



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 309 478**

51 Int. Cl.:
F03D 11/00 (2006.01)
F01D 21/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **04380026 .7**
96 Fecha de presentación : **10.02.2004**
97 Número de publicación de la solicitud: **1564405**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.08.2005**

54 Título: **Banco de ensayo para generadores eólicos.**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
16.12.2008

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
16.12.2008

73 Titular/es: **Gamesa Innovation & Technology, S.L.**
Unipersonal
Polígono Industrial Los Agustinos
c/ A, s/n
31013 Pamplona, ES

72 Inventor/es: **Llorente González, José Ignacio y**
Urzelai Iribarren, Gurutz

74 Agente: **No consta**

ES 2 309 478 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

Banco de ensayo para generadores eólicos.

5 La presente invención se refiere a un banco de ensayo para generadores eólicos y más concretamente para ensayos de fatiga y carga máxima de los diferentes elementos o componentes estructurales de dichos generadores.

El banco de la invención es del tipo que comprenden una bancada sobre la que se monta el conjunto a ensayar y los medios para la aplicación de carga sobre dicho conjunto.

10 Por la patente JP 238376 es conocido un banco de ensayo para generadores del tipo expuesto, mediante el que se somete el cabezal del aerogenerador a la acción de una serie de cilindros hidráulicos con los que se trata de reproducir las acciones que dicho cabezal sufre durante el funcionamiento del aerogenerador por efecto de las espas, en unas condiciones determinadas de viento. Sin embargo, este banco no permite llevar a cabo ensayos de los elementos
15 estructurales del aerogenerador, como son la torre o columna, el mecanismo de orientación que corona la torre, y el bastidor o bastidores que soportan el rotor, multiplicadora, generador y demás componentes del equipo aerogenerador, debido a las dimensiones y peso del conjunto estructural del aerogenerador y a las cargas a las que habría que someter a dicho conjunto.

20 La presente invención tiene por objeto un banco de ensayo para aerogeneradores que permite llevar a cabo ensayos de fatiga y de carga del conjunto de elementos estructurales del aerogenerador, sometiendo a dicho conjunto a esfuerzos que permitan, en un período relativamente reducido de tiempo, obtener una respuesta equivalente a la que se produciría a lo largo de su vida útil.

25 El banco de la invención comprende una bancada compuesta por una cimentación a base de hormigón armado, de profundidad y robustez suficiente para soportar los esfuerzos de los ensayos a realizar. Sobre esta bancada se monta el conjunto a ensayar a través de una estructura soporte cilíndrica que esta anclada a la cimentación e incluye una brida giratoria para anclaje del conjunto a ensayar, una corona dentada fijada a la brida giratoria, una serie de motorreductores con piñones que engranan con la corona dentada para accionamiento de la brida, y una serie de
30 frenos capaces de actuar sobre un disco de frenado que es solidario de la brida giratoria.

Para el anclaje a la cimentación de la estructura soporte cilíndrica citada, dicha cimentación dispone en el área sobre la que se sitúa el soporte cilíndrico, de raíles que discurren en dirección perpendicular a la zona ocupada por los medios de aplicación de las cargas sobre el conjunto a ensayar, pudiendo desplazarse sobre estos raíles la estructura soporte cilíndrica, para regular su distancia a los medios de aplicación de las cargas.

35 En el banco de la invención los medios para la aplicación de las cargas comprenden una estructura fija, que va anclada también a la cimentación, una estructura móvil que dispone de medios de anclaje al conjunto a ensayar, y una serie de actuadores que relacionan la estructura móvil con la estructura fija.

40 El montaje de la estructura giratoria sobre la estructura soporte cilíndrica se lleva a cabo a través de un rodamiento o cojinete que permitirá el giro de dicha brida.

45 La estructura soporte cilíndrica incluye una pared cilíndrica vertical que queda reforzada interior y exteriormente por tabiques axiales. La pared cilíndrica queda rematada inferiormente en una brida de anclaje a la cimentación y superiormente en una brida sobre la que se fija un bastidor en el que van montados los motorreductores, el rodamiento o cojinete sobre el que apoya la brida giratoria y los frenos para dicha brida giratoria.

50 Como ya se ha indicado, los medios de aplicación de cargas incluyen una estructura móvil y una estructura fija. La estructura móvil va suspendida de la estructura fija a través de varias articulaciones cardán o esféricas y se relaciona con dicha estructura fija a través de una serie de actuadores lineales hidráulicos, mediante los que se aplicarán las cargas estáticas y dinámicas sobre el conjunto a ensayar.

55 Los actuadores lineales hidráulicos comprenden actuadores dinámicos, compuestos a base de cilindros servohidráulicos axiales, cada uno de los cuales se articula por un extremo a un punto de la estructura móvil, puntos que quedan situados alrededor de los medios de anclaje de dicha estructura al conjunto a ensayar. Por el extremo opuesto los cilindros servohidráulico se articulan por parejas a puntos de anclaje de la estructura fija. Además los actuadores lineales hidráulicos pueden incluir actuadores estáticos, constituidos por cilindros hidráulicos auxiliares, mediante los que se inducen cargas extremas en el conjunto a ensayar. Estos cilindros auxiliares se articulan por uno de sus extremos
60 a la estructura fija, en los anclajes de articulación de los actuadores dinámicos, y a la estructura móvil en puntos no coincidentes con los de articulación de dichos actuadores dinámicos.

65 La estructura móvil puede estar compuesta por una estructura tridimensional que adopta aproximadamente forma troncopiramidal, en cuya base mayor van situados en posición centrada los medios de conexión al conjunto a ensayar, mientras que en coincidencia con los vértices de esta base mayor quedan situados los puntos de articulación de los actuadores dinámicos.

ES 2 309 478 T3

La constitución y características del banco de ensayo de la invención podrán comprenderse mejor con la siguiente descripción, hecha con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestra un ejemplo de realización no limitativo.

En los dibujos:

5

La figura 1 es una perspectiva de un banco de ensayo constituido de acuerdo con la invención.

La figura 2 es un despiece en perspectiva del banco de la figura 1.

10

La figura 3 es un alzado lateral de la estructura fija de los medios de aplicación de cargas.

La figura 4 es un alzado frontal de la misma estructura fija, según la dirección A de la figura 3.

15

La figura 5 es un alzado lateral de la estructura móvil de los medios de aplicación de carga.

La figura 6 es un alzado frontal de la misma estructura móvil, según la dirección B de la figura 5.

La figura 7 es una perspectiva de la estructura soporte cilíndrica sobre la que se monta el conjunto a ensayar.

20

La figura 8 es una planta superior de la estructura cilíndrica de la figura 7.

La figura 9 es una sección diametral de la estructura cilíndrica, tomada según la línea de corte IX-IX de la figura 8.

25

El banco de ensayo mostrado en la figura 1 comprende una bancada 1 compuesta por una cimentación a base de hormigón armado, de profundidad suficiente para soportar los esfuerzos y cargas del ensayo a realizar y de la cual se muestra en la figura 1 solo la parte superior. En el ejemplo representado en los dibujos la cimentación o bancada incluye dos zonas situadas a diferente altura, una de menor altura que se referencia con el número 2 y otra de mayor altura que se referencia con el número 3. Sobre la zona de menor altura 2 van dispuestos raíles 4 en los que se ancla una estructura soporte cilíndrica 5, sobre la que se monta el conjunto a ensayar, que se referencia en general con el número 6. Sobre la zona 3 de mayor altura van montados los medios de aplicación de cargas, constituidos por una estructura fija 7, una estructura móvil 8, y una serie de actuadores que se refieren en general con el número 9 que relacionan la estructura móvil 8 con la estructura fija 7.

30

35

La estructura fija 7 queda inferiormente rematada en placas de anclaje 10 a la zona 3 de la bancada y dispone superiormente de dos brazos en voladizo 11 de los que se suspende la estructura móvil 8, por ejemplo mediante articulaciones cardán o rótulas esféricas.

40

Los actuadores lineales hidráulicos 9 están constituidos, en el ejemplo representado en los dibujos, por seis actuadores dinámicos que se refieren con el número 12, compuestos por otros tantos cilindros servohidráulicos axiales, que van articulados por un extremo a otros tantos puntos 13 de la estructura móvil 8, según se aprecia mejor en la figura 6, mientras que por el extremo opuesto se articulan por parejas a anclajes 14 de la estructura fija 7. Como mejor puede apreciarse en las figuras 5 y 6, la estructura móvil esta constituida por una estructura tridimensional que adopta forma aproximada de troncopiramidal hexagonal, en cuya base mayor van situados en posición centrada medios 15 para conectar el conjunto a ensayar 6, mientras que en coincidencia con los vértices de la base quedan situados los puntos 13 a los que se articulan los actuadores dinámicos 12. Además esta estructura móvil dispone de dos orejetas laterales 16 que servirán para suspensión de dicha estructura de los brazos 11 pertenecientes a la estructura fija, mediante articulaciones cardán o esféricas 11'.

45

50

El conjunto de actuadores 9 incluye además seis actuadores estáticos 17, constituidos a base de cilindros hidráulicos auxiliares, que servirán para inducir cargas extremas en el conjunto 6 a ensayar. Estos cilindros 17 se articulan por uno de sus extremos a la estructura fija 7 en los anclajes 14 de articulación de los actuadores dinámicos, mientras que a la estructura móvil 8 se articulan en puntos 19 no coincidentes con los puntos 13 de articulación de los actuadores dinámicos.

55

Según puede apreciarse mejor en la figura 6, los puntos 13 de conexión de los actuadores dinámicos a la estructura móvil van dispuestos alrededor de los medios 15 de anclaje de esta estructura al conjunto a ensayar 6. Del mismo modo, los puntos 14 de anclaje de las parejas de los actuadores dinámicos a la estructura fija 7 se encuentran situados en una misma circunferencia concéntrica con la definida por los medios 15 de unión entre la estructura móvil y el conjunto a ensayar, todo ello según puede apreciarse claramente en las figuras 4 y 6.

60

Según puede apreciarse en las figuras 1 y 2, el conjunto a ensayar 6 incluye un tramo superior 20 de la torre o columna del aerogenerador, el mecanismo 21 de orientación que corona la torre, y el bastidor o bastidores 22 que soportan el eje de baja velocidad 23, la multiplicadora 24, el generador 25, transformador 26 y demás componentes del equipo aerogenerador.

65

Por último, la estructura cilíndrica 5, como mejor puede apreciarse en las figuras 7 a 9, comprende una pared cilíndrica vertical 28 que queda reforzada por tabiques axiales externos 29 e internos 30. Inferiormente esta pared queda rematada en una brida 31' de anclaje a la bancada 1, mediante tornillos 32 cuya posición puede regularse a lo

ES 2 309 478 T3

largo de los carriles 4, en dirección perpendicular a la zona 3 de la bancada o cimentación sobre la que van dispuestos los medios de aplicación de cargas. En el borde superior la pared cilíndrica 28 queda rematada en una segunda brida 31' sobre la que va fijado un bastidor 33 en el que se monta, a través de un rodamiento 34, una brida giratoria 35 sobre la que se ancla el tramo superior 20, figura 1, de la columna o torre. El rodamiento 34 dispone de un dentado externo 36 con el que engranan piñones 37 accionados por motorreductores 38 que van montados en el bastidor 33. Por último, en el bastidor 33 van montados frenos 39 capaces de actuar sobre un disco de frenado 40 solidario de la brida giratoria 35.

Como mejor puede apreciarse en la figura 8, esta brida giratoria 35 dispone de una infinidad de orificios 41 para el anclaje del tramo superior 20 de la torre.

El banco de la invención permite la realización de tres tipos de ensayos: ensayos de fatiga, ensayos de carga última y ensayos del sistema de orientación.

Mediante el banco de la invención pueden aplicarse cargas de fatiga combinadas (F_x , F_y , F_z , M_x , M_y , M_z) sobre el eje del conjunto a ensayar, utilizando para ello un sistema de excitación hidráulico, compuesto por los actuadores dinámicos 12 y estáticos 17. Este sistema de excitación permitirá aplicar cargas dinámicas de entidad (fuerzas entre 50 y 100 kN y momentos de entre 400 y 1000 kN.m), reducidas al eje del conjunto a ensayar, con una frecuencia de aplicación de entre 1 y 2 Hz, lo que permitirá acometer simulaciones equivalentes a 20 años de vida en aproximadamente cuatro meses de ensayo.

Además el banco de la invención permitirá ensayar el aerogenerador con todos sus elementos componentes instalados, salvo la carcasa, las palas y buje, tal y como se ha descrito. Además, el banco de la invención permitirá, gracias a la constitución de la estructura soporte cilíndrica 5, el accionamiento del sistema de giro propio del aerogenerador durante el desarrollo del ensayo de fatiga, de forma que el ensayo pueda realizarse simulando condiciones reales de funcionamiento.

Los ensayos de carga última permitirán comprobar que no se llega a la rotura del conjunto que se ensaya, al someter a dicho conjunto a unas cargas estáticas extremas de funcionamiento.

Con la constitución descrita, el banco de la invención incluye un sistema de aplicación de cargas, que va montado sobre la zona 3 de la bancada o cimentación, y un sistema de contragiro que va montado en la zona 2. El banco se completa con un sistema de adquisición de datos y un sistema de control general.

El sistema de aplicación de cargas, compuesto por las estructuras fijas 7, móvil 8 y actuadores que relacionan las dos estructuras, se completa con una unidad hidráulica de potencia y con un sistema de control hidráulico. La estructura fija 7 permite la transmisión de las reacciones de los cilindros hidráulicos que conforman los actuadores dinámicos y estáticos a la bancada 1 de hormigón. Esta estructura 7 será de naturaleza metálica, por ejemplo de chapa soldada muy rígida y con gran resistencia estática y a fatiga. Por su parte, la estructura móvil 8 es la que permite la transmisión de los esfuerzos transmitidos por los actuadores dinámicos y estáticos al eje principal del conjunto a ensayar 6 y consiste, tal y como ya se ha expuesto, en una estructura espacial de tipo celosía, compuesta por chapa soldada ligera, rígida y con gran resistencia estática y a la fatiga. La unidad hidráulica de potencia estará formada por los grupos hidráulicos necesarios para dar servicio a los actuadores estáticos y dinámicos, sobre todo a estos últimos, para que trabajen a las frecuencias previstas. El sistema hidráulico de potencia se completará con un distribuidor principal y con la tubería hidráulica de distribución necesaria. Por último, el sistema de control hidráulico proporcionará a los actuadores las consignas de cargas necesarias que permitan la sincronía de funcionamiento necesaria para el ensayo, y por otro lado controlarán el funcionamiento de los actuadores.

En cuanto al sistema de contragiro, definido por la estructura 5, cumplirá dos funciones: servir como soporte y anclaje del conjunto 6 a ensayar y asegurar la alineación continua del equipo a ensayar con respecto al sistema de actuación.

Según se ha expuesto ya, mediante los raíles 4 la estructura 5 que constituye el sistema de orientación permitirá desplazar el conjunto a ensayar en dirección perpendicular a los medios para la aplicación de las cargas.

Por otro lado y también según se ha explicado, el banco de ensayos de la invención debe permitir el sistema de giro propio del aerogenerador, por lo que para poder mantenerlo permanentemente alineado hacia los medios de aplicación de cargas se hace necesario un sistema de contragiro, que permitirá el movimiento relativo entre el tramo superior 20 de la torre, figura 1, y la cimentación y que está compuesto por la pared cilíndrica 28, el bastidor 33, la brida giratoria 35, el rodamiento 34 con la corona dentada 36, los motorreductores 38, los frenos 39 y sensores de desalineación no representados.

La corona 36 permitirá el sistema de contragiro mediante el ataque de los motorreductores 38, los cuales accionarán el sistema de contragiro cuando dicha orden les sea transmitida por el sistema de control general al detectar un desalineamiento, siendo controlados mediante variadores de frecuencia, que a su vez serán supervisados por un PLC del sistema de control general.

ES 2 309 478 T3

En cuanto a los frenos 39 asegurarán que el sistema de contra giro permanece inmóvil cuando así se ha impuesto por el sistema de control general, actuando sobre el disco 40 solidario de la brida giratoria 35.

5 Los sensores de desalineación darán al sistema de control general información sobre el ángulo de giro del conjunto a ensayar respecto de su posición teórica, de forma que le permitan determinar si es necesario activar el sistema de contragiro para corregir la posible desalineación. Esta actuación se realiza en buque cerrado y es inmediata en cuanto se detecta el desalineamiento.

10 Como ya se ha indicado, el banco de ensayo de la invención irá dotado de un sistema de adquisición de datos y de un sistema de control general.

El sistema de adquisición de datos estará formado por el conjunto de equipos electrónicos que se encargarán de captar y registrar todos los parámetros significativos que se vean involucrados en el ensayo. Los parámetros fundamentales a monitorizar son:

- 15
- Fuerzas reales transmitidas en el punto de aplicación de las cargas.
 - Fuerzas y desplazamientos de los actuadores dinámicos.

20

 - Presiones de consigna impuestas en los actuadores estáticos.
 - Las medidas de desplazamiento, deformaciones y aceleraciones del conjunto a ensayar que sean de interés para caracterizar el ensayo.

25

 - Alarmas del estado del espécimen de ensayo y de los actuadores.

Los componentes principales del sistema de adquisición de datos son: instrumentación de campo y unidad digitalizadora y de almacenamiento.

30 La instrumentación de campo será la encargada de sensorizar los parámetros del ensayo a monitorizar. Podrán ser galgas extensiométricas (deformaciones), LVDTs (desplazamientos) y acelerómetros (vibraciones) a colocar sobre el conjunto a ensayar, además de las células de carga y LVDTs propios de los actuadores dinámicos.

35 La unidad digitalizadora y de almacenamiento estará compuesta por el conjunto de equipos electrónicos e informáticos (racks + PC) que se encargarán de digitalizar las señales obtenidas, respuesta en el conjunto a ensayar, procesarlas y registrarlas junto con las cargas de entrada en la misma base de tiempos.

40 Por último, el sistema de control central estará jerárquicamente por encima del resto del sistema del banco (sistema de aplicación de cargas, sistema de contragiro, sistema de adquisición de datos, sistema de giro propio de la góndola y sistema de seguridades), y será el encargado de realizar las siguientes funciones generales.

- Gestión y supervisión del estado global de la instalación, proporcionando al operador información suficiente sobre el estado.

45

- Coordinación de la operación de los diferentes subsistemas del banco: orientación de la góndola (activación del sistema de giro propio), gobierno del sistema de contragiro (activación del sistema de contragiro), gestión de la operación del sistema de aplicación de datos, y comando básico del sistema de aplicación de cargas.
- Gestión de alarmas y estado del sistema.

50

- Parada segura del banco en caso de emergencia o fallo de algún sistema.

Para todo ello, el sistema contará con los siguientes equipos: PC central, y PLC (autómata programable).

55 Con el PC como interface usuario y mediante los comandos que establecerá el PLC el sistema de control general se encargará de enviar las señales a los diferentes subsistemas para que estos actúen coordinadamente en la ejecución del ensayo.

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Banco de ensayo para generadores eólicos, que comprende una bancada (1) sobre la que se monta el conjunto a ensayar (6), medios para la aplicación de cargas sobre dicho conjunto, un sistema de toma de datos, y un sistema de control general, **caracterizado** porque el conjunto a ensayar (6) se monta sobre la cimentación (1) a través de una estructura soporte cilíndrica (5) que esta anclada a dicha cimentación (1) e incluye una brida giratoria (35) para anclaje del conjunto a ensayar, una corona dentada (36) fijada a la brida giratoria, una serie de motorreductores (38) con piñones (37) que engranan con la corona dentada (36), y una serie de frenos (39) capaces de actuar sobre un disco de frenado (40) solidario de la brida giratoria; y porque los medios para la aplicación de cargas comprenden una estructura fija (7), que va anclada a la bancada, una estructura móvil (8) que dispone de medios de anclaje al conjunto a ensayar, y una serie de actuadores que relacionan la estructura móvil con la estructura fija (7).

15 2. Banco según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la brida giratoria (35) apoya sobre la estructura soporte (5) anclada a la bancada a través de un rodamiento o cojinete (34).

20 3. Banco según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la bancada dispone en el área (2) sobre la que se sitúa el soporte (5) portador del conjunto (6) a ensayar, de raíles (4) que discurren en dirección perpendicular a la zona (3) ocupada por la estructura fija (7) de los medios de aplicación de cargas, sobre cuyos raíles se monta y puede ser desplazado el soporte citado, para regular su distancia a dichos medios de aplicación.

25 4. Banco según la reivindicación 1, **caracterizado** porque la estructura soporte cilíndrica (5) está constituida por una pared cilíndrica vertical reforzada con tabiques axiales internos (30) y externos (29) y rematada inferiormente en una brida (31) de anclaje a la cimentación y superiormente en una brida (31') sobre la que va fijado un bastidor (33) en el que van montados los motorreductores (38), el rodamiento o cojinete (34) sobre el que apoya la brida giratoria (35), y los frenos (39) para dicha brida.

30 5. Banco según la reivindicación 1, **caracterizado** porque, en los medios de aplicación de cargas, la estructura móvil (8) va suspendida de la estructura fija (7) a través de varias articulaciones cardán o esféricas (11') y va relacionada con dicha estructura fija a través de una serie de actuadores lineales e hidráulicos (9) mediante los que se aplican las cargas sobre el conjunto a ensayar.

35 6. Banco según la reivindicación 5, **caracterizado** porque los actuadores lineales hidráulicos comprenden seis actuadores dinámicos (12), compuestos por otros tantos cilindros servohidráulicos axiales, que van articulados por un extremo a otros tantos puntos (13) de la estructura móvil, situados alrededor de los medios de anclaje (15) de dicha estructura al conjunto a ensayar, mientras que por el extremo opuesto se articulan por parejas a través de anclajes (14) de la estructura fija (7).

40 7. Banco según la reivindicación 5, **caracterizado** porque los actuadores lineales hidráulicos incluyen además varios actuadores estáticos (17), constituidos por cilindros hidráulicos auxiliares, mediante los que se inducen cargas extremas en el conjunto a ensayar, cuyos cilindros van articulados por uno de sus extremos a la estructura fija en los anclajes (14) de articulación de los actuadores dinámicos, y por el otro extremo a la estructura móvil en puntos (19) no coincidentes con los de articulación de dichos actuadores dinámicos.

45 8. Banco según las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque la estructura móvil (8) es de configuración tridimensional, aproximadamente de forma troncopiramidal hexagonal, en cuya base mayor van situados en posición centrada los medios (15) de conexión al conjunto a ensayar y en coincidencia con sus vértices los puntos de articulación (13) de los actuadores dinámicos (12).

50

55

60

65







