(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
Oficina internacional

(43) Fecha de publicación internacional
20 de octubre de 2011 (20.10.2011)

PCT

(10) Número de Publicación Internacional
WO 2011/128470 A2

(51) Clasificación Internacional de Patentes: Sin clasificar

(21) Número de la solicitud internacional: PCT/ES2011/000108

(22) Fecha de presentación internacional: 11 de abril de 2011 (11.04.2011)

(25) Idioma de presentación: español

(26) Idioma de publicación: español

(30) Datos relativos a la prioridad:
P201000471 13 de abril de 2010 (13.04.2010) ES

(71) Solicitante *(para todos los Estados designados salvo US)*: **GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.** [ES/ES]; Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11, 31621 Sarriguren (Navarra) (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes *(para US solamente)*: **TERES TERES, Javier** [ES/ES]; Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11, 31621 Sarriguren (Navarra) (ES). **GUTIERREZ ARDANAZ, Roberto** [ES/ES]; Avda. Ciudad de la Innovación, 9-11, 31621 Sarriguren (Navarra) (ES). **ESTEBAN CORNEJO, Millan** [ES/ES]; Ramirez Arellano, 37, E-28043 Madrid (ES).

(74) Mandatario: **GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L**; Parque Tecnológico de Zamudio, Edif. 100, E-48170 Zamudio (ES).

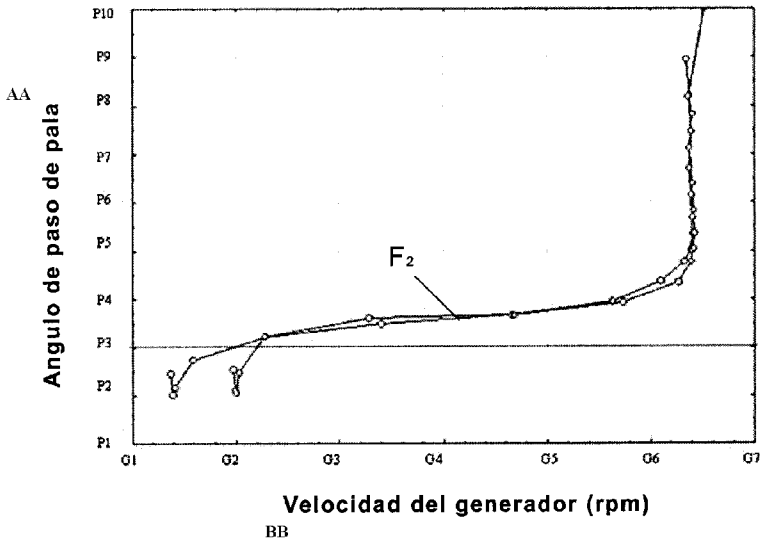
(81) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Estados designados *(a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: METHODS FOR MONITORING WIND TURBINES

(54) Título : METODOS DE MONITORIZACION DE AEROGENERADORES



AA Pitch angle of blade
BB Turbine speed (rpm)

FIG. 5

(57) Abstract: The invention relates to methods for monitoring variable speed wind turbines (11), which include a means of control for pitch regulation according to a power vs. speed curve for the turbine (21) as a function of the wind speed expressed by a transference function (TF) applied to the wind speed measured by a wind sensor located where the wind flow is distorted, and which includes the following steps: a) providing a function of the optimum ratio (F_1) of a wind speed variable (V) and a wind turbine performance variable (P); b) continuously measuring said variables (V, P) and obtaining a function that is a ratio (F_2) thereof; c) continuously obtaining a parameter (D) indicating the differences between said functions (F_1, F_2); and d) generating a warning message when the value of said parameter (D) is greater than a predetermined value.

(57) Resumen: Métodos de monitorización de aerogeneradores (11) de velocidad variable que comprenden medios de control para una regulación por "pitch" siguiendo una curva de potencia vs. velocidad del generador (21) en función de la velocidad

[Continúa en la página siguiente]

WO 2011/128470 A2

Publicada:

— *sin informe de búsqueda internacional, será publicada nuevamente cuando se reciba dicho informe (Regla 48.2(g))*

del viento expresada por una función de transferencia (TF) aplicada a la velocidad del viento medida por un sensor de viento situado en una ubicación en la que el flujo del viento está distorsionado, que comprenden los siguientes pasos: a) proporcionar una función de relación óptima (F_1) entre una variable (V) dependiente de la velocidad del viento y una variable (P) dependiente del rendimiento del aerogenerador; b) medir continuamente dichas variables (V, P) y obtener una función de relación (F_2) entre ellas; c) obtener continuamente un parámetro (D) indicativo de las diferencias entre dichas funciones (F_1, F_2); d) generar un mensaje de aviso cuando el valor de dicho parámetro (D) es mayor de un valor predeterminado.

METODOS DE MONITORIZACION DE AEROGENERADORES

La invención se refiere a métodos de monitorización de aerogeneradores y, más en particular, a métodos de monitorización de la Función de Transferencia de la velocidad del viento.

ANTECEDENTES

Los aerogeneradores son dispositivos que convierten energía mecánica en energía eléctrica. Un aerogenerador típico incluye una góndola montada sobre una torre que alberga un tren de potencia para transmitir la rotación de un rotor a un generador eléctrico y otros componentes tal como los motores de orientación mediante los que se gira el aerogenerador, varios controladores y un freno. El rotor soporta varias palas que se extienden radialmente para capturar la energía cinética del viento y causan un movimiento rotatorio del tren de potencia. Las palas del rotor tienen una forma aerodinámica de manera que cuando el viento pasa a través de la superficie de la pala se crea una fuerza ascensional que causa la rotación de un eje al que está conectado - directamente o a través de un dispositivo de multiplicación- un generador eléctrico situado dentro de la góndola. La cantidad de energía producida por los aerogeneradores depende de la superficie de barrido del rotor de palas que recibe la acción del viento y, consecuentemente, el incremento de la longitud de las palas implica normalmente un incremento de la producción de energía del aerogenerador.

Bajo métodos de control conocidos la energía producida por un aerogenerador se incrementa con la velocidad del viento hasta que se alcanza un nivel nominal pre-establecido y a partir de ahí se mantiene constante. En aerogeneradores regulados por “pitch”, eso se hace regulando el ángulo de paso de las palas de manera se optimice la captura de energía independientemente de la velocidad del viento.

La velocidad del viento es pues un parámetro de control importante para la operación de aerogeneradores de velocidad variable. En muchos de los

aerogeneradores ya instalados, la velocidad del viento usada por el sistema de control del aerogenerador es la velocidad de viento calculada aplicando una Función de Transferencia (en adelante TF) a la velocidad del viento medida por un anemómetro situado en la góndola del aerogenerador.

La TF se define como la función que expresa la velocidad de la corriente libre del viento como una función de la velocidad del viento medida por el sensor de viento utilizado por el sistema de control del aerogenerador. Esta función está destinada a la corrección del efecto del rotor del generador y la distorsión de flujo alrededor del aerogenerador. La TF depende de las características del aerogenerador, de la localización del sensor de viento y del modelo, y de las características del viento en el sitio del aerogenerador.

Como el flujo de viento alrededor de la góndola resulta distorsionado por el rotor del aerogenerador y la góndola, es muy importante aplicar una TF apropiada para corregir la distorsión del flujo.

Para obtener la TF apropiada debe medirse la velocidad del viento libre enfrente del rotor del aerogenerador (usando un anemómetro de cazoleta ó un anemómetro sónico instalado en un mástil metereológico, ó un sensor de viento remoto, ú otros medios, incluyendo una calibración local si es necesario) y la velocidad del viento medida por el anemómetro del aerogenerador. La función de correlación obtenida, después del correspondiente análisis de los datos y el rechazo de los datos inválidos, es la que debe aplicarse a los datos proporcionados por el anemómetro del aerogenerador para obtener velocidad real del viento enfrente del rotor del aerogenerador.

Un método conocido para obtener una TF apropiada para un aerogenerador sin medir la velocidad del viento libre enfrente del aerogenerador es el método de calibración de anemómetro descrito en US 2008/0307853 que comprende los pasos de obtener pares de mediciones de la velocidad del viento y de una variable del aerogenerador dependiente de la velocidad del viento, comparar dichos pares de mediciones con pares de la velocidad del viento y de la variable del aerogenerador dependiente de la velocidad del viento obtenidos de una curva esperada de dicha variable del aerogenerador para determinar una diferencia entre el valor medido de la velocidad del viento y el valor esperado de la velocidad del viento para una variable dada del aerogenerador y ajustar una

ajustar una función de calibración de dicho anemómetro en base a dicha determinada diferencia.

Aunque se conoce la importancia de utilizar una TF apropiada para optimizar la producción de energía, entre los métodos conocidos para evaluar diferentes aspectos del funcionamiento de los aerogeneradores no se encuentra ningún método específico para monitorizar la TF aplicada a un aerogenerador.

Esta invención está dirigida a la solución de ese problema utilizando métodos de control conocidos de manera que pueda implementarse en los aerogeneradores que ya están instalados.

SUMARIO DE LA INVENCIÓN

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método de monitorización del rendimiento de un aerogenerador controlado por "pitch".

Es otro objeto de la presente invención proporcionar un método de monitorización de la TF aplicada a un aerogenerador controlado por "pitch".

Estos y otros objetos se consiguen proporcionando un método de monitorización de un aerogenerador de velocidad variable que comprende medios de control para una regulación por "pitch" siguiendo una curva de potencia vs. velocidad del generador en función de la velocidad del viento expresada por una TF aplicada a la velocidad del viento medida por un sensor de viento situado en una ubicación en la que el flujo del viento está distorsionado, que comprende los siguientes pasos:

a) Proporcionar una función de relación óptima F_1 entre una variable V dependiente de la velocidad del viento y una variable P dependiente del rendimiento del aerogenerador.

b) Medir continuamente dicha variable V dependiente de la velocidad del viento y dicha variable P dependiente del rendimiento del aerogenerador y obtener una función de relación F_2 entre ellas.

c) Obtener continuamente un parámetro D indicativo de las diferencias entre dichas funciones de relación F_1, F_2.

d) Generar un mensaje de aviso cuando el valor de dicho parámetro D es mayor de un valor predeterminado.

En una realización preferente, en dicho paso b) dicha función de relación F_2 se obtiene usando valores promedio de dichas variables V, P en períodos de al menos 10 minutos. Se consigue con ello un método que asegura que los datos usados para obtener dicha función de relación F_2 no están influenciados por fluctuaciones temporales.

En otra realización preferente, en dicho paso c) dicho parámetro D se obtiene para las diferencias entre dichas funciones de relación F_1, F_2 en un rango predeterminado de valores de una de dichas variables V, P. Se consigue con ello un método aplicable únicamente a un rango seleccionado de una de dichas variables donde debe esperarse una mejor detección de dichas diferencias.

En otra realización preferente, dicha variable V dependiente de la velocidad del viento es el ángulo de paso de pala y dicha variable P dependiente del rendimiento del aerogenerador es la velocidad del generador. Se consigue con ello un método que usa un par de variables particularmente relevantes para mostrar las diferencias entre dichas funciones de relación F_1, F_2 porque, en particular, hay una rango significativo de velocidades de viento en los que el ángulo de paso de pala debe permanecer constante (en promedios estadísticos de 10 minutos) en condiciones óptimas de producción permitiendo por tanto una fácil detección de desviaciones cuando se usa una TF inapropiada o cuando el aerogenerador tiene otro problema.

En otra realización preferente, la TF implementada en los medios de control es una TF_v pre-validada. Se consigue con ello un método apropiado para detectar problemas diferentes al uso de una TF inapropiada en el aerogenerador.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue de una realización ilustrativa y no limitativa de su objeto en relación con las figuras que se acompañan.

BREVE DESCRIPCION DE LAS FIGURAS

La Figura 1 muestra esquemáticamente los componentes principales de un aerogenerador.

La Figura 2 muestra una curva Potencia vs. Velocidad del generador conocida en la técnica que se usa para controlar aerogeneradores de velocidad variable.

La Figura 3 muestra una curva típica Potencia vs. Velocidad del viento.

La Figura 4 muestra una función de relación óptima F_1 entre el ángulo de paso de pala y la velocidad del generador en el aerogenerador que está siendo monitorizado.

La Figura 5 muestra una función de relación F_2 entre el ángulo de paso de pala y la velocidad del generador obtenida en el aerogenerador que está siendo monitorizado.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS

Un aerogenerador 11 convencional comprende una torre 13 soportando una góndola 21 que alberga un generador 19 para convertir la energía rotacional del rotor del aerogenerador en energía eléctrica. El rotor del aerogenerador comprende un buje de rotor 15 y, normalmente, tres palas 17. El buje del rotor 15 está conectado al bien directamente o a través de una multiplicadora al generador 19 del aerogenerador para transferir el par generado por el rotor 15 al generador 19 incrementando la velocidad del eje a fin de alcanzar una velocidad rotacional apropiada del rotor del generador.

La energía producida por un aerogenerador moderno está controlada normalmente por medio de un sistema de control para regular el ángulo de paso de las palas del rotor y el par motor del generador. La velocidad rotacional del rotor y la producción de energía de un aerogenerador pueden ser pues controladas inicialmente, es decir, antes de una transferencia de energía a una red de distribución eléctrica a través de un convertidor. En esta descripción nos referiremos a un ángulo de paso de pala común para todas las palas del rotor pero el experto en la materia apreciará fácilmente que esta invención también es aplicable a aerogeneradores con medios individuales para controlar el ángulo de paso de cada pala del rotor.

El objetivo básico de los métodos de operación de un aerogenerador de velocidad variable es alcanzar una operación con la producción aerodinámicamente ideal el mayor tiempo posible.

Como es sabido, la energía cinética asociada con una corriente de viento depende del área barrida por dicha corriente, de su densidad y del cubo de la velocidad del viento y se considera que los aerogeneradores pueden extraer hasta el 59% de dicha energía. Por ello, se representa la capacidad de cada aerogenerador para aproximarse a dicho límite por el llamado coeficiente de potencia Cp que está determinado por sus características aerodinámicas, particularmente por el ratio λ de su velocidad en la punta que se define como la relación entre la velocidad tangencial de la punta de la pala y la velocidad del viento incidente. Si se puede mantener ese ratio al máximo coeficiente de potencia Cp del aerogenerador de manera que la velocidad del rotor siga a la velocidad del viento, se puede conseguir un aerogenerador muy eficiente.

La estrategia de control seguida generalmente en los aerogeneradores de velocidad variable está basada en ajustar eléctricamente el par del generador para alcanzar la máxima producción lo que se lleva a cabo usando un controlador que recibe señales indicado la velocidad del generador y la potencia producida por el generador y que proporciona una señal de referencia del par al convertidor para obtener la potencia requerida.

Consecuentemente, el controlador del aerogenerador usa una curva que define la relación funcional deseable entre potencia y velocidad para alcanzar la producción ideal.

Para una mejor comprensión de la presente invención, se hace seguidamente una breve descripción de una típica curva potencia vs. velocidad 21 mostrada en la Figura 2.

Esta curva comprende una primera zona sub-nominal 23 en la que la velocidad del viento alcanza el nivel mínimo para comenzar la operación del aerogenerador. En esta zona, el control del aerogenerador es muy limitado ya que el aerogenerador no puede capturar la máxima energía. La segunda zona sub-nominal 25 corresponde a bajas velocidades del viento en la que la velocidad del generador se incrementa y el aerogenerador funciona con un

óptimo coeficiente de potencia Cp. La tercera zona sub-nominal 27 corresponde a velocidades medias del viento en la que se mantiene constante la velocidad del generador n_{r1} mientras la potencia se incrementa hasta la potencia nominal. En esta zona el ángulo de paso de las palas es fijo y la velocidad del generador se controla a través del par. En la zona nominal 29, tiene lugar la operación del aerogenerador a plena carga bajo el control del ángulo de paso de las palas para evitar sobrecargas.

En condiciones ideales, la curva de potencia promedio será la curva 31 de la Figura 3 pero si la TF no proporciona un valor correcto de velocidad de la corriente libre del viento habrá pérdidas de energía respecto a la producción ideal de energía.

La TF aplicada inicialmente a un aerogenerador es normalmente una TF obtenida en una posición del aerogenerador diferente de la posición de trabajo del aerogenerador. La TF depende, entre otras variable, de las condiciones del viento (intensidad de la turbulencia, componente vertical del viento) y de características topográficas de la ubicación del aerogenerador. Como estas variables pueden variar de una posición del aerogenerador a otra posición del aerogenerador incluso a una distancia de pocos metros entre ellas, puede suceder que la TF aplicada inicialmente a un aerogenerador no sea la más apropiada para su ubicación con la consecuencia de que el rendimiento del generador estará por debajo de su nivel óptimo.

La idea básica de esta invención es proporcionar un método de monitorización de la TF basado en la relación entre una variable V dependiente de la velocidad del viento y una variable P dependiente del rendimiento del aerogenerador P. Cuando la TF no estima correctamente la velocidad del viento enfrente del rotor la relación entre dichas variables V, P no es la óptima. Así pues se puede monitorizar si el aerogenerador está trabajando o no con una TF apropiada comparando los valores esperados de dichas variables V, P con los valores medidos de dichas variables V, P en el aerogenerador.

Variables V apropiadas son las siguientes: velocidad del viento, ángulo de paso de la pala o cualquier otra variable relacionada con la velocidad del viento medida por el sensor de viento.

Variables P apropiadas son las siguientes: velocidad del generador, energía producida, par, velocidad del rotor o cualquier otra variable relacionada con el rendimiento del aerogenerador.

En una realización preferente se ha encontrado que el par ángulo de paso de pala como variable V dependiente de la velocidad del viento y velocidad del generador como variable P dependiente del rendimiento del generador es particularmente apropiado para detectar desviaciones de la TF.

El primer paso de un método de monitorización según una realización preferente de la presente invención es por tanto proporcionar una función de relación óptima F_1 (es decir una relación con una TF apropiada) entre el ángulo de paso de pala y la velocidad del generador, tal como la función F_1 ilustrada en la Figura 4.

Dicha función F_1 se obtiene como la función entre dichas variables resultante de un comportamiento teórico del aerogenerador. Como puede advertirse fácilmente la función F_1 de la Figura 4 y la curva potencia vs. velocidad del generador 21 de la Figura 3 muestran vistas diferentes del comportamiento teórico del aerogenerador.

En el segundo paso del método de monitorización según la presente invención, los valores del ángulo de paso de pala y de la velocidad del generador se miden continuamente y se obtiene la función de relación F_2 entre ellos como la función F_2 de la Figura 5 (que ilustra una relación con una TF inapropiada).

Los valores del ángulo de paso de pala y de la velocidad del generador deben medirse tan frecuentemente como sea posible, típicamente 1 Hz y se calculan unos valores promedio, por ejemplo los valores promedio de 10 minutos. Estos valores promedios de las dos variables ángulo de paso de pala y velocidad del generador se usan para obtener la función F_2.

En el marco de la presente invención, las funciones mencionadas anteriormente F_1 y F_2 deben entenderse en sentido amplio incluyendo por ejemplo conjuntos de pares de valores de ángulo de paso de pala y velocidad del generador y funciones matemáticas obtenidas mediante un análisis de regresión de dichos datos.

En el tercer paso de un método de monitorización según la presente invención, se obtiene continuamente un parámetro D indicativo de las diferencias entre dichas funciones F_1, F_2 utilizando herramientas matemáticas convencionales y datos filtrados después de eliminar valores no significativos.

Dicho parámetro D puede ser obtenido como un valor promedio para un período predeterminado (por ejemplo una hora ó un día) que también es útil para análisis de tendencias.

Dicho parámetro D también puede ser obtenido para un rango predeterminado de valores, por ejemplo en referencia a las Figuras 4 y 5, solo para pares de valores en los que la velocidad del generador esté comprendida entre G3-G5 donde debe esperarse una clara diferencia entre F_1 y F_2 cuando el aerogenerador está usando una TF inapropiada. Esa diferencia puede apreciarse gráficamente comparando las Figuras 4 y 5. El valor esperado para el ángulo de paso de pala tiene un valor constante P2 mientras que su valor real, cuando el aerogenerador usa una TF inapropiada, es mayor de P3.

En el cuarto paso de un método de monitorización según la presente invención se genera un mensaje de aviso cuando el valor de dicho parámetro D es mayor de un valor predeterminado que debe ser establecido para cada modelo de aerogenerador.

Tras la detección de una diferencia relevante entre dichas funciones F_1, F_2 la TF debe ser corregida para maximizar la producción del aerogenerador según alguno de los métodos conocidos que se mencionaron en los Antecedentes.

Puede suceder que ejecutando el método de monitorización de esta invención utilizando una TF_v validada haya todavía diferencias relevantes entre dichas funciones F_1, F_2 debido a razones tales como desalineaciones del aerogenerador o problemas mecánicos. De esta manera, puede usarse el método según la presente invención para detectar dichos problemas.

Como entenderá fácilmente el experto en la materia, este método puede ser implementado en el SCADA del aerogenerador para monitorizar el rendimiento del aerogenerador y enviar mensajes de aviso para advertir que el aerogenerador no está trabajando en óptimas condiciones. La detección de

estos problemas puede evitar un decremento significativo del rendimiento energético del aerogenerador.

Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro de su alcance, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, sino por el contenido de las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1.- Método de monitorización de un aerogenerador (11) de velocidad variable que comprende medios de control para una regulación por "pitch" siguiendo una curva de potencia vs. velocidad del generador (21) en función de la velocidad del viento expresada por una función de transferencia (TF) aplicada a la velocidad del viento medida por un sensor de viento situado en una ubicación en la que el flujo del viento está distorsionado, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

a) proporcionar una función de relación óptima (F_1) entre una variable (V) dependiente de la velocidad del viento y una variable (P) dependiente del rendimiento del aerogenerador;

b) medir continuamente dicha variable (V) dependiente de la velocidad del viento y dicha variable (P) dependiente del rendimiento del aerogenerador y obtener una función de relación (F_2) entre ellas;

c) obtener continuamente un parámetro (D) indicativo de las diferencias entre dichas funciones de relación (F_1, F_2);

d) generar un mensaje de aviso cuando el valor de dicho parámetro (D) es mayor de un valor predeterminado.

2.- Método de monitorización de un aerogenerador (11) de velocidad variable según la reivindicación 1, caracterizado porque en dicho paso b) dicha función de relación (F_2) se obtiene usando valores promedio de dichas variables (V, P) en períodos de al menos 10 minutos.

3.- Método de monitorización de un aerogenerador (11) de velocidad variable según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque en dicho paso c) dicho parámetro (D) se obtiene para las diferencias entre dichas funciones de relación (F_1, F_2) en un rango predeterminado de valores de una de dichas variables (V, P).

4.- Método de monitorización de un aerogenerador (11) de velocidad variable según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque dicha variable (V) dependiente del viento es el ángulo de paso de pala y dicha variable (P) dependiente del rendimiento del aerogenerador es la velocidad del generador.

5.- Método de monitorización de un aerogenerador (11) de velocidad variable según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, caracterizado porque la función de transferencia (TF) implementada en los medios de control del aerogenerador es una función de transferencia pre-validada (TF_v).

6.- Un aerogenerador (11) de velocidad variable monitorizado por un método de monitorización según cualquiera de las reivindicaciones 1-5.

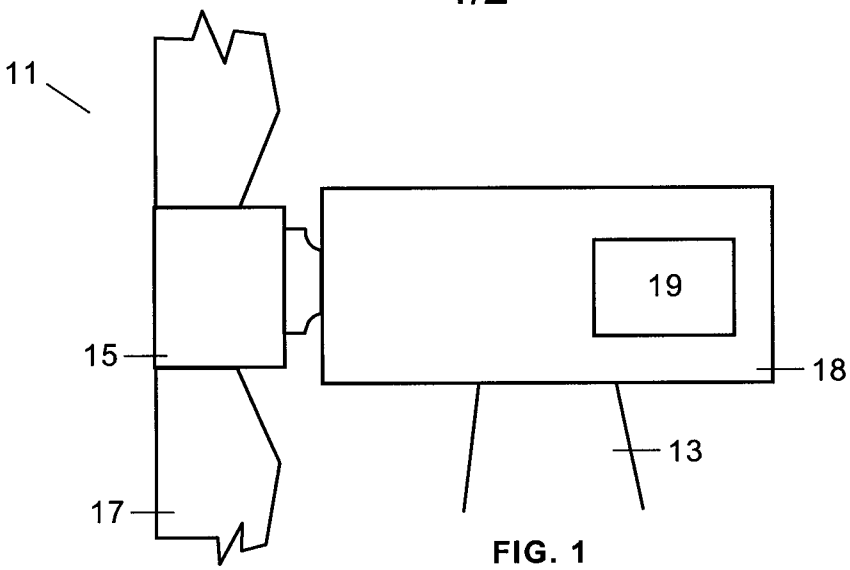


FIG. 1

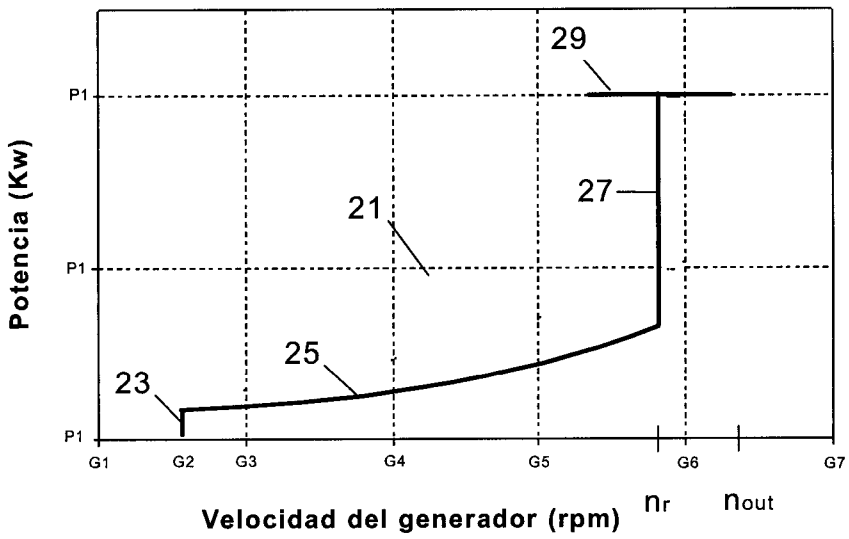


FIG. 2

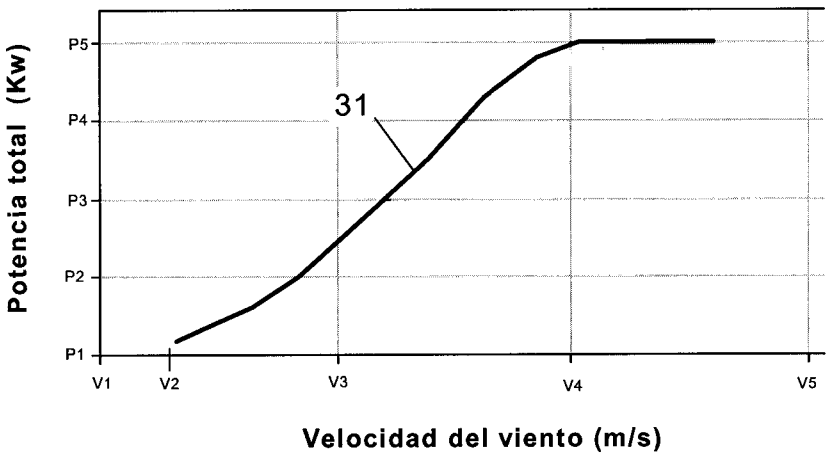


FIG. 3

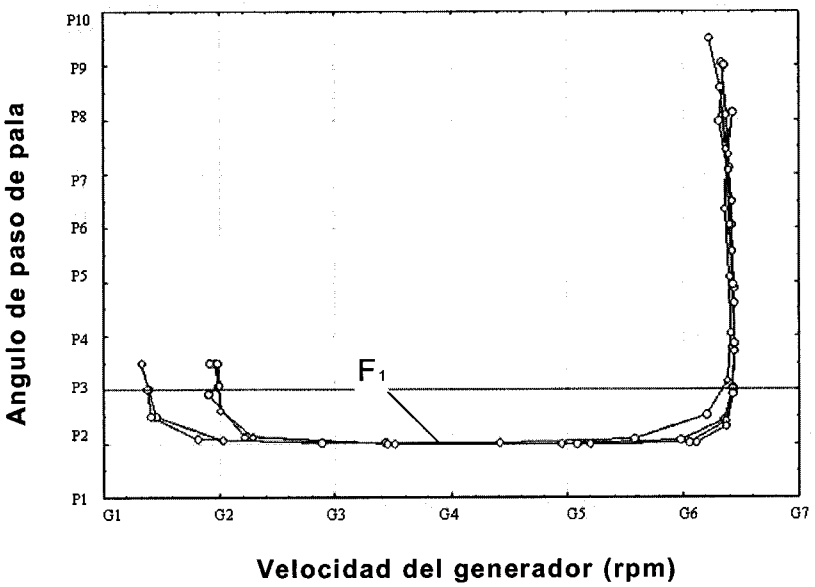

P10
P9
P8
P7
P6
P5
P4
P3
P2
P1
F1
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
Angulo de paso de pala
Velocidad del generador (rpm)

FIG. 4

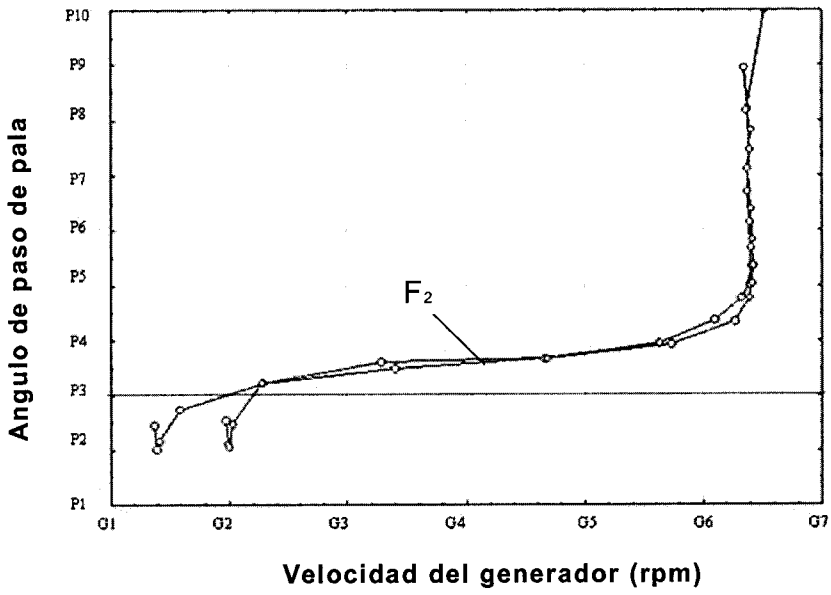

P10
P9
P8
P7
P6
P5
P4
P3
P2
P1
F2
G1
G2
G3
G4
G5
G6
G7
Angulo de paso de pala
Velocidad del generador (rpm)

FIG. 5