

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 540 877**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2011 E 11195653 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2472103**

54 Título: **Sistema de mantenimiento de turbinas eólicas y procedimiento para su mantenimiento**

30 Prioridad:

28.12.2010 US 201061427485 P
11.01.2011 DK 201170011

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.07.2015

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

XIA, QINGHUA;
ZHANG, TIELING y
LIEW, ADRIAN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 540 877 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 de mantenimiento de turbinas eólicas y procedimiento para su mantenimiento

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas y a un procedimiento para su mantenimiento.

Antecedentes

10 Las turbinas eólicas generalmente están ganando reconocimiento como colaborador estable en el impulso hacia la generación de energía más limpia. Como tal, se están realizando importantes desarrollos y la tecnología de las turbinas eólicas, especialmente en el área de suministro de energía eléctrica, está mejorando constantemente. Por ejemplo, se están desarrollando equipos de acondicionamiento de energía más complicados, tales como disposiciones de semiconductores de potencia intrincados para convertidores de potencia. Típicamente, estos se almacenan en la góndola de la turbina eólica, montados en una torre extendida verticalmente.

15 El desarrollo de convertidores de potencia compuestos de complejos conmutadores semiconductores de potencia aumenta la posibilidad de un fallo de un componente, que puede conducir a la degradación de la potencia de salida, o en el peor de los casos, a una paralización total de la producción de energía de la turbina eólica. Esto hace que se deban diseñar y realizar planes de mantenimiento adecuados para mantener estable la producción de las turbinas eólicas. En caso de que un componente falle antes que una sesión de mantenimiento programado, esto conduce a que la turbina funcione a niveles reducidos, o nada en absoluto, hasta que llegue el equipo de mantenimiento.

20 El documento WO 2010/133720 muestra un sistema y un procedimiento de la técnica anterior para realizar el mantenimiento de una góndola de una turbina eólica.

La presente invención tiene por objeto introducir una mejora viable a los esquemas de programación de mantenimiento actuales.

Sumario de la invención

25 Según un aspecto de la presente invención, se proporciona un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas, para realizar una tarea de mantenimiento en una góndola de una turbina eólica, que comprende un robot de mantenimiento, que comprende además una unidad de detección, para la identificación de un fallo en un subsistema en la góndola y la generación de información de fallo, una unidad de procesador, adaptada para recibir información de fallo desde la unidad de detección y controlar el robot de mantenimiento para realizar una tarea de mantenimiento, un brazo de manipulación para realizar la tarea de mantenimiento en el subsistema identificado.

30 De acuerdo con otro aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para realizar una tarea de mantenimiento en una turbina eólica.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de la presente invención se explican a modo de ejemplo con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

35 La figura 1 ilustra una estructura general de una turbina eólica.

La figura 2a ilustra un sistema eléctrico de una turbina eólica.

La figura 2b ilustra el esquema eléctrico de un convertidor de potencia.

La figura 3a ilustra una vista en perspectiva de una góndola de una turbina eólica de una realización.

La figura 3b ilustra un robot de mantenimiento de la figura 3a.

40 La figura 4 ilustra una vista parcial del interior de la góndola de la figura 3a.

La figura 5 ilustra un diagrama de bloques de un sistema de mantenimiento de acuerdo con una realización.

La figura 6 ilustra un diagrama de flujo que describe un procedimiento para realizar una tarea de mantenimiento de acuerdo con una realización.

Descripción detallada de una realización

45 Ciertos puntos generales se describen ahora en relación con la invención.

Como se indicó anteriormente, se proporciona un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas.

5 La provisión de este robot de mantenimiento en la góndola proporciona tecnología robótica autónoma en la turbina eólica y permite una mayor facilidad de servicio y mantenimiento de las turbinas eólicas, de tal manera que la salud y el estado de la turbina eólica son óptimos en cualquier momento. La capacidad del robot para identificar fallos con una unidad de detección permite la flexibilidad de operación y permite que el robot realice algunas de las funciones de prueba de un operador de mantenimiento.

En resumen, estas capacidades del robot de mantenimiento permiten un funcionamiento autónomo, y reduce la dependencia de la turbina eólica del mantenimiento programado regular y la necesidad de un equipo de mantenimiento. Los robots son muy adecuados para realizar tareas programadas previamente, y proporcionar una eficiencia mejorada de las tareas y un aumento de la productividad.

10 Para las turbinas eólicas marinas, el coste operativo podría reducirse significativamente si se emplea un robot para trabajar en la góndola de la turbina para realizar algunos de los servicios de monitorización de la condición y de mantenimiento necesarios. De esta manera, el beneficio proviene de la reducción significativa de los tiempos de parada no programada y gastos de viaje, para cerrar el parque eólico. Además, un sistema de mantenimiento de este tipo ahorra transporte, mano de obra y costes de logística para mantenimiento y reparación no programados y programados.

15 En una realización, la unidad de detección comprende un sensor para probar un componente en la góndola. Proporcionar el robot de mantenimiento con un sensor de trabajo adicional permite que el sistema de mantenimiento funcione de forma autónoma. Además, se utiliza la flexibilidad y maniobrabilidad del robot de mantenimiento para realizar posiblemente pruebas específicas de ubicación con el sensor. En otra realización, el sensor es uno cualquiera de los siguientes: una cámara óptica, una cámara térmica, una sonda térmica, un sensor acústico, y un probador de electrónica digital.

20 En una realización, se proporciona un sistema de monitorización de estado, dispuesto para recibir señales de al menos un sensor en un subsistema en la góndola, en el que el sistema de monitorización de la condición proporciona una entrada de detección de fallos a la unidad de detección. En el impulso hacia una operación óptima, los sistemas de monitorización de estado son frecuentes en las turbinas eólicas. La vinculación entre el sistema de monitorización de estado y el sistema de mantenimiento permite que el sistema de mantenimiento trabaje en conjunción con el sistema de monitorización de estado, proporcionando de esta manera una cobertura más amplia de componentes de bajo vigilancia.

25 En otra realización, el sistema de monitorización de estado proporciona una entrada de detección de fallos correspondiente a un nivel predeterminado de degradación del subsistema. Esto permite que el sistema de mantenimiento opere sobre la base de la salud del subsistema, y no sólo cuando se produce un fallo. Dicha acción preventiva reduce los tiempos de parada no deseados e inesperados debido a fallos del subsistema.

30 En otra realización, la unidad de procesador está acoplada a una red de control de la turbina eólica. Si lo hace, permite que el sistema de mantenimiento esté en comunicación directa con otras funciones de nivel superior en la red de control de la turbina eólica. Esto también permite a los operadores de los sistemas de vigilancia externos de la turbina tener acceso al sistema de mantenimiento.

35 En una realización, los medios de manipulación comprenden un brazo de robot. En aún otra realización, los medios de manipulación comprenden un brazo de robot accionado hidráulicamente. Tales brazos de robot de accionamiento hidráulico permiten una mayor capacidad de elevación, que se requiere en ciertos casos debido al peso de los componentes.

40 En una realización, el robot de mantenimiento comprende además medios de movimiento para permitir el acceso al subsistema identificado. Tales medios pueden comprender pistas sobre raíles, estando los carriles en el techo o en las paredes. Alternativamente, el robot podría comprender ruedas en el suelo de la góndola. La adherencia magnética podría también ser una opción viable. En otra realización, el robot de mantenimiento está montado de forma móvil en un sistema de pista proporcionado en el techo de la góndola.

45 En una realización, el robot de mantenimiento comprende, además, una unidad de alineación, para alinear el robot con el subsistema identificado en una posición de mantenimiento correcta. Esto proporciona medios al robot para que coincida con el subsistema identificado para realizar las tareas de mantenimiento necesarias. En otra realización, la unidad de alineación comprende una cualquiera de una unidad de visión de máquina, un sistema de triangulación de coordenadas, y un sensor inercial para alinear el robot, proporcionando así un mayor nivel de precisión para operaciones de mantenimiento precisas.

En una realización, la unidad de alineación realiza una alineación en correspondencia con puntos de referencia predeterminados almacenados en la unidad de procesador del robot de mantenimiento.

50 En una realización, el robot de mantenimiento se hace funcionar de forma remota. Esto permite a un operador hacerse cargo de la manipulación del robot de mantenimiento para una operación aún más precisa, o tal vez para la solución de problemas en posición. Esta función, junto con la visión de máquina en el robot, proporciona al operador un par de ojos dentro de la turbina eólica y evita, en muchas circunstancias, la necesidad de que personal de

mantenimiento real esté en la turbina.

En una realización, el sistema de mantenimiento de la turbina eólica comprende múltiples robots de mantenimiento en operación. Esto permite que el sistema tenga diferentes robots para servir a diferentes subsistemas en la turbina eólica.

5 En un aspecto de la invención, se proporciona un procedimiento para realizar una tarea de mantenimiento en una turbina eólica, que comprende las etapas de identificar un fallo en un subsistema en la góndola con una unidad de detección en un robot de mantenimiento, generar información de fallo basada en el fallo identificado, procesar la información de fallo para generar una tarea de mantenimiento para el robot de mantenimiento, y realizar una tarea de mantenimiento en el subsistema identificado con el robot de mantenimiento.

10 En una realización, se obtiene una entrada desde un sensor en la unidad de detección para identificar un fallo en el subsistema.

En una realización, se proporciona una entrada de detección de fallos de un sistema de monitorización de estado a la unidad de detección para utilizarse en la identificación de un fallo.

En una realización, los brazos del robot se utilizan para realizar la tarea de mantenimiento.

15 En una realización, el robot de mantenimiento se mueve para acceder al subsistema identificado. En una realización, el robot se mueve en un sistema de pista en el techo de la góndola.

En una realización, el robot está alineado con el subsistema identificado en una posición de mantenimiento correcta.

En una realización, la identificación de un fallo se realiza después de una desconexión de la turbina eólica de una red eléctrica.

20 En una realización, la unidad de detección realiza una prueba de post-mantenimiento en el subsistema identificado después de realizar las tareas de mantenimiento.

Una realización de la presente invención se describirá ahora con relación a las figuras.

25 Una turbina eólica 10 se ilustra en la figura 1. La turbina eólica 10 comprende un buje 12 conectado a al menos una pala 14. Cualquier número de palas se puede utilizar, pero típicamente se proporcionan tres palas 14. El buje 12 está montado de forma giratoria en una góndola 16 y de otra manera puede conocerse como un rotor. La góndola 16 se apoya en una torre 18, que se establece sobre una superficie estable. Por otra parte, la turbina eólica puede ser un modelo de alta mar, estando la torre 18 de un modelo de este tipo en alta mar instalada en el fondo del mar o en plataformas estabilizadas en o por encima del nivel del mar.

30 La turbina eólica 10 comprende mecanismos para el ajuste del paso de la pala 14 para aumentar o reducir la cantidad de energía eólica capturada por la pala 14. El paso ajusta el ángulo en el que el viento golpea la pala 14. El buje 12 típicamente gira alrededor de un eje sustancialmente horizontal a lo largo de un eje de accionamiento 20 que se extiende desde el buje 12 a la góndola 16. El eje de accionamiento está generalmente acoplado a un rotor de un generador mediante una caja de engranajes 24, estando ambos alojados en la góndola 16.

35 La figura 2a muestra un sistema eléctrico de una turbina eólica 10 según una realización. Las palas capturan la energía eólica 14 que se traduce en energía mecánica a través de la rotación del eje de accionamiento 20, para su conversión en energía eléctrica mediante el generador 22. El generador se acopla a continuación a un convertidor de potencia 26, y esto permite una operación a velocidad variable del eje de accionamiento, mientras que también proporciona un acondicionamiento de la energía generada por el generador. En esta realización, el convertidor de potencia 26 es un convertidor de potencia CA/CC/CA. El generador 22 y el convertidor de potencia 26 operan a un nivel de baja tensión y se proporciona un transformador de potencia 40 para intensificar la potencia generada acondicionada para el suministro desde la turbina eólica 10. En otras realizaciones, puede haber múltiples convertidores de potencia que están acoplados al generador eléctrico, para proporcionar una mayor potencia de salida.

45 El generador 22, el convertidor de potencia 26 y el transformador de potencia 40 están situados en la góndola 16, junto con una multitud de otros componentes, mecánicos y eléctricos, que son necesarios para mantener la operación de la turbina eólica 10. Con tal complejidad en la turbina eólica 10, cualquier impulso hacia la fiabilidad y la operación de mantenimiento de la turbina eólica 10 debe tener en cuenta la operación óptima de los diversos componentes en la turbina eólica 10.

50 Como se mencionó anteriormente, el impulso a las turbinas para proporcionar más potencia y con una calidad superior ha llevado a más complicados sistemas de producción de energía y, en particular, disposiciones más complejas del interruptor del semiconductor de potencia dentro del convertidor de potencia 26. La figura 2b muestra el esquema eléctrico del convertidor de potencia 26. El convertidor de potencia 26 comprende un convertidor 30 del lado de la máquina que opera como un rectificador de anchura de pulso modulado (PWM) activo. El convertidor 30 del lado de la máquina rectifica la potencia eléctrica CA desde el generador a una energía eléctrica de corriente

continua (CC), que a su vez proporciona energía eléctrica a un enlace de CC 32. El enlace de CC 32 incluye un condensador 34 del enlace de CC, para suavizar la potencia en el enlace de CC 32. El enlace de CC 32 podría ser alternativamente de una configuración diferente, por ejemplo, con inductores o baterías de condensadores. El enlace de CC 32 alimenta a continuación la potencia de CC al convertidor 36 del lado de la red, que opera como un inversor. El convertidor 30 del lado de la máquina y el convertidor 36 del lado de la red comprenden conmutadores electrónicos para lograr la funcionalidad deseada, siendo los interruptores electrónicos típicamente conmutadores de semiconductores. Los componentes dentro del convertidor de potencia 26 están generalmente controlados y gestionados por una unidad de control que es bien conocida en la técnica y no se describe en detalle en esta divulgación. Físicamente, el convertidor 30 del lado de la máquina y el convertidor 36 del lado de la red se proporcionan en un módulo de potencia 42 que comprende los interruptores semiconductores reales dentro del paquete.

En la presente realización, se proporciona un sistema de mantenimiento con la intención de mantener el convertidor de potencia 26 a un nivel óptimo para la producción de energía. En otras realizaciones, otros componentes de la turbina eólica pueden dirigirse mediante el sistema de mantenimiento, por ejemplo, el generador, la caja de engranajes, el transformador, el sistema de refrigeración, etc. Otras realizaciones pueden también proporcionar un sistema de mantenimiento que mantenga más de un componente de la turbina eólica 10.

La figura 3a ilustra una góndola 16 de una turbina eólica 10 de una realización de la invención. La góndola 16 se ilustra para mostrar el objeto del sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de la presente invención, a saber, el convertidor de potencia 26. El convertidor de potencia 26 comprende múltiples disposiciones de interruptor previstas en módulos de potencia 42 y están alojados en una cabina 44 del convertidor. Los módulos de potencia 42 están contruidos de tal manera que el módulo puede instalarse o retirarse de la cabina 44 del convertidor en una configuración conectar y listo. En caso de que un interruptor eléctrico en el módulo de potencia 42 falle, el módulo de potencia en fallo puede retirarse y otro módulo de potencia similar se puede instalar sin grandes complicaciones.

El sistema de mantenimiento 50 comprende un robot 52, estando el robot 52 montado de forma móvil sobre un carril 54 previsto en el techo de la góndola 16. El carril 54 se acopla longitudinalmente hasta el techo de la góndola, para proporcionar al robot 52 acceso lateral a la cabina 44 del convertidor. En otras realizaciones, el carril podría ampliarse para abarcar varias pistas longitudinales y laterales, así como pistas verticales, para proporcionar un acceso más cerca de los múltiples componentes dentro de la góndola 16. El robot 52 está montado con rodamientos de rodillos simples en la pista, pero los medios de montaje pueden ser de cualquier forma para permitir el movimiento del robot 52 para acceder a varios subsistemas en la turbina eólica 10.

El robot 52 comprende un par de brazos de manipulación 56, 58 para su uso en la realización de tareas de mantenimiento en el convertidor de potencia 26. La figura 3b ilustra una vista de cerca del robot 52, y en particular los brazos de manipulación 56, 58. La base 60 proporciona un árbol vertical para recibir un brazo de manipulación 56 y el brazo 56 está montado en la base 60 mediante una articulación giratoria 62. La articulación giratoria 62 a la vez giratoria alrededor del eje vertical del árbol de la base 60, así como de un eje horizontal, que permite un movimiento tridimensional del brazo 56.

Una articulación del codo 64, que es similar a la articulación giratoria 62, permite incluso una mayor movilidad del brazo de manipulación 56, permitiendo así más extensión y la maniobrabilidad para el acceso de mantenimiento. En el extremo del brazo 56 hay un efector de extremo 66, que es adaptable para recibir diferentes conjuntos de herramientas respecto al tipo de acción que se va a realizar. Por ejemplo, un destornillador podría colocarse en el efector de extremo 66 para aflojar o apretar tornillos, una pinza de agarre puede fijarse para retirar un componente, o una sonda de prueba se podría unir para realizar pruebas en un componente. Muchas otras posibilidades pueden ser posibles y se verán más adelante.

Los brazos de manipulación 56, 58 están previstos para el robot 52, pero un solo brazo de manipulación puede proporcionarse en otras realizaciones. Los brazos de manipulación 56, 58 son similares en esta realización, pero pueden ser de diferentes configuraciones en otras realizaciones. En otras realizaciones, las porciones del brazo de manipulación también pueden ser extensibles para proporcionar un mayor alcance. En aún otras realizaciones, las sondas directas, palancas de montaje/desmontaje o incluso tubos de reabastecimiento de combustible se pueden proporcionar como medios de manipulación. En otra realización, el brazo de robot es un brazo de robot motorizado. En aún otra realización, el brazo de robot es un brazo de robot accionado hidráulicamente. En otras realizaciones, el tipo de brazo de manipulación podría ser articulado o de tipo cartesiano.

La figura 4 ilustra una vista parcial del interior de la góndola 16. Una cabina de control 70 se coloca junto a la cabina 44 del convertidor en una pared de la góndola 16. La cabina de control 70 generalmente aloja los controladores de las turbinas eólicas, tal como el controlador del sistema de seguridad, el controlador de paso, el controlador de guiñada, etc. La cabina de control 70 aloja la mayoría del hardware de los sistemas de control de las turbinas eólicas. En la presente realización, la cabina de control 70 también aloja los componentes centrales de procesamiento de un sistema de monitorización de la condición de la turbina eólica. El sistema de monitorización de la condición de la presente invención monitoriza al menos ciertas características del convertidor de potencia 26 para determinar la salud operativa del convertidor de potencia 26.

En la realización, la cabina 44 del convertidor de potencia está provista de un sensor de temperatura. El sensor de temperatura controla la temperatura de los módulos de potencia 42 en la cabina 44 y los datos que se recogen en el sensor de temperatura se envían de nuevo al sistema de monitorización de la condición. El sistema de monitorización de la condición compila a continuación los datos y determina si un fallo está presente dentro del convertidor de energía, en base como mínimo a los datos recogidos. Cabe señalar que los convertidores de potencia típicamente tienen un controlador del convertidor de potencia dedicado, que controla la potencia de salida y varias otras señales eléctricas en el convertidor de potencia. El controlador del convertidor de potencia por lo general se acopla como una entrada al sistema de monitorización de la condición de la turbina eólica. El sistema de control de la turbina eólica también puede estar configurado para proporcionar información sobre ciertos componentes en el sistema de monitorización de estado.

En otra realización, el sistema de monitorización de estado proporciona una entrada de detección de fallos correspondiente a un nivel predeterminado de degradación del subsistema basado en los datos recogidos. Esta forma de monitorización de la condición cae bajo lo que se conoce comúnmente como mantenimiento preventivo, en el que el servicio se adapta a la salud del componente, en lugar de los horarios de servicios predefinidos. Normalmente, los datos recogidos se corresponden con una base de datos de los datos previamente recogidos, que actúan como un punto de referencia. Esto proporciona una visión de la salud del componente bajo prueba. A un nivel predeterminado de la degradación, una entrada de detección de fallos se emite entonces mediante el sistema de monitorización de estado.

En otras realizaciones, un sensor de temperatura puede estar montado directamente sobre un componente del convertidor de potencia 26, por ejemplo, en el condensador del enlace de CC 34. En otros componentes, pueden proporcionarse sensores de tensión para detectar si pueden estar presentes fugas de tensión en el convertidor de potencia 26. Otras características también pueden monitorizarse.

También se proporcionan en la pared de la góndola 16 dos cabinas más pequeñas - una cabina de control del robot de mantenimiento 72 y una cabina de mantenimiento 74. La cabina de control del robot de mantenimiento 72 aloja la unidad de procesador 82 del robot de mantenimiento 52. La cabina de control 72 también aloja una caja de herramientas para el robot de mantenimiento, que comprende múltiples accesorios para la realización de tareas de mantenimiento, tales como destornilladores, llaves y sujetadores adjuntos. La caja de herramientas también aloja una variedad de equipos de prueba para su adaptación en el efector de extremo 66 del brazo de manipulación 56.

En una realización, el robot de mantenimiento 52 está provisto de una unidad de detección. Esto puede describirse de acuerdo con la figura 5, que muestra un diagrama de bloques de control 80 del sistema de mantenimiento 50. El robot de mantenimiento 52 está provisto de una unidad de detección 84 que comprende un sensor 86 que está adaptado en el brazo de manipulación 56, y una unidad de recogida de datos 88, que está adaptada en la unidad del procesador de mantenimiento 82.

En la realización, una sonda de prueba está unida al efector de extremo 66 en el extremo del brazo de robot 56. La sonda de prueba se puede utilizar para comprobar si hay conexiones defectuosas en el convertidor de potencia 26. La sonda de prueba a continuación envía toda la información recogida de las pruebas en la unidad de recogida de datos 88. Otros sensores de prueba pueden utilizarse como parte de la unidad de detección 84, por ejemplo, una cámara óptica, una cámara térmica, una sonda térmica, un sensor acústico, y un probador electrónico digital, como un medidor múltiple digital, un medidor de capacitancia, un medidor de LCR (inductancia, capacitancia, resistencia), un medidor de fuerza electromotriz (EMF), un electrómetro.

La unidad de recogida de datos 88 recibe la entrada del sensor 86 y los datos recogidos se analizan a continuación mediante unidad 82 de procesador de mantenimiento que determina, mediante la correlación con los datos de rendimiento precargados, si un fallo está presente en el convertidor de potencia 26. Como complemento al sistema de mantenimiento, el sistema de monitorización de estado de la turbina eólica también proporciona una entrada de detección de fallos a la unidad de recogida de datos 88, proporcionando de esta manera una cobertura más amplia de características operativas que pueden ser monitorizadas y, por lo tanto, mantenidas.

La unidad del procesador 82 de mantenimiento no sólo analiza y determina si un fallo está presente, sino que también determina y proporciona el control de los brazos de robot 56 y 58. La unidad de procesador 62 está acoplada mediante líneas de comunicación y alimentación a los brazos de robot 56 y 58 y proporciona señales para controlar el movimiento y la operación de los brazos de robot. Una ventaja de separar físicamente el procesamiento y el control para el robot real de mantenimiento físico es que el robot en realidad pueda ser sustituido por un modelo diferente, en caso de necesidad, sin mucha complicación en la necesidad de sustituir el sistema de control. En otra realización, el sistema de mantenimiento utiliza múltiples robots de mantenimiento, montados en una red de pistas. Tales robots pueden ser dedicados para una tarea determinada, por ejemplo, hay un robot para la inspección, uno para la reparación, y uno para la limpieza, etc. En otra realización, la unidad de procesamiento de mantenimiento se encuentra físicamente en el robot de mantenimiento, permitiendo de este modo una unidad de mantenimiento funcional.

Volviendo a la figura 4, la cabina de mantenimiento 74 aloja repuestos de diferentes sistemas de componentes. En particular, como el convertidor de potencia 26 se compone de varios módulos de potencia de semiconductores que

comprenden interruptores semiconductores en varias configuraciones, los módulos de potencia de repuesto se proporcionan en la cabina de mantenimiento 74. Además, otros componentes electrónicos necesarios para instalar los módulos de potencia también se pueden proporcionar en la cabina de mantenimiento. En otras realizaciones, la cabina de mantenimiento 74 puede alojar piezas de repuesto para otros componentes, y también puede comprender paquetes de fluido hidráulico si una de las tareas de mantenimiento es completar con fluido hidráulico, por ejemplo, el sistema de guiñada.

El robot de mantenimiento 52 es desplazable hacia atrás y hacia delante en la pista 54 desde la cabina de control 72 del robot de mantenimiento o la cabina de mantenimiento 74 a la cabina 44 del convertidor de potencia, en una posición que permita el acceso de los brazos de manipulación 56, 58.

La operación del sistema 50 de mantenimiento de la turbina eólica según una realización se describe como sigue. Al experimentar un fallo en un componente de la turbina eólica, que lleva a la parada y desconexión de la red, el robot de mantenimiento 52 se activa y la tarea de identificar el componente defectuoso por medio de la unidad de detección 84, comprendiendo la unidad de detección 84 una sonda de prueba de medidores múltiples colocada en el efector de extremo 66 del brazo de manipulación 56. Típicamente, el sistema de mantenimiento 50 trabaja en conjunción con el sistema de monitorización de la condición de la turbina eólica, que envía tantas entradas como sea posible para determinar el componente defectuoso.

En este caso, el fallo se supone que es un interruptor de semiconductor que falla en un módulo de potencia 42 en el convertidor de potencia 26. Típicamente, el controlador del convertidor sería capaz de identificar el interruptor del semiconductor fallado y el módulo de potencia fallado 42 correspondiente, pero si esto no se determina mediante el controlador del convertidor o el sistema de monitorización de estado, la unidad de detección 84 puede tener la tarea de probar los módulos de potencia conectados para identificar el fallo.

Para hacerlo, el robot de mantenimiento 52 está provisto de una unidad de alineación (no mostrada) que se utiliza para alinear el robot con el subsistema identificado, en este caso, el convertidor de potencia 26, en una posición de mantenimiento o de prueba correcta. La unidad de alineación proporciona al robot 52 la capacidad para identificar correctamente el dispositivo para las pruebas, así como proporcionar seguridad de la ubicación de la prueba. En la presente realización, la unidad de alineación comprende una unidad de visión de máquina y un sistema de triangulación de coordenadas para alinear el robot. La unidad de visión de máquina es una cámara óptica con segmentos demarcados que coinciden con un sistema de coordenadas de triangulación. La identificación de los componentes, la alineación del robot, y el control del robot se manejan con la unidad de procesador del sistema de mantenimiento 82. La alineación del robot se proporciona mediante al menos coincida con el punto de vista capturado desde la unidad de visión de la máquina con los datos de alineación del componente que se carga previamente en la unidad de procesador 82. En otra realización, la unidad de alineación puede ser un sensor óptico o incluso pueden ser puntos predefinidos en las pistas junto con la configuración preparada de los brazos de manipulación 56, 58.

En otra realización, la unidad de alineación del robot de mantenimiento 52 está provista de un sensor inercial, que se utiliza para definir la orientación correcta del robot 52 y los brazos de alineación 56, 58. El sensor de inercia comprende una pluralidad de giroscopios para determinar la orientación.

Una vez que el robot 52 está alineado correctamente, el brazo de manipulación 56 puede entonces realizar pruebas simples de los módulos de potencia 42 en los puntos de prueba predefinidos para determinar la operación correcta de los módulos. Los datos de prueba desde el sensor 86, en este caso una sonda de prueba de medición múltiple, se envían de nuevo a la unidad de recogida de datos 88 para ser procesados y correlacionados con datos compilados. El componente defectuoso es así identificado con el sistema de mantenimiento 50.

Tras la identificación del componente defectuoso, el sistema de mantenimiento 50 luego entra en una fase de reparación en la que se intenta reparar o reemplazar el componente defectuoso. Mediante la entrada de la unidad de detección 84, junto con el aporte del sistema de monitorización de la condición de la turbina eólica, la unidad de procesamiento del sistema de mantenimiento determina una tarea de mantenimiento, por ejemplo, para reemplazar el componente defectuoso. El robot 52 se mueve así a lo largo de la pista 54 hacia las cabinas 72, 74, en el que la alineación se realiza de nuevo para acceder a las cabinas 72, 74.

El robot 52 inicialmente accede a la cabina de control del robot de mantenimiento, para la sonda de prueba de medición múltiple del brazo de manipulación 56, y para montar las herramientas necesarias para retirar el módulo de alimentación defectuoso existente de la cabina del convertidor 44. Por ejemplo, una llave está montada en el brazo 56, mientras que una pinza está montada en el brazo 58. El robot 52 a continuación se reposiciona adyacente a la cabina del convertidor 44 y se somete al proceso de alineación con respecto al módulo de potencia defectuoso identificado. Una vez alineado, el brazo de manipulación 56 comienza el acto de desconectar el módulo de alimentación defectuoso aflojando las tuercas que sujetan el módulo de alimentación con la llave. Cuando el módulo de potencia defectuoso está desconectado de la cabina del convertidor 44, el brazo de manipulación 58 con la pinza sujeta el módulo de potencia y lo retira de la cabina 44.

El robot 52 se desplaza de nuevo hacia la cabina de mantenimiento 74 y coloca el módulo de alimentación

defectuoso en la cabina, y lo marca de manera apropiada. Un módulo de potencia de reemplazo se recoge y el proceso de retirada se invierte en la instalación del nuevo módulo de alimentación en el convertidor de potencia 26 y en la cabina del convertidor 44.

5 Después de la instalación, el robot 52 conmuta las herramientas de nuevo a la sonda de prueba de medición múltiple y la unidad de detección realiza una prueba post-mantenimiento, en este caso un control de la conexión eléctrica, para asegurarse de que el módulo de alimentación está conectado correctamente y está en condiciones de trabajo. El sistema de mantenimiento 50 también se conecta con el controlador del convertidor para ejecutar una prueba de inicialización para confirmar que el convertidor de potencia 26 está reparado y en condiciones de trabajo. Como confirmación, se envía una señal al controlador de la turbina eólica para poner en marcha la turbina eólica 10 y para iniciar la reconexión a la red eléctrica.

10 Con un sistema de mantenimiento de este tipo, el tiempo de inactividad de la turbina eólica debido a componentes o subsistemas defectuosos se puede reducir drásticamente, ya que el sistema de mantenimiento autónomo intenta reparar el sistema casi inmediatamente después del fallo, en lugar de los típicos días o semanas antes de que el personal de servicio pueda alcanzar la turbina eólica que está cerrada debido a un fallo.

15 En otra realización, el sistema de mantenimiento 50 de la turbina eólica 10 está vinculado a un servidor central de monitorización. Esto permite que un operador en un sitio remoto, tal vez un centro de datos, se conecte con el sistema de mantenimiento 50. El operador es entonces capaz de acceder a los registros de monitorización, así como a los resultados de las pruebas. Además, el operador también puede hacerse cargo de la operación remota del robot de mantenimiento 52 para realizar la tarea de mantenimiento, si la tarea es demasiado complicada para la programación previa en el sistema de mantenimiento. La operación remota también podría realizarse en el caso en el que se pueda requerir una gestión delicada de los componentes del subsistema.

20 La figura 6 ilustra un diagrama de flujo 100 que describe un procedimiento de realizar una tarea de mantenimiento según un aspecto. En 102, se realiza una etapa de identificación de un fallo en un subsistema en la góndola con una unidad de detección de un robot de mantenimiento. En 104, se genera la información de fallo basada en el fallo identificado. En 106, la información del fallo se procesa mediante una unidad de procesamiento de mantenimiento y en 108, se genera una tarea de mantenimiento para el robot de mantenimiento. En 110, la tarea de mantenimiento se realiza en el subsistema identificado con el robot de mantenimiento.

25 Cabe señalar que, además de los ejemplos de realización de la invención mostrados en los dibujos que se acompañan, la invención puede realizarse en diferentes formas y no debe interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento. Más bien, estas realizaciones se proporcionan para que esta descripción sea minuciosa y completa, y transmita completamente el concepto de la invención a los expertos en la técnica. El alcance de la invención está, por lo tanto, indicado por las reivindicaciones adjuntas y, por lo tanto, todos los cambios que entren dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones están destinados a ser abarcados.

35

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas, para realizar una tarea de mantenimiento en una góndola de una turbina eólica, que comprende
un robot de mantenimiento, que comprende además
 - 5 una unidad de detección, para la identificación de un fallo en un subsistema en la góndola y la generación de información de fallo,
una unidad de procesador, adaptada para recibir información de fallo de la unidad de detección y controlar el robot de mantenimiento para realizar una tarea de mantenimiento,
un brazo de manipulación para realizar la tarea de mantenimiento en el subsistema identificado.
- 10 2. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la unidad de detección comprende un sensor para probar un componente en la góndola, y en el que el sensor es uno cualquiera de los siguientes: una cámara óptica, una cámara térmica, una sonda térmica, un sensor acústico, y un probador electrónico digital.
- 15 3. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con las reivindicaciones 1 ó 2, que comprende además un sistema de monitorización de estado, dispuesto para recibir señales desde al menos un sensor en un subsistema en la góndola, en el que el sistema de monitorización de la condición proporciona una entrada de detección de fallos a la unidad de detección.
- 20 4. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el sistema de monitorización de la condición proporciona una entrada de detección de fallos correspondiente a un nivel predeterminado de la degradación del subsistema.
5. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de procesador está acoplada a una red de control de la turbina eólica.
- 25 6. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot de mantenimiento está montado de forma móvil en un sistema de pista para permitir el acceso al subsistema identificado.
7. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot de mantenimiento comprende además una unidad de alineación, para alinear el robot con el subsistema identificado en una posición de mantenimiento correcta.
- 30 8. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 7, en el que la unidad de alineación comprende uno cualquiera de una unidad de visión de máquina, un sistema de triangulación de coordenadas y un sensor inercial para alinear el robot.
9. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con las reivindicaciones 7 u 8, en el que la unidad de alineación realiza una alineación en correspondencia con los puntos de referencia predeterminados almacenados en la unidad de procesador del robot de mantenimiento.
- 35 10. Un sistema de mantenimiento de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el robot de mantenimiento se opera de forma remota.
11. Un procedimiento para realizar una tarea de mantenimiento en una turbina eólica, que comprende
identificar un fallo en un subsistema en la góndola con una unidad de detección en un robot de mantenimiento,
generar información de fallo basada en el fallo identificado,
40 procesar la información del fallo para generar una tarea de mantenimiento para el robot de mantenimiento, y
realizar una tarea de mantenimiento en el subsistema identificado con el robot de mantenimiento.
12. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, que comprende además proporcionar una entrada de detección de fallos de un sistema de monitorización de estado a la unidad de detección para utilizarse en la identificación de un fallo.
- 45 13. Un procedimiento de acuerdo con las reivindicaciones 11 ó 12, que comprende además alinear el robot con el subsistema identificado en una posición de mantenimiento correcta.
14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 13, en el que la identificación de un fallo se realiza después de una desconexión de la turbina eólica de una red eléctrica.

15. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, en el que la unidad de detección realiza una prueba de post-mantenimiento en el subsistema identificado después de realizar la tarea de mantenimiento.

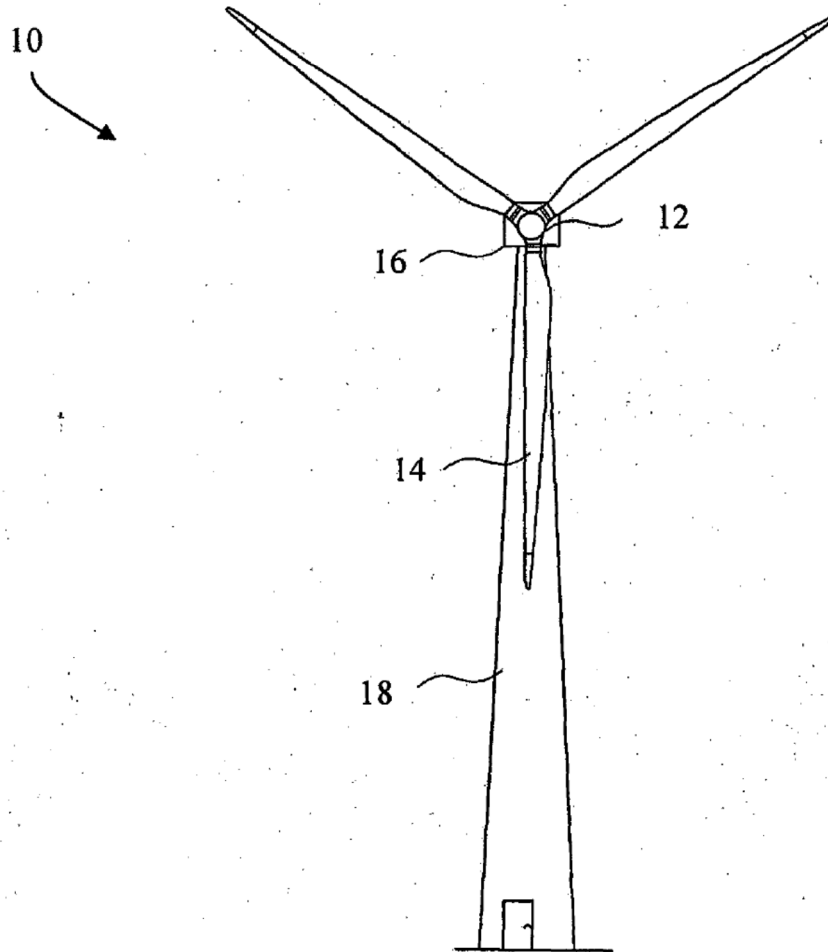


Fig. 1

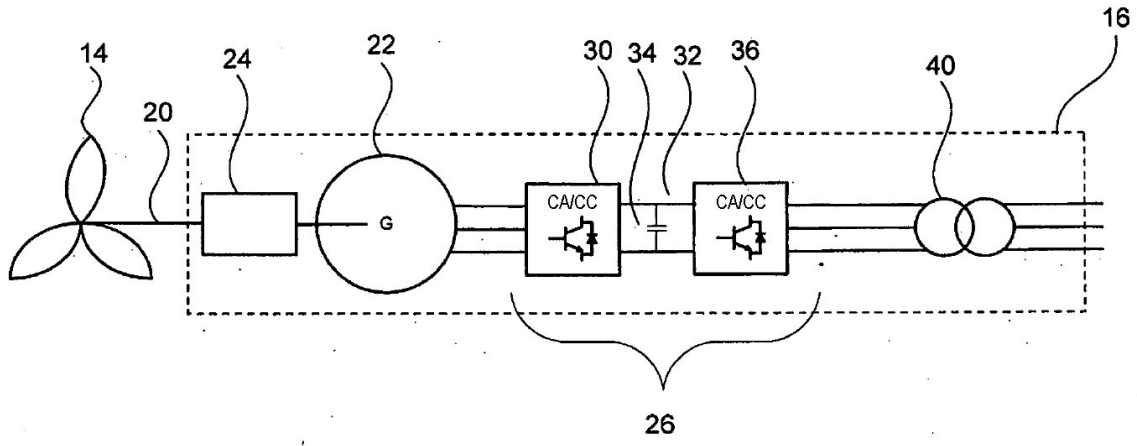


Fig. 2a

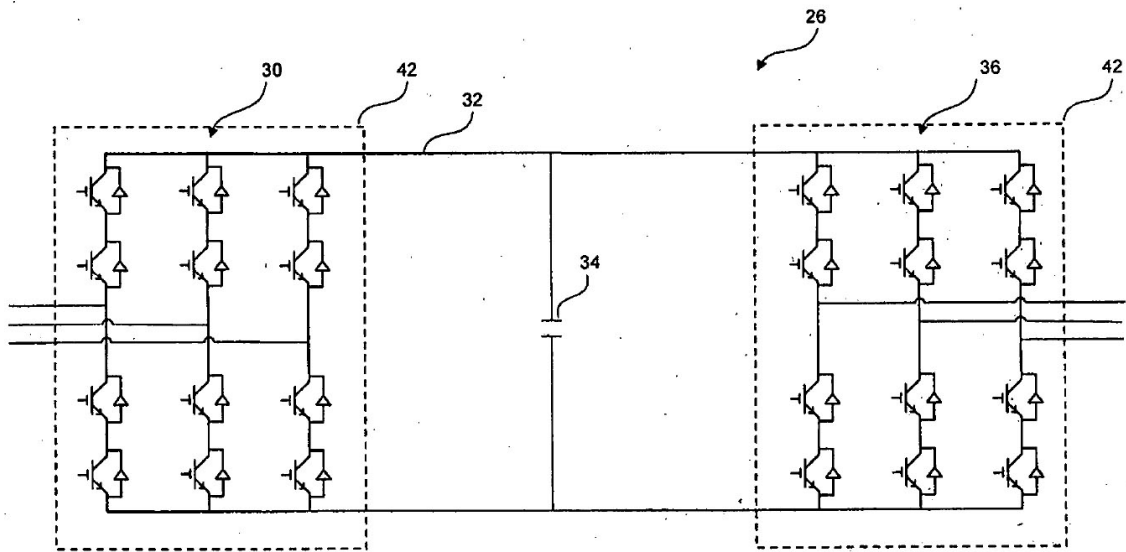


Fig. 2b

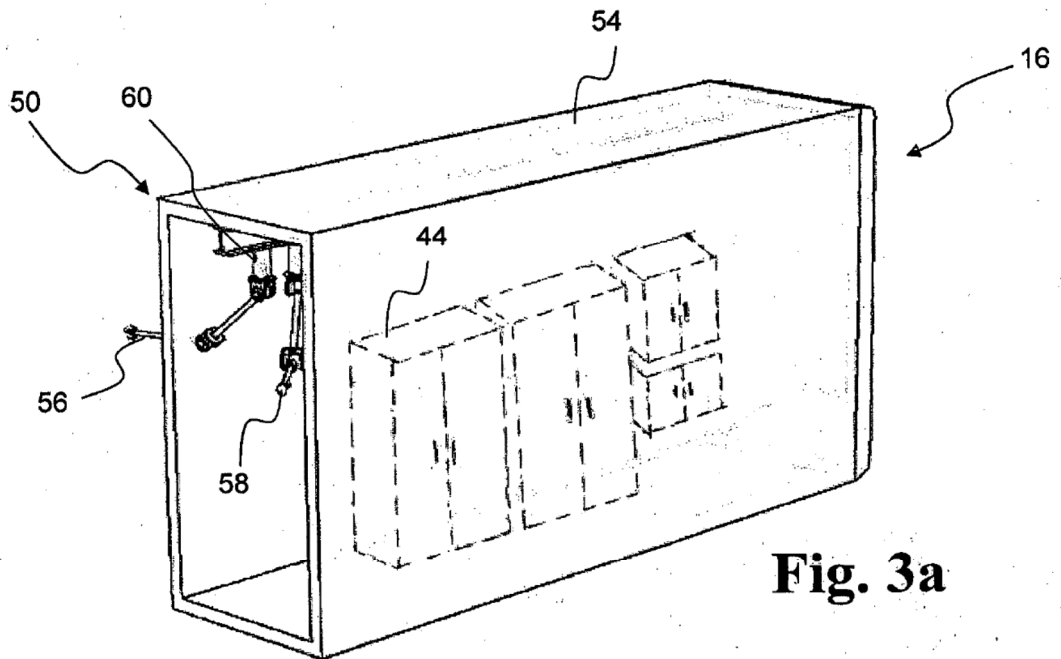


Fig. 3a

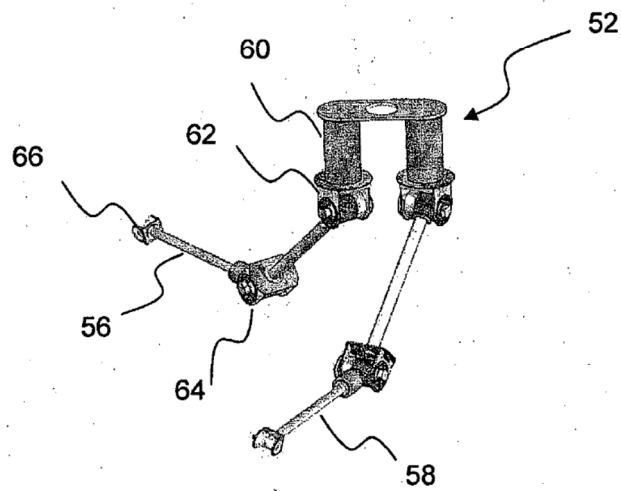


Fig. 3b

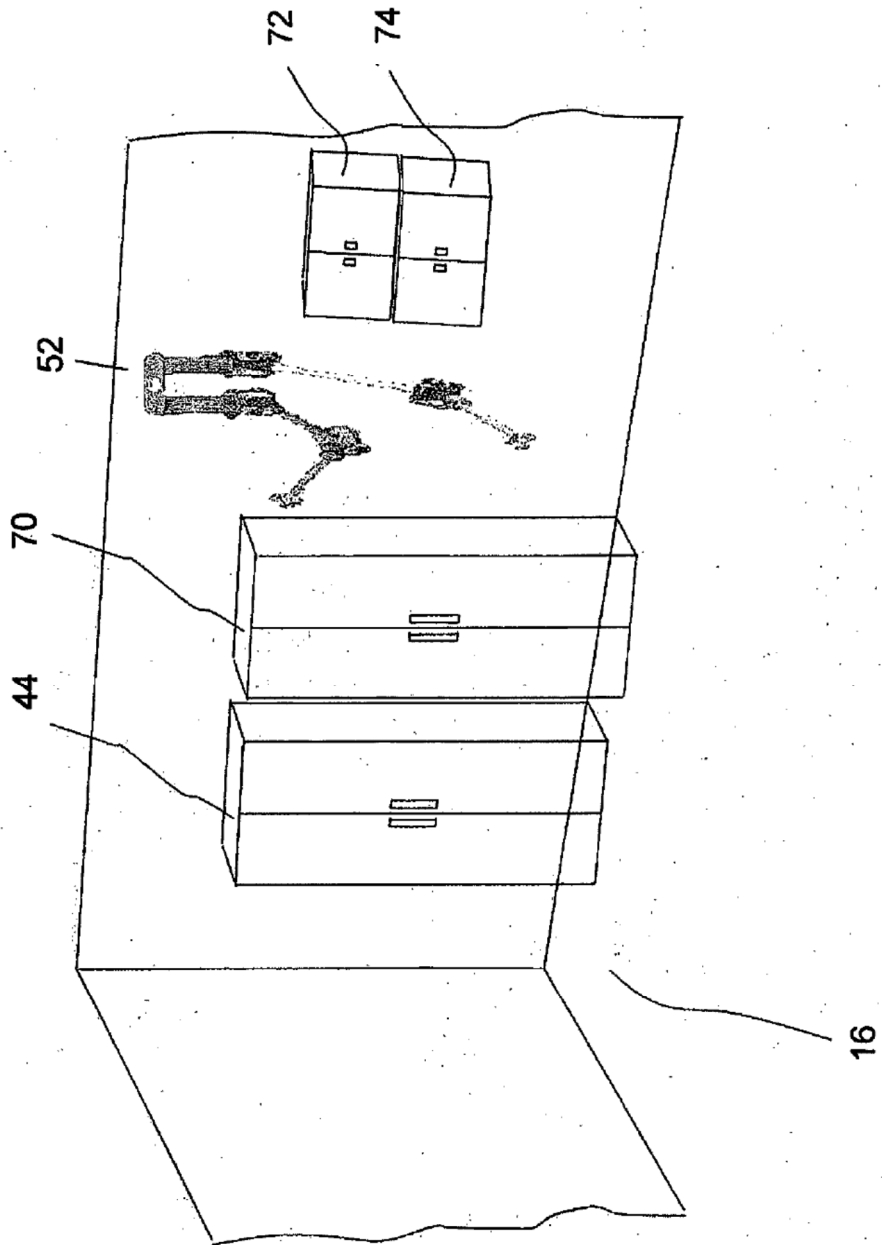


Fig. 4

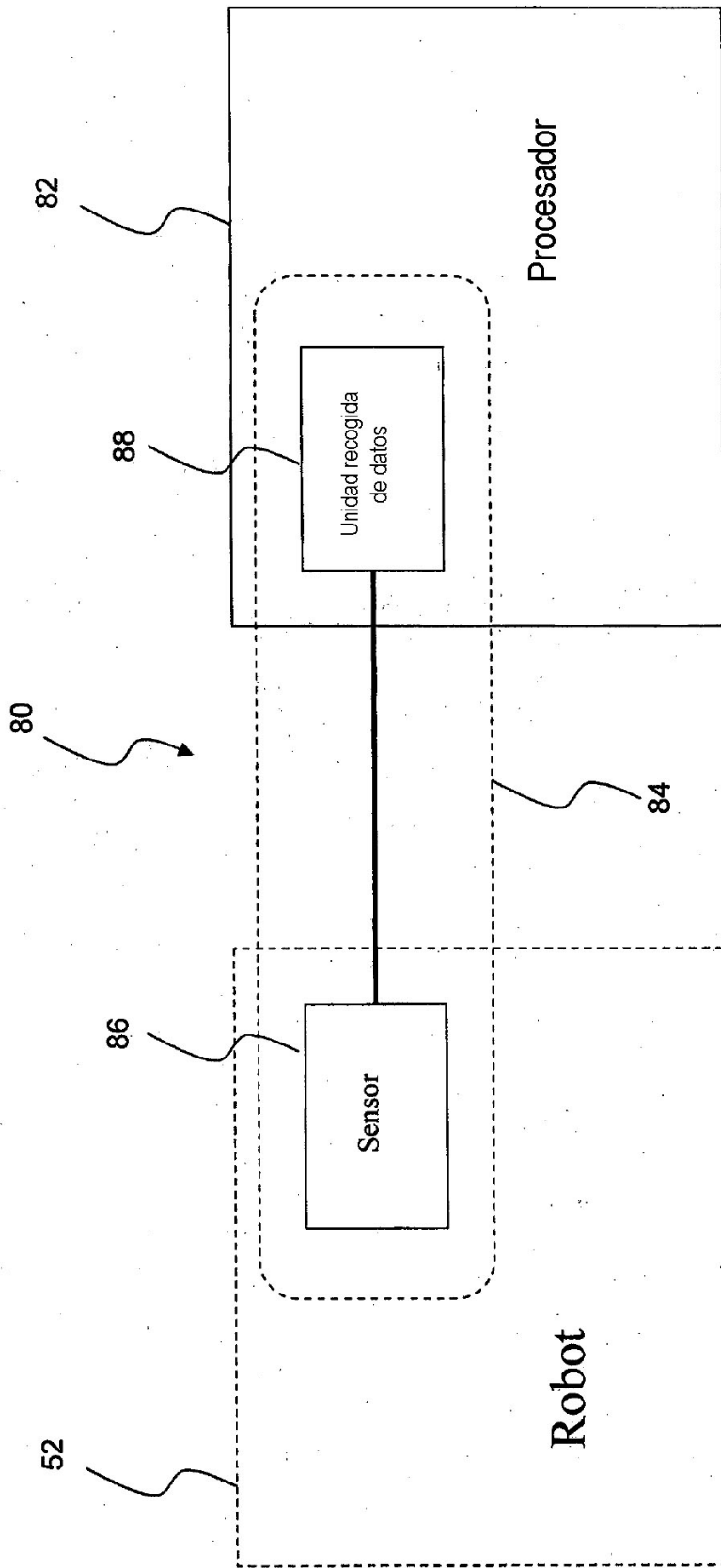


Fig. 5

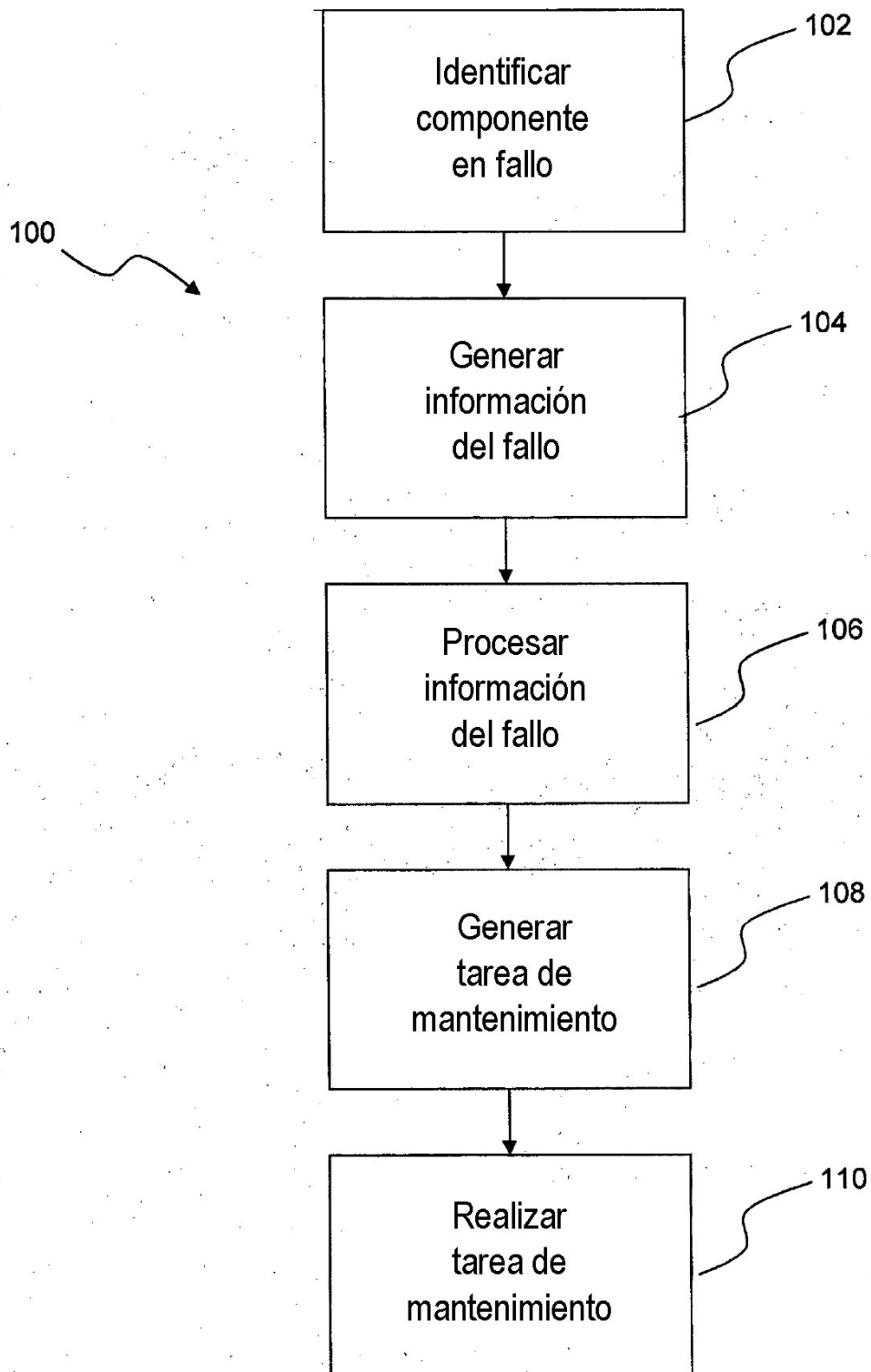


Fig. 6