

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 447 565**

51 Int. Cl.:

**G05B 19/401** (2006.01)

**G01B 21/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.05.2009 E 09006381 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2013 EP 2124116**

54 Título: **Procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas controlado por CNC, así como equipo de medición de coordenadas**

30 Prioridad:

**21.05.2008 EP 08104058**

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

**12.03.2014**

73 Titular/es:

**HEXAGON METROLOGY GMBH (100.0%)  
SIEGMUND-HIEPE-STRASSE 2-12  
35578 WETZLAR, DE**

72 Inventor/es:

**RICHTER, ANDREAS y  
MÜLLER, HANS-JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto**

**ES 2 447 565 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas controlado por CNC, así como equipo de medición de coordenadas

5 La invención se refiere a un procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas controlado por CNC (control numérico por ordenador) y un equipo de medición de coordenadas.

10 Al estado actual de la técnica (DE 102 29 821 B4) pertenecen equipos de medición de coordenadas con tres componentes desplazables linealmente dispuestos perpendiculares entre sí, cuyo perímetro de movimientos despliega un sistema de coordenadas cartesianas. En el extremo de dichos componentes, habitualmente denominado pínula, se encuentra dispuesto, la mayoría de las veces, un sensor que detecta el contacto de un elemento palpador, conectado a él, con una pieza de trabajo dispuesta dentro del sistema de coordenadas desplegado por los tres ejes lineales. Dicho sensor, en lo sucesivo denominado „cabezal palpador“, es, frecuentemente, un sensor táctil que comprende una parte fija, por ejemplo una carcasa, conectada fija con la pínula, así como una parte móvil en tres direcciones respecto de la parte fija (generalmente y en lo sucesivo de esta solicitud denominada “báscula de cabezal palpador”) que está conectada por medio de un distanciador con el elemento palpador, por ejemplo una bola de palpación. El distanciador es, generalmente, una varilla que se compone, por su parte, de un vástago de palpador y, eventualmente, una o más extensiones y piezas de conexión. Habitualmente y en el desarrollo ulterior de esta solicitud, la combinación de elemento palpador y distanciador es denominada palpador.

25 Además, pertenecen al estado actual de la técnica ejes rotatorios como mesas giratorias o las denominadas articulaciones giratorias y pivotantes con cuya ayuda la pieza de trabajo y/o el cabezal palpador pueden ser girados sobre ejes horizontales y/o ejes verticales.

30 Cuando en lo sucesivo se hable de “ejes”, dicho concepto incluye todos los ejes de movimiento posibles, sean éstos lineales o rotativos, de la pieza de trabajo y/o del cabezal palpador. La extensión de protección de la invención se refiere, expresamente, a todos estos ejes del movimiento.

35 Cuando los ejes del cabezal palpador se mueven hacia la pieza de trabajo de tal manera que el elemento palpador llegue a estar en contacto con la pieza del trabajo, la báscula del cabezal palpador es desviada respecto de su parte fija, siendo disparada una señal de palpación o medida la magnitud y el sentido de dicha desviación mediante un sistema sensor apropiado.

40 En estado de reposo, la báscula de cabezal palpador es retenida en el estado de reposo mediante fuerzas de reposición, pudiendo dichas fuerzas de reposición ser producidas, por ejemplo, mediante resortes o generadores de fuerza, por ejemplo sistemas de bobinas móviles.

45 Debido a que el elemento palpador tiene junto con el distanciador y la báscula de cabezal palpador una masa finita, el mismo está sometido en la aceleración del cabezal palpador a fuerzas inerciales que pueden producir una desviación importante, no deseada, de la báscula de cabezal palpador antes del contacto del elemento palpador con una pieza de trabajo.

50 En el denominado proceso de escaneado, en el que el elemento palpador es conducido en contacto continuo por encima de la pieza de trabajo, el sistema de muelle-masa, compuesto de la masa del distanciador y de la báscula de cabezal palpador, forma junto con la rigidez del distanciador un sistema oscilatorio que, en operación de escaneado, es activado bajo condiciones operativas desfavorables, lo que puede producir errores de medición.

55 Al estado actual de la técnica (DE 102 29 821 B4) pertenece un procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas con una masa de palpador variable en el que en función de la masa del palpador se ajustan valores nominales de trayectoria de movimientos de un equipo de medición de coordenadas, por ejemplo la aceleración y la velocidad. De este modo se soluciona el problema técnico de que, en un modo de desplazamiento dinámico, eventualmente debido a las fuerzas inerciales actuantes sobre el elemento palpador, el elemento palpador es desviado lo suficiente de su posición de descanso como para simular una palpación sin estar en contacto con una pieza de trabajo.

60 Este procedimiento perteneciente al estado actual de la técnica presenta la desventaja de que, por ejemplo, con una masa correspondiente del palpador, la velocidad y la aceleración son ajustadas –especialmente reducidas- de tal manera que aumenta ostensiblemente el tiempo de medición total.

65 Además, al estado actual de la técnica (DE 10 2005 032 749 A1) pertenece un procedimiento para la palpación de una pieza de trabajo mediante un equipo de medición de coordenadas en el que el avance y el retraso de una pista de escaneado es ajustado en función de la rigidez o de la masa de un palpador. Este procedimiento perteneciente al estado actual de la técnica consigue el objetivo de atenuar al principio y al final de una pista de escaneado los procesos de estabilización y extinción de oscilaciones en lo que se refiere a su influencia sobre el resultado de la

medición. Este procedimiento perteneciente al estado actual de la técnica presenta la desventaja de que, antes del escaneado y/o después del escaneado, el elemento palpador es movido a lo largo de una pista de avance o de retraso, con lo cual el tiempo de medición aumenta ostensiblemente.

5 Además, al estado actual de la técnica (DE 10 2005 016 019 A1) pertenece un procedimiento para el ajuste de la sensibilidad del sistema de palpación de un sistema de medición de coordenadas, en el que los parámetros operativos de un sistema de palpación son cambiados automáticamente debido a parámetros de sensibilidad especificados por el usuario del equipo de medición de coordenadas para, por ejemplo, ajustar las fuerzas de contacto a la blandura de una pieza de trabajo a palpar. Además, de acuerdo a este estado actual de la técnica se propone modificar otro parámetro operativo del equipo de medición de coordenadas, por ejemplo la velocidad de palpación en función del parámetro de sensibilidad especificado. Este procedimiento perteneciente al estado actual de la técnica presenta la desventaja de que, de acuerdo con este procedimiento, las oscilaciones del sistema de palpación no son minimizadas

15 Además, al estado actual de la técnica (DE 102 29 821 B4) pertenece un equipo de medición de coordenadas y un procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas con masa de cabezal palpador variable. De acuerdo con dicha documentación no está previsto un control con modificación de parámetros, de manera que este procedimiento perteneciente al estado actual de la técnica también presenta el inconveniente de que no se minimizan oscilaciones del sistema de preparación.

20 Además, al estado actual de la técnica (EP 0 469 617 B1) pertenece un sistema que se compone de un circuito de lazo cerrado con un filtro adaptivo. De acuerdo con este sistema se limita una aceleración máxima de un dispositivo de control de velocidad del motor. Esta aceleración máxima es una magnitud de entrada para un regulador y no un parámetro del regulador, de manera que de acuerdo con dicha documentación una regulación adaptada a los diferentes sistemas de palpación de un equipo de medición de coordenadas no puede ser implementada.

25 Bajo el concepto "parámetros de regulación" no deben entenderse, expresamente, aquí y en el curso de la solicitud ni una magnitud entrada (valor nominal) ni una magnitud de ajuste o una magnitud de regulación (valor real), sino exclusivamente deben entenderse magnitudes que influyan en la función de transferencia de amplitudes del regulador en el intervalo de amplitudes de frecuencias, o sea, por ejemplo, la amplificación del circuito de un regulador de acción proporcional.

30 El problema técnico en el que se basa la invención consiste en indicar un procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas controlado numéricamente, en el que es minimizada la estimulación del sistema oscilatorio compuesto de masa de báscula de cabezal palpador, inclusive la masa de palpador y rigidez de palpador (rigidez a la flexión del elemento palpador con distanciador). Además, se quiere indicar un equipo de medición de coordenadas en el que la estimulación del sistema oscilatorio, compuesto de masa de cabezal palpador inclusive la masa de palpador y rigidez de palpador, es minimizada.

35 Dicho problema técnico es solucionado por medio de un procedimiento con las características de acuerdo con la reivindicación 1 así como mediante un equipo de medición de coordenadas de acuerdo con las características de la reivindicación 11.

40 En el procedimiento según la invención para el control de un equipo de medición de coordenadas controlado numéricamente, con una plataforma para la recepción de una pieza de trabajo con al menos una estructura que soporta un sensor de contacto, presentando dicha estructura al menos una primera frecuencia propia mecánica, siendo la plataforma que recibe la pieza de trabajo y la estructura que soporta el sensor de contacto relativamente móviles entre sí, con un palpador compuesto de al menos un elemento palpador y un distanciador, estando el elemento palpador conectado con el sensor de contacto por medio del distanciador y cuyo contacto con una pieza de trabajo dispuesta sobre la plataforma es detectada por el sensor de contacto, con al menos una unidad de accionamiento motriz para la implementación de un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el elemento palpador, presentando la unidad de accionamiento motriz al menos una segunda frecuencia propia que es diferente de la primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto, con al menos un regulador para la regulación de la unidad de accionamiento, presentando el al menos un regulador al menos un parámetro de regulador que define la función de transferencia del regulador, se destaca porque al menos uno de los parámetros del regulador es modificado en función de la distancia del elemento palpador de un punto de referencia del sensor de contacto y/o en función de propiedades elásticas del distanciador en dependencia del palpador usado, en cada caso, para la medición, de tal manera que el parámetro del regulador se mueve entre los límites definidos por la primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto y por la segunda frecuencia propia de la unidad de accionamiento motriz.

45 Mediante el procedimiento según la invención es posible, después del cambio de un palpador, compuesto de distanciador y elemento palpador, especificar al regulador los parámetros del regulador óptimos para dicho palpador, de manera que el sistema oscilatorio no realice oscilaciones o realice solamente oscilaciones mínimas.

50 El distanciador es, generalmente, una varilla que se compone, por su parte, de un vástago de palpador y,

eventualmente, una o más extensiones y elementos de conexión. El elemento palpador es, generalmente, una bola de palpación. El palpador que es cambiado según las exigencias del objetivo de la medición se compone del distanciador y del elemento palpador.

5 En un sistema de medición de coordenadas, el punto referencial es, generalmente, el punto en el que el palpador está conectado con la báscula de cabezal palpador. Es decir, con una longitud de palpador igual a cero, el elemento palpador (bola de palpación) estaría dispuesto en el punto de referencia. De acuerdo con la invención, el punto de referencia es usado para determinar la longitud del palpador debido a que el equipo de medición de coordenadas debe detectar, automáticamente, la longitud del palpador. Si el equipo de medición de coordenadas conoce la  
10 longitud del palpador o sus propiedades elásticas (flexión), se modifican los respectivos parámetros de regulación en el al menos un regulador para la regulación de las unidades de accionamiento motriz.

En lo individual, el procedimiento es realizado de tal manera que al control le es comunicado el vector de distancia del elemento palpador (bola de palpación) del punto de referencia del sensor de contacto y/o las propiedades elásticas del distanciador en función del palpador, por lo cual el control genera de ello parámetros del regulador que en el desplazamiento de los ejes del equipo de medición de coordenadas es usado con el propósito de la palpación o del escaneado.

La entrada de propiedades del distanciador en combinación con el elemento palpador puede realizarse, manualmente, por ejemplo por medio de un teclado o, automáticamente, puesto que el control comprende un módulo de cálculo que calcula los parámetros del regulador a partir de los datos de calibración de la combinación de distanciador y elemento palpador en cuestión.

Bajo calibración se entiende en este contexto un proceso de acuerdo con el estado actual de la técnica en el que las propiedades elásticas de una combinación de elemento palpador y distanciador son detectadas de tal manera mediante la palpación múltiple de un cuerpo normal desde diferentes direcciones que de las desviaciones del resultado de la medición de los valores conocidos se genera, respecto de forma y tamaño del cuerpo normal, una matriz que describe las propiedades elásticas de la combinación de elemento palpador y distanciador en cuestión. El cuerpo normal es, habitualmente, una bola con diámetro conocido y error de forma conocido. La matriz calculada  
25 tiene, generalmente, una configuración 3x3.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa, el procedimiento según la invención puede ser aplicado en el escaneado controlado. En el escaneado controlado, el cabezal palpador es conducido a lo largo de trayecto especificado por datos nominales y medida la desviación entre contorno efectivo y el contorno nominal.

Sin embargo, el procedimiento según la invención puede ser aplicado, ventajosamente, también en el escaneado regulado. En el escaneado regulado, en un bucle abierto la desviación del cabezal palpador es ajustado a un valor nominal. Para el control se especifica solamente una superficie que intersecta la superficie de la pieza de trabajo y en la que se conduce la bola de palpación. Este procedimiento es utilizable, universalmente, pero es susceptible de oscilaciones porque, en este caso, sobre todo el equipo de medición de coordenadas debe cerrarse un bucle abierto en el que desde todo el contorno escaneado se acoplan frecuencias discretas. Consecuentemente, con una precisión dada, la velocidad obtenible está limitada por la dinámica del sistema global.

El escaneado regulado reacciona de manera sensible a las diferentes estructuras mecánicas oscilatorias que, por ejemplo, son excitadas para oscilar mediante accionamientos que no actúan en el centro de gravedad de la estructura respectiva.

Ello es particularmente válido para grandes estructuras blandas con elementos oscilatorios (frecuencia propia muy baja), cuya influencia no se presenta en las funciones de traspaso de conducción de los trenes de accionamiento de los diferentes ejes y, por lo tanto, solamente pueden ser detectadas y atenuadas mediante sensores caros adicionales (por ejemplo sensores de aceleración) inclusive el procesamiento online de señales complicado.

Para la solución de dicho problema, con el procedimiento según la invención, las funciones de traspaso de conducción de los reguladores de accionamiento son ajustados de tal manera mediante la adaptación de parámetros, que es minimizada la influencia de las estructuras mecánicas oscilatorias no detectadas sobre el resultado del escaneado:

- En palpadores flexibles (largos), las oscilaciones estructurales mecánicas de baja frecuencia se manifiestan, principalmente, en la flexión del palpador, es decir que la desviación de la báscula de cabezal palpador sólo es influenciada en menor medida por la estructura mecánica. De allí, una sintonización de parámetros a la frecuencia determinada online/offline produce el mejor resultado posible sobre la frecuencia propia determinada online/offline de los componentes de accionamiento.
- En palpadores rígidos (cortos), la báscula de cabezal palpador es influenciada en mayor medida por la oscilación estructural mecánica de baja frecuencia. En este caso, una sintonización de parámetros a la frecuencia detectada offline de la oscilación estructural mecánica brinda el mejor resultado posible.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención se usa como sensor de contacto un cabezal palpador conmutador o un cabezal palpador medidor.

De acuerdo con otra forma de realización ventajosa de la invención se usa un regulador con una estructura en cascada, estando previsto un regulador de posición para la posición de un eje a regular, un regulador de velocidad para la velocidad de una unidad de accionamiento motorizada (motor convencional o motor lineal) que propulsa el eje a regular y un regulador de intensidad de corriente para la fuerza motriz o el par motor. El regulador de velocidad está conectado en cascada al regulador de posición y el regulador de intensidad de corriente en cascada al regulador de velocidad.

Durante la palpación continua de una pieza de trabajo (modo de escaneado) se usa, adicionalmente al regulador de posición, un regulador de escaneado que mantiene cuantitativamente constante la desviación de la báscula de cabezal palpador respecto de la parte fija del cabezal palpador y al que está conectado en cascada el regulador de posición, es decir que la magnitud de ajuste del regulador de escaneado es la magnitud nominal del regulador de posición. También es posible usar como regulador un regulador de estado en lugar del regulador en cascada.

Según otra configuración ventajosa de la invención se usa como regulador un regulador digital.

De acuerdo con otra forma de realización de la invención, al menos un parámetro del regulador de posición o del regulador de velocidad o del regulador de intensidad de corriente es modificado en función de la distancia del elemento palpador del punto de referencia del sensor de contacto y/o en función de las propiedades elásticas del distanciador.

De acuerdo con otra configuración ventajosa de la invención se modifica de tal manera una combinación de parámetros del regulador del regulador de posición y/o regulador de velocidad y/o regulador de intensidad de corriente en función de la distancia del elemento palpador del punto de referencia del sensor de contacto y/o en función de las características elásticas del distanciador en dependencia de la combinación de palpadores recambiados, que el parámetro del regulador se mueve entre los límites definidos por la primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto y por la segunda frecuencia propia de la unidad de accionamiento motriz.

Otra posibilidad de informar al control respecto de las propiedades de la combinación de distanciador y elemento palpador usada consiste en que una magnitud caracterizadora de un peso o una rigidez de elementos palpadores y distanciadores estén almacenados en una base de datos y al recambiar la combinación respectiva de elemento palpador y distanciador producen, automáticamente, el ajuste de los parámetros del regulador. En la base de datos se almacenan las propiedades nombradas o bien directamente los grupos de parámetros del regulador de la combinación de distanciador y elemento palpador a usar.

De acuerdo con otra forma de realización ventajosa de la invención, las magnitudes características necesarias para el ajuste de los parámetros del regulador son obtenidos de un resultado de una calibración de palpador.

Ventajosamente, los parámetros del regulador son ajustados de manera continua durante un proceso de escaneado.

La invención se refiere, además, a un equipo de medición de coordenadas con una plataforma para la recepción de una pieza de trabajo con al menos una estructura que soporta un sensor de contacto, presentando dicha estructura al menos una primera frecuencia propia mecánica, siendo la plataforma que recibe la pieza de trabajo y la estructura que soporta el sensor de contacto relativamente móviles entre sí, con un palpador compuesto de al menos un elemento palpador y un distanciador, estando el elemento palpador conectado con el sensor de contacto por medio del distanciador y cuyo contacto con una pieza de trabajo dispuesta sobre la plataforma es detectado mediante el sensor de contacto, con una unidad de accionamiento motriz para la implementación de un movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el elemento palpador, presentando la unidad de accionamiento motriz al menos una segunda frecuencia propia que es diferente de la primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto, con un control que presenta al menos un regulador para la regulación de la unidad de accionamiento, presentando el al menos un regulador al menos un parámetro del regulador que define la función de transferencia del regulador, se destaca porque el equipo de medición de coordenadas presenta una unidad de cálculo que está configurada como una unidad de cálculo que modifica los parámetros del regulador caracterizadores de la función de transferencia del al menos un regulador en función de la distancia del elemento palpador de un punto de referencia del sensor de contacto y/o en función de propiedades elásticas del distanciador en dependencia de la combinación de palpadores cambiados en cada caso, y porque la unidad de cálculo está configurada como una unidad de cálculo que modifica al menos un parámetro del regulador de tal manera que el parámetro del regulador se mueva entre los límites definidos por la estructura que mediante la primera frecuencia propia soporta el sensor de contacto y por la segunda frecuencia propia de la unidad de accionamiento motriz.

Mediante el concepto "unidad de accionamiento motriz" se entiende, expresamente, aquí y en lo sucesivo de la solicitud no solo el motor sino, adicionalmente, todo el tren de transmisión mecánica desde el motor hasta el acoplamiento a la estructura a mover, por ejemplo engranajes multiplicadores.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferente de la invención, el control presenta, adicionalmente, una base de datos en la que están almacenados las magnitudes caracterizadoras de un peso o una rigidez de elementos palpadores para diferentes combinaciones de elementos palpadores y distanciadores y que al usar la combinación respectiva son requeridos para el cálculo de los parámetros del regulador.

De acuerdo con otra configuración ventajosa de la invención, el control presenta un módulo que está implementado como un módulo que usa para el cálculo de los parámetros del regulador los resultados de una calibración del palpador.

El sensor de contacto es ventajoso como cabezal palpador conmutador o como cabezal palpador medidor.

El equipo de medición de coordenadas presenta, ventajosamente, tres ejes móviles linealmente que despliegan un sistema cartesiano de coordenadas. Sin embargo, también es posible usar un equipo de medición de coordenadas de construcción cinemática paralela, por ejemplo hexapódica.

De acuerdo con una forma de realización ventajosa de la invención, el regulador presenta una estructura en cascada, estando previstos un regulador de posición para el posicionamiento del eje a regular, un regulador de velocidad para la velocidad del accionamiento motorizado del eje a regular y un regulador de intensidad de corriente para la fuerza de accionamiento o el par del accionamiento motorizado. El regulador de velocidad está conectado en cascada al regulador de posición y el regulador de intensidad de corriente al regulador de velocidad.

De acuerdo con una forma de realización particularmente preferente, el regulador también puede estar configurado como regulador en cascada. En cada caso, los parámetros a modificar son parámetros que influyen en la función de transferencia del regulador respectivo. Ventajosamente, el regulador está configurado como regulador digital.

Otras características y ventajas de la invención resultan en base al dibujo correspondiente en el que sólo se representa a modo de ejemplo un equipo de medición de coordenadas según la invención. En el dibujo, muestran:

La figura 1, un equipo de medición de coordenadas en construcción de tipo pórtico, en vista en perspectiva;

la figura 2, una representación esquemática de una regulación mediante datos de palpación almacenados en una base de datos;

la figura 3, una representación gráfica de valores de flexión, aplicados en comparación con los coeficientes de ponderación;

la figura 4, una representación esquemática de una regulación con un módulo de cálculo en base a datos de calibración.

La figura 1 muestra un equipo de medición de coordenadas 1 con una mesa de medición 2 desplazable en orientación X, dispuesta desplazable sobre guías 3. Un pórtico 4 que presenta apoyos 5 y que está configurado de manera no desplazable soporta en una traviesa 6 un carro 7 desplazable en orientación Y en el que, por su parte, está dispuesta una pínula 8 desplazable en orientación Z. Las guías 3 y los soportes 5 están dispuestos en una base 9 del equipo de medición de coordenadas 1. En la figura 1, el carro 7 y la pínula 8 están representados sólo de forma esquemática, para explicar el modo de funcionamiento del equipo de medición de coordenadas 1.

En la pínula 8 se encuentra dispuesto un cabezal palpador 10 (sensor de contacto) en el cual se encuentra dispuesto un palpador 11 compuesto de una varilla 13 (distanciador) que soporta una bola de palpación 12 (elemento palpador). Básicamente, el palpador 11 es intercambiable contra otros, es decir contra palpadores con un vástago de palpador y eventuales extensiones. Una intersección 14 entre el vástago de palpador 13 y el cabezal palpador 10 representa el punto de referencia del sensor de contacto.

En funcionamiento de escaneado en el que la bola de palpación 12 es conducida en contacto continuo por encima de una pieza de trabajo (no mostrada), estando la pieza de trabajo dispuesta sobre la mesa de medición 2, el sistema resorte-masa, compuesto de la masa del distanciador 13, forma en combinación con la masa del cabezal palpador móvil junto con la rigidez a la flexión del distanciador 13 un sistema oscilatorio que bajo condiciones operativas desfavorables es excitado en funcionamiento de escaneado, lo que, por su parte, produce errores de medición.

Para evitar una oscilación incorrecta de dicho sistema en función del palpador 11 cambiado se ha previsto según la figura 2 un regulador 15 para el control del equipo de medición de coordenadas. El regulador 15 presenta un regulador de posición 16, un regulador de velocidad 17 y un regulador de intensidad de corriente 18, estando el regulador de velocidad 17 para la velocidad del accionamiento motriz subordinado al regulador de posición 16 para la posición del eje a regular y el regulador de intensidad de corriente 18 para la fuerza motriz o el par del accionamiento motriz subordinado al regulador de velocidad 17 para la velocidad del accionamiento motriz.

5 Durante la palpación continua de una pieza de trabajo (modo de escaneado) se usa, adicionalmente al regulador de posición 16, un regulador de escaneado 29 que mantiene cuantitativamente constante la desviación de la báscula de cabezal palpador (no mostrada) respecto del cuerpo fijo del cabezal palpador 10 y es de orden superior al regulador de posición 16, es decir que la magnitud de ajuste del regulador de escaneado 29 es la magnitud nominal del regulador de posición 16.

10 Mediante un dispositivo de medición de corriente 19, un dispositivo de medición de velocidad 20 y una regla graduada 21 se detectan señales efectivas que alimentan dispositivos de comparación 22, 23, 24. En el caso de ejes rotativos, la regla graduada es reemplazada por un transmisor goniométrico.

En los dispositivos 22, 23, 24, 25 se comparan las señales efectivas con las señales nominales almacenadas.

15 Según la figura 2, los reguladores 16, 17, 18 están configurados como reguladores PID sólo a modo de ejemplo. Para cada uno de los palpadores 11 con varilla 13 y bola de palpación 12 usados, los parámetros del regulador para la regulación de la unidad de accionamiento (no mostrada) se encuentran almacenados en una base de datos 26 y alimentan los reguladores 16, 17, 18. En la base de datos están almacenadas las propiedades de la combinación usada compuesta de varilla 13 (distanciador) y bola de palpación 12 (elemento palpador) o bien están almacenadas directamente los grupos paramétricos de regulador respecto de las combinaciones usadas compuestas de  
20 distanciador 13 y elemento palpador 12.

Ello significa que los parámetros de regulador son usados en los reguladores 16, 17, 18 en función de la combinación usada compuesta de distanciador 13 y elemento palpador 12.

25 La frecuencia propia de estructura a y la frecuencia propia de accionamiento b de la estructura mecánica 30 son proporcionados a la base de datos 26. Además de ello, existe una reacción sobre el cabezal palpador 10.

Para el desarrollo de la adaptación de parámetros se indica el ejemplo siguiente:

30 - (S) determinación offline de la frecuencia propia:  $f_S$  y atenuación:  $d_S$  de las estructuras mecánicas con frecuencias propias muy bajas y cálculo de los límites de parámetros correspondientes para un comportamiento de regulación robusto.

35 - (Z) determinación offline/online de frecuencia propia:  $f_Z$  y atenuación:  $d_Z$  de los trenes de accionamiento y cálculo de los límites de parámetros correspondientes para un comportamiento de regulación robusto. Ello se produce con ayuda de los sensores estandarizados de estado existentes de todos modos, por ejemplo transmisor de corte longitudinal para los ejes y velocímetro del motor.

40 - (T) detección online de las oscilaciones de cabezal palpador (frecuencia  $f_T$ , atenuación:  $d_T$ ) por medio de la desviación de la báscula de cabezal palpador.

- (B) detección online de los valores de flexión (= rigidez recíproca) del palpador admitido aplicado en cada caso por medio de un software de control dentro de los valores límite de flexión admisibles  $B_{min}$  y  $B_{max}$  o detección offline referente a la longitud.

45 - (P) adaptación paramétrica online (algoritmo)

siendo S = estructura mecánica oscilatoria

Z = sensor estándar de estado

T = cabezal palpador

50 B = flexión de palpador

P = parámetro.

Ejemplo de realización:

55 Un procedimiento para el ajuste de la parte  $D K_d \text{ akt}$  en el bucle abierto de posicionamiento PID para una flexión de palpador actual dada  $B_{akt}$  puede ser implementada de la manera siguiente:

Determinación offline de las frecuencias propias:

60  $f_s$  = frecuencia propia de la estructura mecánica

$f_z$  = frecuencia propia del tren de accionamiento

La transformada de Laplace de la función de transferencia de un regulador PID es:

65  $F_R(s) = K_I \cdot (1 + (K_P/K_I) \cdot s + (K_D/K_I) \cdot s^2) / s$

con  $K_I$ ,  $K_p$ ,  $K_D$ , las partes I-, P- y D del regulador así como de las variables complejas s.

La transformada de Laplace de la función de transferencia de una estructura mecánica oscilatoria general es:

$$F_s(s) = 1/(1+2*d_R*I/(2*\pi*f_R)*s+I/(2*\pi*f_R)^2*s^2).$$

En este caso,  $f_R$  es la frecuencia propia y  $d_R$  la atenuación de la estructura mecánica.

Mediante la comparación de coeficientes se obtiene  $K_D$  con

$$K_D = K_I/(2*\pi*f_R)^2$$

Referido a este ejemplo, los límites paramétricos admisibles se calculan mediante

$$K_{D\_min} = K_I / (2*\pi*f_Z)^2$$

$$K_{D\_max} = K_I / (2*\pi*f_Z)^2$$

En este caso,  $f_Z$  es mayor que  $f_s$ .

Mediante los límites de valores de flexión del surtido de palpadores admitidos

$B_{min}$  y  $B_{max}$

se calcula la parte D actual por medio de la función  $h()$  y de los coeficientes de ponderación  $g_1$  y  $g_2$  mediante

$$K_{d\_akt} = h(g_1 * K_{d\_max}, g_2 * K_{d\_min})$$

Se ha demostrado que con

$$g_1 = (B_{max} - B_{akt}) / (B_{max} - B_{min})$$

$$g_2 = (B_{akt} - B_{min}) / (B_{max} - B_{min})$$

$$g_1 + g_2 = 1 \text{ (100\%)}$$

$$h() = g_1^n * K_{d\_max} + g_2^k * K_{d\_min},$$

donde n y k son números enteros,

es posible un escaneado fiable y robusto con todos los palpadores del surtido de palpadores admitido, incluso sin sensores adicionales caros y un procesamiento de señales complicado.

La selección de las potencias n y k es específica al equipo. Según como se elijan las potencias, se describe el tipo de transición entre los valores de flexión  $B_{min}$  y  $B_{max}$ .

Para n = 1 y k = 1, se muestra la transición en la figura 3.

De esta manera es posible, en caso necesario, que todos los parámetros que caracterizan la función de transferencia del regulador existentes en la cascada de reguladores sean variados dentro de sus límites admisibles determinados mediante las frecuencias propias de estructura mecánica y tren de accionamiento, así como mediante los límites de flexión admisibles para los palpadores, de tal manera que el comportamiento de escaneado es óptimo para cada valor actual de flexión de palpador.

La ventaja del procedimiento según la invención del dispositivo según la invención consiste en que no es necesario ningún sensor para la amortiguación activa de frecuencias propias muy bajas, con lo cual se presenta un ahorro de costes, se minimiza el gasto y el comportamiento del sistema es, no obstante, robusto.

Según la figura 4, los parámetros del regulador no se proporcionan a los reguladores 16, 17, 18 desde una base de datos sino desde un módulo de cálculo 27. El módulo de cálculo 27 calcula los parámetros del regulador a partir de los datos de calibración de la combinación de distanciador 13 y elemento palpador 12 en cuestión.

Las propiedades elásticas de dicha combinación de elemento palpador 12 y distanciador 13 son determinados de tal manera mediante la palpación múltiple de un cuerpo normal desde diferentes direcciones, que de las desviaciones del resultado de medición de los valores conocidos para forma y tamaño del cuerpo normal se produce una matriz 28 que describe las propiedades elásticas de la combinación en cuestión. El cuerpo normal es, habitualmente, una bola con diámetro conocido y error de forma conocido. La denominada matriz de flexión calculada tiene según la figura 3 una configuración 3x3. Pero también son posibles otros cuerpos normales o matrices de flexión, respectivamente funciones de flexión, sin abandonar la extensión de protección de la invención.

## ES 2 447 565 T3

Por ejemplo, un denominado software de host de orden superior informa al control del equipo de medición de coordenadas 1 el palpador 12, 13 que ha sido cambiado y que matriz de calibración 28 debe ser usada.

5 La frecuencia propia de estructura a y la frecuencia propia de accionamiento b de la estructura mecánica 30 son proporcionadas al módulo de cálculo 27. Al mismo tiempo existe una reacción sobre el cabezal palpador 10.

### Referencias

10	1	equipo de medición de coordenadas
	2	mesa de medición (plataforma)
	3	guías
15	4	pórtico
	5	soportes
	6	traviesa
20	7	cargo
	8	pínula
	9	base
	10	cabezal palpador
	11	palpador
25	12	bola de palpación (elemento palpador)
	13	varilla (distanciador)
	14	punto de referencia del sensor de contacto
	15	regulador
	16	regulador de posición
30	17	regulador de velocidad
	18	regulador de intensidad de corriente
35	19	dispositivo de medición de corriente
	20	medidor de velocidad
	21	regla graduada o transmisor goniométrico
40	22	dispositivo de comparación
	23	dispositivo de comparación
45	24	dispositivo de comparación
	25	punto
	26	base de datos
50	27	módulo de cálculo
	28	matriz
55	29	regulador de escaneado
	30	estructura mecánica
	A	frecuencia propia de estructura
60	B	frecuencia propia de accionamiento

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento para el control de un equipo de medición de coordenadas CNC (1)  
- con una plataforma (2) para la recepción de una pieza de trabajo,  
5 - con al menos una estructura que soporta un sensor de contacto (10),  
- presentando dicha estructura al menos una primera frecuencia propia mecánica,  
- siendo la plataforma (2), que recibe la pieza de trabajo, y la estructura, que soporta el sensor de contacto (10),  
relativamente móviles entre sí,  
10 - con un palpador (11), compuesto de al menos un elemento palpador (12) y un distanciador (13), estando el  
elemento palpador conectado con el sensor de contacto por medio del distanciador, y cuyo contacto con una pieza  
de trabajo dispuesta sobre la plataforma es detectada por el sensor de contacto (10),  
- con al menos una unidad de accionamiento motriz para la implementación de un movimiento relativo entre la pieza  
de trabajo y el elemento palpador (12),  
15 - presentando la unidad de accionamiento motriz al menos una segunda frecuencia propia que es distinta de la  
primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto,  
- con menos un regulador (15) para la regulación de la unidad de accionamiento, presentando el al menos un  
regulador al menos un parámetro del regulador que define una función de transferencia del regulador, caracterizado  
porque al menos uno de los parámetros del regulador es modificado de tal manera en función de la distancia del  
20 elemento palpador (12) de un punto de referencia (14) del sensor de contacto (10) y/o en función de propiedades  
elásticas del distanciador (13) en dependencia del palpador (11) usado, en cada caso, para la medición, que el  
parámetro del regulador se mueve entre los límites definidos por la primera frecuencia natural de la estructura que  
soporta el sensor de contacto y por la segunda frecuencia propia de la unidad de accionamiento motriz.
2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque como sensor de contacto (10) se usa un cabezal  
25 palpador conmutador o un cabezal palpador medidor (2).
3. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque es usado un regulador (15)  
con una estructura en cascada, estando previsto un regulador de posición (16) para la posición de un eje a regular,  
30 un regulador de velocidad (17) para la velocidad de la unidad de accionamiento motriz y un regulador de intensidad  
de corriente (18) para la fuerza de accionamiento o el par de la unidad de accionamiento motriz, y porque el  
regulador de velocidad (17) está subordinado al regulador de posición (16) y el regulador de intensidad de corriente  
(18) está subordinado al regulador de velocidad (17).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, caracterizado porque el regulador de posición (16) tiene en orden  
35 superior un regulador de escaneado (29)
5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque como regulador (15) se usa un  
regulador en cascada o un regulador digital.
- 40 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 o 4, caracterizado porque al menos un parámetro del regulador  
de escaneado (29) o del regulador de posición (16) o del regulador de velocidad (17) o del regulador de intensidad  
de corriente (18) es modificado en función de la distancia del elemento palpador (12) del punto de referencia (14) del  
sensor de contacto (10) y/o en función de las propiedades elásticas del distanciador (13) en dependencia de la  
45 combinación de palpadores cambiados en cada caso.
7. Procedimiento según una de las den indicaciones 3 o 4, caracterizado porque una combinación de parámetros del  
regulador de escaneado (29) y/o del regulador de posición (16) y/o del regulador de velocidad (17) y/o del regulador  
de intensidad de corriente (18) es modificado en función de la distancia del elemento palpador (12) del punto de  
referencia (14) del sensor de contacto (10) y/o en función de las propiedades elásticas del distanciador (13) en  
50 dependencia de la combinación de palpadores cambiados en cada caso.
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque las magnitudes de elementos  
palpadores (12) y distanciadores (13) que caracterizan un peso y una rigidez están almacenadas en una base de  
55 datos (26) y son usadas, automáticamente, para un ajuste de los parámetros del regulador al cambiar la respectiva  
combinación de elemento palpador (12) y distanciador (13).
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 o 7, caracterizado porque las magnitudes características  
necesarias para el ajuste de los parámetros del regulador son obtenidas del resultado de una calibración de  
60 palpador.
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque los parámetros del  
regulador son ajustados de manera continua durante un proceso de escaneado.
11. Equipo de medición de coordenadas (1)  
65 - con una plataforma (2) para la recepción de una pieza de trabajo,  
- con al menos una estructura que soporta un sensor de contacto (10),

- presentando dicha estructura al menos una primera frecuencia propia mecánica,
  - siendo la plataforma, que recibe la pieza de trabajo, y la estructura, que soporta el sensor de contacto (10), relativamente móviles entre sí,
  - con un palpador (11) que se compone de al menos un elemento palpador (12) y un distanciador, estando el elemento palpador conectado con el sensor de contacto (10) por medio del distanciador, y cuyo contacto con una pieza de trabajo dispuesta sobre la plataforma es detectada por el sensor de contacto (10),
  - con al menos una unidad de accionamiento motriz para la implementación del movimiento relativo entre la pieza de trabajo y el elemento palpador (12),
  - presentando la unidad de accionamiento motriz al menos una segunda frecuencia propia que es distinta de la primera frecuencia propia de la estructura que soporta el sensor de contacto,
  - con un control que presenta al menos un regulador (15) para la regulación de la unidad de accionamiento motriz,
  - presentando el al menos un regulador (15) al menos un parámetro del regulador que define la función de transferencia del regulador, caracterizado porque el equipo de medición de coordenadas (1) presenta una unidad de cálculo (27) que está configurado como una unidad de cálculo que modifica los parámetros del al menos un regulador (15) caracterizadores de la función de transferencia del al menos un regulador en función de la distancia del elemento palpador (12) de un punto de referencia (14) del sensor de contacto (10) y/o en función de propiedades elásticas del distanciador (13) en dependencia de la combinación de palpadores cambiados en cada caso, y porque la unidad de cálculo (27) está configurada como una unidad de cálculo que modifica de tal manera el al menos un parámetro del regulador, que el parámetro del regulador se mueva entre los límites definidos por la estructura que mediante la primera frecuencia propia soporta el sensor de contacto y por la segunda frecuencia propia de la unidad de accionamiento motriz.
12. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el control presenta, adicionalmente, una base de datos (26) en la que están almacenadas las magnitudes caracterizadoras de un peso o una rigidez de elementos palpadores (12) y distanciadores (13) para diferentes combinaciones de elementos palpadores (12) y distanciadores (13) y que al usar la combinación respectiva son requeridas para el cálculo de los parámetros del regulador.
13. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el control presenta un módulo que está implementado como un módulo que usa para el cálculo de los parámetros del regulador los resultados (28) de una calibración del palpador.
14. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el sensor de contacto (10) está conformado como cabezal palpador conmutador o como cabezal palpador medidor.
15. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el equipo de medición de coordenadas presenta tres ejes móviles lineares (X, Y, Z) que despliegan un sistema de coordenadas cartesianas.
16. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 15, caracterizado porque el equipo de medición de coordenadas presenta, adicionalmente, al menos un eje rotativo.
17. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el equipo de medición de coordenadas presenta exclusivamente ejes rotativos.
18. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el regulador (15) presenta una estructura en cascada, estando previsto un regulador de posición (16) para la posición de un eje a regular, un regulador de velocidad (17) para la velocidad de la unidad de accionamiento motriz y un regulador de intensidad de corriente (18), y porque el regulador de velocidad (17) está subordinado al regulador de posición (16) y el regulador de intensidad de corriente (18) está subordinado al regulador de velocidad (17).
19. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 18, caracterizado porque el regulador de posición (16) tiene en orden superior un regulador de escaneado (29).
20. Equipo de medición de coordenadas (1) según la reivindicación 11, caracterizado porque el reguladora (15) está conformado como regulador en cascada o como regulador digital.

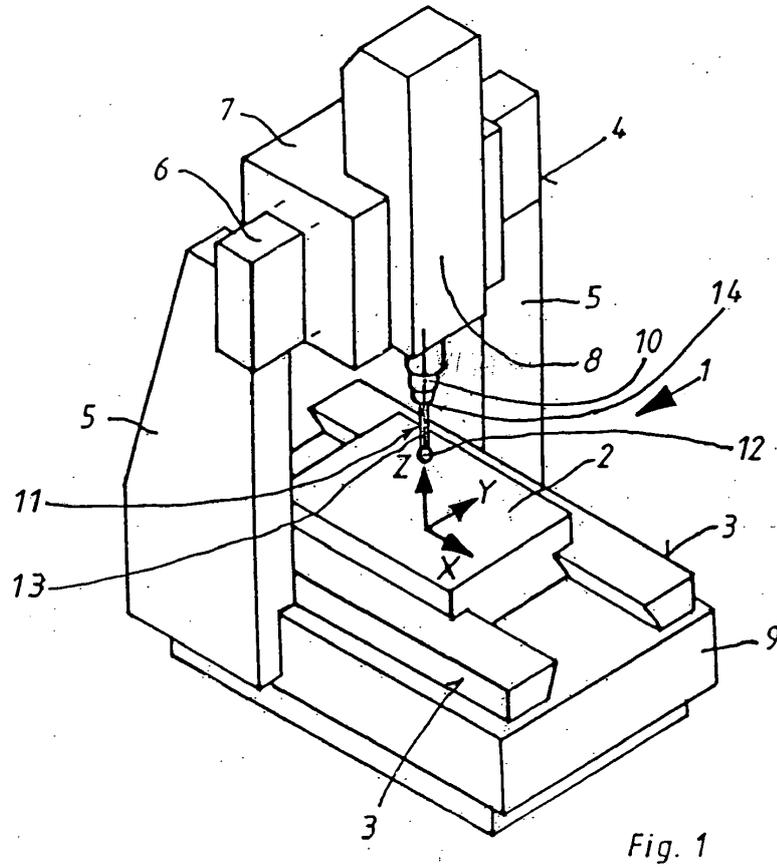


Fig. 1

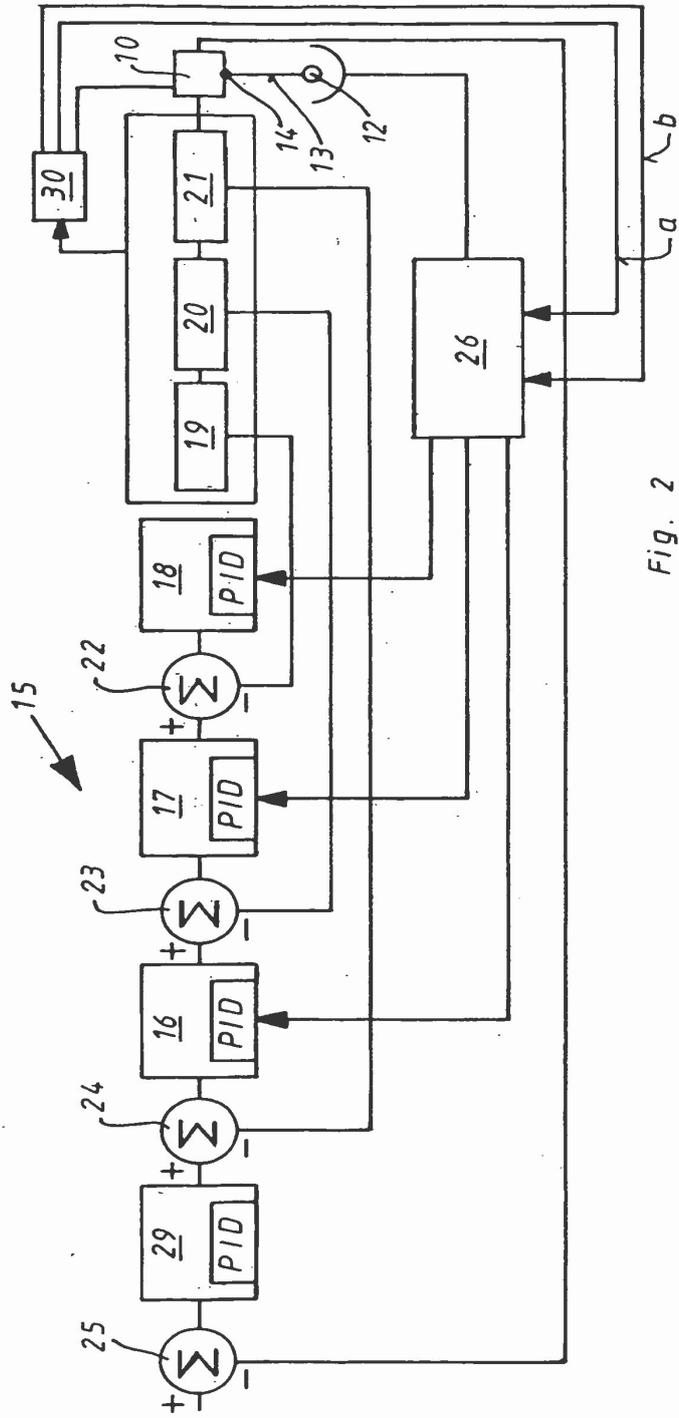


Fig. 2

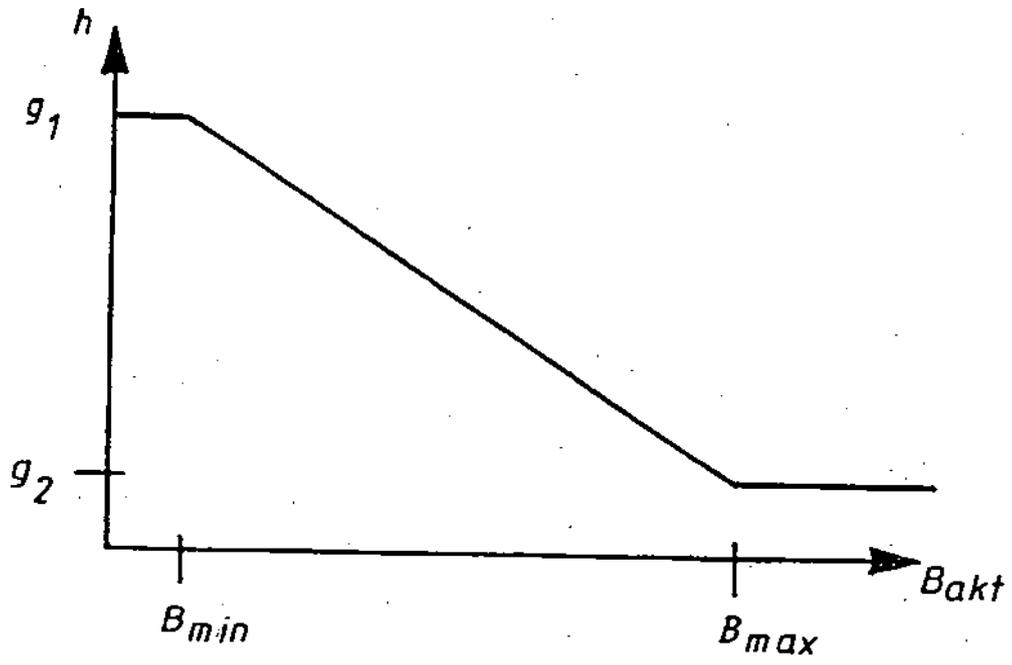


Fig. 3

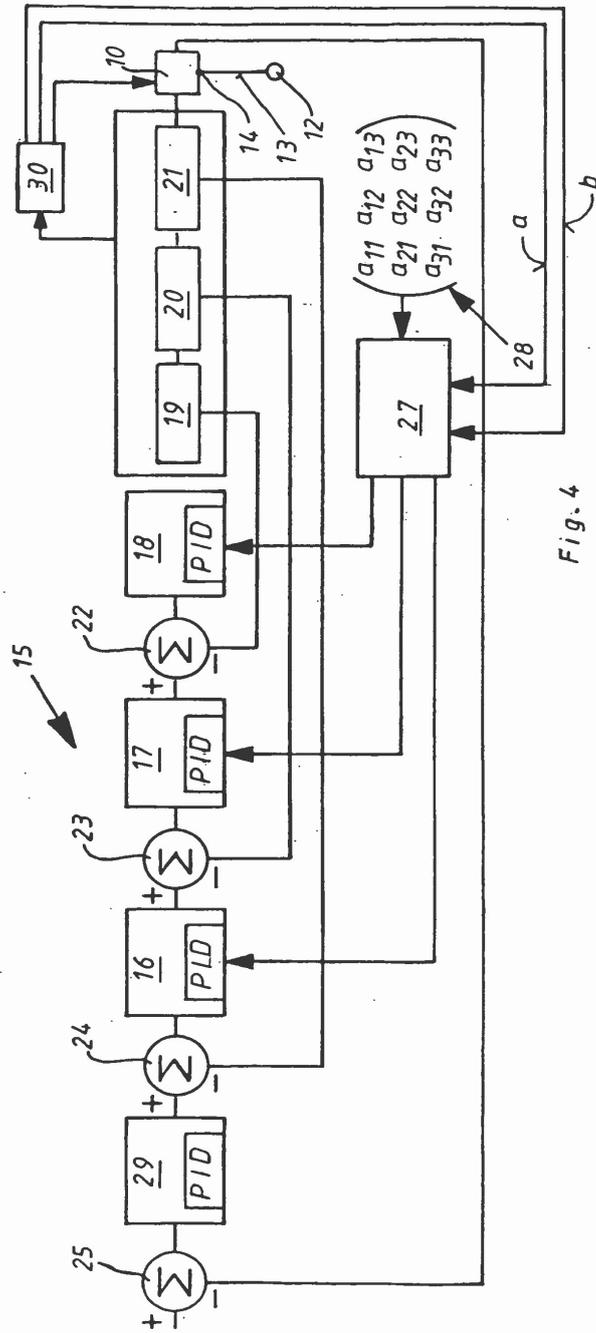


Fig. 4