

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 801 778**

51 Int. Cl.:

**G01N 33/28** (2006.01)

**F01M 1/10** (2006.01)

**F16N 29/00** (2006.01)

**F01M 11/10** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **23.02.2017 PCT/EP2017/054165**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.08.2017 WO17144588**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.02.2017 E 17706509 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.04.2020 EP 3420350**

54 Título: **Sistema y unidad de sensor para la monitorización y evaluación de la condición del líquido**

30 Prioridad:

**23.02.2016 EP 16156933**

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

**13.01.2021**

73 Titular/es:

**C.C. JENSEN A/S (100.0%)  
Løvholmen 13  
5700 Svendborg, DK**

72 Inventor/es:

**HENNEBERG, MORTEN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 801 778 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**

Sistema y unidad de sensor para la monitorización y evaluación de la condición del líquido

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona con un sistema y una unidad de detección para monitorizar y evaluar la condición de un líquido y un método para monitorizar la condición de un líquido.

Antecedentes

10 La maquinaria aplicada para múltiples propósitos en las industrias en tierra y mar adentro, tales como la industria minera, la industria de generación de energía, la industria de turbinas eólicas y a bordo de barcos, debe operar eficientemente durante períodos prolongados de tiempo, idealmente solo pararse cuando no hay necesidad de su función. En realidad, las máquinas se detienen abruptamente y de manera planificada por una variedad de otras razones. Una causa importante del tiempo de inactividad se debe a averías causadas por el desgaste de la máquina y, además, al mantenimiento planificado para evitar este desgaste.

15 Las partes de la máquina más expuestas al desgaste son las partes móviles, donde se aplica lubricación para aumentar la eficiencia y evitar el desgaste de metal sobre metal. El lubricante absorbe las partículas desgastadas y las transporta corriente abajo, donde una unidad de filtración, típicamente un filtro hidráulico en línea, absorbe las partículas más grandes y reintroduce el resto en la maquinaria nuevamente. Cuando se reintroducen partículas excesivas en la maquinaria, desgastan las partes móviles, lo que disminuye tanto la eficiencia operativa como produce aún más y más grandes desechos de desgaste, acelerando aún más la degradación del engranaje exponencialmente a medida que las partículas grandes arrancan partículas aún más grandes. Esto también obstruye el filtro.

20 El líquido lubricante es más a menudo un aceite con aditivos. Estos aditivos se introducen para mejorar las diferentes funciones del aceite, tal como aumentar la viscosidad para una operación a temperatura elevada para contrarrestar la descomposición química o la lubricidad. Con el tiempo, el aceite y/o los aditivos se descomponen, acidificando así el aceite. Si se deja solo, el aceite acidificado corroe las partes de la máquina con las que entra en contacto. Se deben cambiar dichas partes de la máquina, lo que resulta en reparaciones costosas, pérdida de productividad para la máquina y si la máquina formaba parte de una operación grande, como un barco, se ve afectado el funcionamiento de este sistema general. Tal desglose puede ser desastrosamente costoso.

25 Además, la relación entre la generación de partículas de desechos de desgaste y la degradación del líquido, aunque no está clara en su naturaleza exacta, incluye al menos un circuito de retroalimentación positiva bidireccional, donde una mayor generación de desechos de desgaste desgasta el aceite y un aceite desgastado corroe la máquina generando así partículas de desechos de desgaste. Esto plantea problemas adicionales para estos dos problemas cuando surgen, ya que la generación de desechos por desgaste de partículas especialmente grandes tiene un crecimiento exponencial y debe detenerse inmediatamente después de la identificación.

35 Idealmente, cuando el líquido comprende demasiadas partículas de desechos de desgaste y/o el líquido se degrada más allá de cierto punto, la máquina se detiene y un equipo de mantenimiento puede corregir el problema, por ejemplo, limpiando la máquina y volviendo a aplicar un nuevo líquido o cambiando el filtro en línea. Debido a que estas máquinas son sistemas cerrados, es de gran interés evaluar correctamente cuándo abrir la máquina para inspección y/o mantenimiento.

40 Para evitar cualquier avería prematura con el desgaste excesivo de la máquina, las máquinas están típicamente programadas para mantenimiento o análisis de aceite de forma regular. Por ejemplo, en un conjunto de fechas predefinidas, la máquina se apaga y un equipo de mantenimiento abre el sistema tomando una muestra del aceite para la evaluación fuera del sitio y/o limpiando el sistema de acuerdo con algunos procedimientos de mantenimiento predefinidos. El documento US 3526127 A divulga un método y un aparato para probar automáticamente la condición del aceite asistido por ayuda de un ordenador e informar los resultados del mismo. Desafortunadamente, esto se realiza fuera del sitio y es un método costoso por varias razones. Abrir el sistema puede introducir elementos extraños en el sistema cerrado, y el acto de abrir una escotilla puede liberar partículas desde el interior, lo que interrumpe el flujo y provoca un tiempo de inactividad posterior. Estos procedimientos de mantenimiento proactivo se definen a partir del común denominador mínimo entre todas las máquinas del tipo, lo que agrega un factor de seguridad a esto. Aunque tiene sentido ya que las averías son más costosas que el mantenimiento planificado, cualquier tiempo de inactividad innecesario es muy costoso, especialmente cuando este tiempo de inactividad además presenta un riesgo de avería posterior o requiere que la operación grande, tal como un barco, detenga su operación.

55 Además, no todas las máquinas se usan igual. El estilo operativo de su equipo es muy importante para el tiempo de actividad potencial y la vida útil de la máquina. Por ejemplo, una máquina, que se apaga y enciende alternativamente a velocidad máxima, se desgastará significativamente más rápido que una máquina que opera dentro de sus intervalos óptimos de operación. Entonces, la máquina con mejor rendimiento tiene más tiempo de inactividad de mantenimiento de lo que realmente se necesita, mientras que una máquina mal administrada puede no identificarse

como mal administrada hasta que la máquina se haya dañado, lo que puede hacer que los culpables exactos de esta mala administración sean difíciles o imposibles de identificar.

5 Para evitar daños críticos al equipo, se pueden introducir sensores para monitorizar el líquido en busca de acumulación de partículas de desechos de desgaste, así como la degradación del líquido. Sin embargo, la hidráulica del sistema tiene que funcionar perfectamente en todo momento para obtener una imagen representativa de las partículas de desechos de desgaste en el líquido que es difícil de lograr. En la técnica, se monitorizan típicamente las partículas de desechos de desgaste con sensores ópticos, mientras que se mide la degradación del líquido mediante sensores del tipo de espectroscopia de impedancia eléctrica.

10 El documento US 6449580 B1 divulga la prueba de la permitividad de un fluido de trabajo sobre un intervalo de temperaturas, identificando así la temperatura donde la permitividad es la más sensible a los cambios de temperatura. Esto permite estimar la viscosidad, el contenido de ácido, el contenido de humedad y la densidad del fluido de trabajo mediante la medición durante un período de prueba de nada más que la permitividad y la temperatura. Esto supone que las relaciones entre todos los parámetros permanecen fijas durante la vida útil del sistema.

15 El documento EP 2749853 A2 describe un sensor integrado en un drenaje de aceite para un sistema de aceite tal como un motor alternativo para un vehículo motorizado. El sensor mide varios aspectos individuales de la condición del aceite.

20 Las señales brutas del sensor fluctuarán significativamente entre las lecturas por varias razones, una son las fluctuaciones del sistema y la otra es el ruido debido al sensor. Para compensar esto, los sensores se construyen y venden con capacidades de promedio integradas que aumentan la precisión del sensor, lo que permite una comprensión del sistema y la condición del líquido de manera más general y representativa.

25 Además, las tecnologías de sensores de la técnica tienen varias debilidades distintas. Por ejemplo, ciertos tipos de sensores de partículas importantes no pueden diferenciar entre partículas de agua y/o burbujas de aire arrastradas y partículas de desgaste, cuyas lecturas pueden aumentar repentinamente y causar una parada inmediata e innecesaria del sistema.

Resumen de la invención

Por lo tanto, un objeto de esta invención es resolver los problemas mencionados anteriormente. De acuerdo con la invención, se proporciona una unidad de detección para monitorizar la condición de un líquido de acuerdo con la reivindicación 1.

30 Por lo tanto, se proporciona un sistema de sensor mejorado.

Los sensores de la técnica están adaptados a lecturas promedio antes de la transmisión para reducir el ruido de la señal. Esto permite que el equipo de mantenimiento diagnostique la condición del sistema líquido, ya que los valores de salida son constantes y los cambios a los mismos constituyen algún tipo de interrupción. Esto aumenta la precisión del sensor a expensas de la variación de la señal, que se acepta tradicionalmente ya que la variación se considera ruido de señal. En la presente invención, esta variación constituye una segunda fuente de datos instrumentales, y se acepta el ruido de la señal y la imprecisión. Al utilizar sensores que no procesan previamente los datos que mide antes de pasarlos a la unidad de evaluación, la unidad de evaluación está sorprendentemente habilitada para realizar análisis de datos estadísticos genuinos en el sistema líquido.

40 Al combinar esta mejora de la fidelidad y la varianza de los datos con la interrelación de al menos dos mediciones de parámetros, se puede lograr un pronóstico de la condición del líquido genuina y específica del sistema y del contexto de acuerdo con la invención.

45 Por lo tanto, se puede obtener un diagnóstico acertado y preciso de las interrupciones del sistema, así como la identificación de las desviaciones y trayectorias de comportamiento del sistema. En otras palabras, si las lecturas de un sistema convencional varían, el equipo de mantenimiento sabe que algo ha cambiado; pero no qué o por qué. Al realizar la transmisión de datos os del sensor, el análisis estadístico y la interrelación de las señales, se puede obtener mucha más información sobre el estado real del sistema. Se notan cambios menores en el patrón operativo, y un equipo de mantenimiento puede actuar instantáneamente en lugar de tener que esperar hasta que los parámetros operativos hayan pasado por algún umbral arbitrario de inercia dependiente del hardware del sensor.

50 La interfaz del sensor está adaptada para medir la condición del líquido y proporcionar estas mediciones para la unidad de evaluación. Al proporcionar una serie de mediciones, se proporcionan las señales a la unidad de evaluación como mediciones consecutivas.

De acuerdo con la invención, la interfaz del sensor no procesa previamente las señales bruta antes de pasarlas como señales de transmisión. De este modo, se proporcionan señales sin filtrar a la unidad de evaluación.

55 Cada señal de transmisión corresponde a una señal bruta. De acuerdo con la invención, para cada señal bruta proporcionada por la interfaz del sensor, se transmite una señal de transmisión a la unidad de evaluación.

- 5 Cada señal de transmisión se asemeja a una señal bruta correspondiente. Por parecido se entiende que la información contenida en una señal de transmisión es igual a la información contenida en una señal bruta correspondiente, lo que significa que se aplica cualquier manejo de datos realizado por la interfaz del sensor proporcionalmente a todos los puntos de datos brutos en la señal bruta produciendo así un señal de transmisión con una varianza de datos y distribución de puntos de datos proporcionales a la señal bruta a partir de la cual se produce.
- De acuerdo con la invención, la señal de transmisión tiene una variación igual a la variación de la señal bruta. Por igual se entiende que la interfaz del sensor no realiza ninguna corrección de datos.
- 10 En una realización, al menos un parámetro está correlacionado con los datos de referencia. En otra realización, al menos dos parámetros están correlacionados con datos de referencia. En una realización adicional, los datos de referencia comprenden datos históricos del parámetro en cuestión para el sistema dado que permite un análisis de tendencias que informa sobre el desgaste del sistema o las operaciones fuera de balance. En una realización adicional, los datos de referencia comprenden valores esperados predeterminados para el sistema con base en pruebas de fábrica o al menos otro sistema que ha estado o está en funcionamiento. En una realización preferida adicional, los datos de referencia comprenden un período de ejecución del sistema actual.
- 15 Se puede entender la condición de un líquido como el estado del líquido en términos de la presencia de partículas de desechos de desgaste en el líquido y en términos del grado de degradación química del líquido en comparación con un líquido virgen recién proporcionado en términos de descomposición del líquido y/o cualquier aditivo en él, típicamente acidificando el líquido .
- 20 La unidad de evaluación está adaptada para correlacionar los parámetros medidos. Al correlacionar los parámetros se entiende que se establecen sus relaciones mutuas y/o recíprocas. Esto puede realizarse con cualquier grado de precisión y por cualquier método conveniente.
- 25 La correlación puede pertenecer a las relaciones entre las lecturas del sensor estático. Por ejemplo, se evalúa el efecto de las mediciones de desechos de alto desgaste en las mediciones de degradación de líquidos, o, en otras palabras, la probabilidad de lecturas de parámetros específicos en una de las lecturas de parámetros dado un valor específico en otra. La correlación puede relacionarse con las relaciones entre trayectorias dentro de las lecturas de parámetros, tal como el efecto de un aumento en el valor de un parámetro en el valor esperado de otro. Además, las correlaciones pueden relacionarse con una combinación de lecturas de sensores estáticos y lecturas de sensores de trayectoria.
- 30 Las correlaciones son al menos relaciones unidireccionales, y en una realización preferida, las correlaciones son relaciones bidireccionales entre todos los parámetros relevantes, lo que significa que las relaciones causa-efecto se evalúan recíprocamente.
- 35 En una realización, se pueden evaluar relaciones más complicadas a través de estas correlaciones, tales como el efecto sobre un tercer parámetro por los estados y/o trayectorias de un parámetro primero y segundo en conjunto. Por ejemplo, la temperatura puede no verse afectada por la degradación del líquido o por el desgaste de las partículas de desechos, excepto cuando ambos se encuentran dentro de ciertos intervalos, como que ambos sean altos.
- En una realización, las correlaciones se llevan a cabo en parámetros en el sentido matemático, donde se determina la interdependencia de estados o trayectorias de parámetros, por ejemplo, con modelado estadístico usando modelos Hotelling  $T^2$ .
- 40 Se puede llevar a cabo la correlación de forma continua o a una frecuencia predeterminada. La correlación continua y la monitorización de la condición pueden ser una ventaja para que se pueda detectar cualquier degradación de líquido y/o cambio en la generación de partículas de desechos de desgaste y actuar antes de que el equipo se dañe. Sin embargo, la evaluación también puede adaptarse para correlacionar los parámetros medidos en intervalos de segundos, minutos o incluso varias horas. Los parámetros medidos se pueden almacenar y/o transferir a, por ejemplo, una base de datos o servidor en el sitio o fuera del sitio en relación con el sistema líquido.
- 45 Se puede llevar a cabo la evaluación de la condición del líquido mediante la correlación de los parámetros medidos a una velocidad predefinida. Por lo tanto, se puede llevar a cabo regularmente la monitorización y la evaluación, por ejemplo, cada segundo, minuto, hora, día o después de cualquier período de tiempo conveniente. A través de la correlación, se sabe que combinaciones específicas de señales producen condiciones operativas asociadas. En una realización de la invención, esto permite una retroalimentación sofisticada y de alta fidelidad a los usuarios con respecto al estado actual y los estados operativos futuros esperados.
- 50 A través de una primera fase de operación, se puede desarrollar una tabla de patrones de operación que se puede usar para evaluar el desgaste y/o errores en el sistema que luego se pueden gestionar a tiempo para evitar el desgaste excesivo, alertas falsas y fallas.
- 55 Al medir al menos una de la degradación de líquido o la generación de desgaste de partículas de una manera, la cual permite un valor medio y una variación diferente de cero y correlacionando estas señales, la unidad de detección permite una monitorización de operación significativamente más precisa. Por ejemplo, se puede descartar un pico

- en la medición de un parámetro como una lectura falsa si los datos de otra señal de parámetro lo muestran. Por ejemplo, si bien un sensor de partículas puede ver un pico en la generación de partículas y normalmente puede alertar sobre desechos de desgaste excesivos en el sistema, esto puede ignorarse en comparación con otros parámetros, como el contenido de agua en el líquido. Algunos sensores de partículas no pueden diferenciar entre
- 5 partículas de agua y partículas de desechos de desgaste, por lo que se puede ignorar un pico en el recuento de partículas, por ejemplo, cuando el contenido de agua también aumenta, ya que algunos sistemas de lubricación líquida pueden contener más agua que desechos antes de que se necesite una alerta. Como ejemplo, esto permite que el equipo de mantenimiento no intervenga en alertas falsas, sino que les advierte sobre el escenario más sofisticado presente.
- 10 Tener un sistema de monitorización confiable que proporcione retroalimentación continua sobre el rendimiento del lubricante y la máquina de una manera auto correlacionada, además significa que el equipo de mantenimiento y operación sabe que el equipo está siendo monitorizado y que los datos están fácilmente disponibles sobre su rendimiento real, lo que permite ajustes continuos para mejorar el tiempo de actividad y la vida útil de la máquina.
- 15 Significativamente, tener una lectura detallada continua sobre las partículas de desgaste y/o la degradación del líquido permite una evaluación continua del estado del equipo, lo que permite proyecciones confiables de la vida útil de la máquina y permite evitar que la máquina deje de funcionar para el mantenimiento programado si no lo necesita. Esto es, naturalmente, de gran interés financiero, especialmente si la máquina es parte de un sistema que también tendrá que salir de operación en tal situación, tal como un barco que tendría que entrar en el muelle.
- 20 En una realización de la invención, la unidad de detección está adaptada para medir la degradación del líquido. Dentro de la presente invención, puede entenderse que la degradación del líquido comprende, por ejemplo, la degradación causada por oxidación y pérdida de aditivos. En una realización de la invención, se mide mediante sensores del tipo de espectroscopía de impedancia eléctrica (EIS).
- 25 Al medir la degradación del líquido, se informa al equipo de mantenimiento de los cambios en la composición química del líquido que les ayuda a determinar la necesidad de cambiar el líquido, así como la generación esperada de desgaste de partículas.
- En una realización, se coloca al menos una interfaz de sensor de degradación de líquido corriente abajo de un filtro fuera de línea. Al colocar la interfaz de detección de degradación del líquido corriente abajo, el líquido comprende menos partículas de desgaste durante la monitorización, cuya presencia perjudicaría las lecturas de EIS.
- 30 En una realización de la invención, la unidad de detección está adaptada para medir la generación de partículas de desechos de desgaste. Dentro de la presente invención, se pueden entender las partículas de desechos de desgaste como causadas típicamente por el contacto de metal con metal, por ejemplo, debido a un desgaste excesivo, contaminación, lubricación inadecuada, un cambio en las condiciones de operación y/u otros factores. Los sensores para medir partículas de desechos de desgaste pueden basarse, por ejemplo, en medir dichas partículas ópticamente y/o inductivamente. Típicamente, el primero tiene una mayor sensibilidad a las partículas más pequeñas que el segundo que, sin embargo, es capaz de distinguir partículas con base en el material.
- 35 Al medir la generación de partículas de desechos de desgaste, se puede determinar la abrasividad del líquido, así como la generación de nuevas partículas de desgaste que describen la erosión del sistema y la máquina.
- 40 En una realización, se coloca al menos una interfaz del sensor de partículas de desechos de desgaste corriente arriba de un filtro fuera de línea. Debido a que el filtro fuera de línea generalmente tiene su entrada en el fondo de un depósito de líquido, cuyo contenido está sustancialmente inactivo, el líquido de entrada generalmente está contaminado en mayor grado que el líquido de la mayoría de las otras ubicaciones del sistema porque los contaminantes se sedimentan aquí. Colocar la interfaz del sensor de partículas de desechos de desgaste corriente arriba permite detectar sustancialmente uno de los gradientes más contaminados del líquido, describiendo así rápidamente la condición del líquido de la generación de desechos de desgaste cambiada.
- 45 Se logra la correlación de las al menos dos señales ejecutando el sistema en una fase operativa inicial que establece una línea base de los patrones operativos compuestos de las al menos dos señales. Por ejemplo, en el transcurso de un mes, se miden las partículas de desechos y la humedad relativa en un lubricante con base en aceite para determinar una línea base operativa. Esto establece un valor medio, una variación diferente de cero, así como patrones operativos aceptados y no aceptados para los valores combinados de las dos interfaces del sensor.
- 50 Por ejemplo, si la humedad relativa es alta, y el recuento de partículas pequeñas es alto, entonces el recuento de partículas es causado por el contenido de agua, y al menos una parte del recuento de partículas alto puede ignorarse si el sistema se comporta de manera controlable de lo contrario. O si, debido a la mayor sensibilidad de los sensores, se observa un ligero aumento en las partículas de desechos de desgaste en ausencia de un aumento correlacionado en la humedad relativa, el sistema emite una alerta mucho antes de que un sistema convencional pueda reaccionar a este cambio.
- 55 En una realización de la invención, los parámetros se refieren además a una presión, una temperatura y/o un contenido de agua del líquido. Al medir estos parámetros adicionales, se mejora la precisión de la medición de la

condición del líquido. Además, se mejora la precisión de las mediciones individuales también mediante correlaciones adicionales con cada parámetro agregado. Por ejemplo, una unidad de detección que mida las partículas de desgaste y la degradación del líquido mejorada midiendo la temperatura permitirá tener en cuenta la resistencia y la conductancia cambiadas del líquido a causa de la temperatura, mejorando así la monitorización de la degradación del líquido.

5

Esto permite una monitorización aún más precisa de la condición del líquido y con este, control operativo mejorado.

En una realización de la invención, la unidad de detección está adaptada para medir tres parámetros relacionados con la degradación del líquido, dos parámetros relacionados con la generación de partículas de desechos de desgaste, dos parámetros relacionados con la presión del líquido y un parámetro relacionado con la temperatura del líquido mediante el uso de al menos un sensor.

10

Esto permite una comprensión diferenciada de la condición del líquido, así como la comprensión más precisa de cada uno de los parámetros individuales debido a las correlaciones realizadas por la unidad de evaluación. Cualquier interfaz de sensor útil para describir la condición del líquido y/o del sistema es útil para la invención. Convenientemente, la unidad de detección puede comprender cualquiera de las siguientes interfaces de sensor:

15

- un sensor de tipo de espectroscopía de electroimpedancia para degradación de líquidos,

- sensor de humedad relativa para medir el contenido de agua,

- un sensor óptico para pequeñas partículas de desechos de desgaste,

- un sensor de tipo ferromagnético/inductivo para partículas grandes de desechos de desgaste,

- un sensor de presión

20

- un sensor de viscosidad

- un sensor acústico/optoacústico

- un sensor de imagen

- y un sensor de temperatura.

25

En una realización, los parámetros pueden relacionarse además con la potencia consumida, la corriente eléctrica, el flujo de líquido y/o las señales de encendido/apagado de la máquina. Estas entradas son útiles en combinación con otras señales del sensor para diagnosticar ciertas condiciones del sistema. Saber, por ejemplo, que la necesidad de energía aumenta, mientras que el flujo permanece constante, puede indicar un estrechamiento de un canal en algún lugar del sistema, mientras que el modo de funcionamiento puede, por ejemplo, describir la temperatura esperada o la generación de partículas de desechos de desgaste.

30

En una realización de la invención, la unidad de detección está incrustada en un sistema para monitorizar la condición de un líquido, comprendiendo el sistema una entrada del sistema para recibir un flujo de entrada de líquido contaminado, una salida del sistema para liberar un flujo de salida de líquido filtrado, una unidad de filtración, que está en comunicación fluida con la entrada del sistema y la salida del sistema, comprendiendo la unidad de filtración un filtro, que está adaptado para recibir el líquido contaminado y liberar el líquido filtrado, y la unidad de detección mencionada anteriormente.

35

La provisión de una unidad de detección en un sistema para filtrar un líquido permite que se comparen los datos proporcionados por la unidad de detección con datos correlacionados con otros equipos/instalaciones que también comprenden un sistema para filtrar un líquido e incluir elementos similares, ya sea como parte del mismo sistema de líquido cerrado o preferiblemente en otros sistemas similares.

40

En general, esto proporciona una identificación sólida y una evaluación de cómo los datos relativos, entre otras cosas, a la degradación del líquido y a la generación de partículas de desechos de desgaste se desarrollan idealmente, es decir, los patrones operativos y el desarrollo general esperado, para una situación en la que el líquido se filtra idealmente, por ejemplo, sin errores en el equipo o fugas en el sistema. Por lo tanto, se puede utilizar la identificación de dicho patrón y/o desarrollo para una evaluación cualitativa con el propósito de estimar el tiempo de vida restante del equipo y también estimar posibles eventos futuros que luego podrían provocar daños/desgaste severo en el sistema.

45

Además, proporcionar una unidad de detección en una ubicación centralizada en un sistema para filtrar un líquido con elementos predeterminados, que pueden usarse y compararse con sistemas en otras ubicaciones, permite tanto la mejor ubicación para las mediciones específicas, así como la correlación de datos para uso posterior. Por ejemplo, esto permite mediciones óptimas de rata de flujo de líquido y mediciones de impedancia eléctrica.

50

Por lo tanto, se pueden usar los parámetros óptimos y los valores de los parámetros para correlacionar los datos en comparación con las instalaciones de sensores independientes no coordinadas.

En una realización, se dispone el sistema de filtrado a bordo de un barco. El sistema de filtración puede ser un sistema de filtración de aceite conectado a un motor o una máquina a bordo de un barco. El motor o la máquina a bordo de un barco puede estar relacionado con una grúa, un propulsor de popa o un propulsor azimutal, o puede estar conectado a sistemas relacionados con la maquinaria de propulsión.

- 5 En otra realización, se dispone el sistema de filtrado en una turbina eólica. El sistema de filtrado puede ser un sistema de filtrado de aceite conectado al sistema de caja de engranajes o al sistema de control de paso hidráulico.

En una tercera realización, se aplica el sistema de filtrado en plantas de generación de potencia. El sistema de filtro puede conectarse al sistema de lubricación y control de aceite de la turbina de potencia.

- 10 La entrada del sistema puede extraer líquido de cualquier punto del sistema, típicamente desde la parte superior o inferior de un depósito colocado corriente abajo de la máquina, donde el líquido en la parte inferior está relativamente en reposo y comparativamente más contaminado que el líquido en la parte superior. La salida puede liberar el líquido filtrado en cualquier parte del sistema, por ejemplo, directamente a la máquina. En una realización preferida, libera el líquido filtrado en la parte superior del depósito mencionado.

- 15 La unidad de filtración puede ser de cualquier tipo y clase, realizando una separación de contaminantes del líquido con respecto a un líquido virgen, por ejemplo, eliminando sólidos tales como partículas de desechos de desgaste o eliminando fluidos tales como agua o aire. La unidad de filtración puede ocupar cualquier lugar que esté en comunicación fluida con el sistema, tal como un filtro hidráulico en línea. En una realización preferida, el filtro para manipular el líquido puede ser un filtro fino fuera de línea y, como tal, puede ser un filtro fino de profundidad, como una Unidad de Filtro Fino CJC™ HUD 27/27.

- 20 En una realización, se monitorizan preferiblemente las partículas de desgaste corriente arriba de la unidad de filtración para proporcionar una lectura sobre el desgaste de la máquina que se negaría al menos parcialmente colocando el sensor después de una unidad de filtración, especialmente en lo que respecta a partículas grandes.

- 25 En una realización de la invención, se monitoriza la degradación del líquido corriente abajo del dispositivo de filtración para anular la mayor parte del ruido producido en las lecturas del EIS por partículas magnéticas, tales como partículas de desechos de desgaste.

- 30 En una realización de la invención, el líquido se refiere a un producto oleoso y la unidad de filtración del sistema antes mencionado es un filtro de aceite. En esta realización, el líquido es predominantemente aceite, aunque se pueden usar aditivos para mejorar ciertas características deseadas del aceite, tal como la viscosidad o la vida útil. Se puede usar el aceite convenientemente como lubricación ya que es un lubricante efectivo y reduce significativamente el desgaste de la máquina.

En una realización de la invención, en la que el líquido es un producto oleoso, la viscosidad del producto oleoso está entre 1 y 5.000 cSt.

En una realización de la invención, en la que el líquido es un producto oleoso, la temperatura de funcionamiento del aceite está entre 0 y 120°C.

- 35 En una realización de la invención, se refiere a un método para monitorizar la condición de un líquido de acuerdo con la reivindicación 12.

- 40 En una realización de la invención, la evaluación de la condición del líquido comprende además comparar los parámetros medidos y/o correlacionados con los datos de referencia. Estos datos de referencia pueden tomar cualquier forma conveniente y, en una realización, comprenden al menos datos de línea base y/o datos entre sistemas.

- 45 Se generan los datos de línea base en el transcurso de una fase operativa inicial del sistema en la que se usa la unidad de detección. Preferiblemente, toma la forma de patrones operativos con consecuencias contextuales identificadas históricamente. Por ejemplo, un cambio en el contenido de agua normalmente puede significar, por ejemplo, una fuga, pero es posible que se haya ajustado dentro de un intervalo aceptable para un sistema determinado, posiblemente antiguo. Se identifican y definen patrones operativos aceptables e inaceptables que permiten una retroalimentación rápida sobre el arrastre de la medición, lo que conduce a operaciones fuera de equilibrio, así como a condiciones operativas excepcionalmente aceptables, donde las señales de sensores convencionales, no coordinadas o incluso coordinadas, pero no correlacionadas darían falsas alarmas de la misma mediciones del sensor. Los datos entre sistemas son una recopilación de al menos un conjunto de datos de línea base recopilados de un sistema cuyo período de ejecución fue anterior a la instalación del sistema, en el que se coloca la unidad de detección actual. En una realización preferida, los datos entre sistemas comprenden una amplia gama de dichos conjuntos previos de datos de línea base y además comprenden conjuntos de datos para la vida útil completa de la máquina de algunos de estos conjuntos de datos anteriores, preferiblemente al menos uno.

- 55 En una realización de la invención, se actualizan continuamente los datos de línea base para el sistema actual a lo largo de la vida útil del sistema. Esto permite que el sistema se adapte a su propio desgaste cambiante con el tiempo, lo que permite un mejor diagnóstico operativo, especialmente cuando se correlaciona con los datos entre sistemas.

5 Significativamente, esto permite que el sistema baje los umbrales para las alertas, ya que el desgaste de la máquina lo hace más vulnerable a las divergencias de los patrones operativos óptimos. Por ejemplo, a medida que una máquina envejece, puede desarrollar una tendencia al sobrecalentamiento, lo que significa que las alertas tempranas si aquella estuviera generando calor serían de gran interés. Este aumento de la sensibilidad de los parámetros se expresaría como variaciones mayores para el parámetro medido, lo que daría como resultado distribuciones normales más planas, posiblemente incluso con una distribución de la cola gorda, lo que significa que eventos supuestamente muy poco probables, como la falla del sistema, son significativamente más probables de lo previsto a través del análisis estadístico. Además, se puede expresar el desgaste del sistema en forma de un valor medio de arrastre para un parámetro dado, tal como un sistema líquido que se calienta con el tiempo.

10 Además, esta realización de la invención permite que la unidad de evaluación desarrolle evaluaciones sofisticadas de las sensibilidades cambiantes del sistema, alertando, por ejemplo, del arrastre ejemplificado en la acumulación de calor o una temperatura de funcionamiento más alta. Esto se expresa simplemente como el cambio en cualquier variación de parámetros. En una realización de la invención, los cambios inesperados en las variaciones o los valores medios provocan una advertencia que indica un posible desgaste a largo plazo en la máquina.

15 En una realización de la invención, se lleva a cabo continuamente la evaluación de la condición del líquido. Al evaluar la condición del líquido continuamente, se logran lecturas precisas del sensor.

20 En una realización de la invención, se adapta la unidad de evaluación para enviar una señal que refleja la condición evaluada del líquido. Se puede enviar una señal a cualquier tipo de receptor, tal como un ordenador en el sitio o un ordenador fuera del sitio, o puede comunicar su señal directamente al equipo de mantenimiento. En una realización preferida, un ordenador fuera del sitio maneja el análisis de datos y devuelve la señal resultante a un receptor conveniente en el sitio de la máquina, tal como un ordenador utilizado por el equipo de mantenimiento.

Breve descripción de las figuras.

La Fig. 1 ilustra una unidad de detección de acuerdo con la presente invención que mide el recuento de partículas de desgaste y el desgaste líquido en una tubería.

25 La Fig. 2 ilustra un sistema de monitorización de la condición del líquido de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 3 ilustra tres conjuntos de datos de medición de ejemplo diferenciables con la presente invención.

La Fig. 4 ilustra datos de medición de ejemplo dispuestos en un diagrama de telaraña para tres estados operativos de acuerdo con la presente invención.

La Fig. 5 ilustra una función de control de acuerdo con la presente invención.

30 La Fig. 6 ilustra un control y flujo de datos de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

35 La Fig. 1 ilustra una unidad 100 de detección de acuerdo con la presente invención. La unidad de detección está montada en una tubería 110 equipada para transportar un líquido 111 en el sistema. Se ilustra que el líquido contiene contaminantes tales como partículas de desechos de desgaste. La unidad de detección comprende una primera interfaz 101 de sensor y una segunda interfaz 102 de sensor para recibir mediciones en parámetros líquidos y una unidad 103 de evaluación para calcular la condición del líquido a partir de parámetros y datos históricos. Además, la unidad de detección está equipada con una unidad 104 de transmisión para enviar los datos medidos a cualquier receptor conveniente.

40 Se deben colocar solo las interfaces del sensor muy cerca del líquido, de cualquier manera, que permita su funcionamiento, como, por ejemplo, colocarse dentro del sistema cerrado lleno de líquido o preferiblemente cerca de este. Se puede montar también el resto de la unidad de detección en cualquier lugar cerca del líquido o incluso lejos de este de manera conveniente. Se pueden colocar las interfaces del sensor para detectar el líquido en un depósito o preferiblemente en una tubería. Internamente, la unidad de detección debe estar en comunicación eléctrica, pero sus partes pueden estar dispersas por el espacio.

45 Las interfaces del sensor deben ser de tipos que envíen sus mediciones al menos significativamente sin filtrar. Por ejemplo, algunos sensores normalizarán sus valores de medición sobre varias mediciones y solo transmitirán la media para cancelar el ruido. Estas prenormalizaciones eliminan datos cruciales para la posterior manipulación de datos de la invención.

50 La unidad de evaluación está en comunicación eléctrica con las interfaces del sensor y está ajustada para realizar correlaciones entre ellas de acuerdo con un conjunto predefinido de patrones de funcionamiento (véase la Fig. 6).

En una realización, se adapta la unidad 103 de evaluación para recibir señales a través de la unidad 104 de transmisión, así como desde las interfaces del sensor primera y segunda. Por ejemplo, una señal a través de la unidad de transmisión puede estar actualizando datos sobre los patrones de operación del sistema, tal como una

señal que constituye un ajuste fino de la operación y el control de la unidad de evaluación. En otra realización, se adapta la unidad de evaluación para realizar estos autoajustes sin instrucciones externas.

5 La unidad de transmisión puede ser un cable de cobre, una unidad de transmisión inalámbrica, como una que se basa en Bluetooth o Wi-Fi, o cualquier unidad conveniente con señal. En una realización, se adapta la unidad de transmisión para enviar y recibir señales en ambas direcciones.

Se ajusta la unidad de detección para recibir al menos dos señales relacionadas con la condición del líquido, una desde una primera interfaz 101 de sensor y otra desde una segunda interfaz 102 de sensor. La unidad de detección puede comprender una o más interfaces de sensor siempre que se realicen dos o más mediciones entre interfaces de sensor relacionadas con la condición del líquido.

10 La Fig. 2 ilustra un sistema 200 de lubricación líquida para lubricar una máquina 220. El sistema comprende un filtro 223 en línea corriente arriba de la máquina para eliminar especialmente las partículas grandes antes de que entren en la máquina, un depósito 210 de líquido para contener líquido sustancialmente en reposo, y un filtro 213 fuera de línea para purificar el líquido de partículas más pequeñas y otros contaminantes.

15 El depósito 210 de líquido se coloca corriente abajo de la máquina 220, y usa partículas de desechos y otros sedimentos contaminantes creando así un gradiente de pureza del líquido en el depósito, donde la parte más alta del líquido es la más pura, y la parte más baja es la más contaminada, por ejemplo, por partículas de desechos de desgaste. Este efecto es impulsado por la gravedad.

20 La bomba 222 en línea extrae líquido de la parte más alta del depósito de líquido, en una pila 221 de entrada en línea, a través de un filtro 223 en línea, donde se filtra para detectar partículas grandes. Se inserta el líquido purificado en la máquina 220, donde está contaminado, y luego a través de una tubería 224 de salida en línea. Se reintroduce el líquido contaminado en el depósito, típicamente cerca del fondo.

25 Por el contrario, la bomba 212 fuera de línea típicamente extrae líquido contaminado desde la parte más inferior del depósito de líquido, a través de una tubería 211 de entrada fuera de línea, al filtro 213 fuera de línea, a través de una tubería 214 de salida fuera de línea y deposita el líquido purificado cerca de la parte superior del depósito 210 de líquido.

La unidad de detección puede colocarse en cualquier posición conveniente dentro de este sistema. Lo más probable es que se coloque junto con un filtro, como el filtro en línea y/o el filtro fuera de línea. En una realización, se coloca junto al filtro fuera de línea, y en una realización preferida, se coloca una primera interfaz de sensor corriente arriba 211, y se coloca una segunda interfaz de sensor corriente abajo 214 en relación con el filtro 213 fuera de línea.

30 En otra realización, se colocan dos interfaces de sensor comprendidas en la unidad de detección corriente arriba y corriente abajo con relación al filtro 223 en línea, respectivamente.

35 Se pueden adaptar colectivamente las interfaces del sensor para medir cualquier número de dos o más parámetros relacionados con la condición del líquido, tales como desechos de partículas de desgaste, desgaste del líquido, temperatura, presión y contenido de agua. También se pueden medir otros parámetros relacionados con el funcionamiento general y el sistema, como el uso de energía.

En una realización, se miden los desechos de partículas de desgaste de forma óptica y de forma conductiva, y se mide el desgaste de líquidos con espectroscopía de impedancia electroquímica.

En una realización, se adapta la primera interfaz del sensor para medir al menos los desechos de partículas de desgaste.

40 En una realización, se adapta la segunda interfaz del sensor para medir el desgaste del líquido.

La Fig. 3 ilustra diferentes condiciones de operación medidas por cualquier conjunto de datos del sensor, tal como por una única interfaz de sensor, por ejemplo, una interfaz de sensor de partículas de desechos de desgaste, y los diferentes patrones mostrados en las Figs. 3A a 3C ilustran el aumento de la sensibilidad del sensor útil de acuerdo con la presente invención.

45 En primer lugar, los tres conjuntos de datos del sensor promedian sustancialmente alrededor de un valor (301) medio y pueden perderse con los sensores convencionales. Sin embargo, con la presente invención, las lecturas de variación y la mayor fidelidad de la señal que acompaña permiten leer las situaciones con precisión.

50 La Fig. 3A ilustra un patrón operativo mayormente estable con pequeñas variaciones en la entrada del sensor. Al indicar el valor medio y una variación basada en estos datos, cualquier cambio posterior en los datos del sensor es más fácil de interpretar. Con el tiempo, la variación, por ejemplo, aumentará constantemente debido al desgaste del sistema. En una realización de la invención, se compara este cambio gradual con el desgaste esperado, y se proyecta la vida útil de la máquina con precisión. Se pueden evaluar las desviaciones de esta norma esperada y realizar mejoras en las operaciones. En una realización de la invención, se monitoriza el funcionamiento normal durante un período de tiempo específico, tal como un mes.

La Fig. 3B ilustra una situación monitorizada muy similar a la que se ve en la Fig. 3A, pero con desviaciones, 302 y 303 significativas. Con una variación establecida en 3A, se puede cuantificar la probabilidad de estas desviaciones y se puede entender mejor la situación. En una realización de la invención, las lecturas que conducen a una desviación contienen información que permite una alerta temprana, mitigándola o quizás evitándola por completo.

5 La Figura 3C ilustra un patrón de lecturas que disminuyen constantemente con un pico repentino. Dicha lectura podría crearse mediante la obstrucción gradual de una tubería, mediante la cual se acumulan las partículas de desechos de desgaste en un punto, seguido de una liberación repentina de estas partículas u otro evento.

Las lecturas de fidelidad y varianza aumentadas no solo permiten lecturas cuantitativamente mejores al estar más cerca de la situación real en el sistema, sino que también permiten un reconocimiento de patrones más sofisticado, tal como reconocer un patrón como se ve en la Fig. 3C, donde un sensor, que normaliza los datos, tal vez produciría incorrectamente una curva ondulatoria o sinusoidal a partir del mismo conjunto de datos.

15 La Fig. 4 ilustra señales de interfaz de sensor individuales combinadas en la forma de telaraña 400, una combinación de valores a lo largo de estos ejes que definen patrones 401, 402 403 de estado específicos. En la realización ilustrada, se monitorizan partículas 411 pequeñas, partículas 412 grandes, contenido 413 de agua, composición 414 química y la temperatura 415. En otras realizaciones de la invención, se pueden usar otros tipos de entrada, tal como la presión, y se pueden usar otras combinaciones, tal como tener más de un sensor de partículas pequeñas, ya sea en diferentes ubicaciones en el sistema o en la misma ubicación. Se pueden usar tan pocos como dos sensores o tantos como sea conveniente, acomodando esto la telaraña ajustando el número de ejes usados.

20 En la Fig. 4A, el área 422 en gris medio representa mediciones dentro de los medios esperados, mientras que la región 423 interna representa mediciones inferiores a las esperadas, y la región 421 externa representa lecturas mayores que las esperadas. Esto permite una evaluación fácil de los aportes individuales.

La Fig. 4B ilustra una situación donde todas las señales están dentro de la norma, lo que permite al equipo de mantenimiento saber que el sistema está funcionando. Esto, sin embargo, no dice nada acerca de la trayectoria del patrón para la cual deben tenerse en cuenta los cambios en tiempo real, que se discutirán a continuación.

25 La Fig. 4C ilustra el patrón de estado mencionado anteriormente, donde el recuento de partículas pequeñas es extremadamente alto, el contenido de agua es alto 402, y el resto de las señales del sensor están dentro de los umbrales de normalidad, lo que constituye una situación de ejemplo, donde quizás no se necesita intervención a pesar de sensores individuales que indican la necesidad de una parada del sistema.

30 La Fig. 4D, ilustra un patrón de estado muy similar al descrito para la Fig. 4C con un recuento extremadamente pequeño de partículas pequeñas y el resto de los valores de medición dentro de los umbrales 403 de normalidad, siendo la diferencia el contenido de agua que es más bajo. Mirando los datos de la interfaz del sensor individualmente, esto parece quizás más benigno que el patrón 402 mencionado anteriormente, mientras que en realidad esta situación probablemente requiere una parada del sistema y una intervención.

35 Estos patrones 402, 403 son simplemente patrones de ejemplo que destacan en su comunicabilidad. La presente invención permite la identificación de patrones específicos de sistemas individuales, así como la identificación de necesidades de intervención matizadas y contextuales en general para un sistema dado y en una realización de la invención, un método de acuerdo con la invención probablemente producirá una lista mucho más larga de patrones de lo que podría ser útil describir aquí.

40 La figura 5 ilustra un gráfico 500 operativo en tiempo real que comprende una función 501 de control multivariable compuesta desarrollada con base en los patrones de estado, tales como los discutidos 401, 402, 403 previamente. El patrón operativo opera alrededor de un valor 502 medio de operaciones agregadas con una varianza 503 de operaciones agregadas.

45 En la realización ilustrada, la varianza combinada define el espacio operativo seguro, aunque se simplifica esta vista de operación segura. En otra realización, el espacio operativo seguro es más pequeño para algunas variables y más grande para otras dependiendo de las tendencias y causalidades de su sistema, independientemente de su tendencia a alcanzar esos valores. Por ejemplo, ciertas medidas pueden aplicarse incluso dentro de su varianza si esto es necesario para mantener la estabilidad adecuada del sistema, mientras que otras combinaciones de medidas pueden transgredir los umbrales de varianza sin un efecto significativo en el sistema. En la realización ilustrada, el patrón operativo se mantiene principalmente dentro de los umbrales aceptables, mientras que en una caída 507, transgrede a un estado indeseable dado.

Al evaluar la probabilidad y la amenaza de combinaciones de señales de sensor, donde ciertas combinaciones son más probables y/o más desventajosas que otras, se desarrollan una media y varianza combinadas con una alta sensibilidad de fidelidad a las desviaciones de medición individuales, cuando históricamente se sabe que estas desviaciones son adversas para el rendimiento del sistema o para promover dicho efecto.

55 Entonces, esta función 501 de control multivariable compuesta opera de acuerdo con una distribución normal y se espera que grave alrededor de una media. Una primera desviación 505 y una segunda desviación 506 muestran el espacio operativo típico para el patrón operativo.

La Fig. 6 ilustra el manejo de datos de acuerdo con la presente invención. Durante una fase 601 operativa inicial, se recopilan los datos 610 de medición operativa a través de la monitorización del sistema a través de las interfaces de sensor disponibles. En términos generales, este manejo de datos comprende establecer una línea base operativa para todos los parámetros y compararlos con las lecturas actuales. Opcionalmente, incluye comparar operaciones con otros sistemas similares, y opcionalmente, incluye restablecer la línea base continuamente.

Se realiza esta fase 601 operativa inicial después del arranque inicial del sistema y preferiblemente inmediatamente después, pero también puede realizarse útilmente en cualquier momento durante la vida útil del sistema si, por ejemplo, se instala la invención en un sistema existente. La fase operativa inicial puede tener cualquier duración, como un día, una semana, un mes o un año. En una realización de la invención, la fase operativa inicial tiene una duración de un mes. El objetivo de esta fase es mapear el comportamiento esperado del sistema a través de los datos 610 de línea base.

Usando los datos 610 de línea base recopilados, se ejecutan correlaciones 602 en parámetros que comprenden relaciones mutuas entre parámetros, así como opcionalmente, relaciones con el rendimiento del sistema que producen el mapa 611 operativo. Las correlaciones comprenden al menos relaciones unidireccionales entre todos los parámetros, típicamente relaciones bidireccionales. Opcionalmente, se pueden incluir relaciones más complejas, tal como por ejemplo relaciones tripartitas condicionales. Por ejemplo, el estado de un primer parámetro y un segundo parámetro puede afectar a un tercer parámetro que no fue afectado ya sea por el primer o segundo parámetro de forma aislada.

Además, estas correlaciones pueden tomar cualquier forma. En una realización, el estado actual de un parámetro corresponde a las lecturas y/o variaciones esperadas del sensor de corriente para cada otro parámetro. En otra realización, las correlaciones corresponden a un cambio esperado en una lectura del sensor o, en otras palabras, una trayectoria. Estas relaciones pueden incluso ser más complicadas, tal como una combinación de lecturas actuales del sensor y/o variaciones y trayectorias esperadas. Por ejemplo, la relación entre las partículas de desechos de desgaste y la presión puede ser una relación positiva y de refuerzo, donde un aumento en uno produce un aumento en el otro hasta cierto punto, donde ocurre una caída repentina de presión que indica quizás una tubería fracturada.

La correlación puede ser una relación dirigida o una relación no dirigida. En una relación no dirigida, la correlación es simplemente saber que dos parámetros tienden a tomar ciertos valores juntos. Una relación dirigida es cuando un cambio en un primer parámetro tiene un efecto conocido en un segundo parámetro, y un cambio en el segundo parámetro tiene un efecto conocido y quizás diferente en el primer parámetro. Ambas o cualquiera de estas relaciones dirigidas entre dos parámetros pueden comprender un parámetro que no tiene efecto sobre otro parámetro. Tal relación puede ser, por ejemplo, la relación entre la generación de partículas de desechos de desgaste y la degradación de líquidos. La degradación del líquido puede tener un efecto muy significativo en la generación de partículas de desgaste al erosionar las partes de la máquina, mientras que las partículas de desechos de desgaste pueden no degradar el líquido o degradar el líquido a una rata diferente.

El mapa 611 operativo combina parámetros entre sí y la condición general del líquido para evaluar cualquier conjunto de mediciones de instantáneas dado a una condición esperada del sistema, así como opcionalmente una trayectoria de patrón de condiciones operativas futuras esperadas que comparan el estado actual con estados pasados similares. Además, el mapa operativo opcionalmente contiene los valores medios y las varianzas de las mediciones de la interfaz del sensor individual y/o una medición agregada de la interfaz del sensor.

Luego se inicia una segunda 603 fase operativa, donde se utiliza el mapa 611 operativo para evaluar el estado y la trayectoria de la función 501 de control para realizar predicciones 604 de patrones. Por ejemplo, estas predicciones de patrones reconocen el ejemplo mencionado de ignorar el alto recuento de partículas si el contenido de agua es alto, y esto se ha encontrado previamente que es benigno.

En una realización de la invención, se usan los datos recopilados a lo largo de la segunda fase 603 operativa como datos 610 de línea base actualizados o, en otras palabras, se utilizan para evaluar una deriva a los parámetros determinados con base en los datos de línea base recopilados previamente. Esto permite calibrar el mapa 611 operativo a medida que cambian las condiciones operativas, tal como por el desgaste.

En una realización de la invención, se comunican los datos 610 de línea base y/o el mapa 611 operativo a una ubicación conveniente, donde se almacenan los datos 620 entre sistemas. Esto permite modelar patrones de operación probables en todos los sistemas y comparar mapas operativos y el cambio a estos con el tiempo. En una realización de la invención, las correlaciones 602 consideran los datos 620 entre sistemas, lo que permite que los nuevos sistemas equipados con la presente invención tengan mayor precisión y patrones de desgaste esperados desarrollados a través de entregas anteriores.

**REIVINDICACIONES**

1. Una unidad (100) de detección para monitorizar la condición de un líquido (111), donde dicha unidad (100) de detección comprende al menos una interfaz (101, 102) de sensor y una unidad (103) de evaluación, donde
- 5 - se adapta dicha interfaz (101, 102) de sensor para medir dos o más señales brutas, donde las señales brutas corresponden a al menos dos parámetros diferentes del líquido (111), donde dichos parámetros se relacionan con al menos la degradación del líquido o la generación (411, 412) de partículas de desechos de desgaste, y donde cada señal proporciona un valor medio y una varianza diferente de cero en un curso de al menos dos mediciones,
- 10 - se adapta la interfaz (101, 102) del sensor además para transmitir dichas señales brutas como señales de transmisión a dicha unidad (103) de evaluación, donde cada señal de transmisión es igual a una señal bruta, **caracterizada porque** cada señal de transmisión tiene una varianza igual a la varianza de su señal bruta correspondiente, y
- se adapta la unidad (103) de evaluación para evaluar la condición del líquido (111) interrelacionando las al menos dos señales de transmisión, interrelacionando así los al menos dos parámetros (602).
- 15 2. Una unidad (100) de detección de acuerdo con la reivindicación 1, en la que está adaptada para medir la degradación del líquido.
3. Una unidad (100) de detección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que está adaptada para medir la generación (411, 412) de partículas de desechos de desgaste.
4. Una unidad (100) de detección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde los parámetros se relacionan además con una presión, una temperatura (415) y/o un contenido (413) de agua del líquido (111).
- 20 5. Una unidad (100) de detección de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-4, adaptada además para medir tres parámetros relacionados con la degradación del líquido, dos parámetros relacionados con la generación de partículas de desechos de desgaste, dos parámetros relacionados con la presión del líquido, y un parámetro relacionado con la temperatura del líquido (111).
- 25 6. Un sistema para monitorizar la condición de un líquido (111), donde el sistema tiene una unidad (100) de detección de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 5, donde el sistema además comprende:
- una entrada del sistema para recibir un flujo de entrada de líquido contaminado,
- una salida del sistema para liberar un flujo de salida de líquido filtrado, y
- 30 - una unidad de filtración que está en comunicación fluida con la entrada del sistema y la salida del sistema, donde la unidad de filtración comprende un filtro que está adaptado para recibir el líquido contaminado y liberar el líquido filtrado,
- donde la al menos una interfaz (101, 102) de sensor se encuentra a lo largo de un canal de líquido definido por dicha entrada del sistema, unidad de filtración y salida del sistema.
7. Un sistema para monitorizar la condición de un líquido (111) de acuerdo con la reivindicación 6, en el que se monitoriza la degradación del líquido corriente abajo (214) de un filtro fuera (213) de línea.
- 35 8. Un sistema para monitorizar la condición de un líquido (111) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 7, en el que se monitoriza la generación de partículas de desechos de desgaste corriente arriba (211) de un filtro (213) fuera de línea.
9. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que el líquido es producto de aceite, y el filtro es un filtro de aceite.
- 40 10. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 9, en el que la viscosidad del producto de aceite está entre 1 y 5,000 cSt.
11. Un sistema de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que la temperatura de funcionamiento del producto de aceite está entre 0 y 120 °C.
12. Método para monitorizar la condición de un líquido (111), comprendiendo el método
- 45 - proporcionar una unidad (100) de detección para monitorizar la condición del líquido (111), donde la unidad (100) de detección comprende al menos una interfaz (101, 102) de sensor y una unidad (103) de evaluación,
- medir dos o más parámetros diferentes del líquido mediante el uso de al menos una interfaz (101, 102) de sensor, donde

- los parámetros se relaciona al menos con la degradación líquida o la generación (411, 412) de partículas de desechos de desgaste, y
  - la al menos una interfaz (101, 102) de sensor proporciona al menos dos señales brutas no preprocesadas correspondientes a dichos al menos dos parámetros, proporciona un valor medio y una varianza diferente de cero para cada señal, y transmite al menos dos señales brutas no preprocesadas a dicha unidad (103) de evaluación, donde las señales son al menos sustancialmente no agregadas entre el ser provistas por al menos una interfaz (101, 102) de sensor y transmitidas a la unidad (103) de evaluación,
  - la unidad (103) de evaluación interrelaciona las al menos dos señales transmitidas, interrelacionando así los al menos dos parámetros y evaluando la condición del líquido con base en dicha intercorrelación de parámetros.
- 5
- 10 13. Un método de acuerdo con la reivindicación 12, en el que dichos parámetros correlacionados se incluyen en un mapa (611) operativo, donde dicho mapa operativo comprende al menos para cada uno de dichos al menos dos parámetros, correlaciones contra cualquier otro parámetro, y donde se adapta adicionalmente dicho mapa operativo para ser modificado para acomodar cambios en los valores medios de los parámetros y las varianzas a lo largo del tiempo.
- 15 14. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 13, en el que la evaluación de la condición del líquido comprende además comparar los parámetros correlacionados con los datos (620) entre sistemas, siendo los datos entre sistemas datos en sistemas comparables operados previamente.
15. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12 a 14, en el que se lleva a cabo continuamente la evaluación de la condición del líquido.
- 20 16. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 12-15, en el que se adapta la unidad de evaluación para enviar una señal que refleja la condición evaluada del líquido.

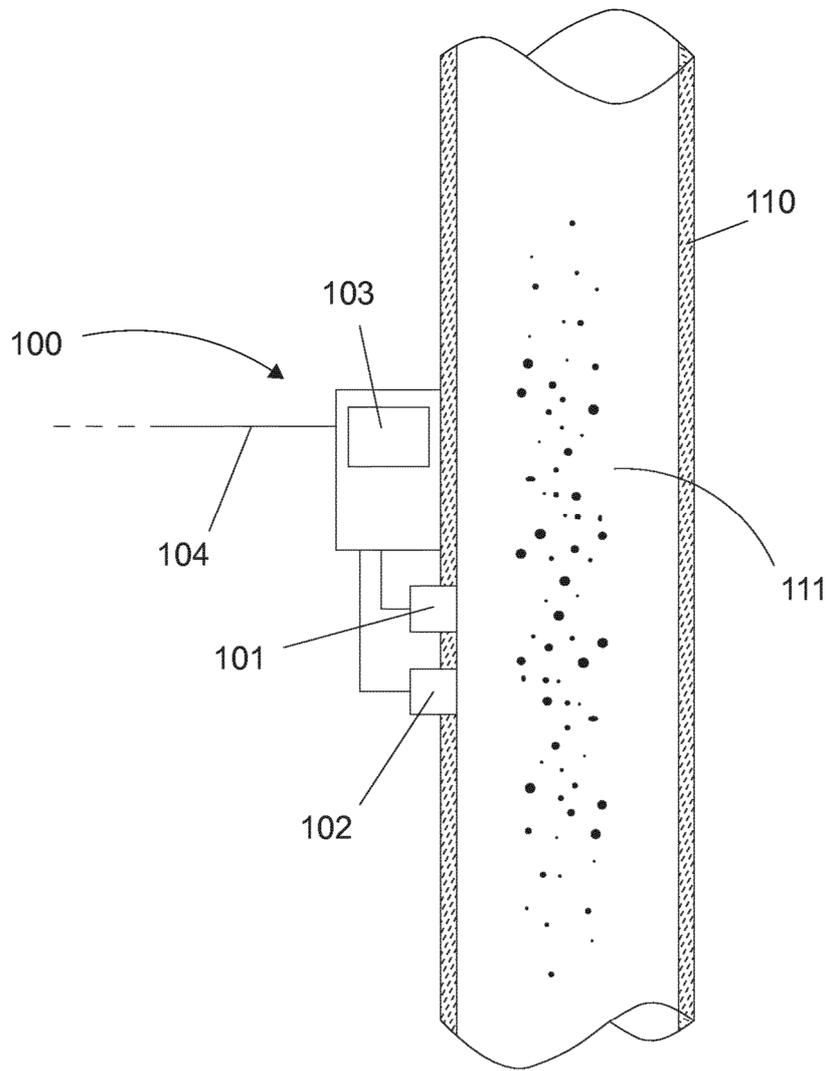


Fig. 1

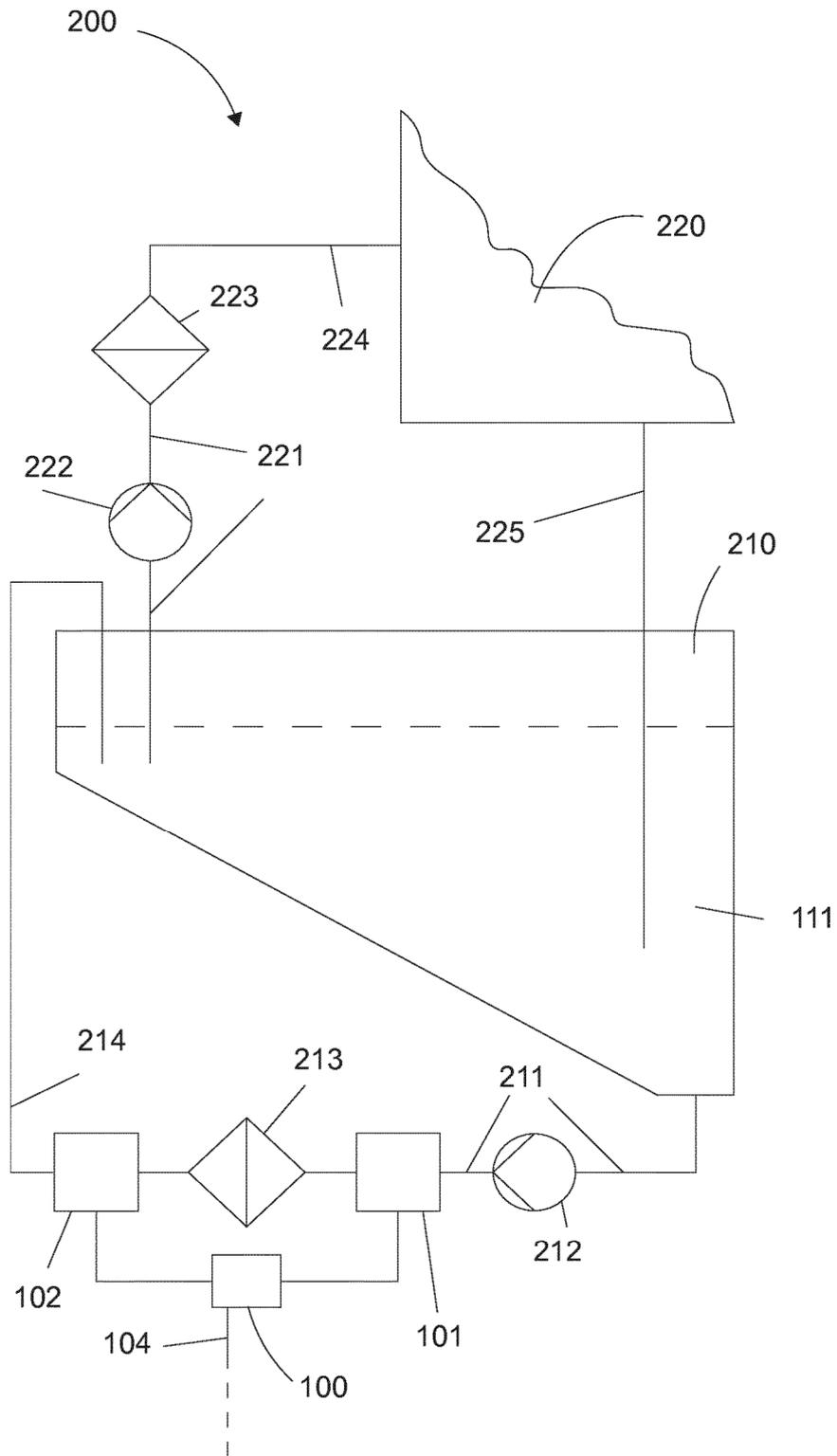


Fig. 2

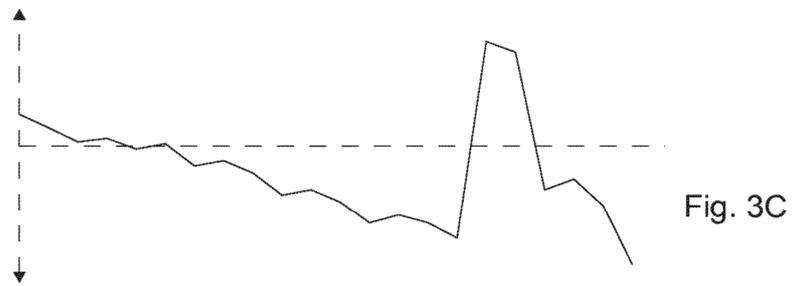
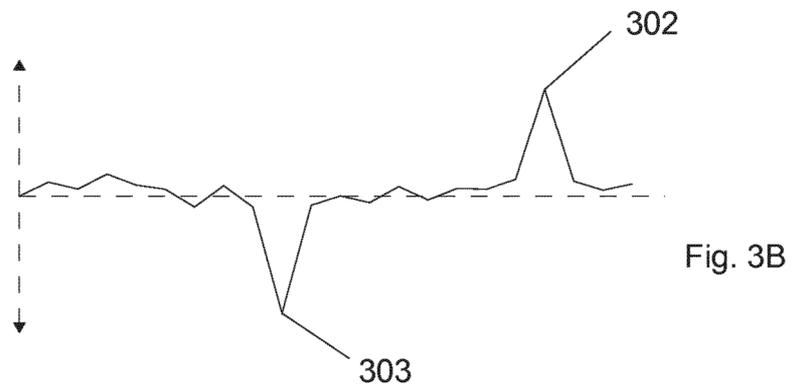
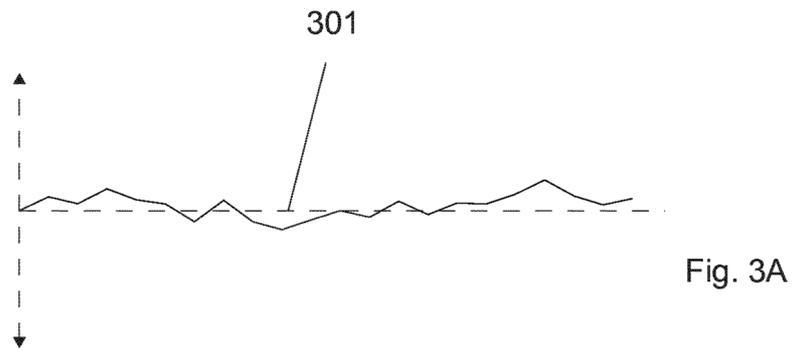


Fig. 3

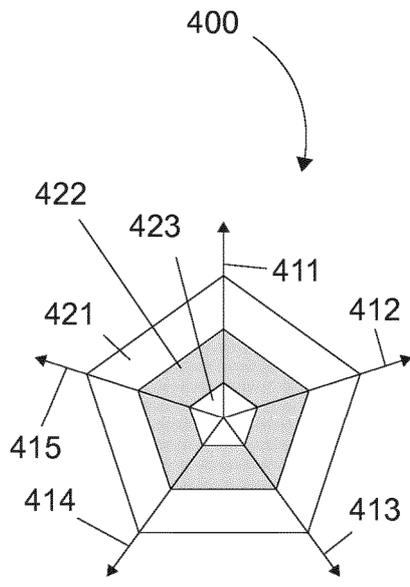


Fig. 4A

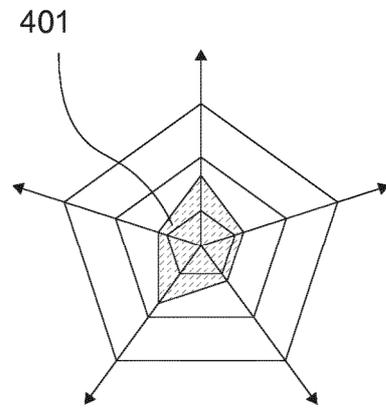


Fig. 4B

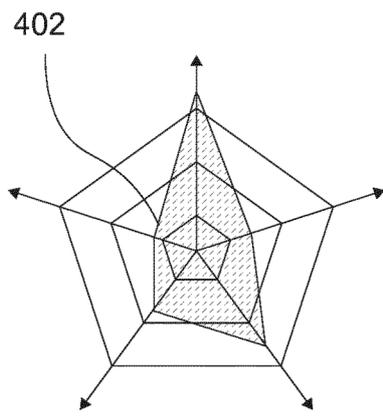


Fig. 4C

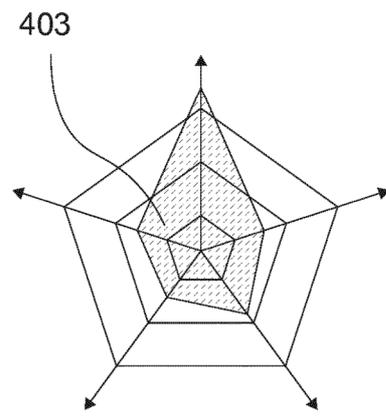


Fig. 4D

Fig. 4

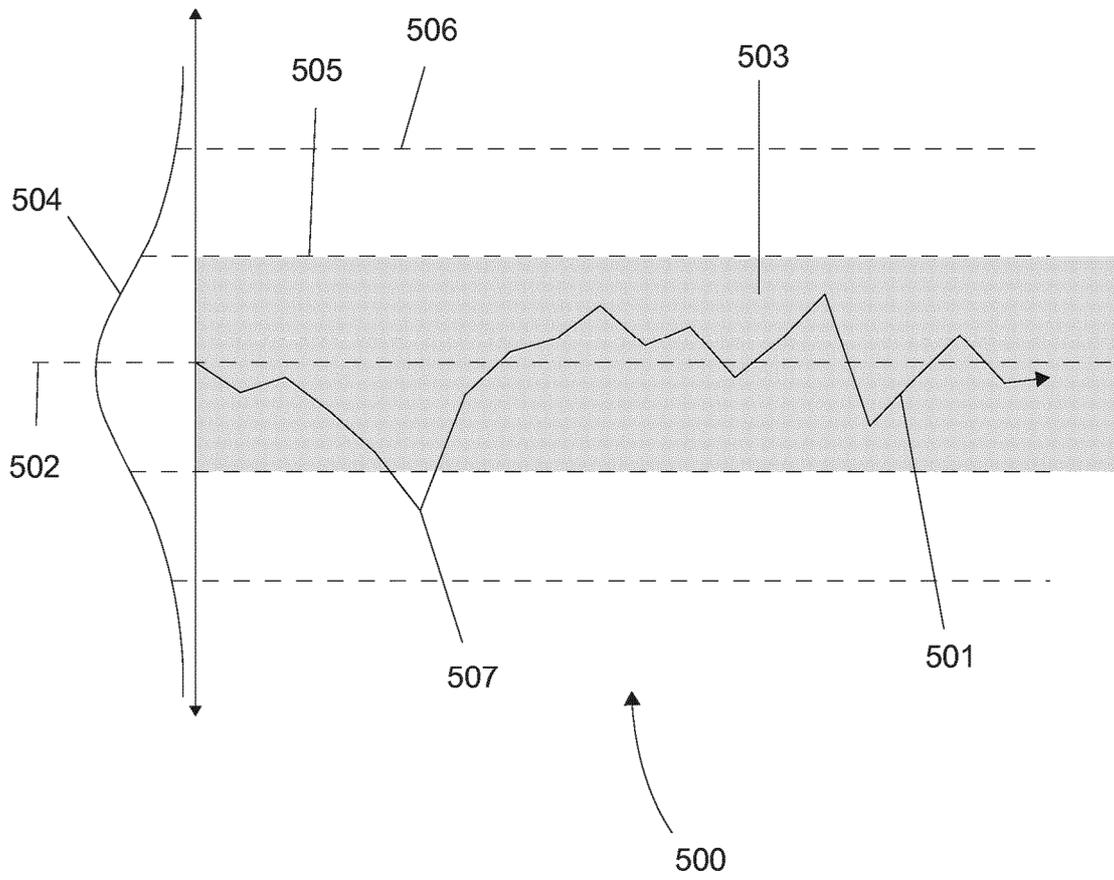


Fig. 5

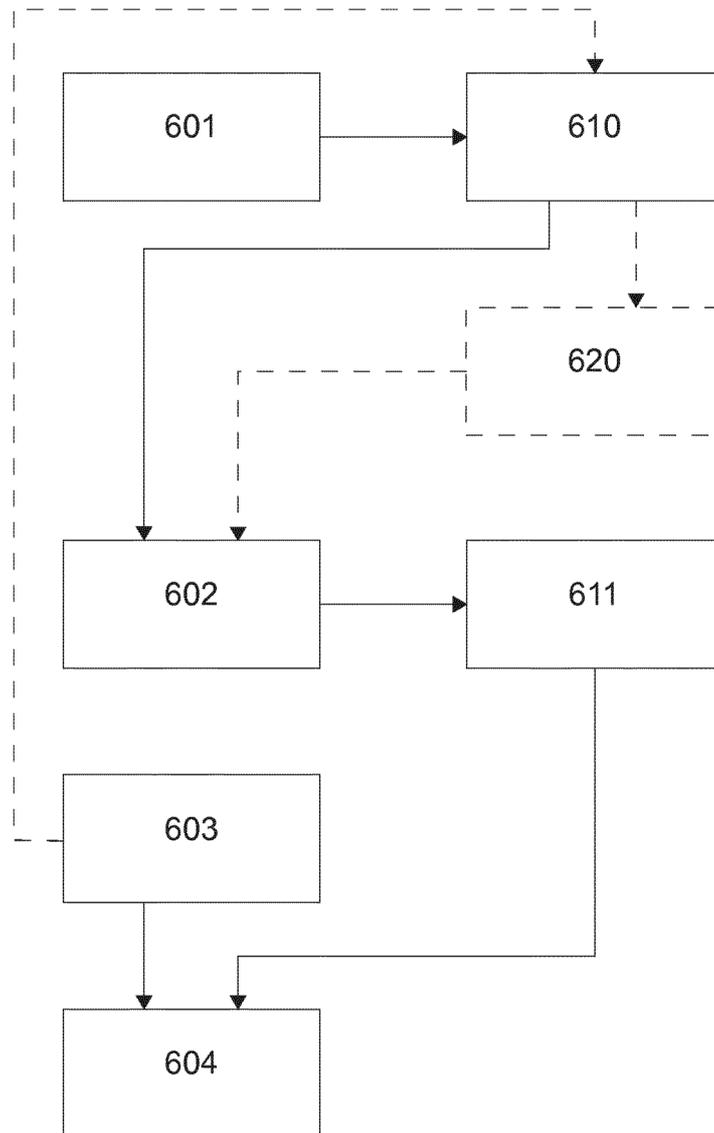


Fig. 6