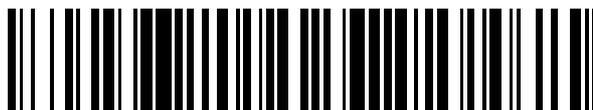


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 305**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 7/00 (2006.01)

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2007 E 07846421 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.06.2015 EP 2092190**

54 Título: **Método y sistema de realización de una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica**

30 Prioridad:

18.12.2006 DK 200601660

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

04.08.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ELISIUSSEN, SØREN

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 542 305 T3

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

DESCRIPCIÓN

Método y sistema de realización de una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a un método de realización de una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica según la reivindicación 1.

Antecedentes de la invención

- 10 La naturaleza estratégicamente distribuida de la energía eólica presenta desafíos únicos. Una central eólica comprende varias turbinas eólicas y con frecuencia está ubicada en alta mar, y con frecuencia abarca grandes áreas geográficas.

La técnica anterior presenta varias formas de control y monitorización a distancia de turbinas eólicas y centrales eólicas. La patente estadounidense 6.966.754 enseña un método y un sistema para monitorizar turbinas eólicas, por medio de monitorización de imágenes y sonidos. Se trata de un ejemplo de turbina eólica que se autocontrola basándose en la medición dinámica de factores dentro de la turbina eólica.

- 15 En relación con someter a prueba o la detección de problemas en subelementos de una turbina eólica, la técnica anterior enseña un sistema denominado banco de pruebas. La patente europea EP 1564405 da a conocer un banco de pruebas de este tipo para turbinas eólicas que comprende una bancada de pruebas sobre la que se montará el elemento que va a someterse a prueba y detección de errores.

Sumario de la invención

- 20 La invención se refiere a un método de realización de una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica,

controlándose dicha turbina eólica por un algoritmo de control de un controlador de turbina eólica,

comprendiendo dicho método las etapas de

- ejecutar un patrón de eventos predefinido activando al menos un subelemento de la turbina eólica,
- 25 - obtener datos de medición basándose en mediciones de al menos un subelemento según dicho patrón de eventos predefinido,
- relacionar dichos datos de medición con datos de referencia predefinidos,

y establecer un resultado de prueba que indica el estado de dicho subelemento integrado basándose en el mismo,

- 30 en el que dicho patrón de eventos predefinido se ejecuta por un algoritmo de prueba que anula el algoritmo de control del controlador de turbina eólica al menos en parte.

- 35 Es una característica muy ventajosa según la presente invención el hecho de que los subelementos puedan someterse a prueba mientras se encuentran integrados en la turbina eólica. Este hecho ahorrará al operario o al mecánico de mantenimiento tener que desmontar y transportar subelementos, lo que supone mucho tiempo. Según una realización preferida de la presente invención es posible someter a prueba subelementos mientras todavía se encuentran montados como parte de la turbina eólica.

El término algoritmo de control se entiende como el algoritmo o lógica que controla la turbina eólica en funcionamiento normal, es decir cuando la turbina eólica produce potencia. El algoritmo de control se ejecuta normalmente por un controlador de turbina eólica.

- 40 La relación de datos de medición con datos de referencia predefinidos es otra característica muy ventajosa de una realización de la invención. Los datos de referencia predefinidos normalmente exponen datos esperados o previstos. Estos datos pueden establecerse, por ejemplo, por medio de prueba sobre subelementos representativos sometidos a prueba desde fábrica. Los datos también pueden aplicarse como referencia a datos aceptables previos de los que es posible desviarse en cierta medida.

- 45 En una realización de la invención es posible que la unidad de prueba realice la prueba poniéndose en contacto y controlando un subelemento individual de una turbina eólica mientras se salta o anula la lógica de control interno de la turbina eólica en el sentido de que la lógica de prueba toma el control durante un breve periodo de tiempo. Cabe destacar que la lógica de prueba puede constituir un conjunto de circuitos independiente distinto de la lógica de control aunque normalmente puede implementarse por un algoritmo de prueba ejecutado por el/los algoritmo(s) de control del controlador de turbina eólica.

5 Un subelemento integrado que va a someterse a prueba puede entenderse, según una realización de la invención, como cualquier elemento que funciona en relación con una turbina eólica, en particular elementos que forman parte de la turbina eólica tales como generador, buje, sistema de ajuste de paso, palas, sistema de ajuste de guiñada, actuadores relevantes específicos, partes estructurales de la turbina eólica, etc. Cuando la turbina eólica produce energía, el subelemento es un elemento necesario de la turbina eólica, pero cuando la turbina eólica va a someterse a prueba, los subelementos pueden considerarse, según una realización de la invención, como un grupo de elementos de prueba, un grupo de elementos de activación y un grupo de elementos de medición tal como se explica en más detalle con referencia a la figura 9 de la descripción detallada.

10 El subelemento puede ser, por ejemplo, una válvula, un pistón, un cilindro o un medidor de la turbina eólica, aunque también pueden ser elementos de la estación de control de una central eólica por ejemplo para detectar errores en el equipo de salida de potencia.

Un elemento de activación, es decir, un elemento mediante el cual va a realizarse la prueba, puede comprender por ejemplo un actuador o una parte de la turbina eólica que puede accionarse por medio del algoritmo de prueba.

15 Cabe destacar que el algoritmo de prueba puede, hasta cierto punto, referirse a o aplicar el algoritmo de control del controlador de turbina eólica si tal implementación ofrece la misma capacidad de usar un elemento de activación tanto en uso normal según los algoritmos de control que configuran el funcionamiento normal como en condiciones de prueba en las que el elemento de activación puede actuar en condiciones diferentes debido al hecho de que la turbina eólica en cuestión está al menos en parte parada.

20 Según una realización de la invención, la ejecución de un patrón de eventos predefinido comprende la ejecución de un número predefinido de eventos en un orden predefinido según un algoritmo de prueba.

Cabe destacar que el elemento integrado y el elemento de activación en algunas circunstancias pueden ser el mismo elemento o estar integrados mutuamente.

Según una realización de la invención, la prueba funcional se establece basándose en una activación controlada de elementos de activación.

25 La turbina eólica y por tanto los subelementos pueden controlarse por más de un algoritmo. Durante el funcionamiento normal de la turbina eólica, los subelementos se controlan por el controlador de turbina eólica (el algoritmo de control). Durante el funcionamiento de prueba de la turbina eólica según una realización de la presente invención, en la que pueden someterse a prueba subelementos integrados individuales, al menos parte de los subelementos se controlan por un algoritmo de prueba que se salta la lógica de control de la turbina eólica.

30 Una característica importante de la invención es posibilitar al menos en parte que el algoritmo de prueba se salte la lógica de control de la turbina eólica. Debido a esta característica el algoritmo de prueba puede controlar los subelementos para realizar operaciones que no serían posibles de otro modo y de ese modo aumentar la variedad de pruebas posibles en la turbina eólica no disponibles durante el funcionamiento normal.

35 Un ejemplo no limitativo puede ser el control del paso de pala, que en funcionamiento normal de la turbina eólica se controla por la lógica de control de la turbina eólica y se usa para controlar el ángulo de las palas frente al viento, para garantizar un aprovechamiento máximo del viento sin dañar subelementos de la turbina eólica. Durante el funcionamiento de prueba de la turbina eólica puede ser conveniente forzar que el control del paso de pala ajuste el paso de las palas a ángulos que la lógica de control de la turbina eólica no permitiría. Al hacer que la pala ajuste su paso a ángulos relativamente extremos puede ser posible observar reacciones en otros subelementos tales como palas o el árbol principal en la turbina eólica. Se trata de uno de muchos ejemplos de prueba que sólo es posible debido a la anulación ventajosa del algoritmo de control normal que realiza el algoritmo de prueba según una realización de la presente invención.

45 Es muy ventajoso implementar una realización de la presente invención en una turbina eólica ubicada en una central eólica. Esto permite al administrador de la central poner cada turbina eólica individual fuera del funcionamiento normal y realizar una prueba en la turbina eólica como tal o una parte de la turbina eólica.

Normalmente, cuando se realiza la prueba funcional, la turbina eólica pausa el funcionamiento de producción de energía normal.

En una realización de la invención, dicho subelemento integrado de la turbina eólica es un elemento de prueba.

50 En una realización de la invención, dicha activación de al menos un subelemento de la turbina eólica implica la activación de un elemento de activación de la turbina eólica.

En una realización de la invención, dicha obtención de datos de medición basándose en mediciones de al menos un subelemento implica una medición realizada por un elemento de medición.

En una realización de la invención, dicho elemento de activación comprende un actuador.

Según una realización ventajosa de la invención, el actuador puede usarse para transformar una señal de entrada en un desplazamiento o movimiento físico controlado en uno o más subelementos o para inmovilizar uno o más subelementos para impedir movimientos.

5 Según la presente invención, un actuador puede ser, por ejemplo, un subelemento, o cualquier otro elemento de activación AE que pueden ser necesarios para implementar una prueba funcional.

En una realización de la invención, dicha prueba funcional se realiza a distancia con respecto a la turbina eólica.

En una realización de la invención, dicha ejecución de un patrón de eventos predefinido comprende la ejecución de un número predefinido de eventos en un orden predefinido.

10 En una realización de la invención, dicho patrón de eventos predefinido se salta la lógica de control interno relacionada con la turbina eólica.

En una realización de la invención, dicha unidad de prueba comprende lógica de control de prueba que puede anular la lógica de funcionamiento de dicha turbina eólica al menos en parte.

15 Un subelemento integrado de una turbina eólica debe entenderse como un elemento que está incluido en una turbina eólica o está relacionado con una turbina eólica. El hecho de que el subelemento esté integrado mientras se realiza la prueba significa que el subelemento se encuentra al menos en parte en su entorno normal y no tiene que retirarse físicamente de la turbina eólica mientras se realiza la prueba.

En una realización de la invención, dicha ejecución de un patrón de eventos predefinido y dicha obtención de datos de medición se realizan simultáneamente.

En una realización de la invención, dicha prueba funcional se realiza por una unidad de prueba.

20 Además, la prueba de subelementos puede realizarse, según la invención, desde una distancia alejada. Se trata de una característica adicional muy ventajosa de la invención, porque el operario puede realizar pruebas y encontrar la fuente exacta de error antes de enviar al personal de mantenimiento al emplazamiento de la turbina eólica.

25 En una realización de la invención, dicha turbina eólica en funcionamiento normal se controla por un algoritmo de control y durante el funcionamiento de prueba funcional dicha turbina eólica se controla al menos en parte por un algoritmo de prueba según dicho patrón de eventos predefinido.

En una realización de la invención, al menos un elemento de activación de dicha turbina eólica, por ejemplo un actuador, se controla por el algoritmo de prueba de dicha unidad de prueba.

En funcionamiento normal de la turbina eólica, el elemento de activación se controla por el controlador de turbina eólica de la turbina eólica.

30 Además, la invención se refiere a un método de evaluación de al menos una turbina eólica que comprende las etapas de

- ejecutar un número predefinido de pruebas funcionales según las reivindicaciones 1-13,

- generar un informe de estado basándose en dichas pruebas funcionales que comprende una determinación del estado general de dicha al menos un turbina eólica,

35 - evaluar dicha turbina eólica basándose en dicho informe de estado.

40 Otro beneficio de la prueba funcional de subelementos integrados de una turbina eólica según la presente invención puede ser una ejecución de un número predefinido de pruebas para establecer un informe de estado general en relación con la evaluación, establecimiento del precio y venta de una turbina eólica. Este informe de estado puede comprender, en una realización de la invención, una descripción minuciosa y detallada de partes importantes de la turbina eólica y una determinación del estado general de la turbina eólica.

Un informe de estado generado según la invención será verdaderamente de gran importancia al establecer el precio de una turbina eólica en relación con una venta de turbinas eólicas.

45 El informe de estado puede constituir, en una realización adicional de la presente invención, una especie de certificado de estado. Si una turbina eólica se somete a prueba por ejemplo una vez al mes, puede ser posible indicar a posibles inversores que las turbinas eólicas de una empresa están en muy buen estado. O bien en caso de que un consorcio de inversiones deba conseguir nuevos inversores, puede ser un factor convincente y tranquilizador si invierten en turbinas eólicas con un certificado de estado según la invención.

Además, la invención se refiere a un sistema para realizar una prueba funcional de al menos un subelemento integrado en una turbina eólica,

controlándose dicha turbina eólica por un algoritmo de control de un controlador de turbina eólica,
comprendiendo dicho sistema

al menos una turbina eólica que comprende al menos un elemento de activación,

una unidad de prueba conectada a dicha turbina eólica a través de una red de comunicación de datos,

- 5 al menos un elemento de activación incluido en dicha turbina eólica, en el que el elemento de activación se controla por el algoritmo de control del controlador de turbina eólica y en el que el elemento de activación se controla por un algoritmo de prueba durante una prueba funcional.

10 Según una realización ventajosa de la invención, el sistema puede usarse para someter a prueba turbinas eólicas individuales en una central eólica. Según la invención es posible, desde una ubicación a distancia, elegir someter a prueba una turbina eólica específica en una central eólica mientras el resto de las turbinas eólicas en la central eólica están produciendo energía.

En una realización de la invención, el algoritmo de control se anula al menos en parte por dicho algoritmo de prueba mientras se realiza dicha prueba funcional.

- 15 En una realización de la invención, dicho al menos un elemento de activación, elemento de medición o elemento de prueba en cuestión no está en funcionamiento normal mientras se realiza dicha prueba funcional.

En una realización de la invención, dicha red de comunicación de datos se comunica a través de una red de comunicación de datos pública, por ejemplo internet.

Según una realización preferida de la invención, dichos elementos de activación pueden formar parte de la turbina eólica.

- 20 En una realización de la invención, dicha unidad de prueba está ubicada a una distancia alejada de la turbina eólica.

En una realización de la invención, dicha turbina eólica forma parte de una central eólica que comprende al menos dos turbinas eólicas.

En una realización de la invención, dicho elemento de activación comprende un actuador.

- 25 En una realización de la invención, dicho subelemento integrado comprende un actuador o una parte de la estructura de la turbina eólica.

Además, la invención se refiere a un método de establecimiento de un patrón de eventos predefinido según una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica,

comprendiendo dicho método las etapas de

- 30 - seleccionar al menos un elemento de prueba para someter a prueba,
- seleccionar al menos un elemento de activación,
- seleccionar al menos un elemento de medición,
- seleccionar datos de referencia,
- establecer un patrón de eventos que comprende una definición de secuencia específica de cómo activar dicho al menos un elemento de activación, cómo obtener los datos de medición según mediciones de al menos un elemento de medición, y cómo correlacionar dichos datos de medición y dichos datos de referencia para establecer un resultado de prueba.

40 Es una característica muy ventajosa de la invención el hecho de que las pruebas se realizan por medio de la utilización de subelementos integrados de una turbina eólica para someter a prueba funcional otros subelementos integrados de una turbina eólica. Esto se realiza mediante la ejecución de un patrón de eventos predefinido. El establecimiento de un patrón de eventos predefinido puede realizarse mediante unos medios de establecimiento de patrón de eventos predefinido. Esto puede realizarse de varias maneras, por ejemplo por medio de una GUI (interfaz gráfica de usuario) para por ejemplo arrastrar y soltar elementos, o por medio de codificación fija de la prueba en un lenguaje de programación para establecer un programa de prueba o un algoritmo de prueba para su ejecución por ejemplo en la unidad de prueba.

- 45 Además, la invención se refiere al uso de patrones de eventos predefinidos para detectar errores en subelementos integrados de una turbina eólica por medio de una correlación de datos de medición y datos de referencia.

Dibujos

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras en las que

la figura 1 ilustra una turbina eólica grande y moderna, vista desde delante,

la figura 2 ilustra una sección transversal de una realización de una góndola simplificada conocida en la técnica, vista desde un lateral,

5 la figura 3 ilustra una realización de una configuración según la presente invención,

la figura 4 ilustra una vista global simplificada de un sistema de control del paso,

la figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo simplificado de realización de una prueba funcional según la invención,

la figura 6 ilustra una vista global simplificada de un mecanismo de ajuste de guiñada,

10 la figura 7 ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo simplificado de realización de una prueba funcional según la invención,

la figura 8 ilustra los conceptos de una prueba funcional según una realización de la presente invención,

la figura 9 ilustra un espectro de prueba funcional según una realización de la invención,

15 la figura 10 ilustra los principios de uso de una lógica de control diferente mientras se realiza una prueba funcional según una realización de la invención,

la figura 11 ilustra otro aspecto de los principios de cómo la lógica de control de prueba puede anular la lógica de funcionamiento del controlador de turbina eólica, y

la figura 12 ilustra un ejemplo de unos medios de establecimiento de patrón de eventos predefinido.

Descripción detallada

20 La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna. La turbina eólica 1 comprende una torre 2 colocada sobre una cimentación. Una góndola de turbina eólica 3 con un mecanismo de ajuste de guiñada está colocada encima de la torre 2.

25 Un árbol de baja velocidad se extiende hacia fuera de la parte delantera de la góndola y se conecta con un rotor de turbina eólica a través de un buje de turbina eólica 4. El rotor de turbina eólica comprende al menos una pala de rotor, por ejemplo tres palas de rotor 5 tal como se ilustra.

La figura 2 ilustra una sección transversal simplificada de una góndola 3, vista desde un lateral.

30 Existen góndolas 3 en una multitud de variaciones y configuraciones pero en la mayoría de los casos el tren de accionamiento 14 en la góndola 3 casi siempre comprende uno o más de los siguientes componentes: una transmisión 6, un acoplamiento (no mostrado), algún tipo de sistema de frenado 7 y un generador 8. Una góndola 3 de una turbina eólica 1 moderna también puede incluir un convertidor 9, un inversor (no mostrado) y equipos periféricos adicionales tales como equipos de manipulación de potencia adicionales, sistemas de control, sistemas hidráulicos, sistemas de refrigeración y más.

35 El peso de la góndola 3 completa incluyendo los componentes de la góndola 6, 7, 8, 9 lo soporta una estructura portante 10. Los componentes 6, 7, 8, 9 se colocan habitualmente sobre y/o conectados a esta estructura portante 10 común. En esta realización simplificada, la estructura portante 10 se extiende únicamente a lo largo del fondo de la góndola 3, por ejemplo en forma de un armazón de base al que se conectan algunos o todos los componentes 6, 7, 8, 9.

40 Una turbina eólica típica puede comprender además varios sensores o medidores, por ejemplo un sensor de vibración 21, un termómetro para el aceite de la transmisión 22 y un termómetro para el generador 23. Cabe destacar que en una turbina eólica típica están incluidos muchos otros sensores y medidores para medir las condiciones de las turbinas eólicas.

Según la presente invención, todos los componentes descritos en esta figura constituyen ejemplos de subelementos de una turbina eólica.

La figura 3 ilustra una realización de una configuración según la presente invención.

45 Cabe destacar que la configuración de esta figura constituye únicamente un ejemplo no limitativo de una posible configuración según la invención.

La figura comprende una unidad de prueba TU que comprende lógica de prueba TL, una turbina eólica WT, un

módulo de entrada/salida IO, un controlador de turbina eólica WTC, una interfaz de comunicación CI, una red de comunicación de datos DCN, una red de comunicación de datos pública PDCN y resultados de prueba TR.

5 La turbina eólica puede tener un controlador de turbina eólica WTC que puede estar ubicado dentro o fuera de la turbina eólica WT. Este controlador de turbina eólica WTC se refiere al mecanismo de control de la turbina eólica WT. Una turbina eólica puede comprender además uno o más módulos de entrada/salida IO disponibles para servir de interfaz para la comunicación. El módulo de entrada/salida puede estar conectado directamente a los subelementos de la turbina eólica que van a someterse a prueba. Además, la turbina eólica puede comprender una o varias interfaces de comunicación CI, que normalmente se usan con fines de monitorización y control. Una interfaz de comunicación CI puede ser, por ejemplo, una interfaz web para comunicación a través del protocolo HTTP (protocolo de transferencia de hipertexto), otra puede comunicarse a través de OPC (OLE (incrustación y enlazado de objetos) para control de procesos) u otra puede comunicar datos descritos en un protocolo propiedad del fabricante.

15 La unidad de prueba TU puede ser un ordenador personal, ordenador portátil, servidor o cualquier otro dispositivo que comprenda cualquier tipo de lógica digital, por ejemplo una CPU (unidad central de procesamiento) o DSP (procesador de señal digital). La unidad de prueba puede acoplarse a la turbina eólica a través de una red de comunicación de datos DCN. Esta red puede constituir, por ejemplo, cualquier red de comunicación por cable o inalámbrica que comunica datos, por ejemplo LAN (red de área local), cableado serie o paralelo, inalámbrica o una conexión a través de una red de comunicación de datos pública PDCN, por ejemplo internet. De este modo, la unidad de prueba TU puede conectarse a la turbina eólica tanto de manera local como, además y preferiblemente, de manera remota. La unidad de prueba puede conectarse al controlador de turbina eólica WTC o directamente al módulo de entrada/salida IO de la turbina eólica. La conexión puede pasar por una de las interfaces de comunicación CI de la turbina eólica. La lógica de prueba de la unidad TU ejecuta los algoritmos de prueba que van desarrollarse al menos en parte o en cooperación con la lógica del controlador de turbina eólica.

25 Alternativamente, la unidad de prueba TU puede conectarse a una unidad de control central de un grupo de turbinas eólicas, por ejemplo en una red SCADA.

Alternativamente, la unidad de prueba TU puede estar constituida por un controlador de turbina eólica de una turbina eólica. Esto significa que el controlador de turbina eólica WTC puede cambiar entre ejecutar un algoritmo de control en funcionamiento normal y un algoritmo de prueba en funcionamiento de prueba según una realización de la invención. Por tanto, el algoritmo de prueba anula el algoritmo de control cuando se realiza una prueba.

30 La unidad de prueba TU, cuando está conectada a una turbina eólica, puede comprender lógica de control de prueba que hace que la turbina eólica WT realice una o varias pruebas basándose en la ejecución de secuencias de comandos que comprenden algoritmos de prueba. En una prueba, las secuencias de comandos ejecutan un patrón de eventos predefinido que comprende ejecutar varios eventos en la turbina eólica alterando el subelemento que va a someterse a prueba, pero que también puede alterar otros subelementos. Alterar un subelemento puede significar, por ejemplo, arrancar un motor o abrir una válvula. Una prueba puede comprender además una o varias mediciones de uno o varios subelementos para obtener datos de medición MD, por ejemplo la lectura de un termómetro, un amperímetro, un medidor de presión, etc. Tras realizar las mediciones, se correlacionan los datos de medición (MD) y datos de referencia (NRD) para determinar si el subelemento está funcionando de manera óptima sin errores, si el subelemento es defectuoso o si el subelemento está funcionando, pero fuera del rango normal, es decir que tal vez pase a ser defectuoso pronto. Estos datos pueden escribirse en un resultado de prueba TR. Los datos de referencia NRD son datos obtenidos basándose en mediciones promedio realizadas en turbinas eólicas sin fallos.

El resultado de prueba TR indicará por tanto el estado del subelemento sometido a prueba.

45 En las siguientes figuras se ilustran dos ejemplos específicos de puesta en práctica de las realizaciones de la presente invención. Cabe destacar que estos ejemplos constituyen meramente ejemplos no limitativos de posibles modos de poner en práctica la invención.

La figura 4 ilustra una vista global simplificada de un sistema de control del paso de una turbina eólica. La figura ilustra una bomba de presión PP, un sensor de presión PS y tres cilindros de ajuste de paso PC1, PC2, PC3. Los cilindros de ajuste de paso PC1, PC2, PC3 mueven pistones R para ajustar el paso de una pala de la turbina eólica.

50 La figura 5 ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo simplificado para realizar una prueba funcional de un cilindro de ajuste de paso mientras está integrado en la turbina eólica. Se trata de un ejemplo de ejecución de un patrón de eventos predefinido PEP según la presente invención.

La prueba se inicia en la etapa 51. Esto puede hacerlo la unidad de prueba TU y normalmente se realiza manualmente en conexión con la prueba funcional de una turbina eólica. En la etapa 52 se arranca la bomba de presión PP para aumentar la presión en uno de los cilindros de ajuste de paso, en el ejemplo ilustrado, el cilindro de ajuste de paso 3 PC3. El pistón del cilindro se moverá y aumenta la presión dentro del cilindro de ajuste de paso 3 PC3. En la etapa 53 se mide la presión por medio de un sensor de presión PS y se detiene la bomba de presión en la etapa 54 cuando la presión alcanza un umbral predefinido (por ejemplo 200 bar). A continuación se produce una interrupción en la etapa 55 durante un periodo de tiempo predefinido, tras el cual se mide de nuevo la presión

mediante el sensor de presión PS. Si la presión en la etapa 56 está por encima de un nivel de fallo predefinido (por ejemplo 190 bar), el cilindro sometido a prueba PC3 está bien "OK" en la etapa 57, y si la presión está por debajo del nivel de fallo predefinido, el cilindro sometido a prueba PC3 presenta un defecto. A continuación puede mostrarse un resultado de prueba, por ejemplo "cilindro de ajuste de paso OK" en la unidad de prueba TU.

- 5 Por tanto, se somete a prueba un cilindro de ajuste de paso de una turbina eólica de manera muy sencilla y ventajosa según una realización de la invención.

Cabe destacar que no se ha dado una descripción exacta de cómo realizar la prueba funcional de la presente invención, sino meramente un ejemplo muy simplificado y retórico de cómo realizar una prueba funcional según una realización de la presente invención.

- 10 La figura 6 ilustra una vista global simplificada de un sistema de ajuste de guiñada de una turbina eólica. La figura ilustra una torre T de una turbina eólica, una góndola N, una unidad de medición de la velocidad del viento WSM, una unidad de medición de la dirección del viento WDM, una corona de guiñada YR, varios cojinetes B, un motor de guiñada YM y una unidad de medición de corriente CM. Se usa un sistema de ajuste de guiñada para maximizar la cantidad de potencia que puede generar la turbina eólica. Este sistema gira la góndola N por medio del arranque del motor de guiñada YR con respecto a la dirección real del viento proporcionada por la unidad de medición de la dirección del viento WDM de modo que la envergadura del rotor sea perpendicular a la dirección del viento. Cuando la unidad de medición de la dirección del viento detecta un cambio en la dirección del viento puede hacer que el controlador de turbina eólica WTC active el sistema de ajuste de guiñada hasta que el rotor se encuentre en la posición óptima.
- 15
- 20 La figura 7 ilustra un diagrama de flujo de un ejemplo simplificado de realización de una prueba funcional de un sistema de ajuste de guiñada mientras está integrado en la turbina eólica. Se trata de un ejemplo de ejecución de un patrón de eventos predefinido PEP según la presente invención.

- La prueba se inicia en la etapa 71. Esto puede hacerlo la unidad de prueba TU y normalmente se realiza manualmente en conexión con la prueba funcional de una turbina eólica. En la etapa 72 se arranca un motor de guiñada YM para hacer que la góndola gire al hacer que la corona de guiñada YR gire. En la etapa 73 se mide la corriente del motor de guiñada YM por medio de una unidad de medición de corriente CM y se miden la velocidad del viento, la dirección del viento y otros factores relevantes en la etapa 74. A continuación se detiene el motor de guiñada YM 76 si la góndola ha girado por ejemplo 90 grados 75. Si no lo ha hecho, el motor de guiñada YM continúa girando la góndola N. En la etapa 77 se comprueba si la corriente medida está por encima de un parámetro de referencia predefinido. Este parámetro de referencia se calcula basándose en mediciones de un sistema de ajuste de guiñada equivalente con tolerancia para varios factores que influyen en el consumo de energía del sistema de ajuste de guiñada, por ejemplo la velocidad del viento o la dirección del viento. Si la corriente consumida medida está por encima del parámetro de referencia predefinido, el sistema de ajuste de guiñada presenta un defecto porque se consume demasiada energía para hacer que la góndola N gire los 90 grados. Puede tratarse, por ejemplo, de un cojinete B defectuoso, el mecanismo de tensión puede ser defectuoso o la corona de guiñada requiere lubricación, y el resultado de prueba indicará que el sistema de ajuste de guiñada presenta un defecto. Si la energía consumida está por debajo del parámetro de referencia predeterminado 77, el sistema de ajuste de guiñada funciona correctamente 79, y el resultado de prueba indicará que el sistema de ajuste de guiñada funciona correctamente conforme a la instalación de giro YR. Si la energía consumida está por debajo del parámetro de referencia predeterminado, el sistema de ajuste de guiñada sometido a prueba presenta un defecto 78, y puede tratarse, por ejemplo, de cojinetes defectuosos, un mecanismo de tensión defectuoso o falta de lubricación, etc.
- 25
- 30
- 35
- 40

La figura 8 ilustra los conceptos de una prueba funcional según una realización de la presente invención. La figura ilustra los siguientes elementos: una unidad de prueba TU, un patrón de eventos predefinido PEP, una turbina eólica WT, datos de medición MD, medios de almacenamiento SM, datos de referencia NRD y un resultado de prueba TR.

- 45 Esta figura ilustra los conceptos de realización de una prueba funcional según una realización de la invención. La figura ilustra que un patrón de eventos predefinido PEP que está almacenado en una unidad de prueba TU o que se recupera de los medios de almacenamiento SM, se ejecuta en una turbina eólica, lo que provoca varios eventos, por ejemplo la alteración de un subelemento. Además, la figura ilustra que se recuperan datos de medición MD en la turbina eólica WT desde la unidad de prueba TU basándose en mediciones realizadas de subelementos como parte del patrón de eventos predefinido PEP. Los datos de medición MD obtenidos desde la turbina eólica se correlacionan con datos de referencia NRD que se recuperan de medios de almacenamiento SM por la unidad de prueba. Los datos de referencia se establecen al menos en parte basándose en mediciones de subelementos libres de errores normales de turbinas eólicas WT libres de errores y por tanto comprenden datos que representan subelementos SE normales y libres de errores de una turbina eólica WT. Los medios de almacenamiento pueden ser, por ejemplo, una base de datos, un disco duro, una memoria o un servidor, etc. Al correlacionar los datos de medición obtenidos desde la turbina eólica WT basándose en un patrón de eventos predefinido PEP y los datos de referencia, según una realización de la invención, es posible determinar el estado del subelemento sometido a prueba de la turbina eólica WT y producir un resultado de prueba TR que comprende el resultado de la prueba. Este resultado de prueba puede ser texto o imagen en una pantalla o monitor que indica el resultado de prueba y puede indicarse por medio de sonidos o luces.
- 50
- 55
- 60

Cabe destacar que esta figura ilustra una realización conceptual de la invención, lo que evidentemente significa que el orden o los detalles no han de entenderse como limitativos. Esta figura indica meramente los conceptos globales e inventivos de una realización de la invención.

5 La figura 9 ilustra algunos principios generales y conceptuales según una realización de la invención y elementos que pueden estar relacionados con una prueba funcional según una realización de la invención. Esto puede denominarse, por ejemplo, espectro de prueba funcional FTS. La figura ilustra un grupo de elementos de pruebas TE, un grupo de elementos de activación AE y un grupo de elementos de medición ME. Tal como se ilustra mediante las flechas discontinuas, los elementos están conectados según la realización de una prueba funcional. En una prueba según una realización de la invención, el elemento que se somete a prueba se denomina elemento de prueba TE. Una prueba completa puede comprender tanto una o más mediciones como una o más activaciones. Los elementos que sirven para medir se denominan por tanto elementos de medición ME y los elementos que sirven para activar se denominan elementos de activación. Cabe destacar que un elemento o subelemento de una turbina eólica puede ser tanto un elemento de prueba TE, como un elemento de medición ME como un elemento de activación AE.

10 15 Los elementos de prueba TE se refieren al subelemento que va a someterse a prueba, por ejemplo el sistema de ajuste de paso según la figura 4 o el sistema de ajuste de guiñada según la figura 6. Otros ejemplos de elementos de prueba TE pueden ser cojinetes, sistema hidráulico, bombas hidráulicas, subcomponentes del sistema de transmisión, generador, contactores, relés, bombas de aceite, motores, freno, sistema de ajuste de paso, sistema de ajuste de guiñada, bombas de lubricante, etc.

20 Los elementos de activación AE se refieren a subelementos de una turbina eólica que pueden verse alterados en relación con la realización de una prueba funcional de un elemento de prueba TE. Ejemplos de elementos de activación AE pueden ser: actuadores, bombas hidráulicas, elemento de calentamiento, palas, generador, contactores, relés, bombas de aceite, motores, freno, sistema de ajuste de paso, sistema de ajuste de guiñada, bombas de lubricante, etc.

25 Los elementos de medición ME se refieren a subelementos de una turbina eólica que pueden medirse en relación con la realización de una prueba funcional de un elemento de prueba TE. Ejemplos de elementos de medición AE son: termómetros, medidor de presión, anemómetro, medidores de voltaje, medidores de corrientes, velocímetros, sensores de vibración, sensores de flujo de aceite, sensores de partículas, sensores de esfuerzo, sensor de impedancia, aceleradores, etc.

30 35 Tal como resulta evidente en el ejemplo anterior, un único elemento o sistema puede ser tanto un elemento de prueba TE, como un elemento de activación AE o incluso también un elemento de medición ME. Esto refuerza el hecho de que esta invención puede utilizar ventajosamente elementos mecánicos y eléctricos integrados existentes para la prueba funcional de otros o incluso los mismos elementos. Por ejemplo en una prueba funcional puede someterse a prueba una bomba como elemento de prueba TE y en otra prueba actuar como elemento de activación AE para realizar una prueba de otro elemento de prueba TE.

Según los ejemplos mencionados anteriormente, la invención puede aplicarse para someter a prueba subelementos de una turbina eólica WT. Entra dentro del alcance de la invención que una prueba pueda comprender una serie de varias pruebas funcionales de diferentes subelementos. Éste puede ser el caso normalmente al someter a prueba sistemas grandes.

40 45 Cabe destacar que los elementos de activación AE y los elementos de medición ME pueden ser elementos existentes de una turbina eólica. Se trata de una característica muy ventajosa de la invención ya que en algunas circunstancias no es necesario instalar equipos de medición o activación adicionales para realizar una prueba funcional. Sin embargo, cabe destacar que, en realizaciones alternativas de la invención, puede ser ventajoso añadir un elemento de medición ME adicional al diseñar y crear los elementos de la turbina eólica que tenga la única finalidad de participar en una prueba funcional. Por tanto, normalmente no es necesario montar o instalar elementos de medición ME o elementos de activación AE adicionales para realizar una prueba funcional ya que los elementos ya están integrados. Evidentemente, en algunos casos extraordinarios pueden montarse equipos adicionales para realizar una prueba.

50 Otra caracterización de una realización preferida de la invención es que puede realizarse una prueba funcional mientras la turbina eólica WT está al menos en parte fuera del funcionamiento normal. Éste es el caso debido al hecho de que la lógica de funcionamiento normal puede anularse por la lógica de control de prueba incluida en la unidad de prueba TU. Esto se ilustra en la figura 10.

55 Según una realización de la invención, la prueba funcional se establece basándose en una activación controlada de elementos de activación AE que provocan situaciones específicas que hacen que sea muy ventajoso realizar la prueba. El hecho de que la activación de elementos sea controlada significa que las situaciones en las que se realiza una prueba funcional se autoinducen y normalmente no forman parte de un funcionamiento normal de la turbina eólica. Por tanto, la activación y medición de elementos puede controlarse por medio de la prueba funcional que la unidad de prueba TU puede realizar.

A continuación se describen varios ejemplos sencillos adicionales de realización de una prueba funcional según una realización de la presente invención usando los términos de la figura 9 AE: elemento de activación, ME: elemento de medición y TE: elemento de prueba.

5 • Arrancar una bomba de aceite AE y medir el flujo de un medidor de flujo ME, si el flujo está por debajo de un límite predefinido el filtro TE puede estar obstruido.

• Poner el freno de disco de la turbina eólica TE y hacer funcionar el generador AE como motor, al tiempo que se miden las revoluciones por minuto en el contador de revoluciones del generador ME. Si el generador puede girar el freno de disco, el freno requiere mantenimiento.

10 • Poner el freno de disco de la turbina eólica TE y hacer funcionar el generador AE como motor. Monitorizar la cantidad de corriente de un amperímetro ME del generador usado para hacer que el rotor gire y evaluar si la corriente consumida está por encima de un límite máximo.

• Ajustar el paso de una pala AE de una turbina eólica y medir cómo de rápido gira mediante un medidor de tiempo ME. De este modo es posible evaluar si la bomba de presión TE tiene un rendimiento apropiado basándose en el tiempo que tarda en pasar de ángulo de paso totalmente negativo a ángulo de paso totalmente positivo.

15 • Hacer funcionar una bomba AE o un motor AE en la góndola N. Usar el sensor de vibración más próximo ME para detectar anomalías en por ejemplo la transmisión ME, el generador ME u otros elementos dentro o fuera de la góndola.

20 • Encender diferentes elementos de calentamiento AE+TE y observar si hay un aumento en el consumo de potencia de un medidor de potencia ME. Si no hay aumento o es muy pequeño, el elemento de calentamiento está roto o averiado.

El último ejemplo constituye un ejemplo de subelemento SE de una turbina eólica WT que es tanto un elemento de activación AE como un elemento de prueba TE y que entra dentro del alcance de la invención.

25 La figura 10 ilustra los principios de usar una lógica de control diferente mientras se realiza una prueba funcional según una realización de la invención. La figura ilustra los principios de cómo la unidad de prueba TU puede elegir entre utilizar la lógica de funcionamiento normal OL de la turbina eólica, normalmente incluida en el controlador de turbina eólica WTC o utilizar una lógica de control de prueba TCL. Al realizar una prueba funcional según una realización de la invención, es posible utilizar la lógica de funcionamiento OL de la turbina eólica, una lógica de control de prueba TCL que puede estar definida en la unidad de prueba TU, o una combinación de las mismas, lo que se ilustra mediante las flechas discontinuas. Sin embargo, cabe destacar que partes de la lógica de funcionamiento normal OL de la turbina eólica WT todavía pueden estar activas mientras se realiza la prueba funcional según una realización de la invención.

30 La figura 11 ilustra otro aspecto de los principios de cómo la lógica de control de prueba TCL puede anular la lógica de funcionamiento OL del controlador de turbina eólica. Al realizar una prueba funcional según una realización de la invención, la lógica de funcionamiento OL de la turbina eólica, incluida principalmente en el controlador de turbina eólica, puede anularse por la lógica de control de prueba TCL de la unidad de prueba TU. La figura ilustra que cuando se aplica una unidad de prueba TU a una turbina eólica, ya sea de manera local o remota, la lógica de control de prueba TCL de la unidad de prueba TU anula la lógica de funcionamiento OL del controlador de turbina eólica WTC según se ilustra mediante las líneas discontinuas del recuadro de lógica de funcionamiento OL y el recuadro de lógica de control de prueba TCL. Sin embargo, cabe destacar que partes de la lógica de funcionamiento normal OL de la turbina eólica WT todavía pueden estar activas al realizar la prueba funcional según una realización de la invención.

35 La figura 12 ilustra un ejemplo de unos medios de establecimiento de patrón de eventos predefinido PE. Según una realización de la invención, es posible establecer patrones de eventos predefinidos PEP de diversas maneras. La figura ilustra los principios generales de establecimiento de un patrón de eventos predefinido PEP. El establecimiento de un patrón de eventos predefinido puede comprender los siguientes elementos: al menos un elemento de medición ME, al menos un elemento de activación AE, datos de referencia NRD, al menos un elemento de prueba TE y un patrón de eventos predefinido PEP. La figura ilustra que un usuario puede seleccionar uno o más elementos de medición ME, uno o más elementos de activación AE, uno o más elementos de prueba TE y datos de referencia y combinarlos para establecer un patrón de eventos predefinido PEP. Esto puede realizarse evidentemente de diversas maneras por medio de una GUI (interfaz gráfica de usuario) para por ejemplo arrastrar y soltar elementos, o por medio de codificación fija de la prueba en un lenguaje de programación para establecer un programa de prueba o un algoritmo de prueba previsto para ejecutarse por ejemplo en la unidad de prueba TU. La ilustración no ha de entenderse como limitativa sino que es meramente una vista global de los elementos típicos incluidos en unos medios de establecimiento de patrón de eventos predefinido PE.

55

REIVINDICACIONES

1. Método de realización de una prueba funcional de al menos un subelemento integrado de una turbina eólica (WT),
controlándose dicha turbina eólica por un algoritmo de control de un controlador de turbina eólica (WTC),
comprendiendo dicho método las etapas de
 - ejecutar un patrón de eventos predefinido (PEP) activando al menos un subelemento de la turbina eólica,
 - obtener datos de medición (MD) basándose en mediciones de al menos un subelemento (SE) según dicho patrón de eventos predefinido,
 - relacionar dichos datos de medición con datos de referencia predefinidos (NRD) y establecer un resultado de prueba que indica el estado de dicho subelemento basándose en el mismo,
 en el que dicho patrón de eventos predefinido (PEP) se ejecuta por un algoritmo de prueba que anula el algoritmo de control del controlador de turbina eólica al menos en parte.
2. Método de realización de una prueba funcional según la reivindicación 1, en el que dicha activación de al menos un subelemento de la turbina eólica implica la activación de un elemento de activación de la turbina eólica.
3. Método de realización de una prueba funcional según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha prueba funcional se realiza a distancia con respecto a la turbina eólica.
4. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicha ejecución de un patrón de eventos predefinido comprende la ejecución de un número predefinido de eventos en un orden predefinido.
5. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que dicho patrón de eventos predefinido se salta la lógica de control interno relacionada con la turbina eólica.
6. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además anular la lógica de funcionamiento de dicha turbina eólica al menos en parte.
7. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que dicha ejecución de un patrón de eventos predefinido y dicha obtención de datos de medición se realizan simultáneamente.
8. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que dicha turbina eólica en funcionamiento normal se controla por un algoritmo de control y durante el funcionamiento de prueba funcional dicha turbina eólica se controla al menos en parte por un algoritmo de prueba según dicho patrón de eventos predefinido.
9. Método de realización de una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que al menos un elemento de activación de dicha turbina eólica, por ejemplo un actuador, se controla por un algoritmo de prueba.
10. Sistema para realizar una prueba funcional de al menos un subelemento integrado en una turbina eólica (WT),
controlándose dicha turbina eólica por un algoritmo de control de un controlador de turbina eólica (WTC),
comprendiendo dicho sistema
al menos una turbina eólica (WT) que comprende al menos un elemento de activación (AE),
una unidad de prueba (TU) conectada a dicha turbina eólica a través de una red de comunicación de datos (DCN),
al menos un elemento de activación incluido en dicha turbina eólica, en el que el elemento de activación se controla por el algoritmo de control del controlador de turbina eólica y en el que el elemento de activación se controla por un algoritmo de prueba durante una prueba funcional.
11. Sistema para realizar una prueba funcional según la reivindicación 10, en el que el algoritmo de control se anula al menos en parte por dicho algoritmo de prueba mientras se realiza dicha prueba funcional.
12. Sistema para realizar una prueba funcional según la reivindicación 10 u 11, en el que al menos un elemento

de activación, elemento de medición o elemento de prueba en cuestión no está en funcionamiento normal mientras se realiza dicha prueba funcional.

- 5
13. Sistema para realizar una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 10-12, en el que dicha prueba funcional se realiza por una unidad de prueba, y dicha unidad de prueba está ubicada a una distancia alejada de la turbina eólica.
14. Sistema para realizar una prueba funcional según cualquiera de las reivindicaciones 10-13, en el que dicho subelemento integrado comprende un actuador o una parte de la estructura de la turbina eólica.
- 10
15. Método de establecimiento de un patrón de eventos predefinido (PEP) según una prueba funcional de al menos un subelemento integrado (SE) de una turbina eólica (WT),
comprendiendo dicho método las etapas de
- seleccionar al menos un elemento de prueba (TE) para someter a prueba,
 - seleccionar al menos un elemento de activación (AE),
 - seleccionar al menos un elemento de medición (ME),
 - seleccionar datos de referencia (NRD),
- 15
- establecer un patrón de eventos que comprende una definición de secuencia específica de cómo activar dicho al menos un elemento de activación, cómo obtener datos de medición según mediciones de al menos un elemento de medición, y cómo correlacionar dichos datos de medición y dichos datos de referencia para establecer un resultado de prueba.

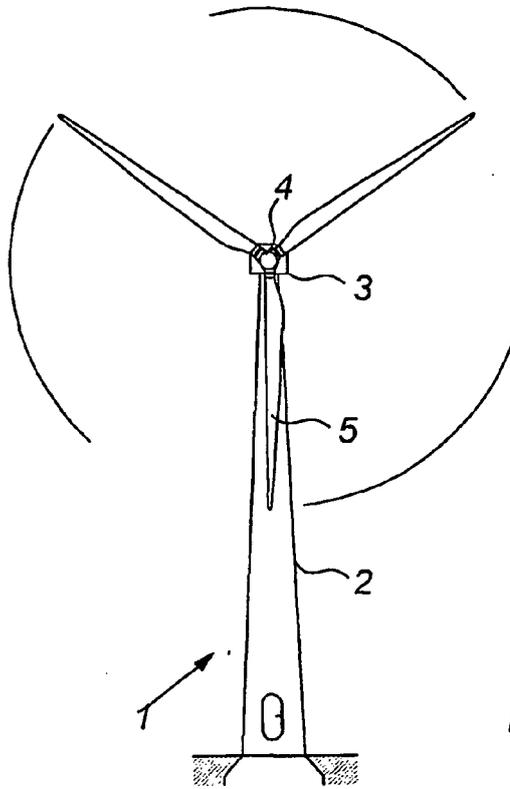


Fig. 1

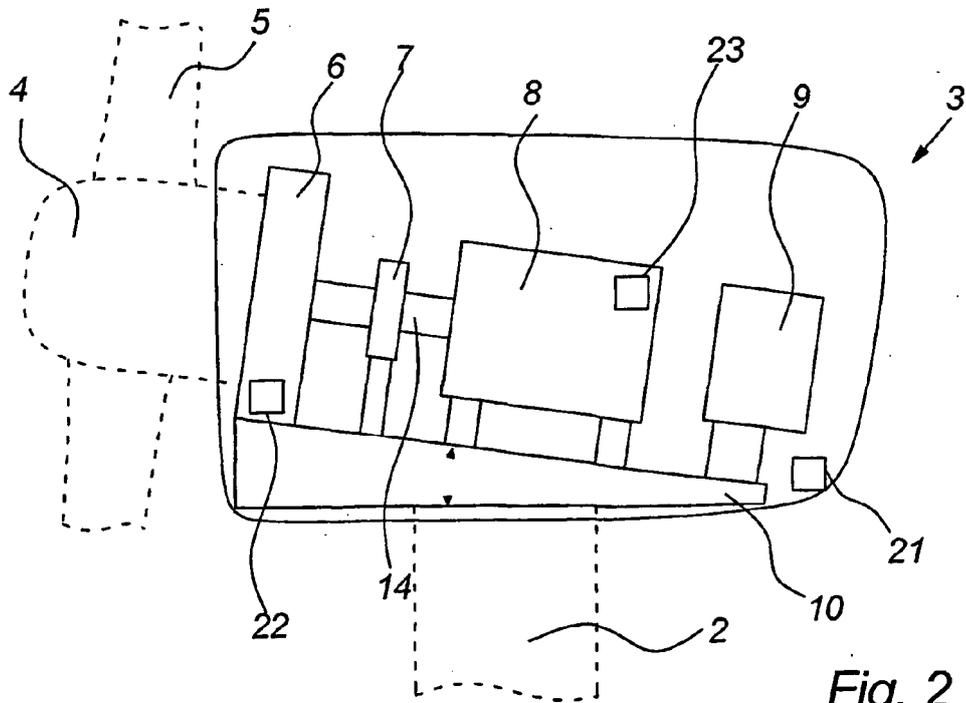


Fig. 2

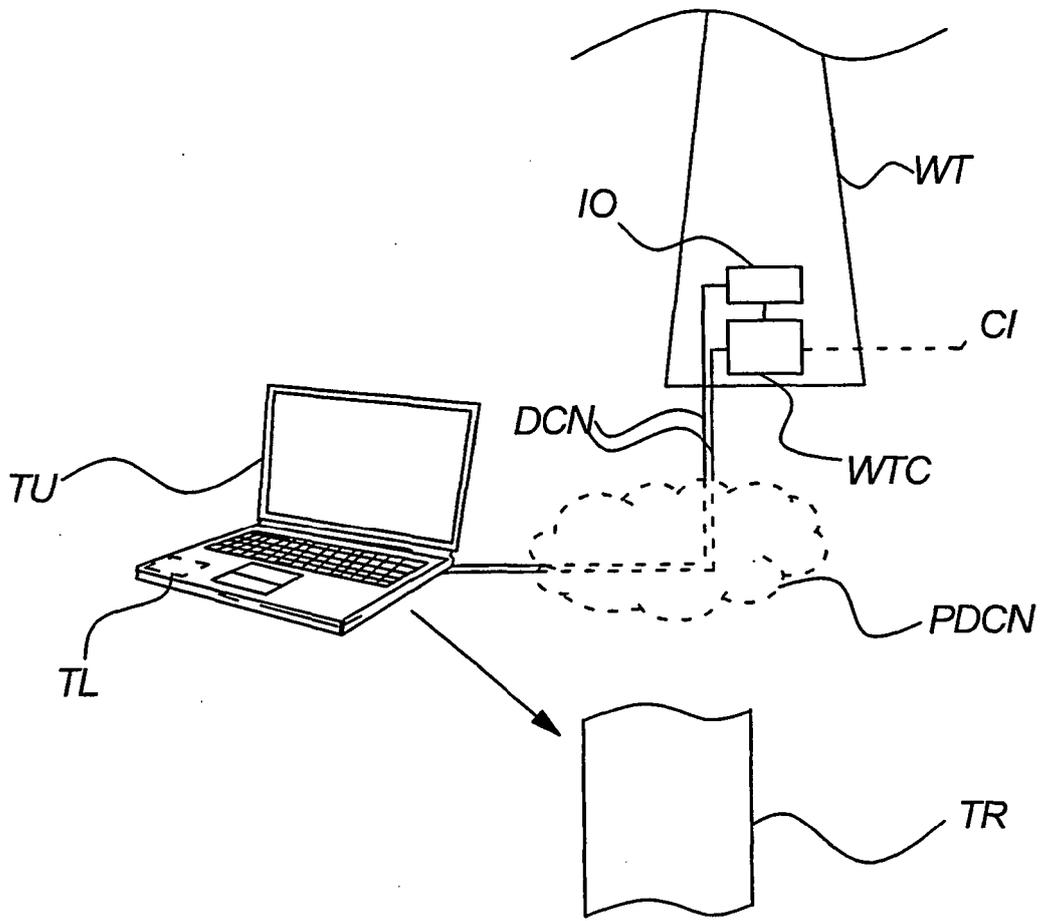


Fig. 3

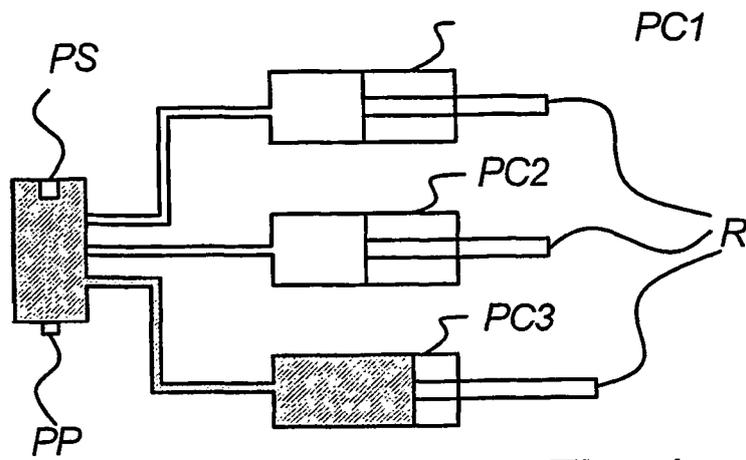


Fig. 4

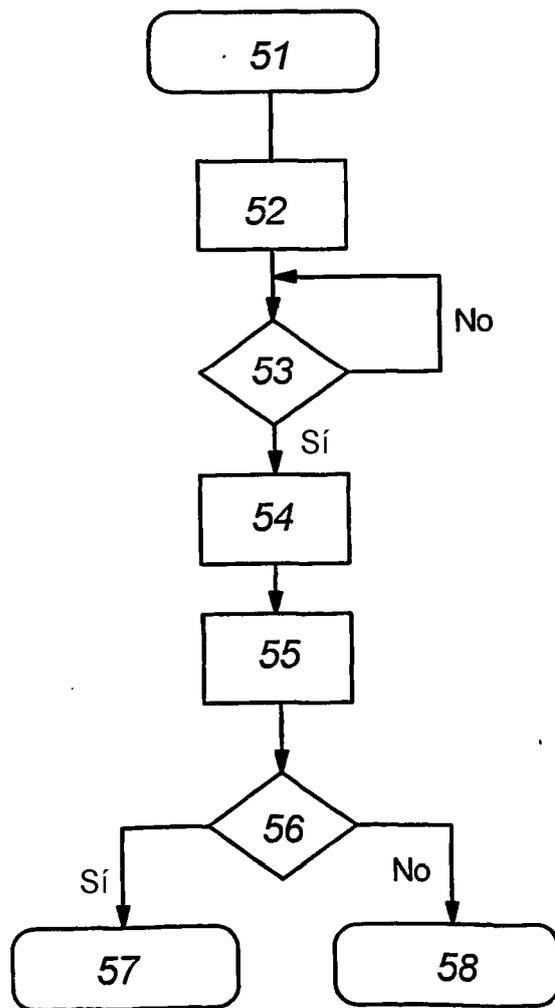


Fig. 5

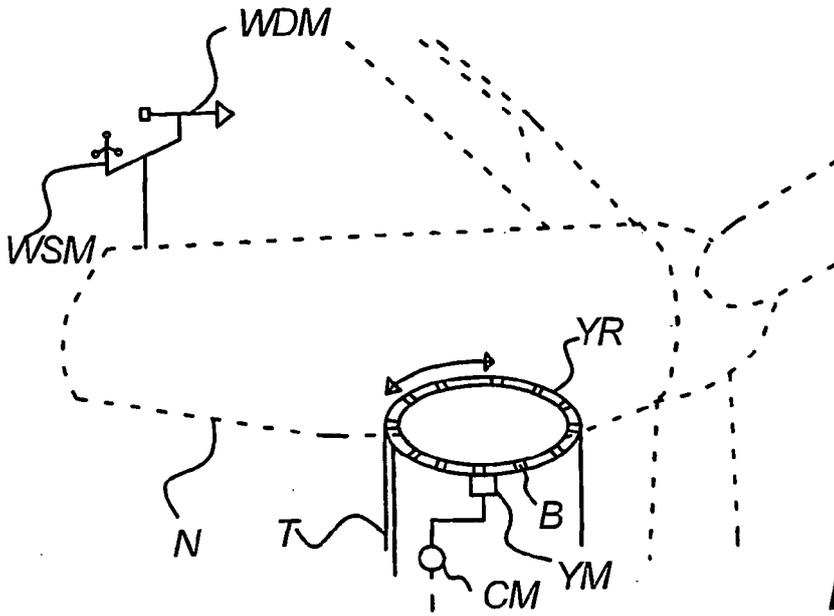


Fig. 6

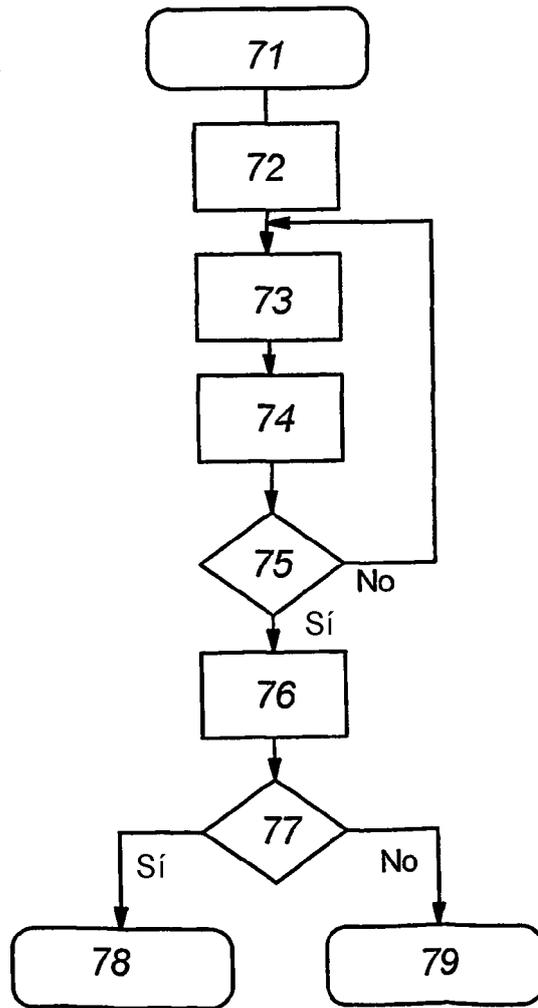


Fig. 7

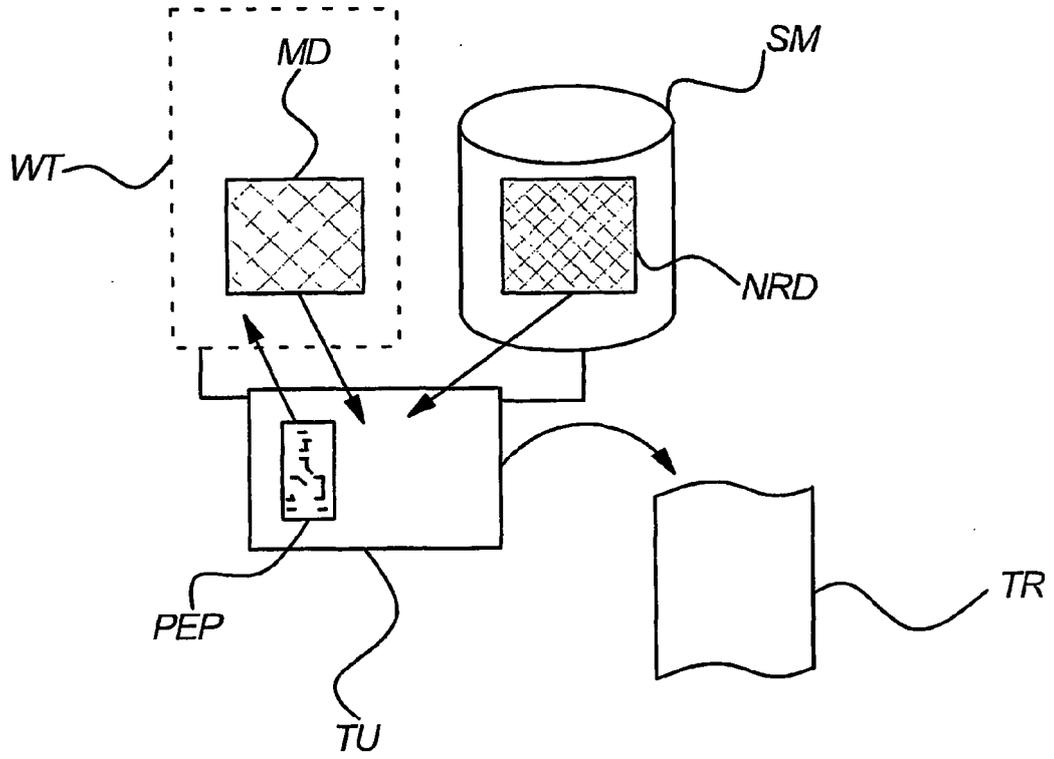


Fig. 8

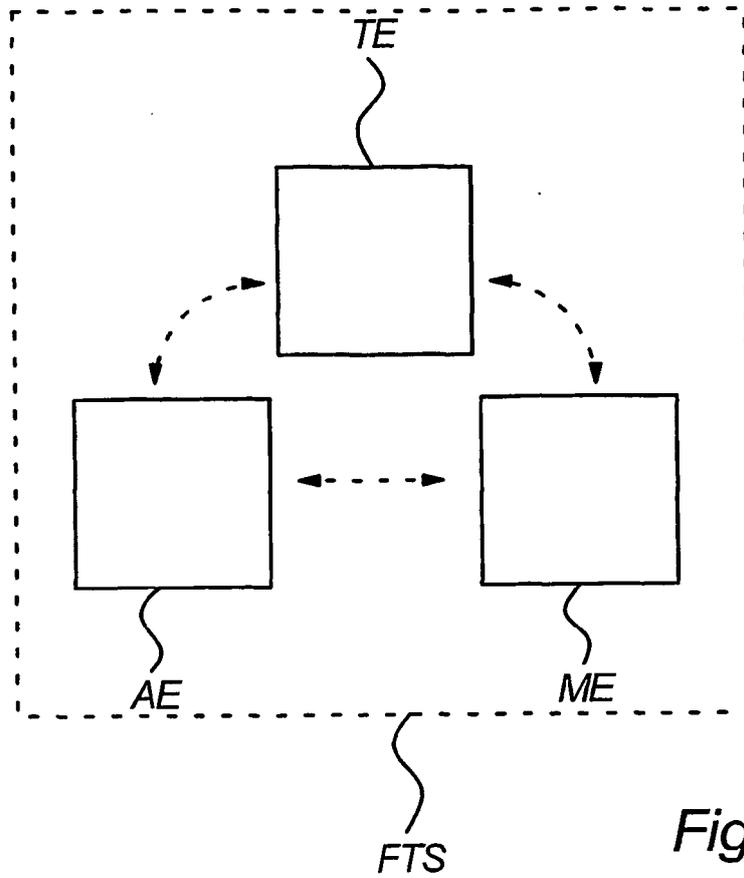


Fig. 9

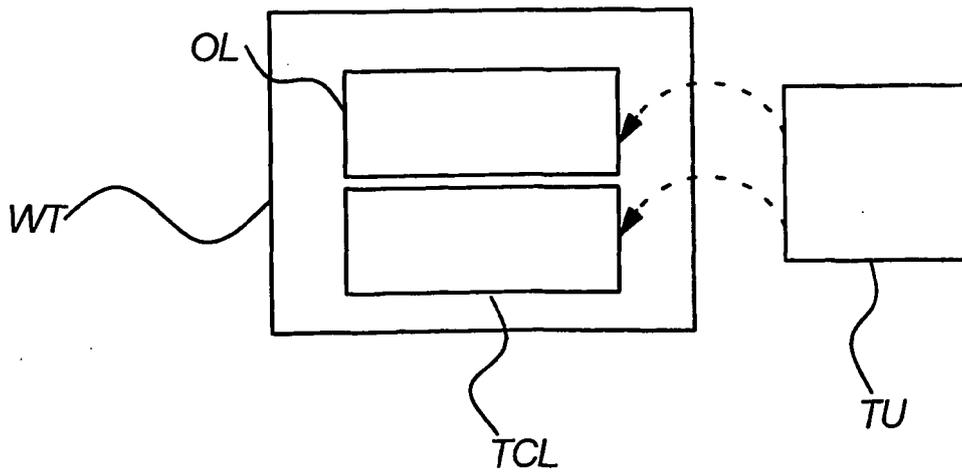


Fig. 10

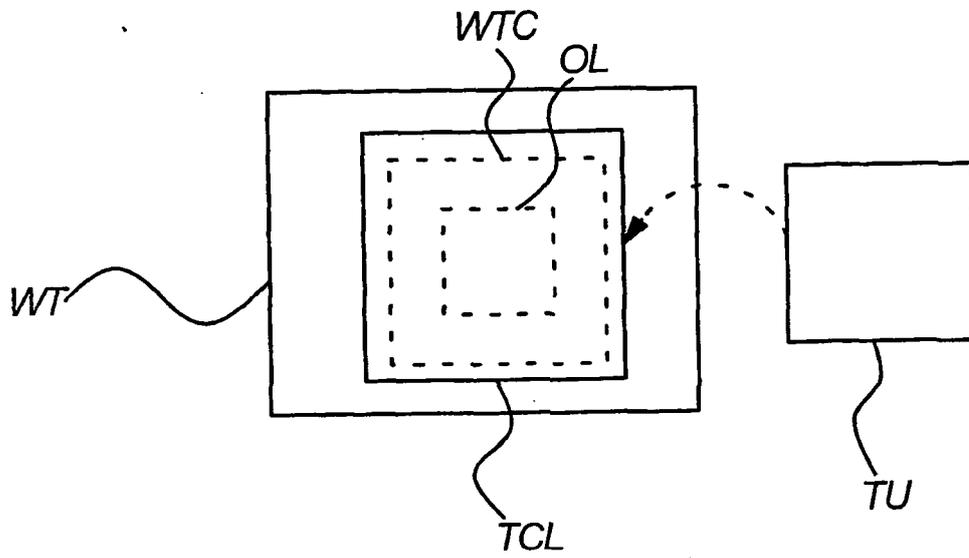


Fig. 11

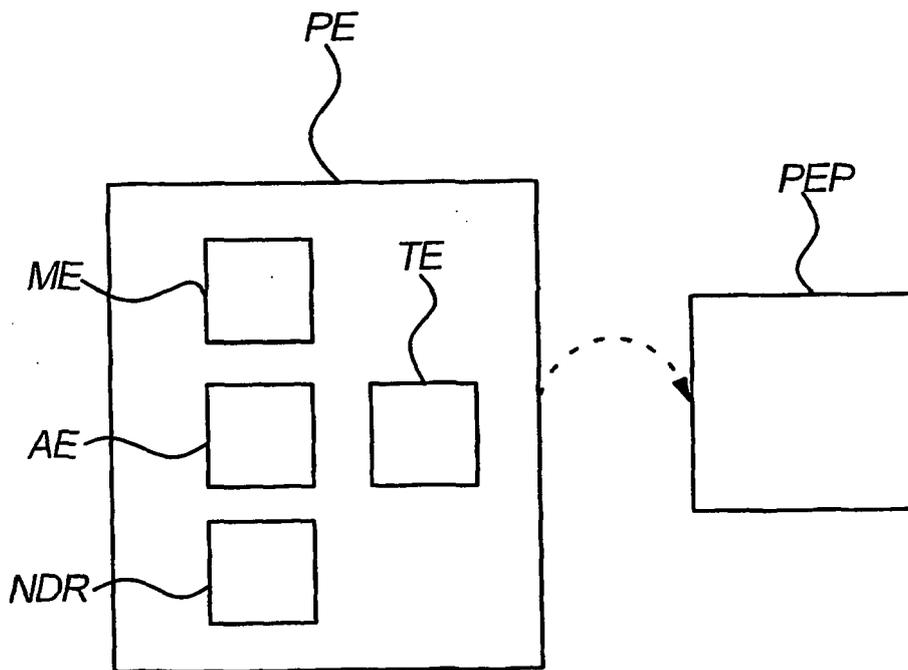


Fig. 12