

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 015 064**

51 Int. Cl.:

G05B 23/02 (2006.01)

B01D 35/02 (2006.01)

F02M 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.07.2021** **PCT/EP2021/070823**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.02.2022** **WO22023247**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.07.2021** **E 21754746 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2024** **EP 4158434**

54 Título: **Método y sistema de control auto-optimizador del motor de flujo continuo**

30 Prioridad:

30.07.2020 EP 20188572

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

29.04.2025

73 Titular/es:

SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG
(100.00%)

Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE

72 Inventor/es:

WIESNER, THOMAS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 3 015 064 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de control auto-optimizador del motor de flujo continuo

5 La presente invención se refiere a un método de monitoreo de un motor de flujo continuo que proporciona una adaptación automática de los parámetros de evaluación. Además, la presente invención se refiere a un sistema para permitir dicho método. Además, la presente invención se refiere a un producto de programa informático adaptado para realizar dicho método. Además, la presente invención se refiere a un uso del método, sistema o producto de programa informático inventivo.

10 US 2014/055274 A se refiere a un sistema de detección de cambios mediante análisis de frecuencias.

US 2018/313721 A1 se refiere a un sistema y método de monitoreo de una turbomáquina con fusión de indicadores para la síntesis de una confirmación de alarma.

15 Los motores de flujo continuo son dispositivos muy utilizados en la industria. Algunos ejemplos son los compresores utilizados, por ejemplo, en procesos de producción industrial a gran escala como refinerías, o turbinas de gas o de vapor utilizadas en la producción de energía. Los dispositivos correspondientes en proporcionaron el aumento significativo de la utilización el pasado. De ser una posibilidad experimental hace muchas décadas al dispositivo altamente fiable y duradero bastante difícil o imposible de sustituir en la actualidad. Aunque el tipo genérico de motor está disponible desde hace mucho tiempo, estas unidades siguen siendo objeto de desarrollos adicionales. Especialmente, el cambio de los conceptos pasados de utilización y monitoreo, así como de mantenimiento, a los modernos conceptos altamente avanzados y sofisticados requiere un cambio significativo en la adquisición y utilización de datos en este contexto. Sin embargo, las nuevas posibilidades de monitoreo y control de los correspondientes motores de flujo continuo plantean retos adicionales. En este contexto, se observó que, al menos en parte, los operadores se enfrentan al reto de abordar que se proporciona una enorme cantidad de datos que se deben monitorear manualmente, mientras que el apoyo de los sistemas automáticos basados en parámetros establecidos y sus límites sólo puede resolver este problema parcialmente. Especialmente, los modernos motores de flujo continuo que proporcionan un número significativamente mayor de parámetros que se determinan en un grado significativamente mayor y que requieren un sistema de monitoreo automático basado en límites, plantean el reto de seleccionar o bien rangos y límites amplios que ignoren fácilmente las primeras indicaciones de problemas, o bien rangos y límites más estrechos que den lugar a un número significativo de falsas alarmas. En este contexto, se señaló que incluso encontrar un límite ideal para un momento dado no significa que los límites correspondientes sean adecuados para el futuro. Además del reto de mejorar continuamente los motores de flujo continuo correspondientes y los servicios y herramientas, esto representa otro desafío. Proporcionar un sistema definido capaz de identificar problemas en una etapa temprana, reduciendo al mismo tiempo de forma significativa el número de falsas alarmas a largo plazo.

40 Estos problemas se resuelven con los productos y métodos que se divulgan a continuación y en las reivindicaciones. Otras realizaciones beneficiosas se describen en las reivindicaciones dependientes y en la descripción adicional. Estas ventajas pueden aprovecharse para adaptar la solución correspondiente a necesidades específicas o para resolver otros problemas.

45 De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un método de monitoreo de una planta industrial que contiene al menos un motor de flujo continuo, en donde el método contiene los siguientes pasos

- adquirir un valor de medición de al menos un sensor,
- evaluar si el valor de medición se encuentra dentro de un rango de valores umbral,
- en caso de que el valor de medición caiga fuera del rango de valores umbral, activar una acción de alarma, en donde la acción de alarma incluye el envío de una solicitud de evaluación a un operador,
- 50 - recibir datos de evaluación del operador, en donde dichos datos de evaluación se basan en al menos tres opciones, en donde las opciones incluyen
 - i. la evaluación de que la acción de alarma es falsa; en donde dichos datos de evaluación desencadenan un aumento del rango del valor umbral,
 - ii. evaluar si la acción de alarma es correcta,
 - 55 iii. evaluar si la acción de alarma es posiblemente correcta, en cuyo caso dichos datos de evaluación activan la adición a un contador, en cuyo caso si el contador alcanza un límite de contador se activa un aumento del rango del valor umbral.

60 Esto es especialmente importante para los motores de flujo continuo, ya que se observó que los motores correspondientes proporcionan la alta fiabilidad y se pueden utilizar durante décadas. Sin embargo, estos motores sufren de que su uso proporcione un cambio constante del propio motor, los cambios espontáneos sobre la base de los procesos de mantenimiento y mejora, y similares haciéndolos, por un lado, muy fiables y duraderos, pero, al mismo tiempo, desviándose continuamente del estado original, lo que exige adaptar dicho monitoreo. La utilización de los métodos inventivos permite proporcionar dicho sistema adaptativo mejorando significativamente las posibilidades de monitorear y controlar dicho motor de flujo continuo. Típicamente, se prefiere que el al menos un sensor monitoree el motor de flujo continuo o la estructura de soporte conectada al motor de flujo continuo. Por

ejemplo, dicha estructura de soporte puede ser el suministro de combustible de una turbina de gas, la caldera de una turbina de vapor, o un dispositivo que utilice gas comprimido suministrado por un compresor. Aunque el diseño general de las plantas industriales que utilizan dichos motores de flujo continuo también proporciona un proceso muy continuo y predecible, las características de los motores de flujo continuo que no sólo son más adecuadas para dicho método, sino que también se benefician más de él, son naturalmente especialmente distintas para los propios motores de flujo continuo, así como para las estructuras de apoyo directamente interrelacionadas, como los dispositivos conectados que permiten el funcionamiento del motor de flujo continuo.

El término "operador", tal como se utiliza en la presente, se refiere a alguien encargado especialmente de monitorear o controlar el motor de flujo continuo. Típicamente, se prefiere que tales operadores estén localmente en el sitio del motor de flujo continuo. En la presente, esta persona también puede estar temporalmente en este lugar, por ejemplo, durante alguna revisión o mantenimiento. Sin embargo, dicho operador también puede estar ubicado remotamente, en donde dicho operador puede estar estacionado esencialmente al otro lado del mundo monitoreando de cerca el estado del motor de flujo de las partes desde lejos.

El término "acción de alarma", tal como se utiliza en la presente, se refiere a una señal que indica algún estado irregular que requiere atención o incluso una acción inmediata. Por ejemplo, puede ser alguna alarma que indique que hay que apagar el motor cuanto antes para reparar algo. Por ejemplo, puede ser una advertencia solicitando atención para mantener la utilización del motor de flujo continuo dentro de ciertos límites para evitar daños o prevenir una programación más temprana de las tareas de mantenimiento.

De acuerdo con otro aspecto la presente invención se refiere a un sistema adaptado para ser utilizado en un método inventivo que comprende un procesador y un medio legible por computadora no transitorio que comprende instrucciones ejecutables por computadora que cuando son ejecutadas por el procesador hacen que el sistema lleve a cabo operaciones que comprenden:

- adquirir un valor de medición de al menos un sensor,
- evaluar si el valor de medición se encuentra dentro de un rango de valores umbral,
- en caso de que el valor de medición caiga fuera del rango de valores umbral, activar una acción de alarma, en donde la acción de alarma incluye el envío de una solicitud de evaluación a un operador,
- recibir datos de evaluación del operador, en donde dichos datos de evaluación se basan en al menos tres opciones, en donde las opciones incluyen
 - i. la evaluación de que la acción de alarma es falsa; en donde dichos datos de evaluación desencadenan un aumento del rango del valor umbral,
 - ii. evaluar si la acción de alarma es correcta,
 - iii. evaluar si la acción de alarma es posiblemente correcta, en cuyo caso dichos datos de evaluación activan la adición a un contador, en cuyo caso si el contador alcanza un límite de contador se activa un aumento del rango del valor umbral.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un producto de programa informático, materializado en un medio de almacenamiento legible por máquina, que incluye instrucciones operables para hacer que una entidad informática ejecute un método inventivo.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento para proporcionar un producto de programa informático inventivo, en donde el dispositivo almacena el producto de programa informático y/o proporciona el producto de programa informático para su uso posterior.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un uso de un método inventivo, un sistema inventivo o un producto de programa informático inventivo para proporcionar datos que indiquen el beneficio de dar servicio y/o colocar el filtro en el motor de flujo continuo.

Para simplificar la comprensión de la presente invención se remite a la descripción detallada a continuación y a las figuras adjuntas, así como a su descripción. En la presente, las figuras deben entenderse como no limitativas del alcance de la presente invención, sino que revelan realizaciones preferidas que explican la invención con más detalle.

La Fig. 1 muestra un esquema de una planta industrial que contiene un motor de flujo continuo adaptado para utilizar el método inventivo.

La Fig. 2 muestra un esquema del método inventivo.

Preferiblemente, las realizaciones que se describen a continuación contienen, a menos que se especifique lo contrario, al menos un procesador y/o unidad de almacenamiento de datos para implementar el método inventivo.

De acuerdo con un aspecto, la presente invención se refiere a un método como el especificado anteriormente.

Para aplicaciones típicas es beneficioso que el método inventivo también contenga la posibilidad de disminuir automáticamente el volumen del contador. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que en caso de que los datos de evaluación se basen en la opción ii., en donde dichos datos de evaluación disminuyan el contador, en

donde el valor mínimo del contador sea cero. Normalmente, se prefiere que el contador se reinicie. Se observó que la utilización de esta información proporcionada por un experto puede ser beneficiosa para optimizar el sistema automático adaptando continuamente el monitoreo al desarrollo a largo plazo.

5 Típicamente, también es beneficioso incluir un límite de contador que sea al menos varias veces el número máximo que se añade a dicho valor de contador. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el límite del contador sea al menos tres veces, más preferiblemente al menos cuatro veces, aún más preferiblemente al menos siete veces, la cantidad máxima añadida al valor del contador en caso de que la acción de alarma se base en la opción iii. Se observó que un límite correspondiente por debajo de dicho número suele ser menos beneficioso para muchas aplicaciones. Especialmente, tal sistema automático como se describe en la presente que monitorea continuamente el estado proporciona un número significativo de falsas alarmas siendo fácilmente filtradas por tal contador límite.

15 Una opción para adaptar el rango de valores umbral que resulta beneficiosa para muchas aplicaciones típicas se basa en una combinación de valor relativo y absoluto. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el ajuste del rango de valores umbral se calcule de acuerdo con la fórmula (I)

$$T_{\text{nuevo}} = (A_1 \cdot T \cdot (1+x_1)) + (A_2 \cdot (T+x_2)) \quad (I),$$

20 en donde T_{nuevo} = rango de valores umbral ajustado,

T = rango de valores umbral,

A_1 = factor relativo,

A_2 = factor absoluto,

x_1 es un factor de aumento especificado,

25 x_2 es un valor de aumento especificado,

en donde $A_1 + A_2 = 1$. En la presente, uno de los factores de aumento especificados y el valor de aumento especificado puede seleccionarse para que sea cero, limitando el cambio a un cambio relativo o absoluto. Por ejemplo, puede preferirse proporcionar un sistema simplificado que sólo proporcione una adaptación relativa o absoluta en general. No obstante, si bien el sistema puede ofrecer la posibilidad de desactivar por completo dicha doble adaptación excluyendo la adaptación relativa o absoluta, es preferible que el método haga uso de las posibilidades que se proporcionan en la presente. Además, este tipo de adaptador puede utilizarse para pasar de un adaptador basado en un factor relativo a un adaptador basado esencialmente en un factor absoluto reduciendo A_2 . Por ejemplo, la adaptación relativa puede utilizarse durante las primeras etapas de uso de un nuevo motor de flujo continuo suministrado y pasar a un cambio más o completamente basado en un aumento absoluto cuando se haya completado la fase de introducción. Este método también se puede utilizar después de introducir pasos de mantenimiento o mejoras especiales.

Se observó que este método, aparentemente sencillo, permite adaptar fácilmente el sistema disponible a las necesidades específicas. Se hace posible habilitar una aplicación a la pluralidad de fuentes de datos disponibles con tal sistema genérico y simplemente adaptar x_1 y x_2 de acuerdo con las características de la característica específica monitoreada. Simplificando significativamente el sistema global y permitiendo, por ejemplo, introducir fácilmente mejoras o adaptaciones necesarias basadas, por ejemplo, en mejoras en toda una flota de motores de flujo continuo con muy poco esfuerzo.

45 Típicamente, se prefiere además incluir un límite superior del cambio. De acuerdo con otras realizaciones, $T_{\text{nuevo}} - T$ es como máximo B , en donde B es un límite de adaptación. Esta característica permite restringir las posibles modificaciones del cambio del rango de valores umbral a un cierto límite para evitar que, por ejemplo, debido a la negligencia en la revisión del desarrollo durante un período más largo, se produzca un cambio significativo que no estaba previsto originalmente. Sorprendentemente, se observó al revisar los archivos de registro y similares que la posibilidad de que se produzca este tema representa un problema realista para el motor de flujo continuo con base en las interacciones observadas para diferentes características y opciones que proporcionan un monitoreo comparable.

55 Sorprendentemente, se observó que el ajuste del rango de valores umbral se puede especificar mediante la fórmula para muchas ocasiones. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el ajuste del rango de valores umbral se calcule de acuerdo con la fórmula (II)

$$A = (M - L) \cdot y \quad (II),$$

60 en donde A = valor de ajuste,

M = valor de medición,

L = valor límite del rango de valores umbral,

y es un factor de adaptación predefinido,

en donde el rango de valores umbral se incrementa en A . Para aplicaciones típicas, este sistema que proporciona

una adaptación automática del rango de valores umbral es una ventaja significativa. Típicamente, tal sistema puede ser especialmente utilizado de manera útil para entrenar algún sistema separado, típicamente siendo separado de un sistema distribuido que proporciona una mejora continua de los rangos de valor umbral. Sin embargo, dicho sistema también puede utilizarse de forma beneficiosa con algún sistema conectado que reciba datos de un sistema distribuido, en donde, por ejemplo, dicho ajuste directo automático local se utilice en el primer paso para responder rápidamente a una situación actual, mientras que la adaptación genérica basada en la de dicho sistema distribuido tenga lugar de forma regular.

En la presente, ciertos factores adaptadores suelen ser eficaces para muchas aplicaciones. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el factor de adaptación predefinido se seleccione entre 0,01 y 0,1, más preferiblemente entre 0,2 y 0,08, y aún más preferiblemente entre 0,03 y 0,07. Se observó que dicho factor de adaptación predefinido que se selecciona de dicho rango es típicamente beneficioso para motores de flujo continuo, como turbinas de gas y turbinas de vapor. En la presente, dicho factor de adaptación puede utilizarse, por ejemplo, como punto de partida genérico basado en la aplicabilidad más amplia a dichos sistemas, en donde este factor de adaptación está sujeto a una mayor optimización basada en el sistema específico.

Esa acción de acuerdo con la fórmula mencionada anteriormente o diferentes adaptaciones automáticas introducidas pueden conectarse beneficiosamente al circuito de retroalimentación. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el método contenga una adaptación del rango de valores umbral proporcionada automáticamente, en donde la adaptación del rango de valores umbral se envía a un operador para su revisión. En la presente, normalmente se prefiere que el operador tenga que estar de acuerdo con dicha modificación para que se implemente. Sin embargo, también es posible proporcionar un sistema que implemente dicha modificación en primer lugar y que solicite la verificación de dicho operador de modificación en lo sucesivo. Tal sistema suele ser preferible para parámetros y componentes de gran relevancia para combinar la sugerencia automática con la evaluación anual de los mismos. Se observó que este tipo de acuerdo reduce significativamente el tiempo requerido para dicho operador, al tiempo que aprovecha al máximo la experiencia acumulada durante mucho tiempo por dicha persona.

Además, se observó que el número de adaptaciones a lo largo de un determinado periodo de tiempo también es un parámetro muy beneficioso que debe tenerse en cuenta. De acuerdo con otras realizaciones, el número de adaptaciones durante un periodo de tiempo se almacena en una base de datos. Normalmente, se prefiere que se active otra alarma en caso de que el número de adaptaciones durante el periodo de tiempo especificado supere un límite de número de adaptaciones. Se observó que el sistema proporciona un número estadístico de adaptaciones que suelen producirse a lo largo del tiempo. Sorprendentemente, revisar si el número de adaptaciones necesarias supera significativamente el volumen estadísticamente esperado proporciona una información valiosa sobre si la máquina se desvía del comportamiento normal. Dicha información y alarma es especialmente útil, ya que no todo tiene que ser revisado por un único operador teniendo todo en cuenta, sino que incluso diferentes operadores que cambian de turno y son responsables de una pluralidad de motores de flujo continuo son capaces de detectar un comportamiento anómalo en una etapa muy temprana.

Se observó además que el método inventivo es especialmente adecuado para su aplicación en motores específicos. De acuerdo con otras realizaciones se prefiere que el motor de flujo continuo sea una turbina de gas, una turbina de vapor o un compresor, más preferiblemente una turbina de gas, aún más preferiblemente una turbina de gas que contenga una unidad compresora. Se observó que el método inventivo puede ser especialmente útil para monitorear y controlar dicho motor de flujo continuo. Para aplicaciones típicas es especialmente útil utilizar otras realizaciones como las descritas en la presente para dichos motores de flujo continuo. Por ejemplo, la gran cantidad de datos disponibles para este tipo de motores y la experiencia recopilada por el fabricante permiten proporcionar modelos de simulación muy sofisticados y una gran cantidad de datos históricos que pueden utilizarse como se describe en la presente.

De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el valor de medición sea un valor de medición de una parte del compresor del motor de flujo continuo. Por ejemplo, dicha parte del compresor puede ser el propio compresor siendo un motor de flujo continuo o una parte del compresor delante de una parte de turbina de una turbina de gas.

La evaluación de la medición sólo puede ser apoyada, además, mediante el suministro de datos de simulación. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que se proporcione al operador un valor simulado junto con el valor de medición, en donde el valor simulado se basa en un modelo del motor de flujo continuo o en un modelo de una parte del motor de flujo continuo. Aunque el operador, siendo un experto para tal motor de flujo continuo es capaz de evaluar tales datos basados en su experiencia, se observó que al proporcionar tal valor simulado se proporciona un beneficio significativo para evaluar, por ejemplo, situaciones inusuales o durante cambios de turno hasta que el operador que se obtiene dentro en la reciente utilización y comportamiento del motor de flujo continuo. Sorprendentemente, el beneficio supera el esfuerzo adicional derivado de proporcionar tales simulaciones.

Sin embargo, se ha observado que también los datos históricos pueden utilizarse de forma beneficiosa de acuerdo con la presente invención. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que se proporcione al operador un valor histórico junto con el valor de medición, en donde el valor histórico se recupera de una base de datos histórica

basada en el estado actual del motor de flujo continuo. La utilización de estos valores históricos suele ser beneficiosa en caso de que se disponga de una cantidad suficiente de datos históricos. La potencia de procesamiento necesaria para identificar situaciones comparables a partir de una base de datos histórica que contenga valores históricos del motor de flujo continuo disponible suele ser muy inferior a la potencia de procesamiento necesaria para simular dichos valores. Sin embargo, para aumentar la cantidad de datos disponibles puede ser preferible utilizar los datos recolectados para un motor de flujo continuo comparable que se almacenan localmente o en una base de datos distribuida. Para ello suele ser necesario evaluar automáticamente si los datos disponibles son transferibles y adecuados para ser utilizados. Aunque esta evaluación automática aumenta significativamente la potencia de procesamiento necesaria, la posibilidad de contar con una cantidad significativamente mayor de datos disponibles hace que este método sea muy beneficioso para las aplicaciones típicas. Un ejemplo de datos históricos que podrían transmitirse incluye un número de posibles alarmas correctas en un periodo de tiempo especificado y un número de alarmas verificadas en dicho periodo de tiempo.

Otra mejora a implementar de acuerdo con el presente método puede ser una comunicación con una base de datos remota. De acuerdo con otras realizaciones se prefiere que el método contenga el paso de enviar un conjunto de datos a una base de datos remota como una base de datos distribuida, en donde el conjunto de datos contiene datos que contienen el rango de valores umbral y/o los datos relativos a los datos de evaluación. Utilizar este tipo de bases de datos distribuidas es especialmente útil. Esto permite aprovechar al máximo los conocimientos avanzados de una ubicación central y, especialmente, de un tercero, como el fabricante de dicho motor de flujo continuo. En la presente, se puede proporcionar una velocidad significativamente mayor de identificación de problemas y posibilidades de mejorar el sistema existente, así como la calidad de las comprobaciones correspondientes.

Otra característica que puede introducirse de forma beneficiosa en el método inventivo es la introducción de un contrato inteligente. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que la base de datos remota, preferiblemente la base de datos distribuida, contenga un contrato inteligente que se active en caso de que el rango de valores umbral quede fuera de un rango especificado y/o las evaluaciones del operador difieran de los datos de referencia relativos a las evaluaciones del operador. El término "contrato inteligente", tal como se utiliza en la presente, incluye especialmente datos como datos de programa o datos que pueden ser ejecutados por un programa para realizar pasos o acciones especificados, incluyendo comandos de control, valores especificados, requisitos, datos interrelacionados como valores medidos y la acción correspondiente en respuesta al cumplimiento o incumplimiento de valores predefinidos en comparación con dichos valores medidos. Por ejemplo, la ejecución del contrato inteligente puede realizarse mediante una base de datos distribuida seleccionada en consecuencia o un entorno de ejecución como una máquina virtual. Preferiblemente, dichos medios de ejecución del contrato inteligente son de giro completo. Normalmente, se prefiere que el contrato inteligente se ejecute utilizando la infraestructura de una base de datos distribuida. Tal contrato inteligente puede utilizarse, por ejemplo, para activar automáticamente acciones de mantenimiento o modelos de pago utilizando un sistema más interactivo y adaptado en tiempo real. En la presente, por ejemplo, el pago del mantenimiento puede adaptarse automáticamente en función del uso del motor de flujo continuo para proporcionar al propietario del motor de flujo continuo la mayor libertad de funcionamiento posible. Al mismo tiempo, el proveedor de mantenimiento puede ofrecer un cálculo razonable basado en el aumento de la seguridad más allá del nivel acordado originalmente, lo que requiere un aumento de los costos de servicio que se pueden facturar.

Aunque la presente invención también puede utilizarse para motores de flujo continuo muy antiguos con poco conocimiento del proceso correspondiente, normalmente se prefiere evaluar múltiples valores de medición para este método. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que el método incluya la adquisición de al menos tres, más preferiblemente al menos cuatro, aún más preferiblemente a siete valores de medición, para la evaluación, en donde los valores de medición son valores de medición de una parte del compresor del motor de flujo continuo. Si bien es posible utilizar un único valor de medición para monitorear y controlar dicho dispositivo, se observó que una combinación de múltiples valores de medición para la evaluación es beneficiosa para las aplicaciones típicas. El resultado es una visión sorprendentemente mejorada que permite contrarrestar los múltiples valores de medición. La comparación de múltiples valores de medición procedentes, por ejemplo, de distintos sensores permite identificar problemas con una seguridad significativamente mayor.

En la presente, resulta sorprendentemente beneficioso combinar datos de distintos tipos de fuentes de datos. De acuerdo con otras realizaciones se prefiere que el método utilice al menos dos, incluso más preferiblemente al menos tres, valores de medición diferentes del motor de flujo continuo. La utilización de estos diferentes valores de medición del mismo motor de flujo continuo permite monitorear diferentes partes del motor de flujo continuo, en donde los problemas que dan como resultado desviaciones del comportamiento esperado se reflejan típicamente en cambios de múltiples valores de medición. El acoplamiento de múltiples mediciones que deberían mostrar todas una desviación en tal situación permite disminuir significativamente la tasa de detecciones de falsos positivos. De acuerdo con otras realizaciones, se prefiere que los valores de medición se basen en datos de sensores diferentes. Normalmente, se prefiere que los distintos sensores se basen en métodos de medición diferentes. Por ejemplo, dichos sensores pueden basarse en mediciones de presión, mediciones de velocidad de rotación, mediciones de densidad, mediciones de temperatura y similares.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un sistema adaptado para ser utilizado en un método inventivo que comprende un procesador y un medio legible por computadora no transitorio que comprende instrucciones ejecutables por ordenador que cuando son ejecutadas por el procesador hacen que el sistema realice operaciones que comprenden:

- adquirir un valor de medición de al menos un sensor,
- evaluar si el valor de medición se encuentra dentro de un rango de valores umbral,
- en caso de que el valor de medición caiga fuera del rango de valores umbral, activar una acción de alarma, en donde la acción de alarma incluye el envío de una solicitud de evaluación a un operador,
- recibir datos de evaluación del operador, en donde dichos datos de evaluación se basan en al menos tres opciones, en donde las opciones incluyen
 - i. la evaluación de que la acción de alarma es falsa; en donde dichos datos de evaluación desencadenan un aumento del rango del valor umbral,
 - ii. evaluar si la acción de alarma es correcta,
 - iii. evaluar si la acción de alarma es posiblemente correcta, en cuyo caso dichos datos de evaluación activan la adición a un contador, en cuyo caso si el contador alcanza un límite de contador se activa un aumento del rango del valor umbral.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un kit de mejora que contiene al menos el sistema inventivo. Este kit de mejora es especialmente útil para mejorar plantas industriales existentes y motores de flujo continuo. Sorprendentemente, se observó que el sistema inventivo puede adaptarse para establecer automáticamente las conexiones correspondientes, así como para recuperar los datos disponibles en la infraestructura de datos de dicha planta industrial. En caso de que se concedan los derechos correspondientes, es posible además recuperar automáticamente actualizaciones de bases de datos remotas proporcionadas, por ejemplo, por el fabricante de los motores de flujo continuo o similares para mejorar también los primeros ajustes del sistema en función de los requisitos y eventualidades locales específicos.

Típicamente, se prefiere que dicho kit de mejora esté adaptado para comunicarse automáticamente con el personal de campo encargado de implementar dicha mejora. Sorprendentemente, es posible proporcionar automáticamente, por ejemplo, al personal de campo una lista de deficiencias con respecto a los datos del sensor, problemas de conexión, o similares remitiendo instrucciones claras de lo que se requiere para optimizar el beneficio del kit de mejora.

En la mayoría de los casos se prefiere que dicho kit de mejora contenga además una base de datos histórica y una unidad de simulación específicamente adaptada para ejecutar el método inventivo sin requerir más potencia de procesamiento de la planta industrial local. Aunque se espera que las plantas industriales futuras y de última generación que utilicen un motor de flujo continuo proporcionen las bases de datos y los procesos correspondientes que permitan simplemente reasignar la potencia de procesamiento y el almacenamiento de datos correspondientes, se observó que la introducción de tal cosa en un kit de mejora proporciona una ventaja significativa para ofrecer tal posibilidad a la mayoría de las plantas industriales existentes.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un producto de programa informático, materializado en un medio de almacenamiento legible por máquina, que incluye instrucciones operables para hacer que una entidad informática ejecute un método inventivo.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere a un dispositivo de almacenamiento para proporcionar un producto de programa informático inventivo, en donde el dispositivo almacena el producto de programa informático y/o proporciona el producto de programa informático para su uso posterior.

De acuerdo con otro aspecto, la presente invención se refiere al uso de un método inventivo, un sistema inventivo, un kit de mejora inventivo o un producto de programa informático inventivo para mejorar una planta industrial que contiene al menos un motor de flujo continuo.

La presente invención sólo se ha descrito con más detalle a efectos explicativos. Sin embargo, la invención no debe entenderse limitada a estas realizaciones, ya que representan realizaciones que proporcionan ventajas para resolver problemas específicos o satisfacer necesidades específicas. Debe entenderse que el alcance de la protección sólo está limitado por las reivindicaciones adjuntas.

La Figura 1 muestra un esquema de una planta industrial que contiene un motor de flujo continuo 2, siendo 2' una turbina de gas que proporciona una parte de compresor en la parte de turbina que está adaptada para utilizar el método inventivo. En la presente, los sensores 1, 1', 1'' mostrados a modo de ejemplo están situados en la parte del compresor de los dos motores de flujo continuo 2, 2' ubicados en una planta industrial 6. Cabe señalar que los correspondientes motores de flujo continuo 2, 2' contienen un número significativamente mayor de sensores que no se muestran en la Figura 1 y que se utilizan para proporcionar valores de medición analizados de acuerdo con el método inventivo. Los datos adquiridos por los sensores 1, 1', 1'' se envían a un sistema inventivo 3 que procesa los datos de acuerdo con el método inventivo. En la presente, el sistema 3 está adaptado para adaptar un contador 5 gestionado por el sistema 3 en función de las evaluaciones de las alarmas generadas. En la presente, los valores

medidos se evalúan en función de un rango de valores umbral especificado para activar eventualmente una alarma en caso de que el valor medido caiga fuera del rango de valores umbral. En caso de que se active dicha acción de alarma, se envía una solicitud de evaluación a un operador para que evalúe la alarma basándose en al menos tres opciones. Estas opciones se proporcionan al operador como opciones entre las que el operador puede elegir. En la presente, los datos facilitados al operador también contienen datos históricos y de simulación para apoyar su decisión. Los datos correspondientes se adquieren de una base de datos histórica 8 y de la unidad de simulación 7 que se encuentra localmente disponible en el sitio de la planta industrial 6. La base de datos histórica 8 y la unidad de simulación 7 están además conectadas a bases de datos remotas. La base de datos histórica 8 está adaptada para intercambiar información con la base de datos histórica remota 10 para recuperar datos adicionales que se utilizarán durante la evaluación. Tales características son especialmente beneficiosas para proporcionar una cantidad básica de datos históricos que se utilizarán después de mejoras o modificaciones del motor de flujo continuo existente 2, 2' que inutilizan parcialmente los datos históricos disponibles. La comunicación entre la base de datos histórica 8 y la base de datos histórica remota 10 se activa a petición.

La unidad de simulación 7 y la base de datos remota de simulación 9 intercambian datos de forma regular o activada por la base de datos remota de simulación 9. Por ejemplo, en caso de que se disponga de ciertas mejoras de los modelos existentes utilizados en la unidad de simulación 7, por ejemplo, reduciendo la potencia de procesamiento necesaria o aumentando la eficacia o fiabilidad de la simulación. En tal caso, los datos correspondientes se envían a la unidad de simulación 7 para mejorar su rendimiento. Sin embargo, en caso de que la propia unidad de simulación 7 detecte deficiencias, también puede activarse directamente una solicitud a la base de datos remota de simulación 9.

En caso de que el operador evalúe la acción de alarma como falsa, el rango de valores umbral se incrementa para compensar un rango de valor umbral que aparentemente ya no se ajusta. En caso de que la acción de alarma se evalúe como correcta, el contador se reduce en una cantidad específica, sin que el valor del contador caiga por debajo de cero. En caso de que se considere que la acción de alarma es potencialmente correcta, la cantidad especificada se añade al contador aumentando el valor del contador hasta que se alcanza un límite de contador. En caso de que se alcance el límite de contador, se activa un aumento del rango de valores umbral. Especialmente, la utilización de los conocimientos técnicos de un tercero, como un fabricante de motores de flujo continuo y/o una empresa especializada en el mantenimiento de dichos motores de flujo continuo, proporciona un beneficio significativo. La profunda y amplia experiencia acumulada durante décadas puede utilizarse para adaptar y optimizar específicamente los correspondientes modelos de motor de flujo continuo utilizados para dicha simulación.

En la presente, el operador también podría proporcionar una evaluación que contenga un conjunto de datos que se envían desde la interfaz 4 al sistema 3 para restablecer el contador. El sistema 3 mostrado también ofrece la posibilidad de solicitar manualmente que, en caso de que se proporcione una evaluación basada en la opción ii., el contador se reinicia automáticamente. Esto es sorprendentemente beneficioso para adaptar específicamente un sistema genérico 3 a las necesidades específicas del motor de flujo continuo correspondiente.

En caso de que se alcance el límite de contador, la adaptación del rango de valores umbral se calcula de acuerdo con la siguiente fórmula (II):

$$A = (M - L) \cdot y \quad (II),$$

en donde A = valor de ajuste,

M = valor de medición,

L = valor límite del rango de valores umbral, y es un factor de adaptación predefinido,

en donde el rango de valores umbral se incrementa en A en el límite correspondiente en el que el valor de medición supera el valor de medición. Debe entenderse que dicho aumento del rango de valores umbral también puede equivaler a una disminución del límite correspondiente del rango de valores umbral en caso de que el límite sea el límite inferior y el valor de medición sea inferior a dicho valor. En este caso, el término (M-L) pasa a ser negativo y debe añadirse al extremo correspondiente del rango de valores umbral, lo que da como resultado un aumento global del rango de valores umbral. En la presente, el operador asigna factores de adaptación específicos a cada característica que se mide, caso por caso, en donde el factor de adaptación sugerido se encuentra dentro del rango de 0,2 a 0,08 para el sistema mostrado. Para la primera implementación se selecciona un factor de adaptación más alto para proporcionar una primera adaptación más rápida al sistema actual. Una vez establecido un sistema de trabajo, el factor de adaptación se reduce para tener en cuenta que las adaptaciones posteriores necesarias deberían ser significativamente menores. En caso de que más tarde fuera necesario un número significativo de adaptaciones, esto puede indicar otros problemas de los motores de flujo continuo que desencadenen otro tipo de evaluación y consideración.

Para aplicaciones típicas, un sistema de este tipo que proporcione una adaptación automática del rango de valores umbral es una ventaja significativa. Por ejemplo, dicho sistema puede utilizarse para adaptar algún sistema aislado que normalmente se separa de un sistema distribuido proporcionando una mejora continua de los rangos de valores umbral. Sin embargo, dicho sistema también puede utilizarse de forma beneficiosa con algún sistema

conectado que reciba datos de un sistema distribuido, en donde, por ejemplo, dicho ajuste directo automático local se utilice en un primer paso para responder rápidamente a una situación actual, mientras que la adaptación genérica basada en datos de dicho sistema distribuido tiene lugar de forma regular.

Los datos adquiridos durante el método inventivo y el rango de valores umbral actualmente utilizado no se almacenan además simplemente a nivel local. Los datos correspondientes también se envían a dos bases de datos remotas que no aparecen en la figura y se almacenan allí. Una base de datos pertenece al propietario de la planta industrial 6, que le mantiene informado y realiza un seguimiento del estado de los motores de flujo continuo utilizados durante. La segunda base de datos pertenece al proveedor de mantenimiento, que se encarga de realizar el mantenimiento y programarlo en consecuencia. En la presente, el servicio se presta sobre una base flexible, en donde la acción requerida correspondiente se presta a petición. Los datos correspondientes transmitidos no sólo permiten hacer una evaluación interna de si es necesario el mantenimiento, sino que también permiten cuantificar el beneficio de hacer un mantenimiento más temprano o más tarde para proporcionar pruebas al propietario de si la acción de mantenimiento correspondiente estaba justificada o no.

El sistema 3, tal como se muestra en la Figura 1, se incluyó como mejora en la planta industrial 6. En la presente, se proporcionó una solución definitiva al propietario de la planta industrial 6. El kit de mejora que contiene el sistema 3, así como la base de datos histórica 8 y la unidad de simulación 7, se ha conectado a la infraestructura de datos existente de la planta industrial 6. El sistema 3 se configuró para buscar automáticamente los valores de medición pertinentes proporcionados para los motores de flujo continuo 2, 2' disponibles en la infraestructura de datos. Con base en esta evaluación, se solicita al personal de campo que instale la mejora correspondiente. Por ejemplo, se les pide que instalen más sensores 1, 1', 1'' en los motores de flujo continuo 2, 2' y que proporcionen determinadas conexiones en la infraestructura de datos. Tras conectarse a la base de datos remota histórica, se activa la base de datos remota de simulación 9 a través de Internet, las mejoras correspondientes se cargan e instalan automáticamente en el sistema. Además, se probó y estableció el bucle de retroalimentación con la interfaz de usuario 4.

La Figura 2 muestra un esquema del método inventivo. En la presente, los datos del sensor 21 se envían para ejecutar un paso 22 que contiene la evaluación de los datos del sensor utilizando el sistema inventivo. En caso de que se solicite una evaluación por parte de un operador, se lleva a cabo el paso 25, que es la recuperación de datos históricos. En caso de que se observe que los datos históricos disponibles no son suficientes, se ejecuta el paso adicional 27, que incluye la recuperación de datos históricos de una base de datos remota. Además, se lleva a cabo el paso 26 que contiene una recuperación de datos de simulación de la unidad de simulación 7. En caso de que se observe que los modelos no son suficientes para proporcionar una simulación razonable, se lleva a cabo el paso 28 opcional, que incluye la recuperación de datos de simulación de una base de datos remota.

Los datos correspondientes se envían a una interfaz de usuario que permite a un operador revisar la acción de alarma correspondiente durante el paso 24. En caso de que se considere que la acción de alarma es potencialmente correcta se ejecuta el paso 29, en donde se cuantifica el cambio del valor del contador en columnas a la situación específica. A continuación, de acuerdo con el paso 30, el contador se adapta en consecuencia y se almacena en el paso 23, y la base de datos correspondiente es utilizada por el sistema inventivo. En caso de que el valor del contador correspondiente supere el valor umbral, se activa el paso 32, que incluye una modificación del valor umbral. Estos cambios también se almacenan en una base de datos utilizada por el sistema inventivo y se tienen en cuenta para futuras evaluaciones de los valores de medición transmitidos por los sensores.

La presente invención sólo se ha descrito con más detalle a efectos explicativos.

REIVINDICACIONES

1. Un método para monitorear una planta industrial (6) que comprende al menos un motor de flujo continuo (2, 2'), en donde el método comprende los siguientes pasos:

- adquirir un valor de medición de al menos un sensor (1, 1', 1''),
 - determinar si el valor de medición adquirido está comprendido dentro de un rango de valores umbral,
 - en caso de que se determine que el valor de medición está fuera del rango de valores umbral, activar una acción de alarma, en donde la acción de alarma comprende el envío de una solicitud de evaluación a un operador, **caracterizado porque** el método comprende además los siguientes pasos:

- recibir un dato de evaluación del operador, en donde el dato de evaluación se basa en uno de los siguientes:
 determinar, por parte del operador, que la acción de alarma es falsa y, como resultado, activar un aumento del rango de valores umbral, o
 determinar, por parte del operador, que la acción de alarma es correcta, o
 determinar, por parte del operador, que la acción de alarma es posiblemente correcta, y como resultado añadir a un contador (5), en donde, cuando el contador (5) alcanza un límite de contador, se activa como resultado un aumento del rango de valores umbral.

2. El método de conformidad con la reivindicación 1, en donde los datos de evaluación se basan en la determinación, por parte del operador, de que la acción de alarma es correcta, en donde el método comprende como resultado disminuir el contador (5), en donde el valor mínimo del contador que puede alcanzarse es cero.

3. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el ajuste del rango de valores umbral se calcula de acuerdo con la fórmula (I)

$$T_{\text{nuevo}} = ((T \cdot (1+x_1)) + (T+x_2)) / 2 \quad (I),$$

en donde T_{nuevo} = rango de valores umbral ajustado,
 P55893-WOEP
 EP 21754746,2

T = rango de valores umbral,
 x_1 es un factor de aumento especificado,
 x_2 es un valor de aumento especificado.

4. El método de conformidad con la reivindicación 3, en donde $T_{\text{nuevo}} - T$ es como máximo B, en donde B es un límite de adaptación.

5. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde el valor de medición es un valor de medición de una parte del compresor del motor de flujo continuo (2, 2').

6. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en donde se proporciona al operador un valor simulado junto con el valor de medición, en donde el valor simulado se basa en un modelo del motor de flujo continuo (2, 2') o en un modelo de una parte del motor de flujo continuo.

7. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde se proporciona al operador un valor histórico junto con el valor de medición, en donde el valor histórico se recupera de una base de datos histórica basada en el estado actual del motor de flujo continuo (2, 2').

8. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde el motor de flujo continuo (2, 2') es una turbina de gas, una turbina de vapor o un compresor, más preferiblemente una turbina de gas, aún más preferiblemente una turbina de gas que contiene una unidad compresora.

9. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en donde el método comprende además el paso de enviar un conjunto de datos a una base de datos distribuida, en donde el conjunto de datos comprende datos que contienen el rango de valores umbral y/o los datos relativos a los datos de evaluación.

10. El método de conformidad con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además adquirir al menos tres, más preferiblemente al menos cuatro, aún más preferiblemente al menos siete valores de medición, en donde los valores de medición son valores de medición de una parte del compresor del motor de flujo continuo (2, 2').

11. Un sistema (3) para monitorear una planta industrial (6) que comprende al menos un motor de flujo continuo (2, 2'), en donde el sistema comprende un procesador y un medio no transitorio legible por computadora que comprende instrucciones ejecutables por computadora que cuando son ejecutadas por el procesador hacen que el sistema (3) lleve a cabo los pasos del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Un producto de programa informático que comprende instrucciones que, cuando el programa es ejecutado por una computadora, hacen que la computadora lleve a cabo los pasos del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.
- 5 13. Un medio de almacenamiento legible por computadora que comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por una computadora, hacen que la computadora lleve a cabo los pasos del método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10.

DIBUJOS

FIG 1

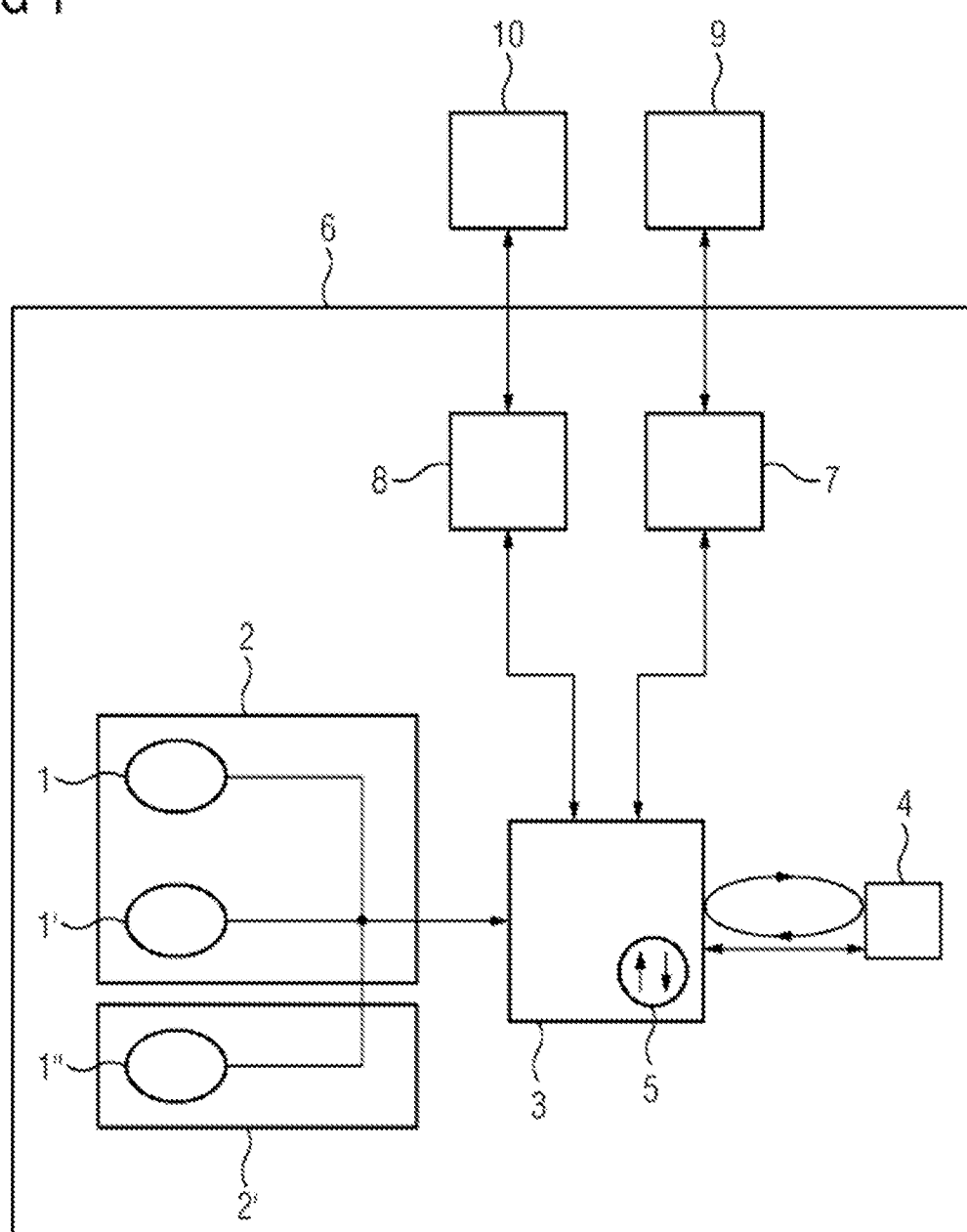


FIG 2

