



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 294 959**

② Número de solicitud: 200650031

⑤ Int. Cl.:
F03D 7/04 (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION

B1

- ⑫ Fecha de presentación: **12.11.2004**
- ⑩ Prioridad: **14.11.2003 ES 03380264.6**
- ④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.04.2008**
- Fecha de la concesión: **05.02.2009**
- Fecha de modificación de las reivindicaciones: **11.11.2008**
- ⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **01.03.2009**
- ⑤ Fecha de publicación del folleto de la patente: **01.03.2009**

⑦ Titular/es:
GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY S.L.
Parque Tecnológico de Bizkaia
Edificio 100-1
48170 Zamudio, Vizcaya, ES

⑧ Inventor/es: **Llorente González, José Ignacio**

⑨ Agente: **No consta**

④ Título: **Equipo de monitorización y proceso para aerogeneradores y sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos.**

⑤ Resumen:

Equipo de monitorización y proceso para aerogeneradores y sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos.

Sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (Ai), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST).

El sistema de mantenimiento predictivo comprende un equipo de monitorización y proceso (SMP), que se conecta con el sistema de control (PLC) del aerogenerador (Ai), de forma que el equipo de monitorización y proceso envía alarmas a través del sistema de control del aerogenerador hasta el sistema de supervisión y control.

La invención también se refiere a un equipo de monitorización y proceso (SMP) para aerogeneradores.

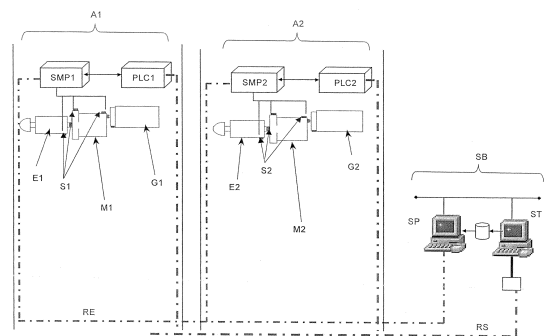


FIGURA 1

ES 2 294 959 B1

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 37.3.8 LP.

DESCRIPCIÓN

Equipo de monitorización y proceso para aerogeneradores y sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos.

Campo de la invención

La presente invención se engloba dentro de los sistemas de mantenimiento predictivo aplicables a aerogeneradores que forman parte de un parque eólico.

Antecedentes de la invención

Básicamente, un aerogenerador produce electricidad de la siguiente forma: el viento hace girar el rotor del aerogenerador, lo que provoca el giro de un generador (una dinamo) que produce electricidad.

Los principales componentes de la góndola de un aerogenerador son:

- Rotor: está constituido por unas palas que recogen el viento; se atornilla al eje principal.

- Eje principal: entre rotor y multiplicadora.

- Multiplicadora: conectada entre el rotor (al otro extremo del eje principal) y el generador de electricidad.

- Generador de electricidad

- Sistema de corona: permite el giro de la góndola para orientarse frente al viento según la señal de la veleta conectada al sistema de control.

- Sistema de control: controla la mayoría de las partes del aerogenerador; así, por ejemplo, controla el sistema de corona.

Un parque eólico está formado por uno o más aerogeneradores (hasta cientos) y otros elementos como un centro de transformación o subestación eléctrica y una o más torres meteorológicas. Todos estos elementos suelen estar supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las variables de funcionamiento de los mencionados elementos así como las alarmas que en ellos se producen.

La dificultad de aplicar las técnicas tradicionales de mantenimiento predictivo en aerogeneradores radica principalmente en los siguientes aspectos:

- a) necesidad de instalar gran cantidad de equipos predictivos -uno por máquina-, y por tanto, generación de grandes cantidades de información que será necesario procesar para detectar posibles problemas;
- b) dificultad en la accesibilidad de los datos debido a la ubicación de los equipos de predicción -situados en la góndola de cada aerogenerador y los aerogeneradores a su vez, en emplazamientos alejados de centros urbanos-;
- c) necesidad de simplificar el mantenimiento y de minimizar el coste de cada sistema; y,
- d) necesidad de condicionar la captura de señal a un estado de funcionamiento específico del aerogenerador y que este funcionamiento se mantenga durante la captura de la señal con el objetivo de eliminar ruidos introducidos por comportamientos transitorios del aerogenerador y conseguir información útil sobre el estado de los componentes críticos del aerogenerador.

Descripción de la invención

La invención se refiere a un equipo de monitorización y proceso para aerogeneradores de acuerdo con la reivindicación 1 y a un sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos según la reivindicación 11. Realizaciones preferidas del equipo y del sistema se definen en las reivindicaciones dependientes.

El sistema de mantenimiento predictivo de la invención resuelve la problemática anteriormente planteada, y lo hace a través de un sistema que aprovecha las infraestructuras habituales en los parques eólicos y que disminuye drásticamente la necesidad de dedicación de recursos al análisis de la información gracias a su monitorización condicionada y estable y a su capacidad de procesamiento.

El sistema de mantenimiento predictivo de la invención está basado en análisis de vibraciones, optimizado para aerogeneradores.

ES 2 294 959 B1

El principal objetivo del sistema de mantenimiento predictivo en aerogeneradores es la detección prematura de deterioros, defectos y fallos en los siguientes componentes críticos del aerogenerador: eje principal, multiplicadora y generador.

5 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un equipo con mínimo mantenimiento y bajo coste, fácilmente integrable en la góndola del aerogenerador, con capacidad de procesamiento de datos y detección autónoma de alarmas relativas al estado de los componentes mecánicos críticos del aerogenerador, y capaz de reportarlas, a través de la red de comunicaciones del parque, al habitual sistema de supervisión y control, sin necesidad de disponer de software auxiliar específico en el propio parque.

10 El sistema de mantenimiento predictivo de la invención es aplicable a parques eólicos, comprendiendo el parque eólico al menos un aerogenerador, que a su vez, como se ha indicado anteriormente, incluye como uno de sus componentes principales, un sistema de control que proporciona unas variables de funcionamiento del aerogenerador.

15 La invención se refiere a un equipo de monitorización y proceso para aerogenerador, incluyendo el aerogenerador un sistema de control, y estando el equipo de monitorización y proceso, configurado según el tipo de aerogenerador en el que se instale.

El equipo de la invención comprende:

20 - medios de conexión con dicho sistema de control del aerogenerador, y
- medios de conexión con un grupo de acelerómetros colocados en componentes preestablecidos del aerogenerador,

25 estando dicho equipo de monitorización y proceso configurado para comenzar una captura de señales del grupo de acelerómetros siempre que variables predeterminadas de funcionamiento del aerogenerador, recibidas desde el sistema de control, se encuentren en un rango predeterminado de funcionamiento, y

30 estando dicho equipo de monitorización y proceso configurado para completar dicha captura de señales siempre que el valor de dichas variables de funcionamiento que ha desencadenado la toma de medidas no varíe, durante toda la captura de señal, más allá de unos límites superior e inferior configurados en el equipo,

y comprendiendo dicho equipo de monitorización y proceso:

35 - medios de procesamiento de las señales capturadas de los acelerómetros para obtener un conjunto de variables globales asociadas las señales capturadas, y

40 - medios de generación de alarmas relativas a fallos o malfuncionamientos de los componentes mecánicos del aerogenerador.

Los componentes preestablecidos del aerogenerador son preferentemente eje principal, multiplicadora y generador.

45 Las variables predeterminadas de funcionamiento del aerogenerador que determinan el muestreo de las señales de los acelerómetros son, preferiblemente, la potencia instantánea producida por el aerogenerador, las revoluciones por minuto del generador y el giro de la corona.

50 Los rangos predeterminados de funcionamiento de dichas variables considerados válidos para la toma de señales se definen preferiblemente en función de características nominales (por ej, potencia nominal) del aerogenerador; en general, se puede considerar que sitúan aproximadamente en el rango que corresponde al funcionamiento del aerogenerador en algo más de la mitad de su potencia nominal.

55 - Los rangos de funcionamiento inferiores al definido no son adecuados para la detección de problemas en los componentes mecánicos ya que éstos no están sometidos a la carga necesaria para obtener información útil a partir de un análisis de la medida.

- Los rangos de funcionamiento superiores al definido no son adecuados para la detección de problemas en los componentes mecánicos ya que, debido al funcionamiento del sistema de control del aerogenerador, se dispersan mucho las medidas.

60 - Tampoco se toman medidas de los acelerómetros cuando la corona de la góndola está rotando, ya que los dientes de los engranajes pueden producir golpes por holguras que distorsionan la medida de la señal.

65 Durante el proceso de captura de señal de los acelerómetros, los valores de las variables que han determinado el comienzo de un muestreo, no deben variar más allá de unos límites superior e inferior, que para cada variable de funcionamiento están determinados por un porcentaje del valor inicial de la variable, que denominaremos régimen estable. En caso de que esta condición no se cumpla, se desecha la muestra.

ES 2 294 959 B1

El sistema de la invención realiza, por tanto, una monitorización continua de componentes críticos, preferiblemente eje principal, multiplicadora y generador, y esta monitorización es:

- condicionada: al estado de funcionamiento de la máquina, facilitado por el sistema de control del aerogenerador; y
- estable: las condiciones de funcionamiento deben mantenerse durante la toma completa de la medida.

Como se ha indicado antes, para tratamiento de las señales capturadas de los acelerómetros, el equipo de monitorización dispone de medios de procesamiento de las señales capturadas de los acelerómetros, que comprenden preferiblemente:

- o medios de acondicionamiento de la señal, preferiblemente: filtrado anti-aliasing, digitalización de la señal, aplicación de la FFT (Transformada Rápida de Fourier) para obtención del espectro de la señal;
- o medios de cálculo de una serie de valores globales, que preferiblemente son: factor cresta, RMS (o raíz cuadrada de los valores medios) global de la señal, RMS de bandas de frecuencia;
- o medios de ejecución de un algoritmo de detección de alarmas de nivel; y,
- o medios de ejecución de un algoritmo de detección de alarmas de tendencia.

Los medios de generación de alarmas del equipo de monitorización y proceso de la invención incluyen medios de generación de alarmas como resultado de la aplicación de los dos algoritmos de detección de alarmas anteriores.

Preferiblemente, la captura de señal de los acelerómetros consiste en la captura de tres muestras consecutivas de señales: una para proceso en alta frecuencia, una para proceso en baja frecuencia y una para tratamiento de filtrado digital.

Tanto los parámetros de los algoritmos de detección de alarmas como la definición de las frecuencias máximas, bandas de frecuencia y otros valores pueden configurarse en el propio equipo de monitorización y proceso.

El equipo de monitorización y proceso de la invención preferiblemente incluye medios de almacenamiento de la información introducida en o generada por el propio equipo de monitorización y proceso. Esta información incluye los datos obtenidos del proceso, como puede ser espectros, valores globales, condiciones de muestreo y alarmas, variables de funcionamiento del aerogenerador, configuración completa del equipo e históricos de variables globales y alarmas.

Es decir, este almacenamiento consiste preferiblemente en:

- o almacenamiento de los espectros, junto con los valores globales asociados a cada espectro y junto a las variables de funcionamiento del aerogenerador que desencadenaron la captura de la medida;
- o almacenamiento de las alarmas generadas tras la aplicación de los dos algoritmos de detección de alarmas mencionados.

Las políticas de almacenamiento sobre estas informaciones pueden ser configuradas en el propio equipo de monitorización y proceso en función de las necesidades de procesamiento y análisis; pueden ser las siguientes:

- número de espectros a almacenar: todos, los últimos n días, los último n días cada x horas;
- número de variables globales a almacenar: todas, los últimos n días, los último n días cada x horas;
- número de alarmas a almacenar; número de espectros asociados a alarma.

La invención también se refiere a un sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores, una red de comunicaciones y un sistema de supervisión y control.

Este sistema de mantenimiento predictivo comprende:

- un equipo de monitorización y proceso según se describe en la presente memoria descriptiva, que se conecta con el sistema de control del aerogenerador, de forma que el equipo de monitorización y proceso está configurado para enviar alarmas a través del sistema de control del aerogenerador hasta el sistema de supervisión y control.

El sistema de mantenimiento predictivo de la invención se integra en el sistema de información utilizando las infraestructuras disponibles para enviar la información generada por el propio equipo de monitorización y proceso; este equipo está instalado en la góndola del aerogenerador, y está conectado con el sistema de control del aerogenerador, que a su vez está normalmente conectado con el sistema de supervisión del parque y, por tanto, no necesita de ningún ordenador ni de ninguna aplicación adicional al sistema de supervisión y control habitual del parque. El equipo de

ES 2 294 959 B1

monitorización y proceso es capaz de enviar las alarmas a través del sistema de control del aerogenerador hasta el sistema de supervisión y control habitual del parque, pudiendo ser estas alarmas representadas en dicho sistema de la misma forma que el resto de las generadas por otros elementos como, por ejemplo, el propio sistema de control de los aerogeneradores.

5

Es decir, para informar a los operadores del resultado del procesamiento de las señales capturadas y de la posible detección de alarmas, el equipo de monitorización y proceso envía los valores globales calculados y alarmas generadas por el propio equipo al sistema de supervisión habitual del parque, a través del sistema de control del aerogenerador, aprovechando las infraestructuras existentes y consiguiendo así la integración con el sistema de información del parque eólico; y en caso de existir una red ethernet de comunicaciones en el parque, envía el paquete completo de datos (espectros, valores globales y alarmas) a medios de análisis de vibraciones configurados para permitir a expertos en análisis de vibraciones que investiguen en detalle sobre la información proporcionada por el equipo de monitorización.

10

En cuanto al análisis de la información extraída de los equipos de predictivo, el sistema de mantenimiento predictivo dispone de un software experto que se instala en los ordenadores de los ingenieros expertos en análisis espectral y de vibraciones y que permite realizar todo tipo de análisis sobre los datos recogidos de los equipos predictivos instalados en cada aerogenerador.

15

La información es enviada fuera del aerogenerador a través de uno o más canales, dependiendo de la configuración del parque:

20

- Si el parque dispone de una red serie a la que está conectado el sistema de supervisión, tanto las alarmas como los valores globales y las condiciones de muestreo (pero no los espectros debido a su gran tamaño) son transmitidos al sistema supervisor del parque eólico, a través del PLC del aerogenerador. Las alarmas aparecerán integradas como el resto de alarmas del parque en la aplicación de supervisión. En el caso de parques con red basadas en protocolos serie, si del análisis de los valores globales recogidos en el ordenador de supervisión de parque se determina que es necesario realizar un análisis más en profundidad, puede ser necesario ir al propio aerogenerador que ha generado la alarma para descargar los espectros asociados a dicha alarma (que se encuentran almacenadas en los medios de almacenamiento del equipo de monitorización).

25

- Si en el parque existe una red ethernet, además de enviar las alarmas y valores globales al sistema de supervisión del parque a través del PLC, toda la información asociada a la medida (espectros, variables globales, alarmas y condiciones de muestreo) será enviada a un repositorio de datos instalado en un ordenador específico de parque. De esta forma, los medios de análisis, que se instalan preferiblemente fuera del parque (en las oficinas del mantenedor), permiten a los expertos en vibraciones a realizar análisis de espectros, de variables globales y de alarmas generadas por el equipo de monitorización instalado en cada aerogenerador del parque.

30

El sistema de mantenimiento predictivo dispone de una aplicación específica que permite realizar las siguientes tareas sobre el equipo de predictivo instalado en el aerogenerador:

35

- Configuración completa del equipo de monitorización y proceso, lo que incluye parámetros tales como: rangos válidos de captura de señal y definición de régimen estable; dirección IP del equipo; frecuencias máximas, número de líneas y bandas definidas tanto para el proceso de alta, baja y filtro digital; política de almacenamiento de la información en el propio equipo; parámetros de los algoritmos de detección de alarmas de nivel y de tendencia; características de los acelerómetros; características de la multiplicadora; características del generador, y otros.

40

- Toma continua de información del equipo de predictivo, principalmente, estado del equipo, estado de las comunicaciones, estado de los sensores, variables globales, espectros, alarmas generadas e históricos de variables globales y alarmas.

45

La aplicación específica para el sistema equipo del sistema de mantenimiento predictivo mencionada en el punto anterior permite realizar un conjunto de tareas sobre los datos recogidos de los sistemas de mantenimiento predictivo instalados en los aerogeneradores, algunas de las cuales son:

50

- creación de la jerarquía de elementos relacionados con el sistema de predictivo -aerogeneradores, equipos de monitorización y control, acelerómetros-,

55

- definición de perfiles de acceso y explotación de los datos,

60

- generación de perfiles de configuración de equipos de predictivo según tipo de máquina, características de los componentes críticos,

65

- análisis de tendencias de las variables globales del equipo de predictivo,

ES 2 294 959 B1

- análisis espectral de los espectros recogidos del equipo de predictivo,
- comparativas de datos.

5 El sistema de la invención es, por tanto, integrable con el sistema de control o PLC ya existente en los aerogeneradores actuales, así como con las redes de comunicaciones existentes en los parques eólicos y con el sistema de supervisión del parque eólico. De esta forma, sin necesidad de un procesamiento manual, ni de especiales aplicaciones expertas, es posible detectar problemas en los componentes críticos y presentar estos problemas junto con parte de la información que los ha detectado en los sistemas habituales instalados en los parques y que son los que facilitan la
10 operación y explotación normal de los parques eólicos.

Entre las ventajas importantes asociadas a la instalación de un sistema de mantenimiento predictivo en aerogeneradores, se pueden destacar las siguientes:

- 15 - reducción del mantenimiento correctivo,
- protección sobre el resto de los componentes del aerogenerador,
- 20 - aumento de la vida útil del aerogenerador y mejora de su funcionamiento.

Entre las ventajas importantes asociadas a la instalación del sistema de la invención, se pueden destacar las siguientes:

- 25 - equipo de mínimo mantenimiento y bajo coste totalmente integrado con el resto de los componentes del aerogenerador;
- capacidad de monitorización continua, filtrando la captura de señales según el funcionamiento del aerogenerador, lo que reduce drásticamente la cantidad de información no relevante a procesar;
- 30 - capacidad del propio equipo instalado en el aerogenerador de realizar un procesamiento exhaustivo de las señales recogidas y de detección de alarmas asociadas a problemas en componentes críticos del aerogenerador, reduciendo drásticamente la cantidad de recursos a dedicar al análisis de información obtenida;
- 35 - capacidad de integrar el equipo en el sistema de supervisión habitual del parque eólico, lo que permite aprovechar la operación y explotación normal del parque eólico sin necesidad de dedicar recursos ni sistemas específicos para gestión del sistema de predictivo.

Breve descripción de los dibujos

40 A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La figura 1 muestra un esquema de un parque eólico.

45 Las figuras 2 y 3 muestran flujogramas del funcionamiento del sistema de mantenimiento predictivo de acuerdo con una realización preferida del mismo.

La figura 4 muestra un esquema del tipo de procesamiento y detección de alarmas del sistema de la invención.

50 La figura 5 muestra un ejemplo de realización del frontal del equipo de monitorización y proceso.

Descripción de una realización preferida de la invención

55 La figura 1 muestra un esquema sencillo de un parque eólico; para evitar complejidad del dibujo, en este parque se muestran dos aerogeneradores A1 y A2 y un centro de transformación o subestación eléctrica SB. Los diferentes elementos del parque están supervisados por un sistema de supervisión y control de parque (o telemando) ST instalado en un ordenador central ubicado en el propio parque eólico y conectado a los aerogeneradores a través de una red de comunicaciones local RS, por ejemplo, una red RS-232. La aplicación instalada en este ordenador central recoge las
60 variables de funcionamiento de los elementos del parque así como las alarmas que en ellos se producen. Adicionalmente el parque puede tener una red de comunicaciones vía ethernet RE. Y en la subestación del parque SB, además del sistema de supervisión ST, puede existir un ordenador SP en el que se incluya el software experto para que los ingenieros expertos en análisis espectral y de vibraciones puedan realizar todo tipo de análisis sobre los datos recogidos de los equipos de monitorización y proceso SMPi instalados en cada aerogenerador Ai.

65 Para cada aerogenerador Ai en esta figura, únicamente se muestran los componentes críticos sobre los que se instalan los acelerómetros Si: eje Ei, multiplicadora Mi y generador Gi.

ES 2 294 959 B1

El equipo de monitorización y proceso SMPi se instala en la góndola del aerogenerador, y se conecta con el sistema de control PLCi del aerogenerador; éste a su vez está conectado con el sistema de supervisión ST del parque; por tanto, no se necesita ningún ordenador ni de ninguna aplicación adicional al sistema de supervisión y control habitual del parque, siendo el equipo de monitorización y proceso SMPi capaz de enviar las alarmas a través del sistema de control PLCi del aerogenerador hasta el sistema de supervisión y control habitual del parque, pudiendo ser dichas alarmas representadas en dicho sistema de la misma forma que el resto de las alarmas generadas en el parque por otros elementos.

De esta forma, el sistema de mantenimiento predictivo de la invención se integra en el sistema de información utilizando las infraestructuras ya disponibles para enviar la información generada por cada el equipo de monitorización y proceso SMPi.

Un ejemplo de realización de este el equipo de monitorización y proceso SMPi se muestra en la figura 5.

Se trata de un equipo pequeño, del tamaño aproximado de una hoja A4 con unos 10 cm de espesor, y de poco peso (aproximadamente 2 kg). Es integrable en el armario de control instalado en la góndola del aerogenerador, y aprovecha refrigeración, calefactado y alimentación de dicho armario de control.

Tiene un botón 1 de encendido y apagado, así como un LED 2 indicativo del estado del equipo (encendido o apagado). Tiene un grupo de ocho LEDs 3, que son informativos del estado de los acelerómetros. El equipo SMPi dispone de ocho canales 8, a los que se conectan los acelerómetros; de esta forma, el equipo tiene capacidad para recibir la información de ocho sensores.

En la presente realización se ha indicado (figura 1) que hay seis acelerómetros Si (uno en el eje principal, tres en la multiplicadora y dos en el generador), por lo que dos canales quedarían libres.

El equipo así mismo dispone de ocho conectores 4, para conectar aparatos externos al sistema de la invención (aparatos comerciales), con el fin de contrastar y comprobar la información recogida por los acelerómetros; es una forma de tener una segunda información “redundante” sobre la señal de los acelerómetros, y poder analizarla (por ejemplo, para recogida de datos de vibración) con aparatos comerciales.

El equipo también dispone de un puerto 5 para conexión ethernet, así como un puerto 6 para conexión RS-232 (de 9 pines) con el PLC del aerogenerador.

Tiene un conector 7 para alimentación (a 24 V), y un grupo de LEDs 9 y 10 indicativos del estado de las comunicaciones ethernet y RS-232, respectivamente. Tiene capacidad de configuración tanto por el conector puerto 5 como por el puerto 6 serie.

Dispone internamente de un procesador DSP para tratamiento de señal, y de un microchip con el stack de comunicaciones TCP/IP, así como un procesador dedicado a las comunicaciones.

A continuación se explica un ejemplo de funcionamiento del equipo y sistema de la invención (cuyos pasos principales se muestran esquemáticamente en la figura 2).

Suponemos un equipo SMP instalado en la góndola de un aerogenerador de 850 kw de potencia nominal y conectado a su sistema de control PLC.

Suponemos que dicho equipo está configurado con los siguientes rangos de funcionamiento para las variables del aerogenerador:

- potencia instantánea

rango válido = [550,600]; régimen estable = 5%

- revoluciones por minuto del generador

rango válido = [1600, 1640]; régimen estable = 1%

También se configurarán los parámetros del algoritmo de detección de alarmas de nivel, del algoritmo de detección de alarmas de tendencia y la política de almacenamiento de la información en el equipo.

Una vez configurado el equipo, comienza la monitorización en continuo de los componentes críticos. El PLC está en continua comunicación con el equipo de monitorización del sistema de la invención; el PLC envía continuamente, por ejemplo, cada 200 ms, a dicho equipo información sobre las variables de funcionamiento (paso 101), además de cierta información adicional como la fecha y hora del PLC y la energía acumulada producida.

ES 2 294 959 B1

En un instante dado, el PLC pasa al equipo de predictivo los siguientes valores:

potencia instantánea = 575 kw;

5 rmp del generador = 1615; y

giro de corona = detenido.

10 En este caso, se cumplen las condiciones de captura de señal de los acelerómetros (paso 102) y el equipo comienza dicho proceso; éste dura aproximadamente 8 segundos y consiste en tres tomas de señal (paso 103), cada una de ellas recoge datos simultáneamente de los acelerómetros conectados al equipo: una para análisis en alta frecuencia, una para análisis en baja frecuencia y la última para filtro digital.

15 Supongamos que en el siguiente instante (200 ms más tarde), mientras el equipo está en el proceso de muestreo, el PLC pasa los siguientes valores:

potencia instantánea = 580;

20 rpm del generador = 1635 y

giro de corona = detenido.

25 El giro de corona sigue detenido; la variación del valor de la potencia instantánea es inferior al 5% configurado para esta máquina, pero la variación del valor de las rmp es superior al 1% establecido por la configuración. En este caso, el equipo desearía la señal capturada al no haber sido esta tomada en régimen estable de funcionamiento durante todo el proceso de muestreo.

30 Supongamos que de nuevo, el PLC nos envía valores dentro del rango de funcionamiento y que estos valores se mantienen estables durante todo el proceso de muestreo de forma que se completa con éxito la captura de señal.

En este caso, el equipo comenzaría el proceso de tratamiento de la señal muestreada. Primero se filtra la señal medida con un filtro anti-aliasing, se digitaliza la señal, se aplican una serie de filtros y finalmente se obtiene el espectro aplicando la FFT a la señal muestreada (pasos 104 y 105). Posteriormente, comenzarán los cálculos de las variables globales (paso 106) del espectro obtenido: factor cresta, rms global y rms de distintas bandas de frecuencia. Una vez obtenidos estos valores, aproximadamente 21 valores, se lanzaría el algoritmo de detección de alarma de nivel (paso 107a) en base a una serie de parámetros configurados como, por ejemplo, el número de muestras que tienen que superar el valor consigna para dar una alarma. Seguido se ejecutaría el algoritmo de detección de alarma de tendencia (paso 107b). Suponemos que el equipo detecta una alarma (paso 108).

Una vez terminado el proceso, toda la información asociada a este muestreo se almacena en memoria no volátil (pasos 109a y 109b) del propio equipo, según la política de almacenamiento configurada en el equipo. La información consistirá en el espectro, los valores globales asociados, las alarmas asociadas y los valores de funcionamiento del aerogenerador que determinaron el muestreo que incluyen fecha y hora.

La información es enviada fuera del aerogenerador a través de uno o más canales (como se muestra esquemáticamente en la figura 3).

50 Así, una vez que hay un proceso de captura de señales en marcha (paso 110), si hay datos que enviar (paso 111), esta información se envía, dependiendo de la configuración del parque:

- Si el parque dispone únicamente de la red serie RS a la que está conectado el sistema de supervisión, tanto las alarmas como los valores globales y las condiciones de muestreo (pero no los espectros debido a su gran tamaño) son transmitidos al sistema de supervisión ST del parque eólico, a través del PLC del aerogenerador (pasos 112 y 113). Las alarmas aparecerán integradas como el resto de alarmas del parque en la aplicación de supervisión. En el caso de parques con red basadas en protocolos serie, si del análisis de los valores globales recogidos en el ordenador de supervisión de parque se determina que es necesario realizar un análisis más en profundidad, puede ser necesario ir al propio aerogenerador que ha generado la alarma para descargar los espectros asociados a dicha alarma (que se encuentran almacenadas en los medios de almacenamiento del equipo de monitorización).

- Si en el parque además existe una red ethernet RE (paso 114), además de enviar las alarmas y valores globales al sistema de supervisión del parque a través del PLC, toda la información asociada a la medida (espectros, variables globales, alarmas y condiciones de muestreo) será enviada (paso 115) a un repositorio de datos instalado en un ordenador específico de parque. De esta forma, el ordenador SP que contiene el software de análisis permite a los expertos en vibraciones a realizar análisis de espectros, de variables globales y de alarmas generadas por el equipo de monitorización instalado en cada aerogenerador del parque.

ES 2 294 959 B1

En la figura 4 se muestra de forma esquemática y simplificada el procesamiento para cálculo de variables globales y detección de alarmas del sistema de la invención; para evitar complicar el dibujo, sólo se ha mostrado la secuencia de baja frecuencia; el desarrollo del árbol es análogo para el resto de ramas (alta frecuencia y demodulación).

5 Cuando el sistema de control PLC indica que las condiciones de funcionamiento del aerogenerador son las adecuadas, los acelerómetros comienzan una captura de señales: una para análisis en alta frecuencia HF, una para análisis en baja frecuencia BF y la última para filtro digital FD o demodulación. Como se ha indicado anteriormente, para cada una de estas tres tomas se calculan: espectros, RMS global, factor cresta y RMS de distintas bandas de frecuencia, y para cada caso, se ejecutarán, en el propio equipo de monitorización y proceso SMP, algoritmos de detección de
10 alarma de nivel y de tendencia. Así mismo, se podrá realizar, en el ordenador SP en el que se incluya el software experto (instalado en la subestación SB), el correspondiente análisis espectral.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Equipo de monitorización y proceso (SMP) para aerogenerador (Ai), incluyendo el aerogenerador un sistema de control (PLC),

comprendiendo dicho equipo:

- 10 - medios de conexión con dicho sistema de control (PLC) del aerogenerador, y
- medios de conexión con un grupo de acelerómetros (Si) colocados en componentes preestablecidos (Ei, Mi, Gi) del aerogenerador,
- 15 - medios de proceso para procesar las señales capturadas de los acelerómetros para obtener un conjunto de variables globales asociadas a las señales capturadas, y
- medios de generación de alarmas relativas a fallos o malfuncionamientos de los componentes mecánicos del aerogenerador,

20 **caracterizado** porque

dicho equipo de monitorización y proceso está configurado para comenzar una captura de señales del grupo de acelerómetros siempre que variables predeterminadas de funcionamiento del aerogenerador, recibidas desde el sistema de control, se encuentren en un primer rango predeterminado de funcionamiento,

25 dicha captura de señales teniendo una duración de tiempo mayor que el intervalo de tiempo entre dos comunicaciones consecutivas del sistema de control, y

dicho equipo de monitorización y proceso está configurado para completar dicha captura de señales cuando el valor de dichas variables de funcionamiento que ha desencadenado la toma de medidas no varíe, durante toda la captura de señal, más allá de unos límites superior e inferior configurados en el equipo, definiendo dichos límites superior e inferior un segundo rango para cada variable de funcionamiento que se localiza junto con el primer rango predeterminado de funcionamiento, y en el cual las señales capturadas son desechadas si alguna de dichas variables de funcionamiento varía durante toda la captura de señales más allá de dichos límites superior e inferior configurados para cada rango de variable de funcionamiento.

35 2. Equipo de monitorización y proceso según reivindicación 1, **caracterizado** porque dichas variables predeterminadas de funcionamiento del aerogenerador (Ai) son potencia instantánea producida por el aerogenerador, revoluciones por minuto del generador (Gi) y giro de la corona.

40 3. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos rangos predeterminados de las variables predeterminadas de funcionamiento del aerogenerador están definidos en función de las características nominales del aerogenerador (Ai).

45 4. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos límites superior e inferior están determinados, para cada variable de funcionamiento, por un porcentaje del valor inicial de dicha variable.

50 5. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la captura de señal de los acelerómetros consiste en la toma de tres muestras consecutivas: una para proceso en alta frecuencia (HF), una para proceso en baja frecuencia (BF) y una para tratamiento de filtrado digital (FD).

6. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos medios de procesamiento comprenden:

- 55 - medios de acondicionamiento de la señal,
- medios de cálculo de un conjunto de valores globales,
- 60 - medios de ejecución de un algoritmo de detección de alarmas de nivel, y
- medios de ejecución de un algoritmo de detección de alarmas de tendencia.

65 7. Equipo de monitorización y proceso según la reivindicación 6 cuando depende de la reivindicación 5, **caracterizado** porque los parámetros de los algoritmos de detección de alarmas y las frecuencias máximas, bandas de frecuencia son configurables en el propio equipo de monitorización y proceso.

ES 2 294 959 B1

8. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque comprende medios de almacenamiento de la información introducida en o generada por el propio equipo de monitorización y proceso.

5 9. Equipo de monitorización y proceso según la reivindicación 8, **caracterizado** porque dicha información que se almacena en los medios de almacenamiento incluye espectros, valores globales, alarmas, variables de funcionamiento del aerogenerador, configuración completa del equipo e históricos de variables globales y alarmas.

10 10. Equipo de monitorización y proceso según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque dichos componentes preestablecidos del aerogenerador son eje principal (Ei), multiplicadora (Mi) y generador (Gi).

11. Sistema de mantenimiento predictivo para parques eólicos, comprendiendo el parque eólico un grupo de aerogeneradores (Ai), una red de comunicaciones (RS) y un sistema de supervisión y control (ST),

15 **caracterizado** porque el sistema de mantenimiento predictivo comprende:

- un equipo de monitorización y proceso (SMP) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores,

20 conectándose dicho equipo de monitorización y proceso con el sistema de control (PLC) del aerogenerador (Ai), de forma que

el equipo de monitorización y proceso está configurado para enviar alarmas a través del sistema de control del aerogenerador hasta el sistema de supervisión y control.

25 12. Sistema de mantenimiento predictivo según reivindicación 11, **caracterizado** porque comprende medios de análisis espectral y de vibraciones (SP) de la información extraída de los equipos de monitorización y proceso (SMP).

30

35

40

45

50

55

60

65

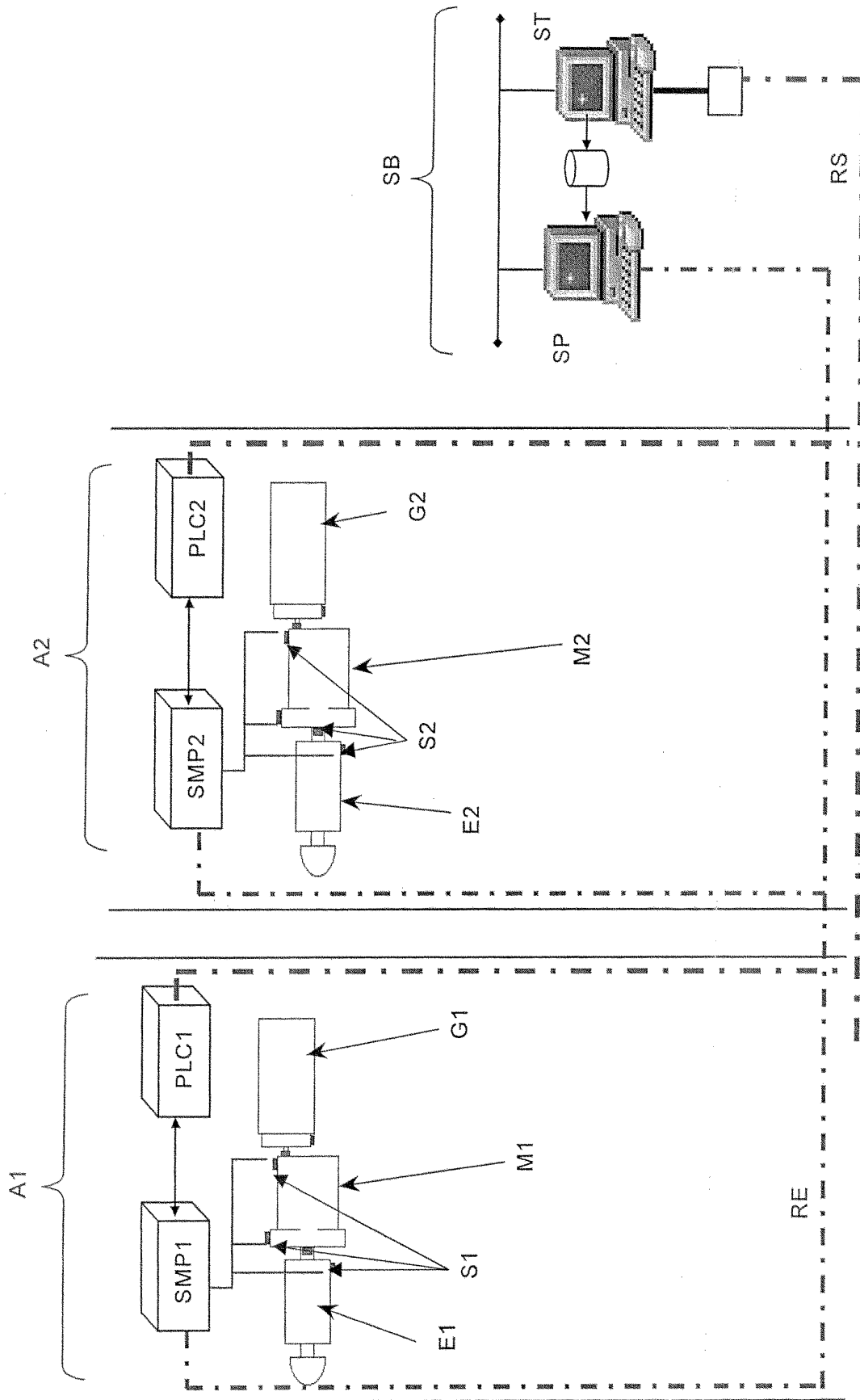


FIGURA 1

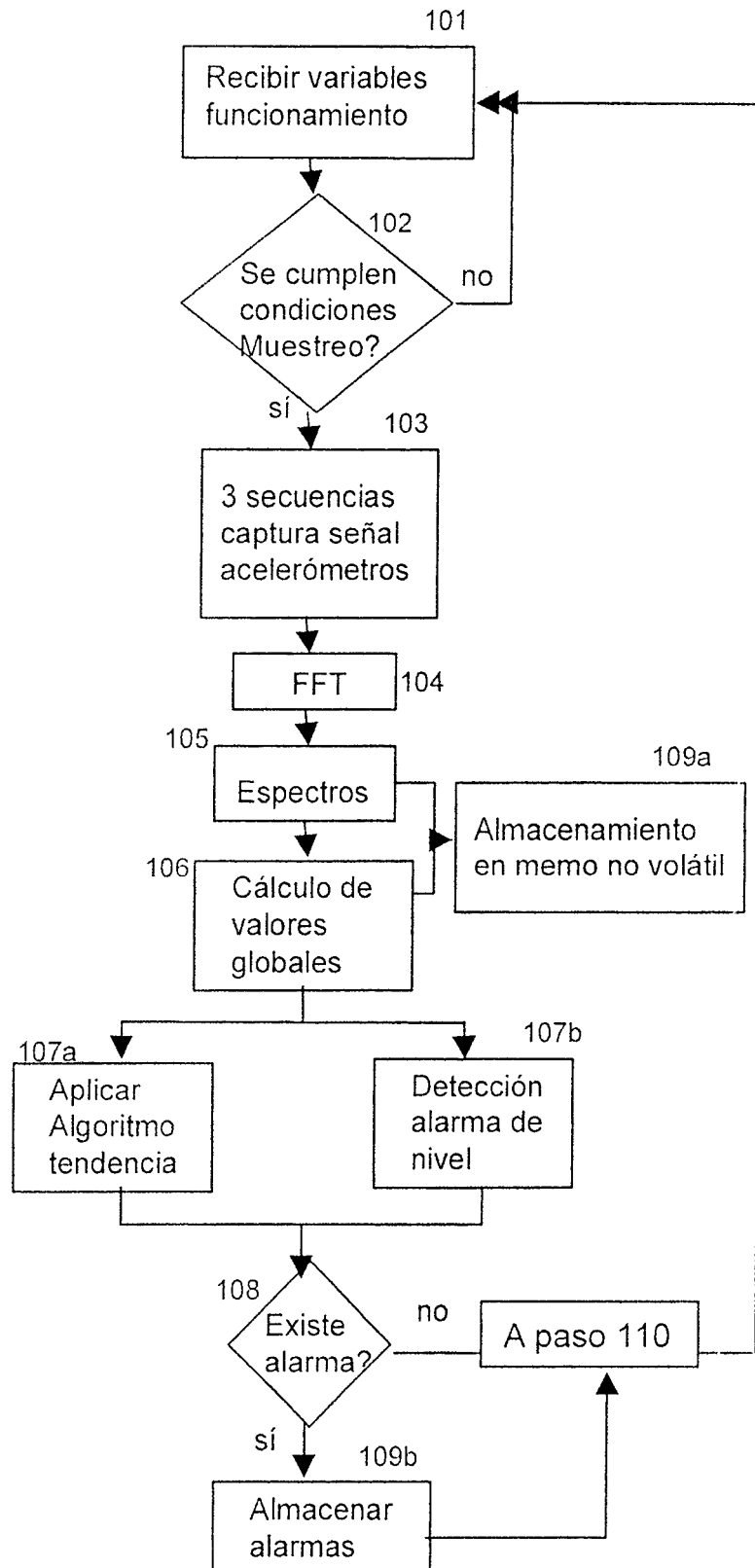


FIGURA 2

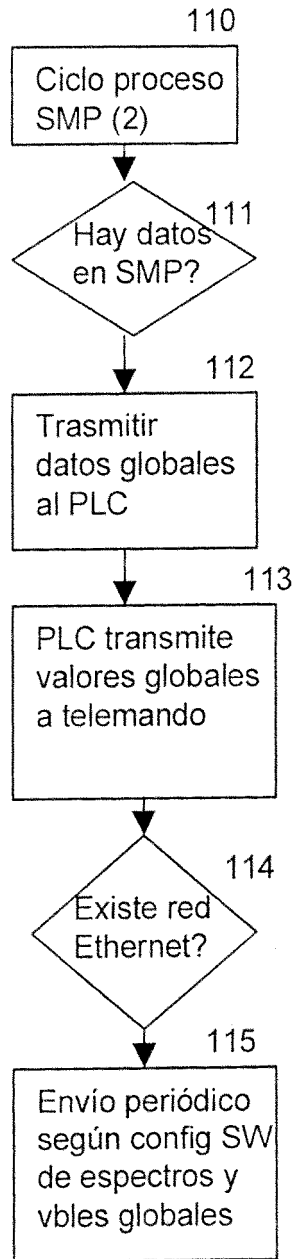


FIGURA 3

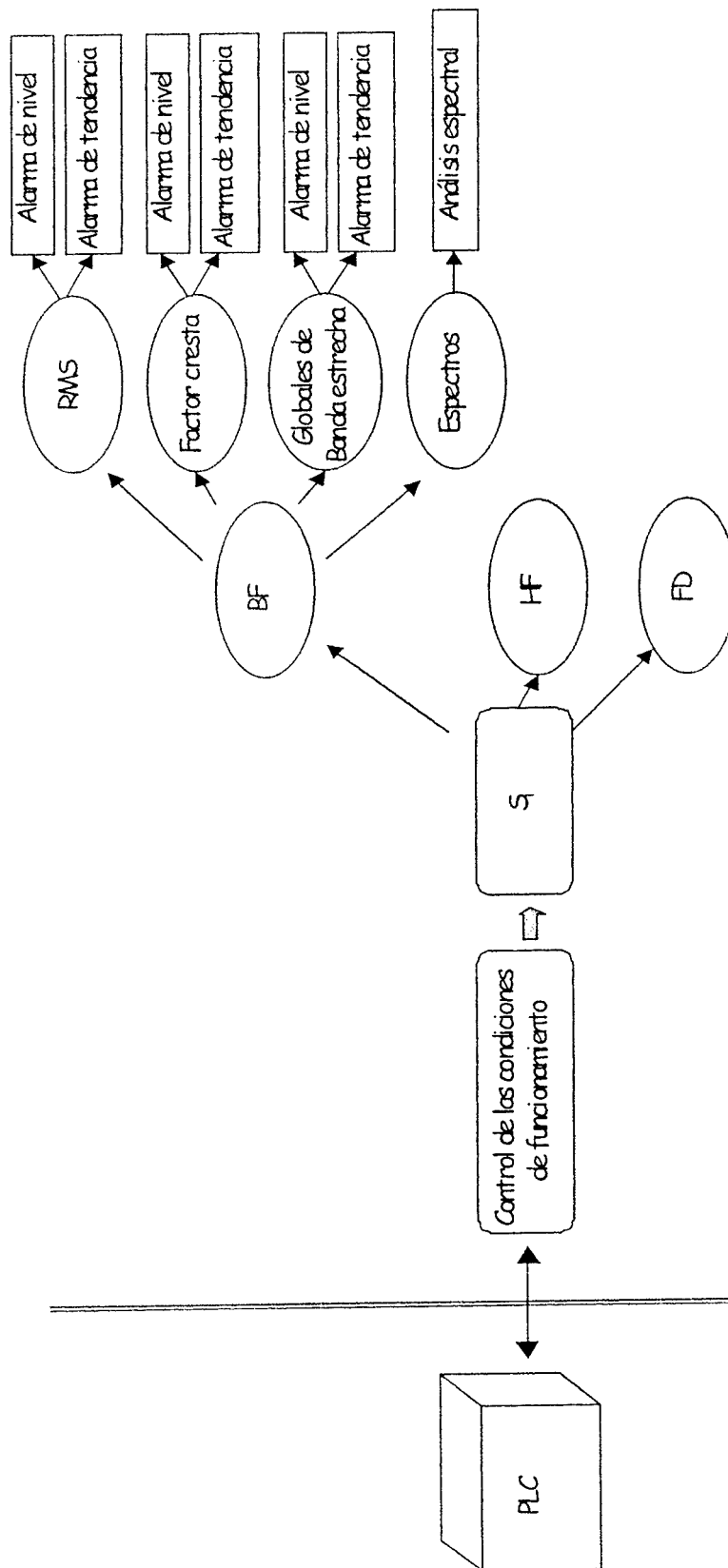


FIGURA 4

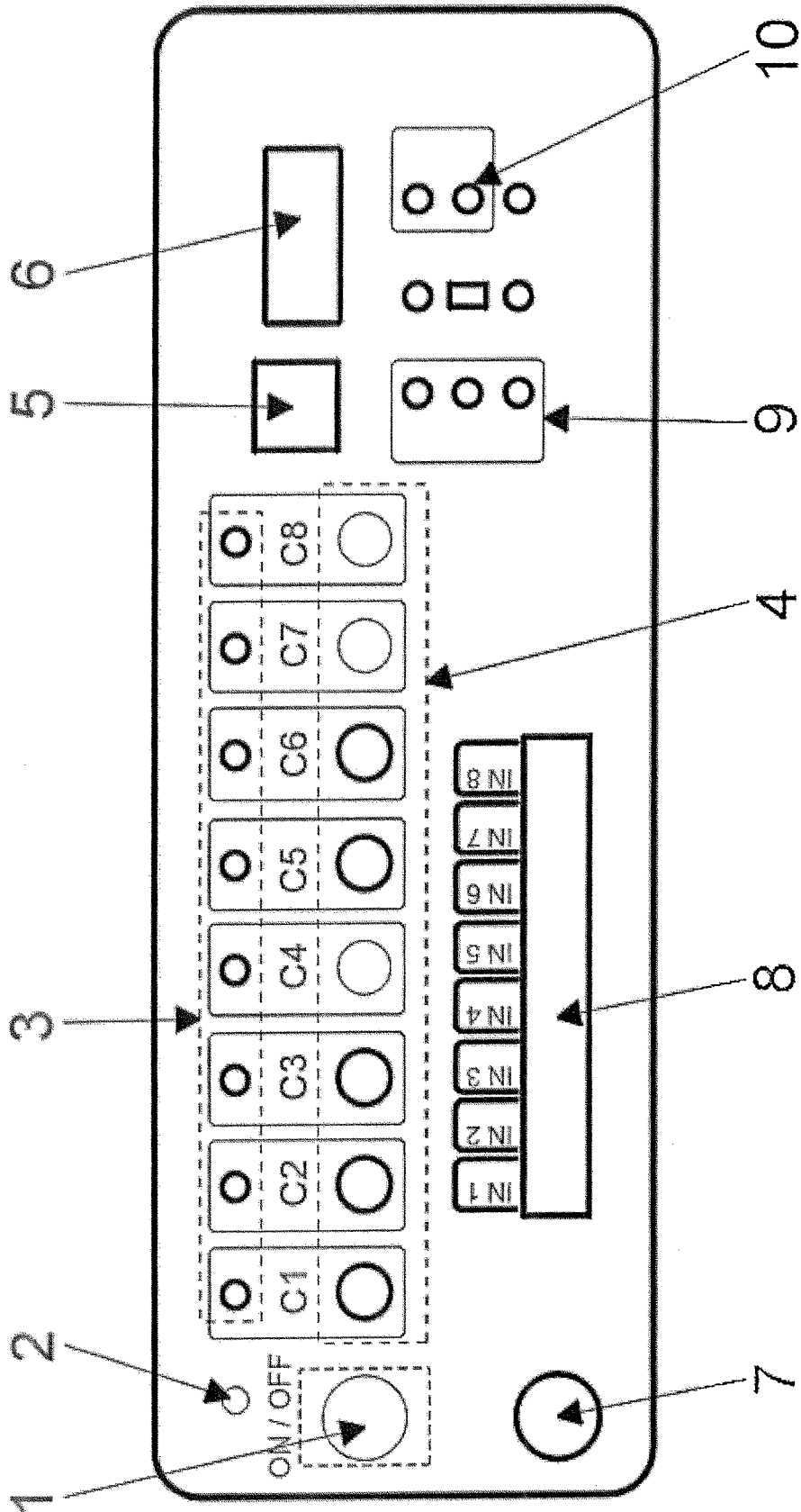


FIGURA 5



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 294 959

② Nº de solicitud: 200650031

③ Fecha de presentación de la solicitud: 12.11.2004

④ Fecha de prioridad: 14.11.2003

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **F03D 7/04** (2006.01)
F03D 11/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
Y	US 2002029097 A1 (PIONZO et al.) 07.03.2002, todo el documento, en especial figuras 1,2,5; párrafos 49-54.	1-12
Y	US 2003023518 A1 (SPRIGGS et al.) 30.06.2003, todo el documento, en especial figuras 1-5,7-14; párrafos 62-93,127-128.	1-12
A	US 5963884 A (BILLINGTON et al.) 05.10.1999, todo el documento.	1-12
A	WO 0150099 A1 (REID ASSET MANAGEMENT COMPANY) 12.07.2001, todo el documento.	1-12

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

04.03.2008

Examinador

P. Valbuena Vázquez

Página

1/1