

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 625 494**

51 Int. Cl.:

G01D 1/16 (2006.01)

G01D 5/244 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **21.12.2011 E 11194879 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2505965**

54 Título: **Método y unidad de supervisión para verificar valores posicionales**

30 Prioridad:

29.03.2011 DE 102011006300

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

19.07.2017

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**VON BERG, MARTIN y
SCHLICKSBIER, THILO**

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 625 494 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y unidad de supervisión para verificar valores posicionales

- 5 La invención se refiere a un método para verificar valores posicionales según la reivindicación 1, como también a una unidad de supervisión de valores posicionales según la reivindicación 6. Además, la invención se refiere a una unidad de control de accionamiento con una unidad de supervisión según la reivindicación 10.
- 10 El documento US2004107068 describe un método de verificación de este tipo con cálculo del valor posicional previsto.
- 15 En la técnica de la automatización, para poder controlar secuencias de movimientos en máquinas, en especial máquinas herramientas, instalaciones productivas y brazos robóticos, se emplean regulaciones de accionamiento. El principio de funcionamiento de estos consiste en convertir los valores teóricos deseados del movimiento en señales de control para los motores, medir el movimiento implementado por los motores en forma de valores reales mediante aparatos medidores de la posición, y adaptar las señales de control de manera tal que los valores teóricos y reales coincidan lo mejor posible.
- 20 Para las regulaciones de accionamiento de este tipo, se emplean con una frecuencia creciente aparatos medidores de la posición, que ponen a disposición un valor posicional absoluto. De esta manera, desaparecen determinadas desventajas de los denominados aparatos medidores de posición incrementales, tales como, por ejemplo, la necesidad de después de la conexión, tener que llevar a cabo un recorrido o pasada de referencia, para encontrar una posición de referencia que sirva como punto de referencia para un posicionamiento ulterior mediante el conteo de marcas de graduación.
- 25 Para la transmisión de los valores posicionales absolutos, se recurre fundamentalmente a puntos de interfaz seriados de datos, por cuanto estos se las arreglan con pocos conductores de transmisión de datos a pesar de lo cual presentan elevadas velocidades de transmisión de datos. En la técnica de la automatización, se ha impuesto una pluralidad de puntos de interfaz estándar; representantes difundidos de puntos de interfaz para aparatos medidores de la posición son por ejemplo los puntos de interfaz EntDat de la solicitante, y otro se conoce bajo la designación SSI. El fundamento de los puntos de interfaz EntDat se describe en el documento EP0660209B2, y su función, en el documento EP0171579A1.
- 30 Dado que los valores posicionales, que son generados en los aparatos medidores de posición absoluta y transmitidos por medio de los puntos de interfaz de manera digital hacia la regulación del accionamiento, determinan en última instancia la secuencia de los movimientos de las máquinas, para la operación segura de una máquina es de suma importancia evitar errores durante la generación y transmisión de los valores posicionales, o bien, si a pesar de ello se presentara un error, detectar el mismo con la mayor probabilidad posible, antes de que se materialice en una secuencia de movimientos. En caso contrario, ya un único bit generado o transmitido de manera errónea en un valor posicional puede ocasionar un movimiento incontrolable, imprevisible y brusco de la máquina. Con ello, además de un daño considerable en la máquina, también pueden presentarse situaciones peligrosas para el personal operario que se halla en el campo de acción de la máquina. Por ello, el reconocimiento de valores posicionales erróneos tiene la máxima prioridad en la técnica de la automatización.
- 35 Por lo tanto, el objetivo de la invención es el de señalar un método mediante el que sea posible reconocer valores posicionales erróneos.
- 40 Este objetivo se logra mediante un método según la reivindicación 1. Detalles ventajosos del método resultan de las reivindicaciones subordinadas de la reivindicación 1.
- 45 Se propone ahora un método para verificar valores posicionales mediante una unidad de supervisión a la que en instantes de tiempo de intervalo de sondeo se le hacen llegar valores posicionales de un aparato medidor de la posición, y que comprende las siguientes etapas:
- 50
- 55 • Cálculo de un valor del movimiento a partir de por lo menos dos valores posicionales y del intervalo de tiempo entre sus ingresos;
 - Cálculo de un valor previsible para un valor posicional que debe verificarse, que tiene lugar sobre los por lo menos dos valores posicionales, mediante la adición del más actual de los por lo menos dos valores posicionales y una variación posicional resultante del valor del movimiento y del instante de tiempo hasta el ingreso del valor posicional que debe verificarse;
 - 60 • Determinación de un intervalo de previsión de posición a partir del valor de previsión y de un máximo intervalo de posición;
 - Comparación del valor posicional a ser verificado con el intervalo de previsión posicional; y
 - Emisión de una señal que indica el resultado de la comparación.
- 65 Otro objetivo de la invención es el de proporcionar una unidad de supervisión mediante la cual puedan reconocerse valores posicionales erróneos.

Estos objetivos se logran mediante una unidad de supervisión según la reivindicación 6. Detalles ventajosos de la unidad de supervisión resultan de las reivindicaciones subordinadas de la reivindicación 6.

5 Una unidad de supervisión de acuerdo con la invención para verificar valores posicionales, que son transmitidos desde un aparato medidor de la posición hacia un control de accionamiento en instantes de tiempo de un intervalo de sondeo, comprende:

- 10
- una unidad de procesamiento, a la que se le hacen llegar los valores posicionales y que está equipada para calcular un valor de movimiento a partir de por lo menos dos valores posicionales y de la separación temporal entre sus ingresos, para calcular un valor previsible para un valor posicional a ser verificado, que tiene lugar sobre los por lo menos dos valores posicionales, mediante la adición del más actual de los por lo menos dos valores posicionales y una modificación posicional, resultante del valor de movimiento y del instante de tiempo hasta el ingreso del valor posicional a ser verificado y para determinar un intervalo de previsión de posición a partir del valor de previsión y un máximo intervalo de posición; como también con
 - 15
 - una unidad de comparación, con la cual es posible comparar el valor posicional con el intervalo de previsión posicional y desde la que puede emitirse una señal que indique el resultado de la comparación.

20 Es especialmente ventajoso cuando la determinación del intervalo de previsión de la posición haya concluido antes del ingreso del valor posicional que debe verificarse. En este caso, el resultado de la verificación por medio de la comparación en la unidad en comparación ya se encuentra disponible inmediatamente después del ingreso del valor posicional que debe verificarse.

25 En base a las Figuras, resultan otras ventajas como también detalles de la presente invención referidos a un método preferido, como también de una unidad de supervisión de acuerdo con la invención para verificar valores posicionales. En las Figuras:

- 30
- La Figura 1 representa un diagrama de bloques de una regulación del accionamiento;
 - la Figura 2 representa un diagrama de bloques de una unidad de supervisión de acuerdo con la invención;
 - La Figura 3 represente un diagrama de una secuencia de movimientos; y
 - la Figura 4 representa un diagrama de secuencias de un método de acuerdo con la invención.

35 La Figura 1 muestra un diagrama de bloques de una regulación de accionamiento. En este ejemplo, el accionamiento tiene lugar mediante un motor 10, cuyo eje de motor 15 pone en movimiento una parte de la máquina. La rotación del eje de motor 15, que es una medida para el movimiento de la parte de la máquina, se mide mediante un aparato medidor de la posición 20 en forma de un indicador de número de revoluciones del motor. En este caso, el eje de motor 15 está unido solidariamente en rotación con el eje del indicador del número de revoluciones del motor.

40 Por supuesto, en lugar del indicador del número de revoluciones del motor, el aparato medidor de la posición 20 también puede utilizar un aparato medidor de la longitud, por ejemplo, para medir un movimiento lineal de la parte de máquina en movimiento, que es ocasionado por una rotación del eje de motor 15. En cuanto al motor, también puede tratarse de un motor lineal.

45 Para transmitir el valor posicional ϕ_i medido mediante el aparato medidor de la posición 20 hacia un control del accionamiento 100, el aparato medidor de la posición 20 está vinculado mediante un canal de transmisión de datos 25 al control de accionamiento 100.

50 El control de accionamiento 100 comprende una unidad de punto de interfaz 110, una unidad reguladora 120 y una unidad convertidora 130. El objetivo de la unidad reguladora 120 es el de controlar el motor 10 de manera tal que lleve a cabo secuencias de movimiento, que están prefijadas por ejemplo mediante un programa de ordenador, en especial un programa N-C. A tal efecto la unidad reguladora 120 genera valores teóricos, los compara con los valores reales (valores posicionales del aparato medidor de la posición) y calcula a partir de ello señales de control para la unidad convertidora 130. A su vez la unidad convertidora 130 convierte las señales de control en señales de control para el motor, que se hacen llegar al motor 110. Para ello el motor 10 está vinculado a la unidad convertidora 130 mediante un cable de motor 140.

55 Para requerir valores posicionales actuales ϕ_i al aparato medidor de posición 20, la unidad de regulación 120 está vinculada por intermedio de un punto de interfaz interno 115 con la unidad de puntos de interfaz 110. La misma se comunica por intermedio del canal de transmisión de datos 25 y de acuerdo con un protocolo de puntos de interfaz con una unidad de puntos de interfaz (no representada) en el aparato medidor de posiciones 20. Las señales de punto de interfaz necesarias para la comunicación comprenden órdenes, entre otros órdenes de requerimiento de posición, que son enviados desde el control de accionamiento 100 hacia el aparato medidor de posición 20, como también datos, en especial valores de posición ϕ_i , que son enviados desde el aparato medidor de posición 20 hacia el control de accionamiento. Además de ello, pueden las señales de puntos de interfaz comprender una señal de cadencia para la sincronización de la transmisión de datos.

60

65

La comparación entre los valores teóricos y reales, como también el cálculo de las señales de control para la unidad convertidora 130 no tiene lugar de manera continua, sino a intervalos de tiempo discretos, que han sido establecido por el denominado tiempo de ciclado de la regulación. Los valores típicos para el tiempo de ciclado de la regulación se encuentran en el intervalo de unos pocos microsegundos a algunos milisegundos. El tiempo de ciclado de la regulación también prefija el intervalo de sondeo Δt , en el que se requieren los valores posicionales ϕ_i durante un proceso de regulación por intermedio de la unidad de puntos de interfaz 110 al aparato medidor de la posición 20.

Ahora bien, de acuerdo con la invención, las señales de punto de interfaz, que comprenden los valores posicionales ϕ_i , son conducidos no solamente a la unidad de regulación 120, sino para verificación de la existencia de errores, también a una unidad de supervisión 200. Como se muestra en la Figura 1, esto puede tener lugar por el hecho de que la unidad de supervisión 200, paralelamente a la unidad de puntos de interfaz 110, está vinculada al canal de transmisión de datos 25. Sin embargo, como alternativa (no se representa) puede la unidad de supervisión 200 también estar vinculada con el punto de interfaz interno 115. Sin embargo, en ambos casos se conserva la vinculación original de datos desde el aparato medidor de posiciones 20 por medio del canal de transmisión de datos 25, la unidad de puntos de interfaz 110 y el punto de interfaz interno 115 hacia la unidad de regulación 120. Esto presenta la ventaja especial de que la regulación del accionamiento, como se conoce en el estado de la técnica, también puede ser operada sin la unidad de supervisión 200 de acuerdo con el estado de la técnica. Por ello, la unidad de supervisión 200 también puede realizarse con un módulo adicional independiente que se utiliza solamente cuando el accionamiento impone exigencias especialmente elevadas en materia de seguridad, por ejemplo, como puede suceder cuando el personal operario se encuentre dentro del entorno de trabajo de una máquina. La unidad de supervisión 200 emite el resultado de la verificación en forma de una señal S a la unidad convertidora 130 o también (no se representa) a la unidad de regulación 120, de manera tal que posible emprender las medidas adecuadas como por ejemplo apagar el motor o la parar la totalidad de la máquina en la que se opera el accionamiento supervisado.

En la Figura 2, se muestra un diagrama de bloques de una unidad de supervisión 200 de acuerdo con la invención. Las señales de puntos de interfaz, que procedentes del canal de transmisión de datos 25 o del punto de interfaz interno 115 ingresan en la unidad de supervisión 200, son hechos llegar en primer término a una unidad receptora 210. Esto es esto es necesario en especial cuando el canal de transmisión de datos 25 sirve como fuente para las señales de puntos de interfaz, por cuanto la transmisión de datos a lo largo de la vinculación de cable prolongados suele tener lugar de una manera diferencial, en especial de acuerdo con la norma RS-485. En este caso, la unidad receptora 210 convierte las señales de punto de interfaz de diferenciales en señales de punto de interfaz referidos a masa. Al utilizarse el punto de interfaz interno 115 como fuente de datos, la unidad receptora 210 puede abarcar módulos de control de datos para el desacoplamiento de las señales de datos, o eventualmente omitirse por completo.

Las señales de puntos de interfaz que se presentan de esta manera son conducidas a una unidad de protocolo 220. Dado que las señales de puntos de interfaz abarcan la totalidad del tránsito de datos entre la unidad reguladora 120 o bien la unidad de puntos de interfaz 110 y el aparato medidor de posiciones 20, la unidad de protocolo 220 separa de entre las señales de puntos de interfaz aquellos valores posicionales ϕ_i relevantes para un procesamiento ulterior y los conduce hacia una unidad de procesamiento 230.

La unidad de procesamiento 230 calcula a partir de por lo menos dos valores de posición precedentes ϕ_i y de la separación temporal de sus ingresos, un coeficiente de movimiento ω , tratándose en el caso preferido y más sencillo de una evaluación de la velocidad (en el presente ejemplo, la velocidad angular) por medio de la formación de cocientes de diferencias a partir de los valores de posición más recientemente ingresados ϕ_{i-1} , ϕ_{i-2} , y del intervalo de sondeo Δt . Otros valores de movimiento adecuados son valores de aceleración o un tirón, o una modificación temporal de una aceleración. Mediante la adición del movimiento del valor de posición más actual utilizado para la determinación del valor de movimiento ω y del instante conocido hasta el ingreso de un valor posicional por verificar (tratándose nuevamente en el caso preferido del intervalo de sondeo Δt), la unidad de procesamiento 230 calcula seguidamente un valor previsible ϕ_E para el valor posicional ϕ_i que debe verificarse.

Dado que en la unidad de supervisión 200 solamente se hallan presentes los valores de posición ϕ_i requeridos por la unidad de regulación, se desprende que en principio el cálculo del valor previsto ϕ_E carece de exactitud. Así, en el ejemplo precedente es posible determinar el valor de movimiento ω (la velocidad angular) de una manera exacta solamente cuando entre dos valores de posicionales ϕ_{i-1} , ϕ_{i-2} utilizados para el cálculo existe una velocidad angular constante. En cambio, si se trata de un movimiento acelerado, en tal caso aumentará la inexactitud de la evaluación de velocidad angular al aumentar el valor de la aceleración angular. En función de la naturaleza, se obtiene una desviación máxima en el caso de una aceleración máxima admisible σ_{max} que puede presentarse en el aparato medidor de la posición 20. En el caso de la aceleración máxima admisible σ_{max} se trata de un valor límite del aparato medidor de la posición 20 como tal, o de un valor límite del motor 10, que dado el caso nuevamente puede depender de la aceleración máxima admisible de la parte de la máquina accionada por el eje del motor 15. Además, el cálculo del valor previsible ϕ_E se basa también en la suposición de que durante el movimiento desde el último valor posicional captado ϕ_{i-1} hasta el valor posicional ϕ_i a ser predicho la velocidad angular se mantiene constante. También en este caso, para una máxima aceleración posible σ_{max} se obtiene una máxima desviación con respecto al valor efectivo. Sin embargo, a pesar de estas inexactitudes, por medio de la superposición de los casos extremos es posible indicar un máximo intervalo de posición $\Delta\phi$, en el que, partiendo del valor previsto ϕ_E , ha de estar situado el valor posicional ϕ_i que debe verificarse. Por lo tanto, el intervalo posicional máximo $\Delta\phi$ indica la mayor modificación

posicional que puede presentarse teniendo en cuenta el error durante la determinación del valor de movimiento ω o una modificación máxima delimitada por parámetros de accionamiento (por ejemplo, aceleración máxima) del valor posicional en el momento hasta el ingreso del valor de posición ϕ_i a verificarse.

5 A partir del intervalo posicional máximo conocido $\Delta\phi$ y del valor previsto calculado ϕ_E , la unidad de procesamiento 230 determina un intervalo de previsión para la posición $\Delta\phi_E$ y lo hace llegar a una unidad de comparación 240.

10 Si ahora se presenta el valor posicional actual a ser verificado, ϕ_i , procedente de la unidad de protocolo 220, en la unidad de comparación 240, ésta verifica este valor posicional ϕ_i con los límites del intervalo de previsión de posición $\Delta\phi_E$ y emite una señal S, que indica el resultado de la comparación,

15 La utilización de ambos valores posicionales ingresados en último término ϕ_{i-1} , ϕ_{i-2} para la determinación del intervalo de previsión de posición $\Delta\phi_E$ para los que siguen inmediatamente a ambos valores posicionales ϕ_{i-1} , ϕ_{i-2} , recién ingresados, para el valor posicional ϕ_i que debe verificarse es óptima en cuanto a la seguridad de la posición, por cuanto se verifica cada valor posicional ϕ_i . Sin embargo, en el caso de requerimientos menos severos en cuanto a la seguridad de supervisión, existe también la posibilidad de determinar el valor de movimiento ω a partir de los valores de posición ϕ_i que ingresan temporalmente separados un múltiplo de números enteros de intervalos de sondeo $N_1 \cdot \Delta t$ en la unidad de supervisión 200. De la misma manera, es posible calcular el intervalo de previsión de posición $\Delta\phi_E$ para un valor posicional ϕ_i que ingresa con una separación temporal una cantidad de veces de número entero del intervalo de sondeo $N_2 \cdot \Delta t$. Por ejemplo, puede recurrirse a cada décimo de valor posicional ϕ_i ($N_1 = 0$) para la determinación del valor de movimiento ω y puede calcularse para cada décimo del valor posicional ϕ_i ($N_2 = 10$) del intervalo de previsión posicional $\Delta\phi_E$ y llevarse a cabo la comparación.

25 Es especialmente ventajoso que cuando todo los cálculos, que insumen tiempo, ya hayan concluido antes del ingreso del valor posicional ϕ_i que debe verificarse, de manera tal que después del ingreso del valor posicional ϕ_i que debe verificarse en la unidad de comparación 240 solamente sea necesario llevar a cabo dos operaciones de comparación digitales. En este caso, dado que en la técnica digital, las operaciones comparativas forman parte de las operaciones de ejecución más rápida, la unidad de regulación 130, o bien la unidad de conversión 120 ponen a disposición la señal S y el valor de posición actual prácticamente de manera simultánea. De esta manera, es posible evitar de manera fiable las consecuencias de un valor posicional ϕ_i erróneo.

35 Es ventajoso que en la unidad de supervisión 200 se haya previsto una unidad de memoria 250, en la que puedan almacenarse los datos necesarios para la unidad de procesamiento 230, en especial para el intervalo de posiciones máximo válido para el accionamiento $\Delta\phi$, como también el intervalo de sondeo Δt . Para poder utilizar la unidad de supervisión 200 de manera flexible, es preferible que la unidad de memoria 250 esté configurada como memoria volátil (RAM) o como memoria no volátil reescribible (EEPROM) o como memoria flash. La escritura en la unidad de memoria 250 puede tener lugar por medio de un punto de interfaz por separado, por ejemplo, un punto de interfaz IC2, o también por intermedio de un punto de interfaz 115, o bien del canal de transmisión de datos 25.

40 También puede ser ventajoso prever en la unidad de 200 una unidad para medir el tiempo 260, mediante la que es posible medir el intervalo de sondeo Δt . En este caso, puede renunciarse a ajustar la unidad de supervisión 200 a un valor fijo para el intervalo de sondeo Δt , o bien crear la posibilidad de transmitir el intervalo de sondeo Δt hacia la unidad de supervisión 200, y almacenarlo allí. Sin embargo, si el valor teórico para el intervalo de sondeo Δt en la unidad de supervisión 200 es conocido, puede la unidad de medición del tiempo 260 servir para mejorar más aún la probabilidad de cobertura para valores posicionales ϕ_i erróneos, por cuanto por una parte la conservación del intervalo de sondeo Δt prefijado puede verificarse y por otra parte para los cálculos es posible tener en cuenta las variaciones temporales admisibles del intervalo de sondeo Δt en la unidad de procesamiento 230.

50 En la Figura 3, se muestra un diagrama de una secuencia de movimiento para aclarar el conocimiento fundamento de la invención. El eje horizontal es un eje temporal, y en la dirección vertical se han consignado los valores posicionales ϕ_i , que con separaciones temporales de un intervalo de sondeo Δt ingresan en la unidad de supervisión 200. Como muestra la curva de trayectoria dibujada, entre los valores posicionales ϕ_{i-4} y ϕ_{i-2} tiene lugar un movimiento con velocidad constante, que a partir de del valor de posición ϕ_{i-2} presenta una transición a un movimiento acelerado.

55 Para verificar un valor posicional ϕ_i , se procede en primer término a calcular con ayuda de los puntos ϕ_{i-1} y ϕ_{i-2} y del intervalo de sondeo Δt conocido, por formación del coeficiente de diferencias, un valor estimado para la velocidad angular. El mismo se utiliza como valor de movimiento ω para determinar el valor previsto ϕ_E . Mediante el valor previsto ϕ_E como valor medio resulta, para el intervalo de posición conocido $\Delta\phi$, un intervalo de previsión de posición $\Delta\phi_E$. Si ahora el valor posicional actual ingresante, que debe ser verificado, ϕ_i , se halla dentro de este intervalo de previsión de posición, $\Delta\phi_E$, puede suponerse con una probabilidad muy grande de que no hay ningún error presente y de que el valor posicional ϕ_i ha sido generado y transmitido correctamente. Si está situado fuera del intervalo de previsión de la posición $\Delta\phi_E$ (indicado en la Figura 3 como ϕ'), durante la generación o transmisión del valor de posición ϕ_i se ha presentado un error.

65 La Figura 4 muestra un diagrama de secuencias de un método de acuerdo con la invención. Después de la conexión, o bien antes del procesos de la regulación, las etapas 300 a 330 se llevan a cabo, cada una de ellas, una vez, como

preparación; las etapas 340 a 370 forman el bucle principal propiamente dicho del método durante una regulación del accionamiento sobre la marcha, y la etapa 380 sirve para el tratamiento de los errores si se ha presentado un valor posicional erróneo.

5 Después de la conexión, en una etapa 300 se procede a determinar inicialmente la aceleración máxima σ_{max} y el intervalo de sondeo Δt , por ejemplo mediante lectura desde la memoria 250. Con ayuda de estos valores, en una etapa 310 se calcula el intervalo posicional máximo $\Delta\phi$. Sin embargo, como alternativa, el intervalo posicional máximo $\Delta\phi$ puede ya estar almacenado en la unidad de memoria 250. Dado que después de la conexión todavía no se dispone de ningún valor posicional actual, en la etapa 320 inicialmente se procede a recibir un valor posicional ϕ_{i-2} , y después en la etapa 330 un valor posicional ϕ_{i-1} . El instante de tiempo del inicio del proceso de la regulación, a partir del cual ingresan por lo tanto los valores posicionales ϕ continuamente desde el aparato medidor de la posición 20 en la unidad de supervisión 200, puede señalizarse a la unidad de supervisión 200 por ejemplo desde la unidad de regulación 120.

10 El bucle principal del método empieza con la etapa 340, en el que se ha resumido la determinación del intervalo de previsión posicional $\Delta\phi_E$. En la forma de realización preferida, en primera instancia y mediante la formación de los cocientes diferenciales de los valores de posición ϕ_{i-1} , ϕ_{i-2} y el intervalo de sondeo Δt se calcula el valor del movimiento ω (la velocidad angular). Partiendo del valor posicional ϕ_{i-1} se calcula seguidamente el valor previsto ϕ_E mediante la adición de la modificación posicional determinada por el valor de movimiento ω y por el intervalo de sondeo Δt . Con el valor de previsión ϕ_E y el intervalo posicional máximo se determina seguidamente el intervalo de previsión posicional $\Delta\phi_E$.

15 En la etapa 350 se recibe el valor posicional actual ϕ_i que debe verificarse.

20 La verificación de si el valor posicional ϕ_i se encuentra dentro del intervalo de previsión posicional $\Delta\phi_E$, se lleva a cabo en la etapa 360. En este lugar, se hace especial énfasis en que en la forma de realización preferida del método, en el instante de la recepción del valor posicional actual ϕ_i ya todos los cálculos han concluido y solamente es necesaria una comparación sencilla y rápida del valor posicional ϕ_i con el intervalo de previsión posicional $\Delta\phi_E$, para reconocer un error.

25 Si el valor posicional ϕ_i se encuentra dentro del intervalo posicional previsto, $\Delta\phi_E$, se continúa con la etapa 370, en el que el valor posicional actual ϕ_{i-1} se asocia con el valor posicional ϕ_{i-2} y el valor posicional ϕ_i con el valor posicional ϕ_{i-1} . A continuación se cierra el bucle con la repetición de la etapa 340.

30 Si el valor posicional ϕ_i no se halla dentro del intervalo previsto posicional $\Delta\phi_E$, en tal caso en la etapa 380 tiene un procesamiento de los errores, por ejemplo, la unidad de supervisión 200 señala a la unidad de regulación 120 o a la unidad de conversión 130 un error por medio de una señal de error. En función de la tolerancia a los errores de la regulación del accionamiento puede que se interrumpa el método en la etapa 380 o que se continúe con la etapa 370.

35 La efectividad de una unidad de supervisión 200 de acuerdo con la invención se explica seguidamente mediante un ejemplo numérico concreto. Como aparato medidor de la posición 20 se utilizará un indicador del número de revoluciones, ya que en este caso pueden presentarse las máximas aceleraciones. Para este ejemplo se adopta una aceleración máxima de $\sigma_{max} = 10.000 \text{ rad/s}^2$. Un valor típico para un intervalo de sondeo es de $\Delta t = 256 \mu\text{s}$. Como valor de movimiento se adopta sea un valor estimado para la velocidad, que se calculó por formación de los cocientes diferenciales a partir de ambos valores posicionales ingresados más recientemente ϕ_{i-2} , ϕ_{i-1} y del intervalo de sondeo Δt . De ello resultan, bajo una máxima velocidad de aceleración σ_{max} un error máximo de:

$$\Delta\phi_1 = \pm \sigma_{max} \cdot \Delta t^2$$

40 Para el cálculo del valor de previsión ϕ_E , bajo la máxima aceleración σ_{max} , se presenta, con respecto a una velocidad constante, un error adicional de

$$\Delta\phi_2 = \pm 0,5 \cdot \sigma_{max} \cdot \Delta t^2$$

45 Debido a la superposición desfavorable de los errores $\Delta\phi_1$ y $\Delta\phi_2$ resulta un intervalo posicional de $\Delta\phi$ de:

$$\Delta\phi = \pm 1,5 \cdot \sigma_{max} \cdot \Delta t^2$$

50 Con los valores aceptados en lo que precede, se obtiene un intervalo posicional $\Delta\phi$ de $\pm 0,562^\circ$. Referido a una rotación completa del indicador del número de revoluciones resulta con ello ya para el caso más desfavorable un grado de cobertura de diagnóstico superior al 99,6%. En la práctica, es posible lograr valores esencialmente más elevados en cuanto al grado de cobertura del diagnóstico, ya que la inercia del motor 10, o bien de la parte de máquina en movimiento, reduce considerablemente la aceleración máxima σ_{max} que se presenta.

55 Los ejemplos de realización descritos se refieren a movimientos giratorios. Sin embargo, por la persona experta se da por entendido que una unidad de supervisión de acuerdo con la invención, o bien un método para supervisar de acuerdo con la invención, también pueden utilizarse para movimientos lineales.

5 Dado que la unidad de supervisión 200 ha sido representada como conexión puramente digital, es especialmente adecuada para ser implementada en una logística (por ejemplo, FPGA) o en una conexión integrada específica para usuario (ASIC). Además, para la implementación existe la posibilidad de utilizar una microcontroladora y llevar a cabo el método de acuerdo con la invención como un programa de ordenador. Además, la unidad de supervisión 200 puede consistir en un módulo de software. De manera ventajosa, dicho software puede ejecutarse en paralelo o independientemente con respecto a otros programas en un ordenador instalado en la unidad de regulación 120.

10 En cuanto a la unidad de supervisión 200, se trata de una unidad relevante desde el punto de vista de la seguridad. Para poder subsanar un error interno de la unidad de supervisión 200, es ventajoso implementar la unidad de una manera total o parcialmente redundante, para poder llevar a cabo una comparación cruzada de los errores determinados (intervalos de posición φ , valores previstos φE , intervalos previstos de posicionamiento $\Delta\varphi E$, señales de error S). También pueden utilizarse métodos conocidos, como por ejemplo la verificación de si se han reconocido de manera fiable los errores impuestos ("dinamización forzada").

15 Por supuesto, dentro de los alcances de la invención, se da por entendido que las formas de realización descritas de una unidad de supervisión 200, como también de un método para supervisar una detección de las posiciones pueden modificarse y adaptarse a requerimientos sumamente diversos.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Método para verificar valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1} , φ_i), con una unidad de supervisión (200), a la que en instantes de tiempo de un intervalo de sondeo (Δt) se le hacen llegar valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1} , φ_i) de un aparato medidor de la posición (20), con las siguientes etapas:
- cálculo de un valor de movimiento (ω) a partir de por lo menos dos valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1}) y de la separación temporal de sus ingresos;
 - 10 - cálculo de un valor previsto (φ_E) para un valor de posición que debe verificarse (φ_i), que tiene lugar en base a los por lo menos dos valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1}), mediante la adición del más actual de los por lo menos dos valores de posición (φ_{i-2} , φ_{i-1}) y de una modificación posicional, que resulta del valor del movimiento (ω) y del tiempo hasta el ingreso del valor posicional que debe ser verificado (φ_i);
 - 15 - determinación de un intervalo previsto de posición ($\Delta\varphi_E$) a partir del valor de previsión (φ_E) y de un máximo intervalo de posiciones ($\Delta\varphi$), que indique la mayor modificación posicional, que puede presentarse teniendo en cuenta el error durante la determinación del valor de movimiento ω ;
 - comparación del valor posicional (φ_i) que debe verificarse con el intervalo de previsión de la posición ($\Delta\varphi$); y
 - emisión de una señal (S) que muestra el resultado de la comparación.
- 20 2. Método según la reivindicación 1, en donde el valor del movimiento (ω) es:
- un valor de velocidad; o
 - un valor de aceleración; o
 - un tirón.
- 25 3. Método según la reivindicación 1, en donde el valor de movimiento (ω) es un valor de velocidad estimado, que ha sido formado mediante la formación de cocientes de diferencias de ambos valores posicionales Ingresados en último término (φ_{i-2} , φ_{i-1}) en la unidad de supervisión (200) y el intervalo de sondeo (Δt).
- 30 4. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en donde la determinación del intervalo de previsión de la posición ($\Delta\varphi_i$) tiene lugar en el tiempo antes de la entrada del valor posicional que debe ser verificado (φ_i).
5. Método según una de las reivindicaciones precedentes, en donde el intervalo de sondeo (Δt) en la unidad de supervisión (200) se mide con una unidad medidora del tiempo (260).
- 35 6. Unidad de supervisión para la verificación de valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1} , φ_i), que son transmitidos desde un aparato medidor de la posición (20) hacia un control de accionamiento (100) en intervalos temporales de un intervalo de sondeo (Δt), con
- 40 • una unidad de procesamiento (230), a la que se hacen llegar los valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1} , φ_i) y que está equipada para calcular un valor de movimiento (ω) a partir de por lo menos dos valores de posición (φ_{i-2} , φ_{i-1}) y de la separación temporal entre sus ingresos, para calcular un valor previsible (φ_E) para un valor posicional que debe verificarse (φ_i), que sigue a los por lo menos dos valores posicionales que (φ_{i-2} , φ_{i-1}), mediante la adición de por lo menos dos valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1}) y una modificación de la posición que resulta del valor de movimiento (ω) y del tiempo hasta el ingreso del valor posicional que debe verificarse (φ_i) y para la
 - 45 determinación de un intervalo de previsión de posición ($\Delta\varphi_E$) a partir del valor previsible (φ_E) y un máximo intervalo de posición ($\Delta\varphi$), que señala la mayor modificación de posición que puede presentarse teniendo en cuenta el error durante la determinación del valor de movimiento ω , como también con:
 - 50 • una unidad de comparación (240), con el que puede compararse el valor de posición por verificar (φ_i) con el intervalo de previsión de la posición ($\Delta\varphi_E$) y que puede ser emitido mediante una señal (S) que indica el resultado de la comparación.
- 55 7. Unidad de supervisión según la reivindicación 6, en donde se ha previsto una unidad de protocolo (220) a la que se le hacen llegar las señales de puntos de interfaz, y que son separables los valores posicionales (φ_{i-2} , φ_{i-1} , φ_i), que están contenidos en las señales de punto de interfaz, y que son emisibles en la unidad de procesamiento 230 y en la unidad de comparación 240.
8. Unidad de supervisión según una de las reivindicaciones 6 a 7, en donde se ha previsto una unidad de memoria 250, en la que pueden almacenarse los datos que son necesarios en la unidad de procesamiento 230, en especial el intervalo de posición ($\Delta\varphi$) y el intervalo de sondeo (Δt).
- 60 9. Unidad de supervisión según una de las reivindicaciones 6 a 8, en donde se ha previsto, además, una unidad para medir el tiempo (260) con la que puede medir el intervalo de sondeo (Δt).
- 65 10. Control de accionamiento, que comprende una unidad de supervisión (200) según una de las reivindicaciones 6 a 9.

FIG. 1

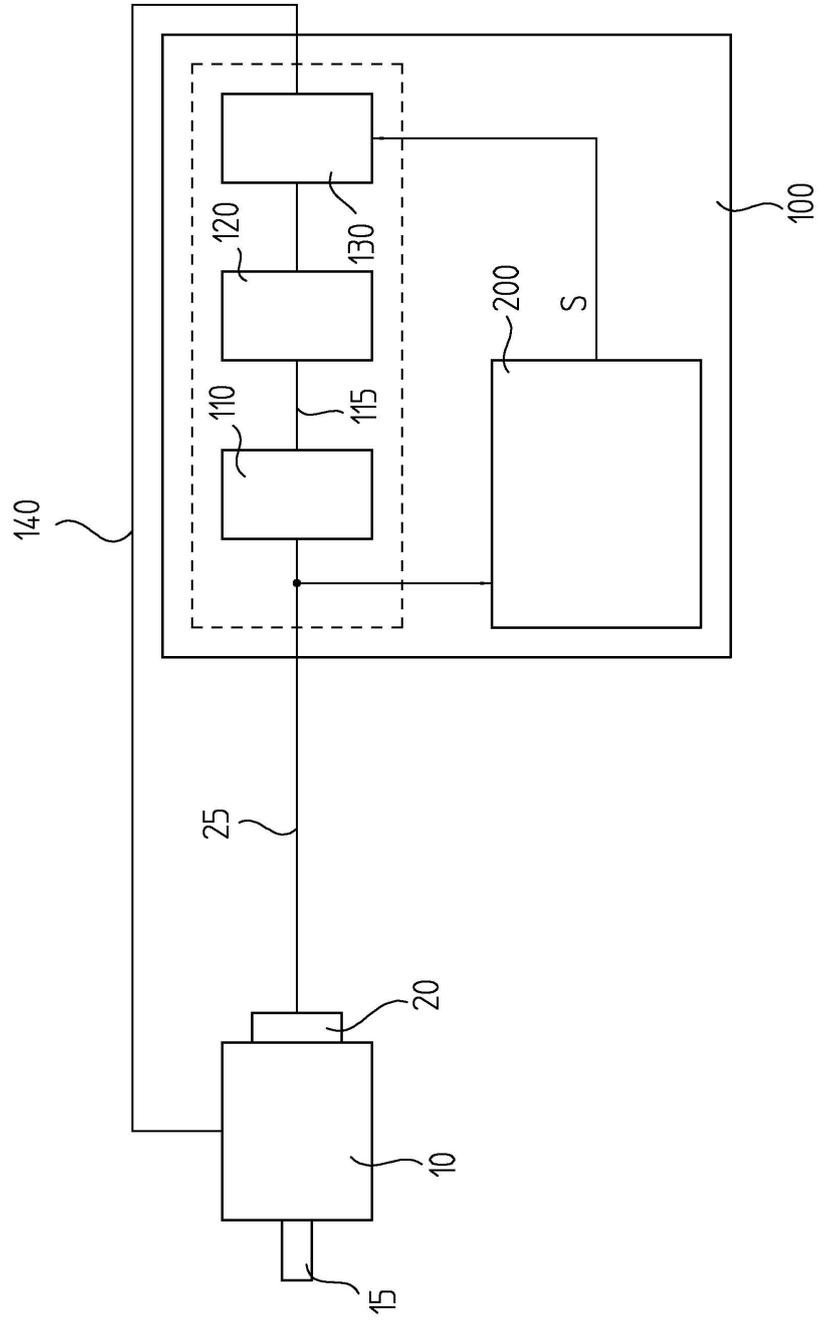


FIG. 2

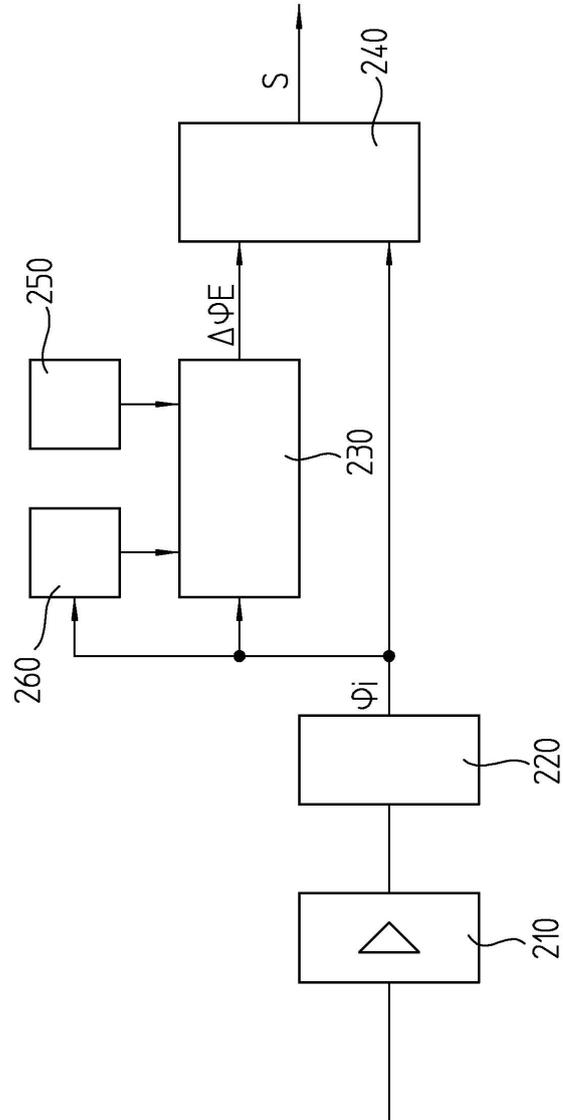


FIG.3

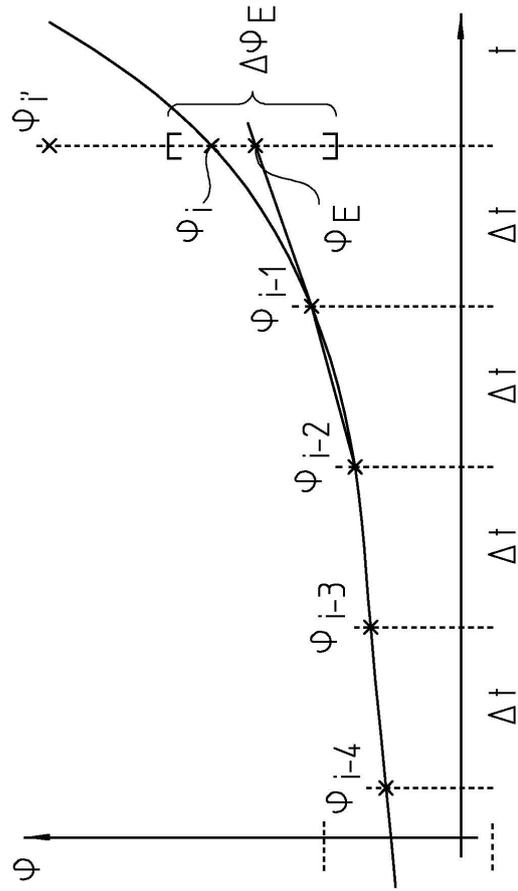


FIG. 4

