



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 356 062**

51 Int. Cl.:  
**G01D 5/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02000862 .9**

96 Fecha de presentación : **15.01.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1302753**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.04.2003**

54 Título: **Procedimiento de vigilancia para un detector de la posición.**

30 Prioridad: **10.10.2001 DE 101 49 863**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**04.04.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**04.04.2011**

73 Titular/es: **BAUMÜLLER  
ANLAGEN-SYSTEMTECHNIK GmbH & Co. KG.  
Ostendstrasse 84  
90482 Nürnberg, DE**

72 Inventor/es: **Heller, Ulrich**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 356 062 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

La invención se refiere a un procedimiento para el control en tiempo real de las amplitudes de señales de medición sinusoidales y cosinusoidales desfasadas unas respecto a otras, de un transductor incremental de posición o sincrotransformador, con las siguientes etapas de procedimiento:

- 5 a) Exploración cíclica y procesamiento matemático y combinación de las señales de medición, para la formación de un valor (m) de control común a las amplitudes del valor de medición, por ciclo de exploración.
- b) Determinación de un valor límite superior y de uno inferior, mediante una valoración estadística de varios valores de control almacenados previamente.
- 10 c) Comparación del respectivo valor de control con el valor límite superior e inferior, con fines de control.
- d) Generación de una señal de error cuando el valor de control rebase una o varias veces el o los valores límite.

15 La invención se refiere, además, a un programa de ordenador con medios de codificación del programa, para la realización de este procedimiento. La invención se refiere, además, a un circuito secuencial digital que está preparado para la realización del procedimiento de control del transductor, desde el punto de vista técnico del programa y/o del circuito. Además, la invención se refiere a un regulador digital de accionamiento, con el circuito secuencial y con un módulo de software, para la realización del procedimiento de control del transductor.

20 El empleo de transductores incrementales de posición que emiten señales de medición sinusoidales y cosinusoidales desfasadas  $90^\circ$  unas respecto a las otras, es conocido generalmente en especial para el funcionamiento de circuitos reguladores de accionamiento (véase, por ejemplo, memoria de patente DE 43 31 151 C2 y prospecto de la firma "Sistemas de realimentación de motores para servomotores SINCOS SCS/SCM 60 y SCS/SCS 70" de la firma Max Stegmann GMBH, D-78156 Donaueschingen).

Por el documento DE 43 36 767 A1 se conoce un procedimiento de control de señales para las dos señales de medición desfasadas de tales transductores incrementales de posición.

25 Se parte de un círculo que se genera cuando se registran los valores instantáneos del seno y del coseno en un sistema de coordenadas (la llamada figura de Lissajous). El diámetro o el radio de este círculo es aquí función del valor de las amplitudes de las dos señales de medición. Para el control se establecen dos círculos de control con un diámetro mayor y uno menor. La superficie dentro del círculo con el diámetro menor, indica la zona en la que las amplitudes son demasiado pequeñas para poder evaluar las señales de exploración en forma apropiada para el funcionamiento. La zona exterior al círculo con diámetro mayor, indica la zona de sobrerregulación en la que las amplitudes de la señal son demasiado grandes. Para el control de la señal, se controla el valor del vector/radio de la señal que resulta de las dos señales de medición. Si está situado fuera de la superficie anular circular permisible, se emitirá una señal de error. Como método de control se propone una consideración de la variación temporal del vector resultante de la señal. Para ello se determina el signo de la pendiente de una recta que una dos puntos del valor de medición.

30

35

Un procedimiento genérico de control se conoce por el documento EP 0 836 080 A1. Sirve para la comprobación de un dispositivo de medición de la posición y de sus señales sinusoidales y cosinusoidales de exploración, dependientes de la posición, en especial durante la instalación de la cabeza de exploración (ayuda al montaje). Para ello se forman figuras de Lissajous, después de lo cual se toman continuamente varios pares sucesivos de valores (amplitudes de la señal) de las dos señales de exploración, y de cada par de valores se calcula el radio instantáneo de la figura de Lissajous. A partir de un número determinado de valores del radio calculado sucesivamente y almacenados, se determina respectivamente el valor mínimo del radio y el valor máximo del radio. En una pantalla indicadora se señala una barra continua entre estos dos valores extremos. Si durante las mediciones y cálculos siguientes de nuevos valores del radio, se modifica el valor mínimo y el máximo, se modifica también la zona de la barra. Para la representación de la anchura teórica de la barra, se superponen a esta zona dos corchetes de valor límite. Para ello se calcula el valor medio de varios valores sucesivos del radio. La posición de un corchete izquierdo se determina restando el 10% del valor medio. Análogamente se procede para el cálculo del corchete derecho. La tolerancia permisible es aquí porcentual, es decir, está prefijada relativamente. Así se modifica la zona incluida entre los dos corchetes limitadores, en función del valor medio instantáneo.

40

45

50

Por el contrario la misión de la invención se basa en ensanchar la anchura y las posibilidades de aplicación de métodos de control de transductores de posición, evitando eventuales inconvenientes del estado actual de la técnica, arriba expuesto.

55 Para la solución, en un procedimiento con las notas características citadas al comienzo, se propone según la invención que las etapas a), b), c) y d) de procedimiento arriba citadas, se utilicen repetidamente para un control continuo y/o diagnóstico de una regulación de la posición, velocidad y/o aceleración, que se base en el

transductor de posición. Así pues, las etapas de procedimiento no sólo se señalan únicamente como en el estado actual de la técnica, solamente como dispositivo de ayuda al montaje para la comprobación de la disposición correcta del transductor de posición: más bien se integran según la invención, como mecanismo automatizado e interno de control, en el funcionamiento continuo de un circuito de regulación para posición, velocidad y/o aceleración. Una ventaja obtenida con esto, consiste en que se suprime la necesidad de una pantalla indicadora específica en forma de un diagrama de barras, que es útil en primera línea para el proceso de montaje en el transductor de posición. En lugar de esto, se puede producir internamente un mensaje de error a un mando de orden superior que en función de esto, puede poner en marcha medidas predeterminadas de seguridad.

Los valores límite superiores e inferiores para las amplitudes de la señal, que se pueden representar según el principio de las figuras de Lissajous, como círculo interno y externo de control (véase, por ejemplo, documento DE 43 36 767 A1, columna 2, líneas 33 y 34), pueden estar predefinidos y ajustados fijos, mediante una inicialización o establecimiento inicial de parámetros para toda la duración del funcionamiento. Por motivos de la tolerancia de errores es conveniente no emitir un mensaje de error hasta que se haya rebasado o no se haya llegado, a uno de los valores o círculos límite de control, tres veces seguidas.

La idoneidad práctica del control de las amplitudes de la señal, es función decisivamente del ajuste de estos valores límite de control. Si los valores límite o los dos círculos de control se establecen demasiado estrechos, perturbaciones relativamente insignificantes pueden disparar ya un mensaje de error, a pesar de que el sistema del transductor de posición funcione bien en lo esencial. Valores límite de control, demasiado separados uno de otro, conducen por el contrario a un tiempo de reacción del control, posiblemente demasiado lento. Con ello se produce el problema de encontrar, frente a errores despreciables, valores límite tolerantes de control que tengan en cuenta las características y condiciones marco específicas de diferentes tipos de transductores de posición, y otras constelaciones de hardware. Incluso para diferentes estados funcionales (por ejemplo, en caso de un accionamiento eléctrico, corriente continua, funcionamiento reversible, y similares), así como estados de desgaste, se pueden dar ajustes óptimos correspondientemente diferentes de los valores límites de control o de los círculos de control. En especial se puede modificar el ajuste óptimo de los valores límite de control durante la vida útil y tiempo de funcionamiento de una regulación de posición o de accionamiento.

Para la solución de este grupo de problemas, en el marco de una configuración especial de la invención, se propone ampliar y afinar repetidamente en el marco del control y/o diagnóstico continuo de la regulación, la valoración estadística de varios valores de control almacenados anteriormente. Para ello se propone en especial formar repetidamente un histograma, ley de distribución u otra densidad de probabilidad, para una pluralidad o multitud de valores de control almacenados anteriormente. Cada uno de estos se puede acumular a lo largo de varios ciclos de exploración (el llamado ciclo de adaptación). La adaptación del valor límite superior e inferior al respectivo estado actual de funcionamiento o desgaste del proceso técnico de regulación de la posición, se puede realizar mediante una evaluación del histograma (referido al respectivo ciclo de adaptación), ley de distribución o a la correspondiente densidad de probabilidad. Prosiguiendo en esta idea, se determinan repetida o regularmente los valores límite para su adaptación a modificaciones (nuevas), de tal manera que al menos aproximadamente correspondan a un encadenamiento de intervalos del curso, o de los extremos de la curva del histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad. El curso distinto de cero del histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad, forma aquí el núcleo del intervalo a encadenar que aquí se limita por los valores límite de control en una abscisa a los dos lados, de preferencia lo más estrechamente posible.

Para la elevación de la exactitud y para la mejora de la calidad de la evaluación estadística, es ventajoso registrar un gran número de valores de medición o de ciclos de exploración, y de ellos acumular y evaluar al menos 64, de preferencia unos treinta mil valores de control por ciclo de adaptación.

No obstante se produce el problema de que con la adaptación cíclica mostrada de los valores límite, no se pueden registrar empeoramientos relativamente lentos de la señal. Mediante la adaptación ajustada mostrada, se puede llegar también a una ampliación de las zonas límite superior e inferior, o de los círculos internos y externos de control, hasta valores terminales máximos físicamente posibles. Se entiende así el peligro de que el control de las amplitudes de la señal en el funcionamiento continuo llegue a ser prácticamente no apto funcionalmente. Una ampliación semejante de los círculos de control, o una extensión de los valores límite de control, sería equivalente a un aumento no aceptable de la dispersión o de la varianza de las señales medidas del transductor de posición y de los valores de control resultantes del radio, o bien a una reducción tanto de la calidad de las señales emitidas, como también de la eficiencia del control.

Para precaver esta problemática, se propone una configuración especialmente ventajosa del procedimiento de control según la invención, partiendo de que, de la citada evaluación estadística, la varianza o desviación estándar se determinen de preferencia basándose en un modelo de distribución normal y/o en otro valor de variación para los valores de control almacenados en un ciclo de adaptación o, incluso anteriormente. Tales valores característicos estadísticos se pueden comparar entonces con un límite superior predeterminado que se introdujo como parámetro durante la inicialización. En caso de exceso, se puede entonces generar una señal de error.

Para la determinación de la dispersión o varianza de las señales del transductor de posición, en el marco de la invención, una posibilidad ventajosa consiste en adaptar o aproximar tanto como sea posible, el modelo de distribución normal, cuyos parámetros esenciales son desde luego la varianza y el valor medio, a valores de control acumulados en el histograma real medido, o red de distribución, de preferencia en un ciclo de adaptación. Entonces la varianza es una medida de la calidad de las señales del transductor de posición, cuando estas corresponden a una distribución normal.

Es conveniente en la puesta en servicio del procedimiento de control, introducir como parámetro, una varianza máxima permisible, específica para cada tipo de transductor. Aquí también se pueden tener en cuenta todavía condiciones de instalación y/o de funcionamiento del transductor de posición.

La idea general de la presente invención, comprende también un programa de ordenador con medios de codificación del programa, para la realización de las etapas del precitado procedimiento de control, tan pronto como el programa se ejecute en un ordenador. Según una configuración especial, los medios de codificación del programa están almacenados en un soporte de datos leíble en ordenador.

Además, en el marco de la idea general inventiva se encuentra un circuito secuencial digital, en especial una unidad calculadora y de mando (procesador) con dispositivo de memoria, que desde el punto de vista técnico del programa y/o del circuito, están preparados para la realización del procedimiento de control del transductor. Según la invención el circuito secuencial digital se caracteriza por interfaces para la admisión cíclica y procesamiento de señales sinusoidales y cosinusoidales digitalizadas, así como para la admisión inicial como parámetros, de los valores límite superior e inferior de control, y finalmente para la emisión de un eventual mensaje de error resultante del control. Según una configuración especial de la invención, el circuito secuencial todavía está provisto adicionalmente con una interfaz a través de la cual se puede introducir como parámetro un valor superior umbral o límite para la varianza o dispersión. Según otra configuración, en el circuito secuencial está instalada, además, una interfaz para la introducción como parámetro o admisión del número de los ciclos de exploración o del tiempo del ciclo de adaptación, según el cual hay que adaptar o ajustar el valor límite superior e inferior mediante evaluación estadística.

El marco de la invención comprende también la integración constructiva del citado circuito secuencial con un regulador de accionamiento (conocido en sí mismo) de un sistema eléctrico de accionamiento, cuyo regulador se caracteriza en especial por equipamientos como procesador digital de señales con memoria y disposición lógica programable (PLD). Según una configuración ventajosa de la invención, en este regulador digital de accionamiento, el circuito secuencial funcional para la invención, está realizado con un dispositivo de memoria en el que con las interfaces citadas, está implementado un módulo de software para el control según la invención del transductor de posición.

Otras ventajosas particularidades, notas características y efectos sobre la base de la invención, se deducen de la descripción siguiente de un ejemplo preferente de realización de la invención, y de los dibujos. Estos muestran:

- Figura 1 Un diagrama estructural esquemático para el control del transductor, integrado constructivamente con una regulación eléctrica de accionamiento y de posición.
- Figura 2 Las señales del transductor de posición en la representación circular como figura de Lissajous.
- Figura 3 Un histograma para treinta mil valores de medición de un transductor real de posición, estando registrado en abscisas de forma equidistante, el índice de orden, mientras que en ordenadas (eje Y) se puede leer el número correspondiente de valores de medición presentados de determinada amplitud de la señal.
- Figura 4 Un diagrama con valores  $Y_{pj}$  logarítmicos de medición y la función  $Y_{mj}$  cuadrática modelo, calculada por regresión, respecto a un índice  $j$  relativo, y
- Figura 5 Un diagrama de la representación correspondiente con la distribución normal  $norm(j)$  estimada o aproximada, y de la ley de distribución de los valores  $A_j$  resultantes de las mediciones, cada una respecto al índice  $j$  relativo.

Según la figura 1, en una estructura conocida en sí misma, de un regulador digital de accionamiento para el motor M propulsor, por ejemplo, de una impresora, está integrado un módulo 1 de software para el control del transductor. Sirve para comprobar las señales de un sistema de un transductor angular o sincroresolutor (como transductor 2 de posición), y para controlar en cuanto a plausibilidad. En el citado módulo 1 de software están implementadas las funciones del control del transductor, tanto como sea posible. El procedimiento de control descrito a continuación, presupone que el transductor 2 de posición, con respecto a las posiciones angulares, trabaja con señales sincronizadas seno y coseno (como se conoce, por ejemplo, en resolutores o transductores incrementales seno / coseno).

Las diversas funciones de control del módulo 1 de software "Control del transductor", se pueden activar con independencia unas de otras, mediante registros binarios con bits de mando. El mensaje de error desde el módulo 1 de software a un mando del sistema, tan sólo es posible entonces, cuando esto se hubiera liberado mediante otros bits de control. Las señales seno y coseno del transductor 2 de posición, cuyas amplitudes deben de ser controladas, según el ejemplo diseñado de realización, pasan en bucle hacia el control del transductor, a través de una disposición PLD lógica programable con convertidores analógicos digitales antepuestos con cada señal de medición, en correspondientes interfaces de entrada del módulo 1 de software. No obstante también es posible básicamente que el control del transductor se alimente directamente desde el transductor de posición (a través de amplificadores de medición y convertidores analógicos digitales), con las señales de medición seno y coseno, desfasadas 90° una respecto a otra.

El control según la invención de las amplitudes de las señales seno y coseno, se lleva a cabo como tarea en tiempo real del módulo 1 de software, es decir, la tarea se activa de preferencia en cada fase, o cada dos fases de regulación (ciclo de exploración), para la evaluación de la señal. A partir de las señales guía seno y coseno medidas del transductor 2 de posición, se calcula un valor m de control según la siguiente ecuación:

$$m = \sin^2 + \cos^2$$

Para señales guía seno y coseno, ideales de medición, este valor de control es siempre constante. Si se ponen las señales guía seno y coseno de medición, en las entradas X e Y de un osciloscopio, según el principio de la figura de Lissajous, se produce un círculo. Con las gamas de valores para el seno y coseno para una resolución  $G_{A/D}$  de 10 bits de un convertidor A/D, se deduce:

$$G_{A/D} = 2^{10} - 1 = 1023$$

$$\text{sen, cos} = \{-G_{A/D} / 2; \dots; G_{A/D} / 2\} = \{511,5; \dots; 511,5\}$$

$$\text{Círculoideal} = (G_{A/D} / 2)^2 = 511,5^2 = 261632,25$$

No obstante, en la realidad las señales guía de medición del transductor 2 de posición, están siempre perturbadas, de manera que los valores m resultantes de control están situados en una zona anular circular entre dos círculos, el círculo grande de control o valor 3 límite superior, y el círculo pequeño de control o valor 4 límite inferior, como se representa en la figura 2. Si, por ejemplo, se supera o no se llega a uno de los círculos de control tres veces seguidas, se genera un mensaje de error.

La adaptación arriba mencionada de los valores 3, 4 límite de control o de los círculos de control, se lleva a cabo con ayuda de una evaluación estadística de un gran número de valores m de control (de preferencia treinta mil). A partir de los valores estadísticos de control registrados, se calcula la varianza o dispersión indirectamente también de las señales guía del transductor 2 de posición. La varianza es una medida de la calidad de las señales de guía. Con el seguimiento de ajuste automático de los límites de los círculos de control, se pueden encontrar límites óptimos de control para cada uno de los diferentes estados funcionales. Para ello el accionamiento representado en la figura 1, se tiene que encontrar en rotación, si no, no se pueden realizar mediciones ni una adaptación. Además, se tienen que establecer por el mando del sistema, suficientes valores iniciales tolerantes para los círculos o valores límite de control. Además, con el parámetro "ciclo de adaptación" se ajustan cuántas señales guía del transductor de posición se deben de tomar y procesar, o cuántos valores m de control se deben de calcular y evaluar estadísticamente de una vez. El ciclo de adaptación indica dentro de qué intervalos de tiempo (repetidos), se deben de reajustar los valores 3, 4 límite de control.

Para el registro estadístico, examen y representación de los valores m tomados y calculados de control en tiempo real, en una configuración especial del procedimiento según la invención, se utiliza una serie A[i] de por ejemplo, N = 512 valores. Los valores M calculados de control se proyectan sobre esta serie. Por motivos técnicos de cálculo es conveniente, además, una delimitación en los valores máximos y mínimos posibles para el valor m de control. El valor máximo se puede determinar con ayuda de la resolución del convertidor A/D, como sigue:

$$A_{\max} = 2 \cdot (G_{A/D} / 2)^2 = 523264,5$$

El círculo mínimo se puede establecer arbitrariamente, por ejemplo:

$$A_{\min} = \text{círculomínimo} = 50$$

Lógicamente  $A_{\min}$  se elige de modo que cuando no hay ningún transductor, las señales medidas estén situadas dentro del círculo mínimo. El índice i de la serie y, por tanto, el lugar en la serie a la que se asigna un valor m de control, se calcula como función de m, como sigue:

$$i = \frac{m}{A_{\max} - A_{\min}} \cdot N$$

5 Tras el redondeo del índice  $i$  a un valor entero, el elemento de la serie que está asignado al índice  $i$  calculado, se incrementa o se eleva en 1. Con la repetición reiterada de este proceso, se genera un histograma como el representado en la figura 3, por ejemplo, para un transductor SCS70 de la firma Stegmann, con 512 virgulillas para treinta mil valores de medición.

10 Los valores 3, 4 límite superiores e inferiores, o radios de los círculos de control, se deben de elegir de manera que la curva estadística de distribución representada en la figura 3, se encaje o se limite de cualquier otra forma, lo más estrecha posible. Para ello se examinan después los elementos de la serie que son distintos de cero y presentan respectivamente el valor mínimo y máximo del índice. Estos índices se reducen o incrementan entonces para la formación del índice  $OU_{i_{grenz}}$  límite inferior o superior. A partir de estos índices límite se calculan después los valores 3, 4 límite superiores e inferiores, en principio según la siguiente ecuación:

$$OU_{W_{grenz}} = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{N} \cdot OU_{i_{grenz}}$$

15 Para impedir alarmas de error es conveniente aumentar o reducir los valores 3, 4,  $OU_{W_{grenz}}$  límite del 10 al 20% referido a  $A_{\max}$ . Por ejemplo, se deducen como valores  $OU_{W_{grenz}}$  con los índices límite 190 ó 260 de la figura 3, los valores siguientes:

$$\text{Círculo pequeño de control} = 194161 - 15\% \text{ de } A_{\max}$$

$$\text{Círculo grande de control} = 265694 + 15\% \text{ de } A_{\max}$$

20 El histograma según la figura 3 se determina de nuevo en ciclos repetidos (de adaptación), y los valores  $OU_{W_{grenz}}$  límite se adaptan cada vez de nuevo en tiempo real.

La varianza se calcula para su control en cinco etapas.

Etapa 1:

Se supone que las señales del transductor 2 de posición o los valores  $m$  de control estén en distribución normal, según la siguiente ecuación:

$$n(x) = C \cdot e^{-\frac{(x - \text{mittel})^2}{2 \cdot \text{var}^2}}$$

25 Con C: Constante de normalización; mittel: Valor medio; var: Varianza

Etapa 2:

30 El histograma arriba mencionado según la figura 3 se normaliza en el área por debajo de la curva, para mantener los valores numéricamente pequeños con fines técnicos de cálculo (para evitar excesos en la adición). Para ello se tiene que determinar la superficie por debajo de los valores en la serie  $A(i)$ , o en el histograma, por integración, por ejemplo:

$$A_{norm} = \frac{1}{N} \sum_i A(i)$$

con la normalización:

$$A_n(i) = \frac{A(i)}{A_{norm}}$$

35 Otras normalizaciones como, por ejemplo, en el valor máximo, son asimismo posibles en el marco de la invención.

$$A_{norm} = A_{\max}$$

Etapa 3:

Ahora es posible adaptar lo mejor posible el modelo  $n(x)$  de distribución normal a los valores  $m$  de control que resultan de los valores de medición. Para ello se utiliza el método conocido en sí mismo de los mínimos cuadrados, teniendo que minimizar una función  $V$  de calidad:

$$V = \sum_{i=0}^{N-1} e(x)^2 = \sum_{i=0}^{N-1} (y_p(x_i) - y_m(x_i))^2 = \text{Min}$$

Puesto que el método de los mínimos cuadrados para funciones exponenciales como la distribución normal de Gauss, llega a ser muy complicada, según una configuración de la invención, por conveniencia, se toman los logaritmos para los valores  $m$  de control y para la ecuación del modelo. Este modo de proceder se llama también regresión exponencial. Así pues, para los valores  $y_p(x_i)$  es válido:

$$y_p(x_i) = \ln(A_n(i))$$

La ecuación del modelo de distribución normal, corresponde después de tomar los logaritmos, a una ecuación parabólica. Esto es obvio a partir de la siguiente transformación:

$$n(x_i) = e^{-\frac{(x-mitte)^2}{2 \cdot var^2}} \cdot e^k = e^{-\frac{(x-mitte)^2}{2 \cdot var^2}}, \text{ con: } C = e^k.$$

Entonces, para el modelo de distribución normal, se puede escribir:

$$y_m(x_i) = \ln(n(x_i)) = \frac{-(x_i - mittel)^2}{2 \cdot var^2} + k = a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i + c$$

Comparando coeficientes se deduce la siguiente relación entre los parámetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  de la ecuación parabólica, y los parámetros del modelo  $var$ ,  $mittel$  y  $C$ :

$$var = \sqrt{-\frac{1}{2a}}, \quad mittel = \frac{-b}{a}, \quad C = e^{\frac{c-b^2}{4a}}$$

Con la ecuación parabólica como modelo, se puede aplicar con eficiencia el método de los mínimos cuadrados.

En la figura 4 están representados los logaritmos  $Y_{pj}$  de los valores de medición, y la función  $Y_{mj}$  cuadrática calculada por regresión. En el eje  $x$  (de abscisas) está indicado ahora un índice  $j$  relativo. Por motivos técnicos de cálculo, para el cálculo de la varianza no se ha recurrido a toda la curva de distribución.

Etapa 4

Para el control se calcula ahora la suma de los errores  $V$  cuadráticos.

$$V = \frac{1}{N} \cdot \sum_j (A_n(j) - n(j))^2$$

El valor de  $V$  es una medida de la calidad de la adaptación del modelo a los valores de control resultantes de los valores de medición del transductor de posición. Cuanto más próxima llegue a estar la distribución estadística de los valores de control, a una distribución normal, tanto menor será la suma de los errores cuadráticos.

En la figura 5 están representados, la distribución  $norm(j)$  normal estimada, y las mediciones normalizadas o valores  $A_{nj}$  de control, registrados estadísticamente en el histograma. Aquí se elevan,  $var = 6,7$ ,  $mittel = 12,1$ ,  $C = 1,57$  y la calidad  $V = 0,094$ .

Etapa 5:

La varianza se presenta o bien en la unidad de los valores de medición, es decir, en incrementos, o bien adimensional, en %.

$$\text{var}_n = \frac{\text{var}}{N}, \text{ en \%}, \text{ ó}$$

$$\text{var}_{mc} = \text{var}_n \cdot (A_{\text{max}} - A_{\text{min}}), \text{ en [pulgadas]}.$$

5 Si los valores de medición o los valores resultantes de control no estuvieran en distribución normal, sino distribuidos uniformemente, entonces la parábola calculada se aproximaría a una recta, y la varianza tendería al infinito. Supóngase que hubiera dos puntas bien marcadas en los valores de medición o de control, entonces se invertiría la parábola y se mostraría con la abertura hacia arriba. La varianza adoptaría en este caso, valores negativos.

10 Básicamente es válido pues que para pequeños valores positivos de la varianza, es buena la calidad de la señal del transductor de posición, para valores grandes o incluso negativos, es mala.

15 Para impedir que no se registre un empeoramiento lento de la señal, y que los límites del control se hubieran llegado a evaluar hasta el círculo máximo o mínimo posible de control, según un acondicionamiento e la invención, para cada tipo de transductor se introduce como parámetro, una varianza específica máxima permisible. En caso de superar esta varianza, mediante el módulo de software "control del transductor", se dispara un mensaje de error.



**Lista de símbolos de referencia**

- M Motor propulsor
- 1 Módulo de software para control del transductor
- 2 Transductor de posición
- 3 Valor límite superior
- 4 Valor límite inferior

## REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para el control en tiempo real de las amplitudes de señales de medición sinusoidales y cosinusoidales desfasadas unas respecto a otras, de un transductor (2) incremental de posición o sincrotransformador, con las siguientes etapas de procedimiento:

- 5 a) Exploración cíclica y procesamiento matemático y combinación de las señales de medición, para la formación de un valor m de control común a las amplitudes del valor de medición, por ciclo de exploración.
- b) Determinación de un valor límite superior y de uno inferior, mediante una valoración estadística de varios valores de control almacenados previamente.
- c) Comparación del respectivo valor de control con el valor (3, 4) límite superior e inferior, con fines de control.
- 10 d) Generación de una señal de error cuando el valor m de control rebase una o varias veces el o los valores límite,

caracterizado porque las etapas a), b), c) y d) se utilizan repetidamente para un control continuo y/o diagnóstico de una regulación de la posición, velocidad y/o aceleración, que se basa en el transductor (2) de posición, y en caso de error se produce un mensaje de error a un mando de orden superior para que este, en función de ello, ponga en marcha medidas predeterminadas de seguridad.

- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque en el marco del control y/o diagnóstico continuo de la regulación, se forma repetidamente un histograma, ley de distribución u otra densidad de probabilidad, para los valores m de control que se acumulan a lo largo de varios ciclos de exploración, y el valor (3, 4) límite superior e inferior se adapta en caso de su modificación, mediante una evaluación del respectivo histograma, ley de distribución, o de la respectiva densidad de probabilidad.

- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque, para su adaptación, los valores (3, 4) límite se determinan o modifican de tal manera que al menos aproximadamente corresponden a una especie de encadenamiento de intervalos del curso, o de la zona limitada por los extremos de la curva del histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad.

- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 2 ó 3, caracterizado porque para la formación del histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad, se acumulan y evalúan al menos 64, de preferencia unos treinta mil valores m de control.

- 30 5. Procedimiento según alguna de las reivindicaciones 2 a 4, caracterizado porque para la formación del histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad, se evalúan los valores m de control acumulados a lo largo de varios ciclos de exploración, para una serie con N elementos de la serie, y con índices i de orden asignados a cada uno de aquellos, calculándose un índice i para cada uno de los valores m de control resultantes de una exploración, como sigue:

$$i = m * N / (A_{max} - A_{min}),$$

siendo N el número de los elementos de la serie, A<sub>max</sub> el valor de control máximo posible o máximo permisible, y A<sub>min</sub>, el valor de control mínimo posible o mínimo permisible,

- 35 e incrementando después el elemento de la serie, asignado al índice calculado.

- 40 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque correspondiendo al citado encadenamiento de intervalos, se determina un índice OU\_igrenz superior e inferior de la serie, determinándose los distintos elementos de la serie, distintos de cero, con valor mínimo y máximo del índice, reduciendo o incrementando estos índices para la formación del índice OU\_igrenz inferior y superior, y calculando los valores OU\_wgrenz límite superior e inferior, como sigue:

$$OU\_wgrenz = (A_{max} - A_{min}) * OU\_igrenz / N.$$

7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado porque el valor límite superior y/o inferior, todavía se amplía después del cálculo, en un 5 a 25%, de preferencia del 10 al 20%.

- 45 8. Procedimiento según alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado porque, en el marco del control y/o diagnóstico continuo de la regulación, de la evaluación o valoración estadística, se determinan la varianza o desviación estándar y/u otro valor de variación para los valores de control almacenados previamente, y se comparan con un límite superior predeterminado, y en caso de exceso, se genera una señal de error.

9. Procedimiento según las reivindicaciones 2 y 8, caracterizado porque al histograma, ley de distribución o de la densidad de probabilidad de los valores de control, se adapta o aproxima una función norm(x) de densidad

de un modelo de aproximación que se base en una distribución estadística normal, y de la función adaptada de densidad, se deduce la varianza para los valores de control.

10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque la adaptación o aproximación se lleva a cabo mediante el método de los mínimos cuadrados, minimizando una función de calidad.

5 11. Procedimiento según la reivindicación 9 ó 10, caracterizado porque la función adaptada de densidad, o sus parámetros valor medio y/o varianza, se determinan con ayuda de un modelo matemático calculado mediante regresión exponencial, de preferencia, de una función cuadrática o parabólica.

12. Procedimiento según la reivindicación 11, caracterizado porque los parámetros valor medio y/o varianza se obtienen por comparación con los coeficientes de la función cuadrática o parabólica.

10 13. Procedimiento según la reivindicación 12, caracterizado porque los coeficientes de la función cuadrática o parabólica, se optimizan por el método de los mínimos cuadrados, minimizando una función de calidad.

15 14. Procedimiento según alguna de las reivindicaciones 8 a 13, caracterizado porque el límite superior para la varianza o anchura de la variación, se predetermina en función del tipo del respectivo transductor (2) de posición y/o de sus condiciones de instalación y/o funcionales.

15. Programa de ordenador con medios de codificación del programa, para realizar todas las etapas del procedimiento según alguna de las reivindicaciones precedentes, cuando el programa se ejecuta en un ordenador.

16. Programa de ordenador con medios de codificación del programa según la reivindicación 15, que se almacena en un soporte de datos leíble en un ordenador.

20 17. Circuito secuencial digital, en especial una unidad calculadora y de mando con dispositivo de memoria, que está preparado para la realización del procedimiento de control del transductor, desde el punto de vista técnico del programa y/o del circuito según alguna de las reivindicaciones precedentes, caracterizado por interfaces para la admisión cíclica y procesamiento de señales seno y coseno digitalizadas, para la inicialización o introducción de parámetros, de los valores (3, 4) límite superior e inferior, y para la emisión de un eventual mensaje de error resultante del control.

25 18. Circuito secuencial según la reivindicación 17 para la realización del procedimiento según alguna de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizado por una interfaz para la introducción de parámetros, o recepción de un valor límite superior para la varianza.

30 19. Circuito secuencial según la reivindicación 17 ó 18 para la realización del procedimiento según alguna de las reivindicaciones 8 a 14, caracterizado por una interfaz para la introducción de parámetros, o recepción del número de los ciclos de exploración, o del tiempo del ciclo de adaptación, según el cual se adapta o se ajusta el valor límite superior e inferior, mediante evaluación estadística.

20. Circuito secuencial según la reivindicación 17, 18 ó 19, caracterizado por una integración constructiva con un regulador digital de accionamiento de un sistema eléctrico de accionamiento.

35 21. Regulador digital de accionamiento con el circuito secuencial según alguna de las reivindicaciones 17 a 20, caracterizado porque el circuito secuencial está realizado con un dispositivo de memoria, en el que está implementado un módulo (1) de software para el control del transductor de posición, con las citadas interfaces.

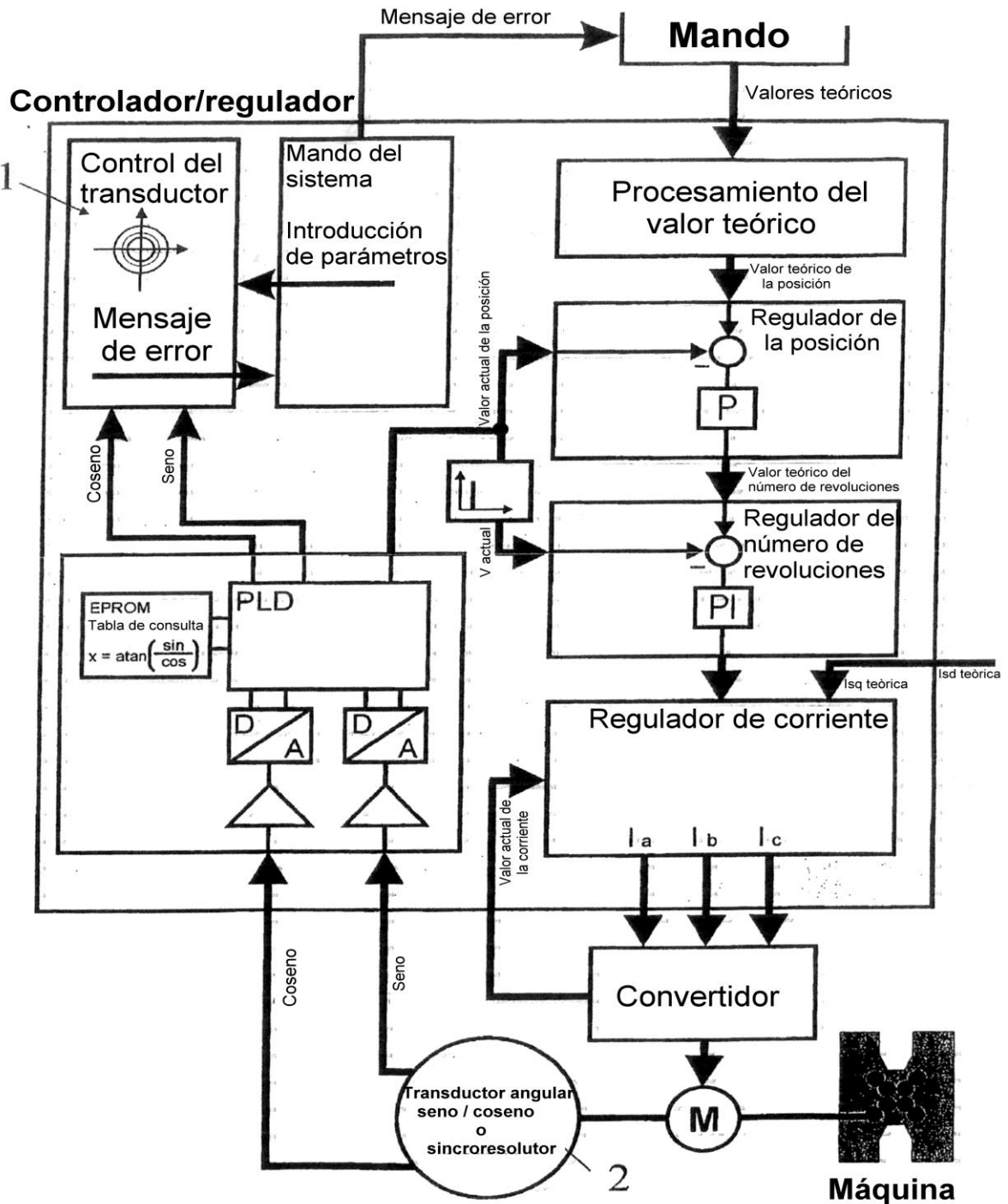
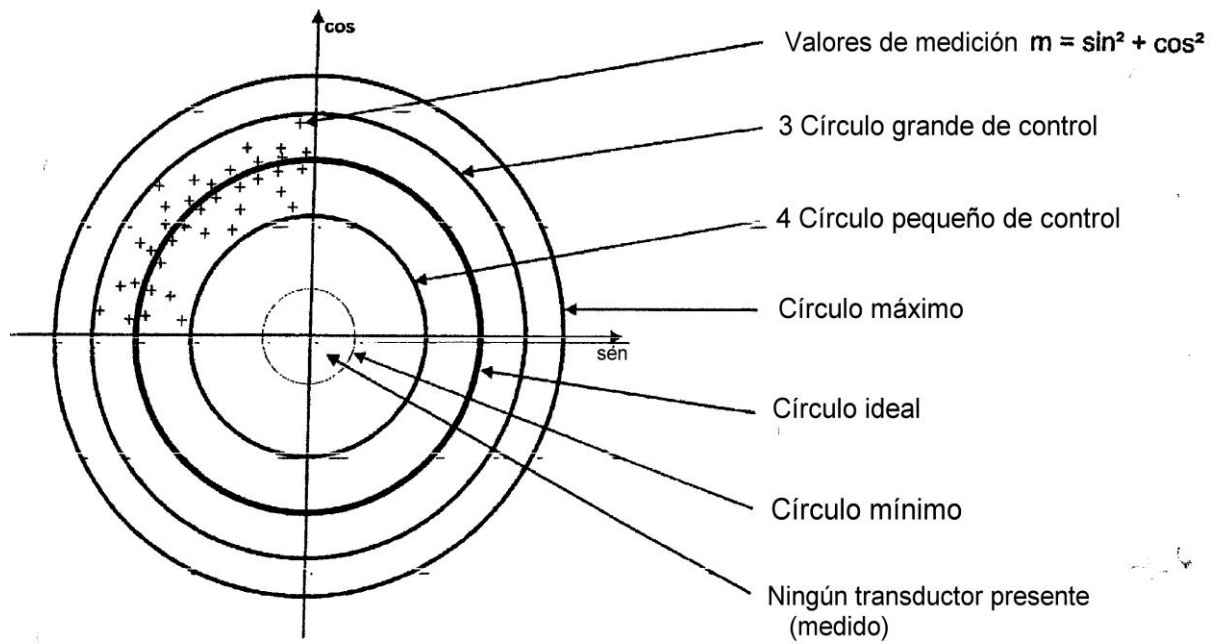


Fig. 1



**Fig. 2**

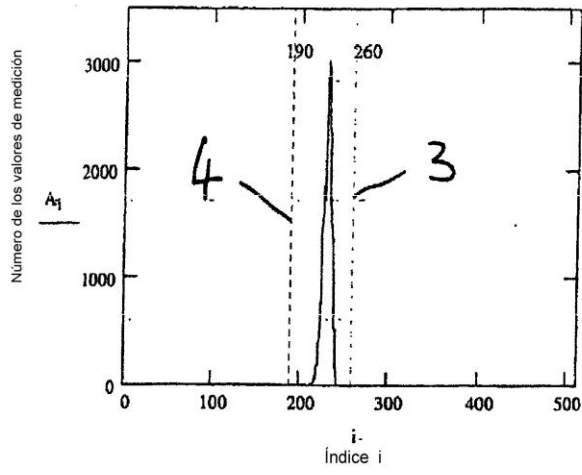


Fig. 3

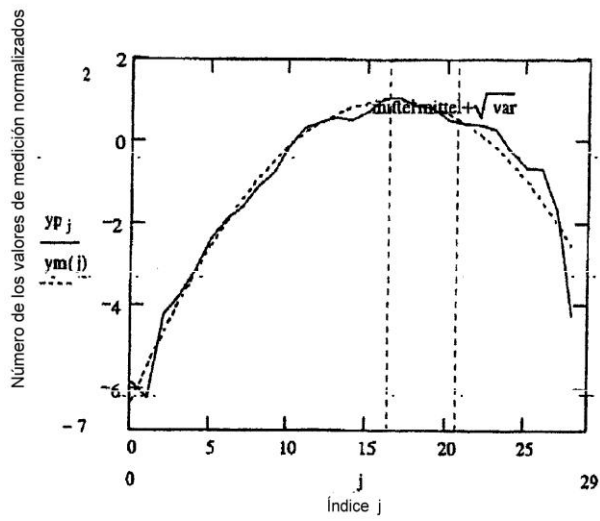
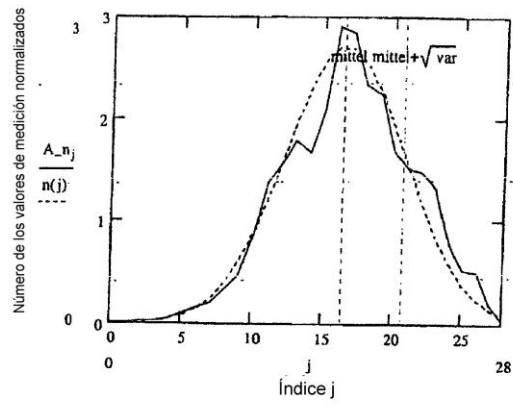


Fig. 4



**Fig. 5**