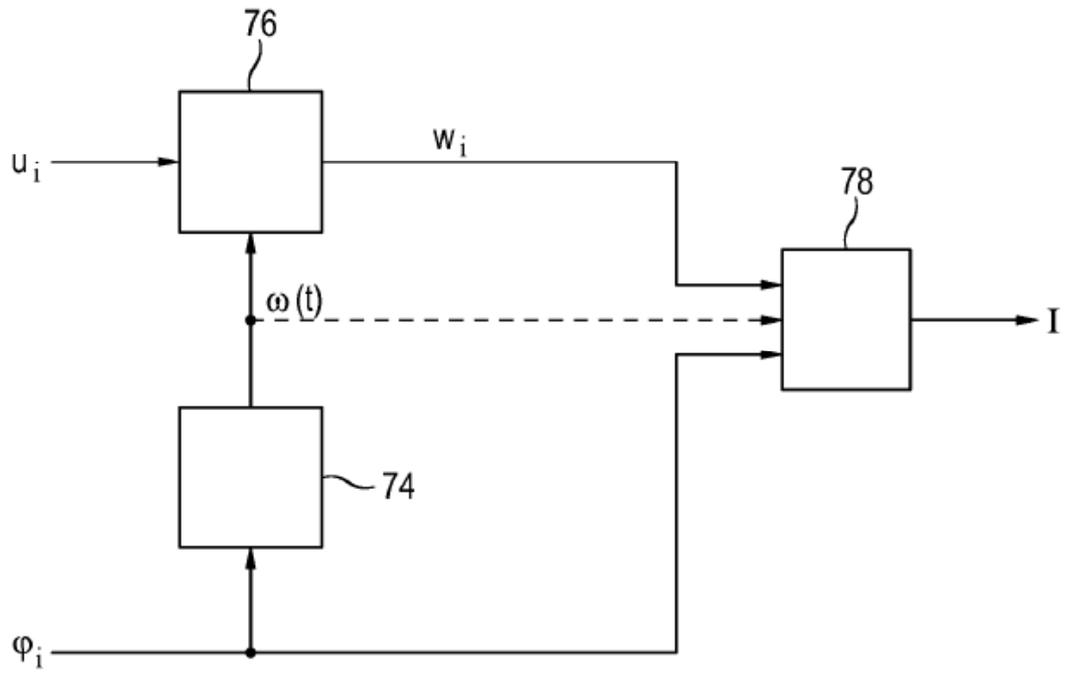


Fig. 5

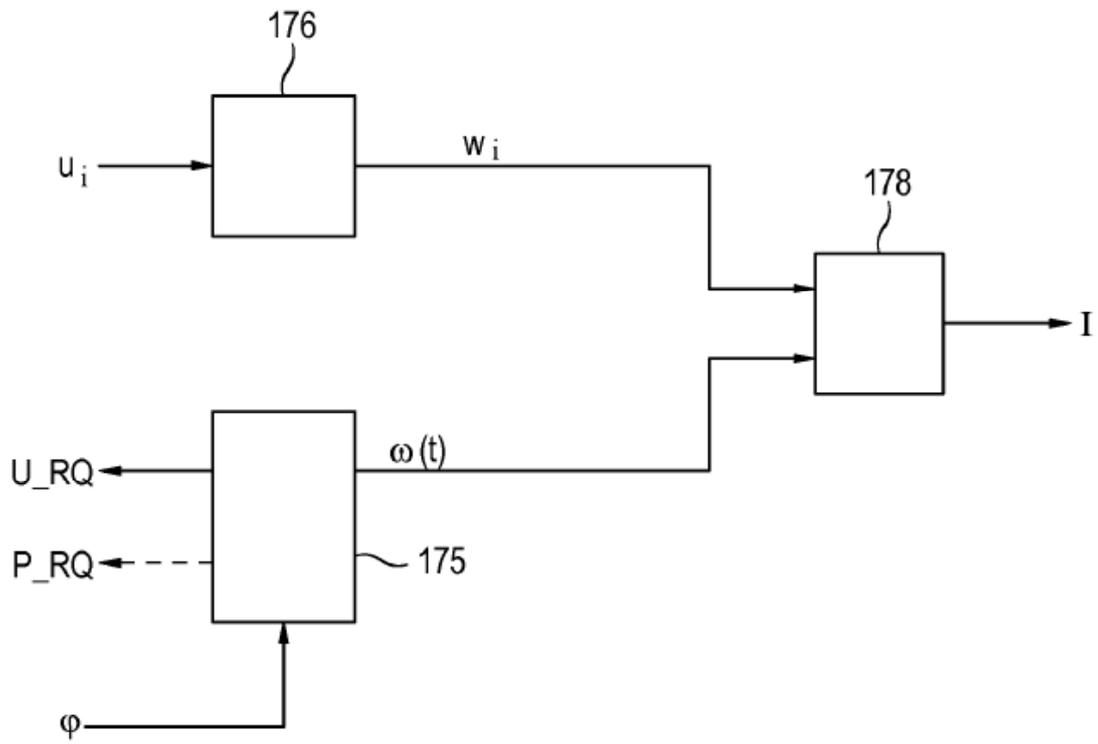


Fig. 6