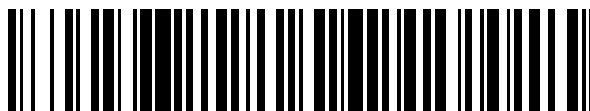


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 732 473**

51 Int. Cl.:

**G05B 23/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.02.2015 E 15155283 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2019 EP 3056957**

54 Título: **Dispositivo y procedimiento de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.11.2019**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**HEILER, PATRICK y  
PFEIFFER, BERND-MARKUS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 732 473 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Dispositivo y procedimiento de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control

La invención se refiere a un dispositivo de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control de un sistema de automatización según el preámbulo de la reivindicación 1 así como a un procedimiento de diagnóstico correspondiente según el preámbulo de la reivindicación 5.

El mantenimiento y el entretenimiento de instalaciones de técnica de automatización pueden mejorarse si se supervisa el funcionamiento correcto de las instalaciones parciales o los componentes. En caso de disminuir la capacidad de funcionamiento, se puede intervenir de manera selectiva en el punto correcto de la instalación con medidas para el mantenimiento, el entretenimiento o la eliminación de errores. Frecuentemente, componentes de instalaciones de técnica de automatización se interconectan en bucles de control. Para que en caso de disminuir la potencia de bucles de control individuales se pueda intervenir a tiempo y de manera selectiva en el punto correcto de la instalación con medidas para el entretenimiento o la optimización del controlador, resultaría ventajoso si los bucles de control se supervisasen de forma permanente y automática en cuanto a su calidad de control.

Un procedimiento de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control se conoce ya por el documento EP1528447B1 y por R. A. Ghraizi, E. Martínez, C. Prada, F. Cifuentes, J. Martínez (2007), "Performance monitoring of industrial controllers based on the predictability of controller behaviour", Computers and Chemical Engineering, Nº 31, 477 a 486. En caso de un estado sustancialmente estacionario, es decir, de una definición sustancialmente constante de valores teóricos, la variancia de una secuencia de datos de valor real se determina como característica estocástica y se evalúa para un análisis del estado del bucle de control. En el caso de una estimulación del bucle de control conforme a un salto de valor teórico, para el análisis del estado del bucle de control se evalúan como características determinísticas la amplitud de sobre oscilación o la respuesta transitoria, es decir, el cociente del tiempo de subida y del tiempo de respuesta de la magnitud de control.

Sin embargo, en las instalaciones de técnica de automatización habitualmente existen numerosos bucles de control en los que el procedimiento de supervisión conocido no es aplicable o es aplicable solo con grandes restricciones. Este es el caso especialmente cuando controladores en el marco de estructuras de control malladas son excitados como controladores esclavos por otro controlador de orden superior, por la definición de valores teóricos. Por lo tanto, esto afecta a todos los controladores esclavos en sistemas de control en cascada así como a todos los controladores esclavos en sistemas de control de relación. Dado que estos controladores reciben su valor teórico de parte de otro módulo funcional del circuito en la estructura de control mallada, el valor teórico puede variar constantemente y no hay fases de tiempo con un valor teórico constante ni saltos de valor teórico limpios que en el marco de la supervisión conocida del funcionamiento del bucle de control puedan ser evaluados con la ayuda de la determinación de una característica estocástica o de una característica determinística. Si el valor teórico se obtiene en el marco de un control en cascada de parte de un controlador maestro, el valor teórico varía tanto como la magnitud de ajuste del controlador maestro. Si el valor teórico es generado en el marco de un control de relación por un módulo de relación, el valor teórico del controlador de relación frecuentemente es un valor real, multiplicado por un factor constante, de otro bucle de control, que igualmente es variable durante el funcionamiento. Por lo tanto, en el procedimiento conocido, los bucles de control subordinados generalmente se excluyen de la supervisión.

Por lo tanto, la invención tiene el objetivo de proporcionar un dispositivo de diagnóstico y un procedimiento de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control, mediante los que puedan supervisarse en cuanto a su estado no solo bucles de control mono lazo, sino también bucles de control en estructuras malladas tales como existen por ejemplo en sistemas de control en cascada o en sistemas de control de relación.

Para conseguir este objetivo, el dispositivo de diagnóstico novedoso del tipo mencionado al principio presenta las características indicadas en la parte caracterizadora de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se describen variantes de la invención, en la reivindicación 5 se describe un procedimiento de diagnóstico, en la reivindicación 6 se describe un programa de ordenador para la ejecución del procedimiento de diagnóstico y en la reivindicación 7 se describe un producto de programa de ordenador correspondiente.

La invención ofrece la ventaja de que además de la supervisión de bucles de control mono lazo permite también la supervisión de bucles de control subordinados en estructuras malladas con varios controladores, como por ejemplo en sistemas de control en cascada o en sistemas de control de relación. Para ello, de manera ventajosa, en el sentido de un diagnóstico no invasivo, se usan solo los datos que se originan durante el funcionamiento regular del proceso. Un proceso en ejecución en una instalación de técnica de automatización no es influido por el diagnóstico pudiendo continuar sin perturbación durante la realización de un diagnóstico. De manera ventajosa, ya no son necesarias interrupciones de un funcionamiento automático, en las que hasta ahora por ejemplo un controlador maestro se ponía en servicio manual para realizar un diagnóstico, a fin de obtener mediante una intervención manual una fase de tiempo con un valor teórico constante o un salto de valor teórico para un controlador esclavo y poder analizarlo en el bucle de control subordinado con características estocásticas o determinísticas conocidas. Esto se consigue especialmente incluyendo como característica estocástica en el análisis del bucle de control una cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico, preferentemente para su variancia. La valoración es posible de manera especialmente clara por un operario, ya que se determina una cifra característica sobre la base

de la relación de una cifra de medida para la dispersión de los datos de valor real con respecto a una cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico. Con una cifra característica de este tipo se simplifica considerablemente la comparación por ejemplo de las variancias de los valores teórico y real. Si el controlador esclavo trabaja de manera ideal y consigue hacer seguir bien el valor real al valor real, las dos variancias serán similares y la relación será aproximadamente del valor 1. En cambio, si la variancia del valor real es mayor que la del valor teórico, el controlador esclavo en sí perturba el bucle de control, es decir que probablemente está mal ajustado. Esto conduce a un cambio correspondiente de la relación y de la cifra característica. Por lo tanto, el procedimiento novedoso permite también un diagnóstico de bucles de control con un valor teórico permanentemente variable. De esta manera, en la supervisión del bucle de control pueden integrarse de manera ventajosa también controladores esclavos de sistemas de control en cascada o de relación. De manera ventajosa, se evita que dificultades en este tipo de bucles de control pasen desapercibidas o que se generen avisos engañosos a causa de valoraciones erróneas de este tipo de bucles de control.

Dado que en el caso de sistemas de control en cascada, los conductores de las instalaciones presenta atención más bien al controlador maestro que al controlador esclavo y dado que un comportamiento perturbado del bucle de control esclavo no necesariamente se nota en el bucle de control maestro, tanto más que generalmente el bucle de control esclavo está concebido mucho más rápido que el bucle de control maestro, hasta ahora realmente era considerable el riesgo de que empeoramientos en el bucle de control esclavo pasasen desapercibidos. Aunque un comportamiento perturbado del bucle de control esclavo no repercutiera significativamente en la magnitud de control principal, podía conllevar desventajas, por ejemplo, un desgaste más rápido de un elemento de ajuste o un consumo de energía más alto, porque el elemento de ajuste para la magnitud de control principal en un sistema de control en cascada es excitado directamente por el controlador esclavo y no por el controlador maestro.

El cálculo de una primera cifra característica  $Chi_{var}$  ofrece la ventaja de que sus valores transmiten a un operario de una manera muy clara y fácilmente entendible una idea acerca del estado del bucle de control. Para un bucle de control con un buen comportamiento de control se indica el valor de 100% para  $Chi_{var}$ . En este caso, la variancia del valor real es menor que la variancia de los valores teóricos. Por lo tanto, el controlador esclavo consigue bien hacer seguir el valor real al valor teórico. Si el valor teórico presenta partes de señal de alta frecuencia que se encuentran fuera del ancho de banda del bucle de control cerrado, es decir, a los que el controlador esclavo no puede seguir lo suficientemente rápido, la variancia del valor real es menor que la del valor teórico. Un comportamiento de este tipo generalmente es totalmente inocuo y por tanto igualmente se indica como bueno. En cambio, si la variancia del valor real es mayor que la del valor teórico, el controlador esclavo en sí perturba el bucle de control, es decir que probablemente está mal ajustado. El empeoramiento resultante del estado del bucle de control se indica de manera ventajosa mediante los valores de la cifra característica  $Chi_{var}$  que de manera correspondiente son inferiores al 100%.

El factor  $s$  empleado en la fórmula de cálculo para la cifra característica  $Chi_{var}$  es un factor de sensibilidad que puede ser ajustado como parámetro por un operario y que en el dispositivo de diagnóstico está predefinido con el valor  $s=1$ . Por ejemplo para una valoración más crítica, el factor  $s$  puede corregirse hacia arriba mediante una entrada por el operario. Para que ya con el valor  $s=1$  del reajuste que resulta muy claro para el operario, se obtenga una valoración de la calidad del bucle de control, adecuada para la mayoría de los casos, mediante la indicación de la magnitud característica  $Chi_{var}$ , la fórmula contiene adicionalmente al factor de sensibilidad  $s$  el factor adicional 0,5 que en caso de otra predefinición del factor de sensibilidad  $s$  evidentemente puede suprimirse.

Adicionalmente o alternativamente a la primera cifra característica  $CPI_{var}$ , por el dispositivo de diagnóstico puede indicarse una segunda cifra característica  $CPI_{kas}$ , cuyo cálculo se basa en las variaciones medias de los datos de valor real y de los datos de valor teórico de un paso de muestreo al siguiente. Mientras que la primera cifra característica  $CPI_{var}$  contempla solo la variancia de los valores de los datos del valor teórico y del valor real, contenidos en el respectivo segmento contemplado, a causa del cálculo de la segunda  $CPI_{kas}$  se comparan entre sí las variaciones en los pasos de tiempo del muestreo. Si el valor real oscila alrededor del valor teórico, pero con una pequeña amplitud en comparación con el intervalo de valores del valor teórico, en caso de un mayor ancho del segmento contemplado de las secuencias de datos de valor teórico y de valor real, esto no se nota apenas o nada en caso de contemplarse únicamente la primera magnitud característica  $CPI_{var}$ , ya que a pesar de ello sigue similar la variancia. Este comportamiento no deseado puede ser reconocido entonces fácilmente por un operario al contemplar la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$ .

Por lo tanto, resulta ventajosa una indicación tanto de la primera cifra característica  $CPI_{var}$  como de la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  por el dispositivo de diagnóstico, ya que la contemplación de ambas magnitudes características permite una valoración especialmente fiable del estado del bucle de control. El ancho del segmento contemplado respectivamente, es decir, el número  $N$  de los datos de valor teórico o de los datos de valor real en las secuencias contempladas se elige de tal forma que por una parte puedan ser reconocidas fácilmente cambios del estado del bucle de control y que por otra parte estén disponibles suficientes datos para la valoración.

El dispositivo de diagnóstico puede realizarse de manera ventajosa, de la misma manera que el dispositivo de diagnóstico conocido ya por el documento EP1528447B1, como módulo funcional de software que en una interfaz

gráfica de usuario de un sistema de ingeniería puede conectarse con módulos funcionales del bucle de control y que para el funcionamiento del dispositivo de diagnóstico puede cargarse a un aparato de automatización. Sobre un llamado "faceplate" para la realización de una interfaz hombre / máquina en un aparato de mando y de observación de la instalación de técnica de automatización se indican entonces las dos cifras características  $CPI_{Var}$  y  $CPI_{Kas}$  calculadas. En dicho sistema de mando y de observación, el usuario puede, si lo desea, realizar una modificación de la parametrización, por ejemplo, del factor de sensibilidad  $s$ , una entrada de valores de referencia para generar una alarma en caso de quedar por debajo de un valor límite predefinido por una o ambas cifras características, etc.

De manera especialmente ventajosa, el dispositivo de diagnóstico novedoso puede implementarse para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control en un entorno de software para la supervisión del bucle de control basada en la nube. Un entorno de software de este tipo lo constituye por ejemplo el servicio remoto "Control Performance Analytics" basado en datos de la compañía Siemens AG. Datos de instalaciones de clientes se recopilan con la ayuda de agentes de software, se agregan y se envían al 'Service Operation Center' en el que se almacenan en un ordenador de servicio remoto. Allí son evaluados de forma semiautomática con la ayuda de diversas aplicaciones de software de análisis de datos. En caso de necesidad, para el servicio remoto pueden trabajar sobre esta base de datos de manera altamente eficiente expertos formados especialmente. Los resultados del análisis de datos pueden visualizarse en un monitor del ordenador de servicio remoto y/o ponerse a disposición en un "sharepoint", de tal forma que pueden ser vistos, por ejemplo en un navegador, por el cliente final, es decir, el operario de la instalación de técnica de automatización.

Por lo tanto, el procedimiento de diagnóstico preferentemente se implementa en software o en una combinación de software y hardware, de manera que la invención se refiere también a un programa de ordenador con instrucciones de código de programa para la implementación del procedimiento de diagnóstico, que pueden ser ejecutadas por un ordenador. En este contexto, la invención también se refiere también a un producto de programa de ordenador, especialmente a un soporte de datos o un medio de memoria con un programa de ordenador de este tipo que puede ser ejecutado por un ordenador. Un programa de ordenador de este tipo puede mantenerse en una memoria de un aparato de automatización o cargarse a este, tal como se ha descrito anteriormente, de manera que durante el funcionamiento del aparato de automatización se realiza automáticamente la supervisión del funcionamiento de un bucle de control, o bien, en el caso de una supervisión de bucles de control, basada en la nube, el programa de ordenador puede mantenerse en una memoria de un ordenador de servicio remoto o cargarse a este.

A continuación, la invención así como sus realizaciones y ventajas se describen en detalle con la ayuda de los dibujos en los que están representados ejemplos de realización de la invención.

Muestran:

- la figura 1 un sistema de control en cascada con un dispositivo de diagnóstico
- la figura 2 un sistema de control de relación con un dispositivo de diagnóstico y
- la figura 3 un diagrama de tiempo con evoluciones del valor teórico y del valor real.

En las figuras, las piezas idénticas están provistas de signos de referencia idénticos.

En los ejemplos de bucles de control en estructura mallada, ilustrados con la ayuda de las figuras 1 y 2, se trata por una parte de un sistema de control en cascada (figura 1) y, por otra parte, de un sistema de control de relación (figura 2). Un bucle de control que ha de ser supervisado se compone de un controlador R y un proceso P, designándose el controlador R en el caso de un sistema de control en cascada como controlador esclavo, y en el caso de un sistema de control de relación se designa como controlador de relación. En el caso de un sistema de control en cascada, el controlador R según la figura 1 recibe su valor teórico SP de parte de un controlador maestro R1 que es parte integrante de un bucle de control exterior para el control de una magnitud de control PV1 de un proceso P1. En lo sucesivo, la magnitud de control PV del proceso P se designa también como valor real. En el ejemplo de un sistema de control de relación que se muestra en la figura 2, el valor teórico SP es suministrado por un módulo de relación VB que lo calcula como relación de un valor real PV2 de otro bucle de control y un valor de relación V. El otro bucle de control, cuyo valor real PV2 está conectado al módulo de relación VB según la figura 2 se compone a su vez de un controlador R2 y un proceso P2, definiéndose para el otro bucle de control un valor teórico SP2. En las estructuras malladas representadas en las figuras 1 y 2, por tanto, el controlador R como controlador esclavo o controlador de relación recibe su valor teórico SP de parte de otro bucle de control. Por lo tanto, en el funcionamiento automático cambia constantemente la definición del valor teórico y no hay fases de tiempo con un valor teórico constante ni saltos limpios de valor teórico, de manera que la calidad de control del bucle de control subordinado, compuesto por el controlador R y el proceso, no puede analizarse con métodos convencionales para la valoración.

Ahora, mediante un dispositivo de diagnóstico D, según las figuras 1 y 2, adicionalmente al valor real PV se incluye en la evaluación también el valor teórico SP. Para ello, se depositan secuencias de datos de valor teórico y de valor real en una memoria de datos DS. A base de estas secuencias, un dispositivo de evaluación AE calcula una primera cifra de medida para la dispersión de los datos de valor real y, de forma análoga a la determinación de la primera

cifra de medida, una segunda cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico. Con la ayuda de la relación de las dos cifras de medida se calculan una primera cifra característica  $CPI_{var}$  y una segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  y se indican para una valoración de la calidad de control. La cifra característica  $CPI_{var}$  se calcula según la fórmula

$$CPI_{var} = 100\% * \left( e^{s * 0,5 * \left( 1 - \frac{var(PV)}{var(SP)} \right)} \right),$$

5 en la que como primera cifra de medida se recurre a la variancia  $var(PV)$  de los datos de valor real y como segunda cifra de medida se recurre a la variancia  $var(SP)$  de los datos de valor teórico como cifras de medida para la dispersión de los respectivos datos. Si el controlador R trabaja de manera ideal y consigue hacer seguir bien el valor real PV al valor teórico SP, las dos variancias  $var(PV)$  y  $var(SP)$  son aproximadamente iguales. Según la fórmula de cálculo para  $CPI_{var}$ , esto arroja un valor de aproximadamente 100%. En cambio, si la variancia  $var(PV)$  del valor real PV es mayor que la variancia  $var(SP)$  del valor teórico SP, el controlador R obviamente perturba el bucle de control formado por el controlador R y el proceso P. Esto se indica por un valor de la primera cifra característica  $CPI_{var}$  que, conforme al empeoramiento del comportamiento del bucle de control, es inferior al 100%. Mediante la modificación del factor de sensibilidad  $s$  que está predefinido con el valor 1, un usuario puede realizar adaptaciones según sus deseos, si en caso de un determinado empeoramiento del comportamiento del bucle de control se indicasen menores o mayores variaciones en la primera cifra característica  $CPI_{var}$ .

Para el cálculo de la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  como cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico o de valor real se calcula la variación media de un paso de muestreo al siguiente. La fórmula, por tanto, es:

$$CPI_{kas} = 100\% * \frac{\sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=0}^{N-1} (SP_{i+1} - SP_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=0}^{N-1} (PV_{i+1} - PV_i)^2}},$$

20 en la que el valor N representa la longitud de la ventana de datos contemplada respectivamente. Con la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  por tanto se contemplan variaciones en intervalos de tiempo más pequeños. Si el valor real PV oscila alrededor del valor teórico SP, pero con una menor amplitud en comparación con el intervalo de valores del valor teórico SP, el comportamiento erróneo puede reconocerse más claramente por variaciones de la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  que en la primera cifra característica  $CPI_{var}$ . Contemplando las dos cifras características  $CPI_{var}$  y  $CPI_{kas}$  se puede evitar de manera ventajoso que dificultades en bucles de control subordinados pasen desapercibidas o que se generen avisos engañosos por valoraciones erróneas de este tipo de bucles de control.

30 Si el controlador R es un controlador con zona muerta, un operario puede activar adicionalmente o alternativamente el cálculo de una tercera cifra característica  $CPI_{Db}$  por el dispositivo de diagnóstico D. El objetivo de una zona muerta es estabilizar las señales de ajuste generadas por el controlador R, mientras la magnitud de control, es decir, el valor real PV, se encuentre dentro de la zona muerta  $Db$  alrededor del valor teórico SP. Las desviaciones menores de la regla que aún están dentro de la zona muerta por tanto no son controladas por el controlador R, para reducir el desgaste y el consumo de energía de elementos de ajuste por ejemplo mecánicos. Un criterio especialmente eficaz para la valoración de controladores con zona muerta es por tanto la parte de tiempo

$$35 \quad t(|SP - PV| < Db),$$

en la que la magnitud de control PV se encuentra dentro de la zona muerta  $Db$ , con respecto a una parte de tiempo  $t(AK)$  con un valor teórico constante en funcionamiento automático AK. La fórmula de cálculo para la tercera cifra característica  $CPI_{Db}$  es:

$$CPI_{Db} = \frac{t(|SP - PV| < Db)}{t(AK)} * 100\%.$$

40 Si la parte de tiempo  $t(AK)$  es demasiado reducida, esto significa para la combinación de la parametrización del controlador y el dimensionamiento de la zona muerta  $Db$  que el objetivo en sí de la zona muerta  $Db$ , a saber, la estabilización de las señales de ajuste, se cumple solo de manera incompleta, porque la desviación del control abandona con demasiada frecuencia la zona muerta  $Db$ . Por lo tanto, o bien es demasiado estrecha la zona muerta  $Db$ , o bien es demasiado inestable el comportamiento de control. Tras la indicación de un comportamiento erróneo

de este tipo, el operario puede realizar modificaciones correspondientes en el ajuste del controlador R para eliminar el comportamiento erróneo.

5 La figura 3 muestra evoluciones 30 y 31 del valor real PV o del valor teórico SP para el controlador R en un sistema de control en cascada según la figura 1, que no está ajustado óptimamente. En la abscisa del diagrama de tiempo en la figura 3, el tiempo  $t$  está aplicado en segundos, en la ordenada están aplicados sin dimensión el valor real PV y el valor teórico SP. El segmento representado de una secuencia más grande de datos de valor teórico y de valor real comprende aproximadamente 500 pares de datos. Por la evolución 30 del valor real PV resulta que obviamente existe una oscilación que no procede del valor teórico SP, sino que tiene que tener otras causas. Esta oscilación se encuentra especialmente mediante la segunda cifra característica  $CPI_{kas}$  con un valor de 60%. Si la primera cifra característica  $CPI_{var}$  se calcula a través del ancho completo de la ventana se obtiene un valor de aproximadamente 100% y por tanto ningún indicio acerca del problema, ya que las variancias del valor teórico y del valor real son casi idénticas a lo largo del intervalo de tiempo contemplado. El ejemplo muestra que preferentemente la primera y la segunda magnitudes características deberían indicarse juntas a un operario. Para una agregación de ambas cifras características se ofrece la formación de mínimo: Si por una u otra cifra característica, el controlador llama la atención negativamente, es decir, si el mínimo es inferior a un valor límite determinado, el operario debería ser avisado de un posible problema en este bucle de control.

10

15

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control de secuencia o de relación (R, P) de un sistema de automatización, con una memoria de datos (DS) en la que está almacenada respectivamente una secuencia de datos de valor teórico y de valor real del bucle de control, y el dispositivo de diagnóstico (D) está realizado para ello, con un dispositivo de evaluación (AE) para la determinación de respectivamente una característica estocástica con la ayuda de al menos un segmento de las secuencias de datos de valor teórico y de valor real, estando realizado el dispositivo de evaluación (AE) para determinar como característica estocástica de los datos de valor real una primera cifra de medida para la dispersión de los mismos, **caracterizado por que** para la supervisión del funcionamiento del bucle de control de secuencia o de relación en un sistema de control en cascada o de relación, el dispositivo de evaluación (AE) está realizado para determinar de forma análoga a la determinación de la primera cifra de medida una segunda cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico como característica estocástica de los datos de valor teórico y por que el dispositivo de evaluación (AE) está realizado para determinar y/o indicar en función de la relación de la primera cifra de medida con respecto a la segunda cifra de medida una cifra característica  $CPI_{Var}$ ,  $CPI_{Kas}$ ) para la valoración de la calidad de control

2. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación 1, **caracterizado por que** las dos cifras de medida son la variancia ( $var(PV)$ ,  $var(SP)$ ) de los datos del valor real (PV) o de los datos del valor teórico (SP) y por que una primera cifra característica  $CPI_{Var}$  se calcula según las fórmulas:

$$CPI_{Var} = 100\% * \left( e^{s*0,5*\left(1-\frac{var(PV)}{var(SP)}\right)} \right),$$

si  $\frac{var(PV)}{var(SP)} \geq 1,$

20 y

$$CPI_{Var} = 100\%,$$

si

$$\frac{var(PV)}{var(SP)} < 1,$$

25 donde s es un factor de sensibilidad predefinido con el valor 1, que puede ser modificado por un operario del dispositivo de diagnóstico.

3. Dispositivo de diagnóstico según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** las dos cifras de medida son las variaciones medias de los datos de valor real o de los datos de valor teórico de un paso de muestreo respectivamente al siguiente y porque una segunda cifra característica  $CPI_{Kas}$  se calcula según la fórmula:

$$CPI_{Kas} = 100\% * \frac{\sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=0}^{N-1} (SP_{i+1} - SP_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=0}^{N-1} (PV_{i+1} - PV_i)^2}},$$

30 donde N es el número de pasos de muestreo incluidos en la valoración.

4. Dispositivo de diagnóstico según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** al menos la memoria de datos (DS) y el dispositivo de evaluación (AE) están implementados por software en un ordenador de servicio remoto para el diagnóstico a distancia del bucle de control.

35 5. Procedimiento de diagnóstico para la supervisión del funcionamiento de un bucle de control de secuencia o de relación en un sistema de control en cascada o de relación (R, P) de un sistema de automatización, con los siguientes pasos:

- 5
- el almacenamiento de respectivamente una secuencia de datos de valor teórico y de valor real del bucle de control en una memoria de datos (DS),
  - la determinación de respectivamente una característica estocástica con la ayuda de al menos un segmento de las secuencias de datos de valor teórico y de valor real por un dispositivo de evaluación (AE), determinándose como característica estocástica de los datos de valor real una primera cifra de medida para la dispersión de los mismos,

**caracterizado por** los pasos adicionales,

- 10
- la determinación de una segunda cifra de medida para la dispersión de los datos de valor teórico como característica estocástica de los datos de valor teórico de forma análoga a la determinación de la primera cifra de medida y
  - la determinación y la indicación de una cifra característica ( $CPI_{Var}$ ,  $CPI_{Kas}$ ) para la valoración de la calidad de control en función de la relación de la primera cifra de medida con respecto a la segunda cifra de medida.

15

6. Programa de ordenador con instrucciones de código de programa, que pueden ser ejecutadas por un ordenador, para la implementación del procedimiento según la reivindicación 5, si el programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

7. Producto de programa de ordenador, especialmente un soporte de datos o un medio de memoria, con un programa de ordenador que puede ser ejecutado por un ordenador, según la reivindicación 6.





FIG 3

