

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 532 253**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.04.2009 E 09005870 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.12.2014 EP 2113659**

54 Título: **Método de operación de un aerogenerador que minimiza las oscilaciones de la torre**

30 Prioridad:

**29.04.2008 ES 200801228**

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

**25.03.2015**

73 Titular/es:

**GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.**  
**(100.0%)**  
**Avenida. Ciudad de la Innovación 9-11**  
**31621 Sarriguren, Navarra, ES**

72 Inventor/es:

**MAYO AZQUETA, ÓSCAR y**  
**FERNÁNDEZ ROMERO, IGNACIO**

**ES 2 532 253 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).

## DESCRIPCION

### MÉTODO DE OPERACIÓN DE UN AEROGENERADOR QUE MINIMIZA LAS OSCILACIONES DE LA TORRE

#### CAMPO DE LA INVENCION

5

La invención se refiere a un método de operación de un aerogenerador y, en particular, a un método de operación de un aerogenerador en situaciones en las que la velocidad del rotor se encuentra en una banda en la que se pueden producir frecuencias resonantes con la frecuencia natural de la torre.

10

#### ANTECEDENTES

15

Las torres de los aerogeneradores están sujetas a un movimiento oscilatorio. La frecuencia de oscilación de una torre determinada, también llamada frecuencia natural, frecuencia de resonancia ó eigenfrecuencia, depende, entre otros factores, de su altura, del material empleado en su construcción, del espesor de sus paredes y del peso de la góndola y el rotor.

20

Por su parte, cada vez que una pala del rotor del aerogenerador pasa por la torre el empuje del rotor sobre la torre disminuye ligeramente y si el rotor gira a una velocidad rotacional en la que una pala del rotor pasa por la torre cada vez que ésta se encuentra en una de sus posiciones extremas puede suceder que o bien se amortigüen o bien se amplifiquen las oscilaciones la torre. A su vez, las palas del rotor son flexibles y pueden vibrar a una cierta frecuencia que puede también amortiguar o amplificar las oscilaciones de torre.

25

Si todos los factores señalados actúan simultáneamente se puede producir una oscilación de la torre del aerogenerador de una magnitud que puede ocasionar daños en la torre ú otros componentes del aerogenerador o al menos reducir su eficiencia.

30

Para minimizar esas oscilaciones la técnica conocida ha propuesto, por un lado, utilizar torres diseñadas siguiendo criterios estructurales orientados a reducir su frecuencia natural y, por otro lado, utilizar métodos de operación de los aerogeneradores que aseguren que las frecuencias de excitación del rotor

estén suficientemente distanciadas de la frecuencia natural de la torre para evitar los incrementos dinámicos de las cargas estructurales que se producen cuando coinciden que, como es bien conocido, provocan la fatiga prematura de componentes básicos del aerogenerador.

5           Uno de esos métodos de operación se describe en EP0244341 y consiste básicamente en evitar que el aerogenerador opere a una velocidad comprendida en una banda crítica respecto a la frecuencia natural de la torre.

10           Otro de esos métodos de operación, dirigido especialmente a un aerogenerador situado en la plataforma marina, se describe en EP1269015 y consiste básicamente en controlar que la operación del aerogenerador a una velocidad comprendida en una banda crítica respecto a la frecuencia natural de la torre se desarrolle lo más rápidamente posible.

15           Otro de esos métodos consiste en aplicar un control de la velocidad del rotor en la banda crítica entre dos curvas de potencia preestablecida para atravesar la banda rápidamente.

Esos métodos tienen varios inconvenientes y, en particular, que implican pérdidas en la producción de energía. La presente invención está orientada a su solución.

## 20           **SUMARIO DE LA INVENCION**

25           Un objeto de la presente invención es proporcionar un método de operación de un aerogenerador que permita minimizar el tiempo en el que la velocidad del rotor se encuentra en una banda en la que se pueden producir frecuencias resonantes con la frecuencia natural de la torre.

30           Otro objeto de la presente invención es proporcionar un método de operación de un aerogenerador que permita minimizar los efectos negativos tanto en producción de potencia como en incrementos dinámicos de cargas sobre los componentes del aerogenerador cuando la velocidad del rotor se encuentra en una banda en la que se pueden producir frecuencias resonantes con la frecuencia natural de la torre.

Esos y otros objetos se consiguen con un método de operación de un aerogenerador de velocidad variable provisto de un dispositivo de control orientado a la optimización de la potencia en un intervalo de velocidades  $V1-V2$  en torno a la velocidad crítica  $Vc$  en la que se produce una frecuencia del rotor coincidente con la frecuencia natural de la torre, en el que, en lugar de regular el par motor demandado por el generador siguiendo una curva óptima par motor vs. velocidad del generador, se puede seguir una regulación transitoria utilizando una curva formada por un primer tramo en el que el par motor asciende desde un punto correspondiente a una velocidad  $Vi$  hasta alcanzar la curva de potencia constante  $P2$  en el punto correspondiente a la velocidad  $V1$ , por un segundo tramo en el que el par motor desciende hasta alcanzar la curva de potencia constante  $P1$  en el punto correspondiente a la velocidad  $V2$  y por un tercer tramo en el que el par motor asciende hasta alcanzar la curva óptima en el punto correspondiente a la velocidad  $Vf$ , siendo dichas potencias  $P2$  y  $P1$  superior e inferior respectivamente en un porcentaje predeterminado  $p$  a la potencia  $Pc$  correspondiente a la frecuencia natural de la torre en dicha curva óptima, caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

- Obtener continuamente la velocidad  $V$  del generador y activar un contador asignándole un valor  $S$  aplicando al tiempo transcurrido desde su activación un coeficiente de ponderación dependiente de la diferencia existente entre  $V$  y  $Vc$  en valor absoluto, que tiene valores positivos en el intervalo de velocidades  $Vi-Vf$ , alcanzando su máximo cuando  $V=Vc$ , y valores negativos fuera de él.

- Proceder a la activación de dicha regulación transitoria cuando el valor  $S$  del contador alcanza un valor preestablecido  $Si$  y a su desactivación cuando el valor  $S$  del contador alcanza un valor preestablecido  $Sf$ , volviendo en este caso a regularse el par motor demandado por el generador siguiendo la mencionada curva óptima.

En una realización preferente de la presente invención también se tiene en cuenta la aceleración de la torre para establecer el valor  $Si$  del contador que determina la activación de la regulación transitoria. Se consigue con ello

minimizar el tiempo en el que la regulación del aerogenerador no se lleva a cabo siguiendo la curva óptima.

5 En otra realización preferente de la presente invención la plena activación de dicha regulación transitoria se lleva a cabo en un tiempo predeterminado T siguiendo curvas transitorias intermedias hasta alcanzar la curva final correspondiente a dichos valores P1, P2. Se consigue con ello reducir las cargas asociadas a dicha regulación transitoria eliminando en particular picos de potencia/par que pueden afectar negativamente a alguno de los componentes del aerogenerador.

10 Entre las diferencias entre el método objeto de la presente invención y los métodos conocidos cabe citar que se trata de un método adaptativo en el que, por un lado, dicha regulación transitoria se activa y desactiva automáticamente cuando se dan unas condiciones preestablecidas y, por otro lado, que la activación solo tiene lugar aquellas en circunstancias en las que es realmente necesario. Ello se traduce en una mejora del rendimiento del generador.

15 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.

## 20 **BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Figura 1 muestra la curva óptima par motor vs. velocidad del generador utilizada normalmente en el sistema de control de un aerogenerador de velocidad variable y la curva utilizada en la regulación transitoria según la presente invención.

25 La Figura 2 muestra series temporales de la velocidad del generador y la potencia producida correspondientes al comportamiento simulado de un aerogenerador sometido a un viento de 4 m/seg al aplicarse una regulación transitoria según la presente invención.

30 La Figura 3 muestra series temporales de la velocidad del generador y la potencia producida correspondientes al comportamiento simulado de un

aerogenerador sometido a un viento de 4,2 m/seg al aplicarse una regulación transitoria según la presente invención.

La Figura 4 muestra series temporales de la velocidad del generador y la potencia producida correspondientes al comportamiento simulado de un aerogenerador sometido a un viento sinusoidal de 4,1 m/seg + seno 1 m/seg al aplicarse una regulación transitoria según la presente invención.

La Figura 5 muestra la curva potencia vs. velocidad del generador correspondiente a la curva óptima utilizada normalmente en el sistema de control de un aerogenerador de velocidad variable, la curva correspondiente a la regulación transitoria según la presente invención y la línea quebrada que sigue el coeficiente de ponderación del contador utilizado para establecer el momento de activación de dicha regulación transitoria.

La Figura 6 muestra la curva potencia vs. velocidad del generador correspondiente a la curva óptima utilizada normalmente en el sistema de control de un aerogenerador de velocidad variable y la serie de curvas utilizadas durante la fase de activación de la regulación transitoria según la presente invención.

La Figura 7 muestra un gráfico que representa el valor Si del contador en función del valor de la aceleración A de la torre.

20

### **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERIDAS**

El objetivo básico de los métodos de operación de los aerogeneradores de velocidad variable es conseguir que operen el máximo tiempo posible con un rendimiento óptimo aerodinámico.

25

Como es sabido, la energía cinética asociada a 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 un 59% de esa energía. En este sentido, se representa la capacidad de cada aerogenerador para acercarse a ese límite por el llamado coeficiente de rendimiento  $C_p$  que viene determinado por sus características aerodinámicas, particularmente por ratio de su velocidad de punta que se define como la

30

relación entre la velocidad tangencial de la punta de la pala y la velocidad del viento incidente. Si se consigue mantener ese ratio en el máximo coeficiente de rendimiento  $C_p$  del aerogenerador dejando que la velocidad del rotor siga a la velocidad del viento se consigue un aerogenerador altamente eficiente.

5 La estrategia de control generalmente utilizada en los aerogeneradores de velocidad variable está basada en el ajuste eléctrico del par motor del generador para obtener el máximo rendimiento y se lleva a cabo utilizando un controlador que recibe señales indicativas de la velocidad del generador y de la potencia producida por el generador y que proporciona una señal de referencia  
10 del par motor al convertidor para obtener la potencia deseada.

En este sentido, el controlador de los aerogeneradores utiliza una curva que define la relación funcional deseada entre la potencia y la velocidad para alcanzar un rendimiento óptimo.

Una curva de ese tipo es la curva 11 de la Figura 1. Ahora bien, si la  
15 operación del aerogenerador se lleva a cabo siguiendo estrictamente las referencias proporcionadas por esa curva 11, hay ciertas velocidades que pueden provocar resonancias.

En la realización del método de operación objeto de la presente invención que pasamos a describir seguidamente se parte del supuesto de que la banda  
20 crítica de velocidades del rotor se corresponde con un intervalo de velocidades del generador  $V_1$ - $V_2$  representando en la Figura 1 en los valores 223-247 rpm, lo que supone un margen de un 5% respecto a la velocidad crítica  $V_c$  de 235 y en las Figuras 2-6 en los valores 218-251 rpm, lo que supone un margen de un 7,5% respecto dicha velocidad  $V_c$ . Como es bien conocido en la técnica, los  
25 valores  $V_1$ - $V_2$  correspondientes a cada aerogenerador particular se determinan siguiendo criterios establecidos en normas administrativas.

La idea básica del método de operación objeto de la presente invención es sustituir la regulación normal del aerogenerador siguiendo la curva óptima 11 por una regulación transitoria siguiendo la curva 13, que evita que el  
30 aerogenerador opere en la banda crítica al provocar la salida de la misma en poco tiempo, únicamente en determinadas condiciones de velocidad y/o vibración de la torre.

La curva 13 está formada por un primer tramo 21 en el que el par motor asciende desde el punto correspondiente a una velocidad inicial  $V_i$  hasta alcanzar la curva 31 de potencia constante  $P_2$  en el punto correspondiente a la velocidad  $V_1$ , por un segundo tramo en el que el par motor desciende hasta alcanzar la curva 33 de potencia constante  $P_1$  en el punto correspondiente a la velocidad  $V_2$  y por un tercer tramo 25 en el que el par motor asciende hasta alcanzar la curva óptima en un punto correspondiente a la velocidad  $V_f$ , siendo dichas potencias  $P_2$  y  $P_1$  superior e inferior respectivamente en un porcentaje predeterminado  $p$  a la potencia  $P_c$ , que en el caso de la Figura 1 es de un 20%.

Se considera que en distintas realizaciones de la presente invención dicho porcentaje  $p$  puede estar comprendido entre un 3% y un 40%. Un porcentaje en torno al 20% sería apropiado en buena parte de esas realizaciones.

Por su parte, los valores  $V_i$  y  $V_f$  vienen determinados, respectivamente, por los valores  $V_1$  y  $V_2$  al efecto de que dichos tramos 21, 25 tengan una forma apropiada.

El efecto de la regulación transitoria según el método objeto de la presente invención puede observarse en las Figuras 2, 3 y 4 obtenidas mediante herramientas convencionales de simulación.

La Figura 2 se refiere a un aerogenerador en el que la banda crítica de velocidades del generador  $V_1$ - $V_2$  se corresponde con el intervalo 218rpm a 251rpm. Cuando la velocidad del viento tiene un valor que implica, utilizando la curva óptima 11, que el aerogenerador operaría dentro de dicha banda crítica es cuando se plantea la utilización de una regulación transitoria según la presente invención, denominada AZOTE en las Figuras. En el supuesto representado en la Figura 2 un viento constante de 4 m/seg. implica una velocidad del generador de 228 rpm. Pues bien en la Figura 2 se puede apreciar una comparación de los efectos en la velocidad del generador y en la potencia producida cuando se opera el aerogenerador con la regulación normal, utilizando la curva óptima 11, y cuando se opera el aerogenerador con la regulación transitoria, utilizando la curva 13 desde el instante temporal correspondiente a  $T = 98$  seg. En este caso puede observarse que, a partir de ese instante temporal la velocidad del



generador se reduce progresivamente al aumentar la potencia demandada hasta estabilizarse en 208 rpm, fuera por tanto de la banda crítica.

La Figura 3 muestra un supuesto de un viento de 4,2 m/seg para el mismo aerogenerador en el que se observa que el efecto de la regulación transitoria según la presente invención es el de aumentar progresivamente la velocidad del generador al disminuir la potencia demandada hasta estabilizarse en 260 rpm, fuera por tanto de la banda crítica.

La Figura 4 muestra el comportamiento del aerogenerador en el caso de un viento sinusoidal de 4,1 m/seg + seno 1 m/seg pudiendo observarse que el efecto de la regulación transitoria según la presente invención es el de minimizar el tiempo en el que el aerogenerador se encuentra dentro de la banda crítica de velocidades del generador.

La Figura 5 muestra por un lado las curvas 11 y 13 correspondientes a la regulación normal y la regulación transitoria del aerogenerador y por otro lado la línea quebrada 19 que muestra los valores del coeficiente de ponderación utilizado para asignar el valor S del contador utilizado en la presente invención para activar la regulación transitoria cuando alcanza un valor preestablecido  $S_i$  y para desactivarla cuando alcanza un valor preestablecido  $S_f$  que será normalmente 0. Puede observarse que esos valores del coeficiente de ponderación dependen de la mayor o menor proximidad de la velocidad V del aerogenerador a la velocidad crítica  $V_c$ , son positivos en el intervalo  $V_i$ - $V_f$  y negativos fuera de él. Una vez activado el contador se actualiza constantemente su valor S aplicando a cada intervalo de tiempo el factor de ponderación correspondiente a la velocidad del aerogenerador en dicho intervalo.

Si el aerogenerador comenzara a operar en momento dado a, por ejemplo, la velocidad de 230 rpm, se sumaría al valor S del contador en ese momento el valor resultante de multiplicar el tiempo transcurrido operando a esa velocidad por 4 que es el factor de ponderación correspondiente de acuerdo con la línea 19 de la Figura 5. Cuando el valor de S alcanza el valor preestablecido  $S_i$  se pone en marcha la regulación transitoria lo que ocasiona un aumento o disminución de velocidad V del generador según lo indicado anteriormente y ello supone decrementar el valor S del contador al corresponder a la nueva

velocidad un coeficiente de ponderación negativo. Al llegar S al valor Sf se desactiva la regulación transitoria.

El valor Si puede fijarse teniendo en cuenta adicionalmente la aceleración de la torre (que se procesaría continuamente al igual que la velocidad del aerogenerador) como se muestra en el gráfico de la Figura 7. Si la aceleración es 0 el valor de Si sería de 100 unidades. Ese valor sería lógicamente el valor de Si en una realización de la invención que no tuviera en cuenta la aceleración de la torre sino únicamente el tiempo transcurrido dentro de la banda crítica V1-V2 según lo indicado en el párrafo anterior. Para valores superiores de la aceleración el valor de Si disminuye lo que supone adelantar la activación de la regulación transitoria.

La Figura 6 ilustra la activación progresiva según una realización preferente de la presente invención de la regulación transitoria mediante la cual durante un tiempo predeterminado T no se utiliza la curva final 13 sino que en cada intervalo de, por ejemplo 0,5 segundos se utilizan curvas intermedias 13', 13'', 13''' hasta alcanzar la curva final 13. La desactivación de dicha regulación transitoria se realiza siempre estando V fuera del intervalo Vi-Vf, es decir, sobre la curva óptima 11.

Se considera que en distintas realizaciones de la presente invención dicho tiempo predeterminado T puede estar comprendido entre 0 y 30 segundos. Como bien se comprende el límite inferior de ese intervalo se corresponde con la realización de la invención en la que la activación de la regulación transitoria no se haría de forma progresiva. Un tiempo en torno a 5 segundos sería apropiado en buena parte de esas realizaciones.

El método objeto de la presente invención se implementa utilizando los medios disponibles en los sistemas de control de los aerogeneradores de velocidad variable. Esos sistemas de control comprenden por un lado dispositivos de medida de variables relevantes tales como la aceleración de la torre, la velocidad del viento, la velocidad del generador ó la potencia producida en cada instante y medios de proceso que permiten establecer referencias operacionales del aerogenerador tales como el par motor demandado por el generador en función de las circunstancias.

La regulación transitoria objeto de la presente invención se implementa en particular incluyendo en dichos medios de proceso un algoritmo cuyos datos de entrada básicos son, como hemos indicado, la velocidad del generador y la aceleración de la torre, y cuyo dato de salida es una referencia operacional del par demandado por el generador u otra referencia directamente relacionada con ella.

Como ya hemos indicado, una ventaja de la regulación transitoria objeto de la presente invención respecto de la que técnica anterior es que no se activa siempre que la velocidad del generador se encuentre dentro de la banda crítica V1-V2 sino solo en aquellas situaciones en las que la combinación de unos determinados valores de la aceleración de la torre y del tiempo de operación cerca de la velocidad crítica  $V_c$  suponga un riesgo para la integridad del aerogenerador o un incumplimiento de la normativa aplicable al efecto de maximizar la producción de energía y evitar incrementos en las cargas sufridas por el aerogenerador.

Un ejemplo paradigmático en el que se pone de manifiesto esa ventaja es en el arranque del aerogenerador con viento nominal. En esta situación, siguiendo el método objeto de la presente invención, no se aplicaría la regulación transitoria sino una regulación normal siguiendo la curva óptima ya que el tiempo necesario para transitar por la velocidad crítica es mínimo y no conlleva ningún riesgo para el aerogenerador. Ahora bien, aplicando alguno de los métodos de la técnica anterior se obligaría al aerogenerador a cumplir las restricciones asociadas al paso por la velocidad crítica lo que conlleva una pérdida de energía y eficiencia así como un aumento de las cargas 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 operación de un aerogenerador de velocidad variable provisto de un dispositivo de control orientado a la optimización de la potencia, en un intervalo de velocidades ( $V1-V2$ ) en torno a la velocidad crítica ( $Vc$ ) en la que se produce una frecuencia del rotor coincidente con la frecuencia natural de la torre, en el que, en lugar de regular el par motor demandado por el generador siguiendo una curva óptima par motor vs. velocidad del generador (11), se puede seguir una regulación transitoria utilizando una curva (13) formada por un primer tramo (21) en el que el par motor asciende desde un punto correspondiente a un valor inicial de velocidad ( $V_i$ ) hasta alcanzar la curva (31) de potencia constante ( $P2$ ) en el punto correspondiente a otro valor de velocidad ( $V1$ ) de un segundo tramo (23) en el que el par motor desciende hasta alcanzar la curva (33) de potencia constante ( $P1$ ) en el punto correspondiente a otro valor de velocidad ( $V2$ ) y de un tercer tramo (25) en el que el par motor asciende hasta alcanzar la curva óptima (11) en el punto correspondiente a otro valor de velocidad ( $V_f$ ), siendo los valores de las potencias respectivamente superior e inferior en un porcentaje predeterminado ( $p$ ) que el nivel de potencia correspondiente a la frecuencia natural de la torre en dicha curva óptima (11), caracterizado porque comprende los siguientes pasos:

a) monitorizar continuamente la velocidad ( $V$ ) del generador y activar un contador asignándole un valor ( $S$ ) aplicando al tiempo transcurrido desde su activación un coeficiente de ponderación dependiente de la diferencia existente entre la velocidad del generador ( $V$ ) y la velocidad crítica ( $Vc$ ), en valor absoluto, que tiene valores positivos en el intervalo de velocidades ( $V_i-V_f$ ), entre la velocidad inicial ( $V_i$ ) y la velocidad en la cual el par motor alcanza la curva ideal ( $V_f$ ), alcanzando un máximo cuando la velocidad del generador se iguala a la velocidad crítica ( $V=Vc$ ), y valores negativos fuera de él;

b) proceder a la activación de dicha regulación transitoria cuando el valor ( $S$ ) del contador alcanza un valor preestablecido ( $S_i$ ) y a su desactivación cuando el valor ( $S$ ) del contador alcanza otro valor preestablecido ( $S_f$ ), volviendo

en este caso al modo de regulación donde el par motor demandado por el generador sigue la mencionada curva óptima (11).

5           2.- Método de operación de un aerogenerador de velocidad variable según la reivindicación 1, caracterizado porque el paso a) también comprende monitorizar la aceleración (A) de la torre y porque el valor (Si) utilizado en el paso b) se determina mediante una función preestablecida dependiente del valor de aceleración (A).

10           3.- Método de operación de un aerogenerador de velocidad variable según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, caracterizado porque dicho porcentaje (p) está comprendido entre el 3% y el 40%.

15           4.- Método de operación de un aerogenerador de velocidad variable según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, caracterizado porque la plena activación de dicha regulación transitoria se lleva a cabo en un tiempo predeterminado (T) siguiendo curvas transitorias intermedias (13', 13'', 13''') hasta alcanzar la curva final (13) correspondiente a dichos valores (P1, P2).

20           5.- Método de operación de un aerogenerador de velocidad variable según la reivindicación 4, caracterizado porque dicho tiempo (T) está comprendido entre 0 y 30 segundos.

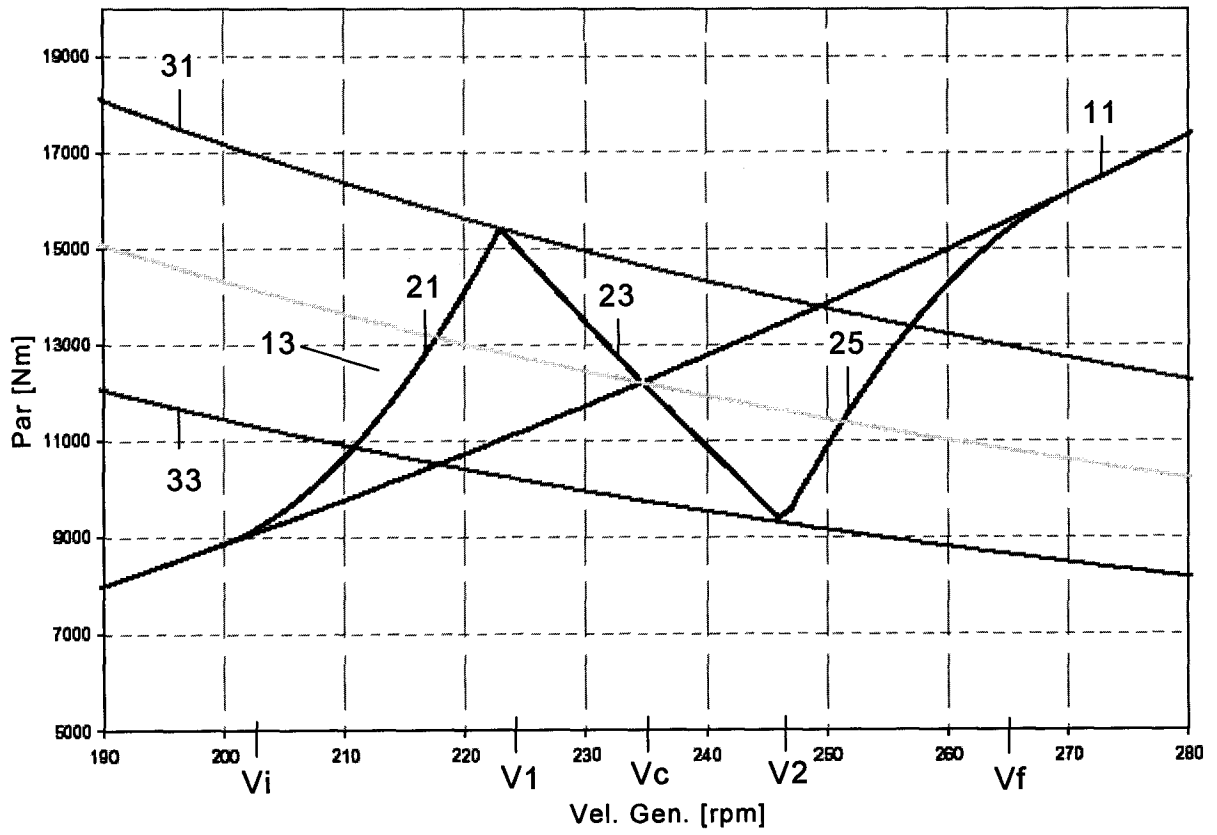


FIG. 1

Viento 4,0 m/s

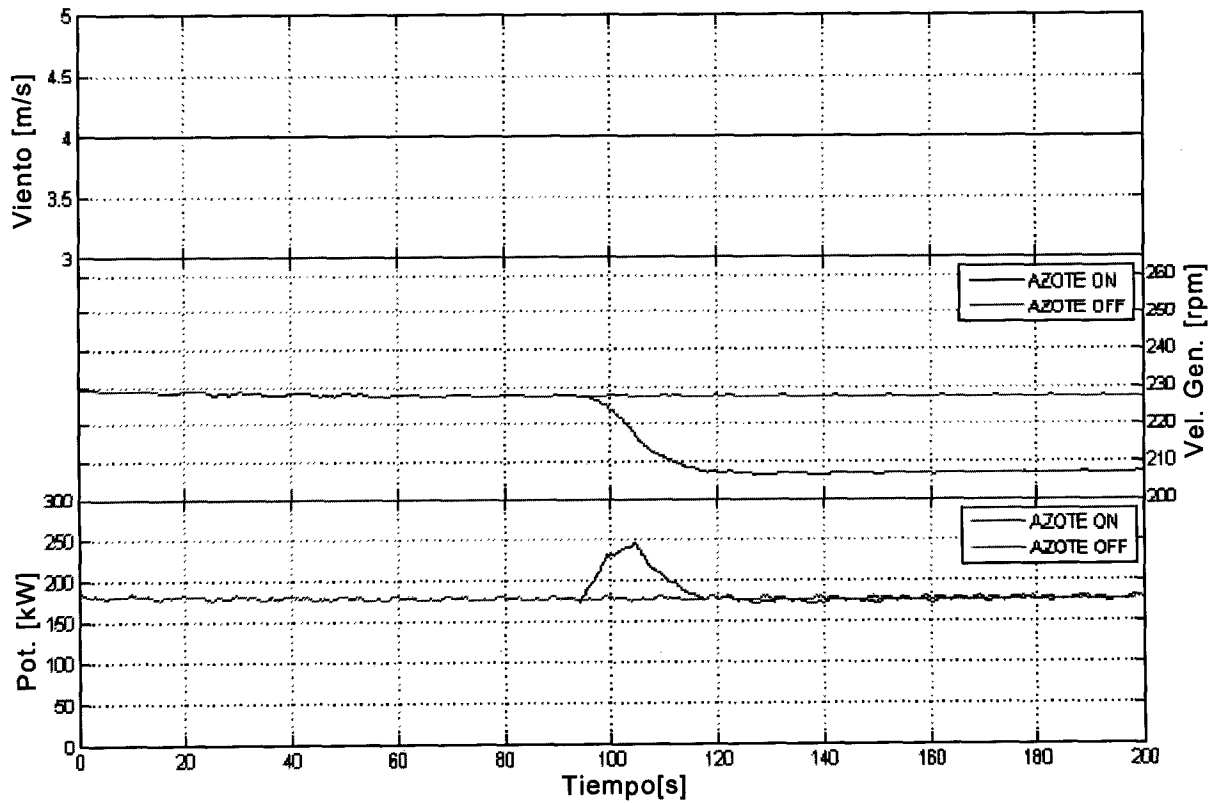
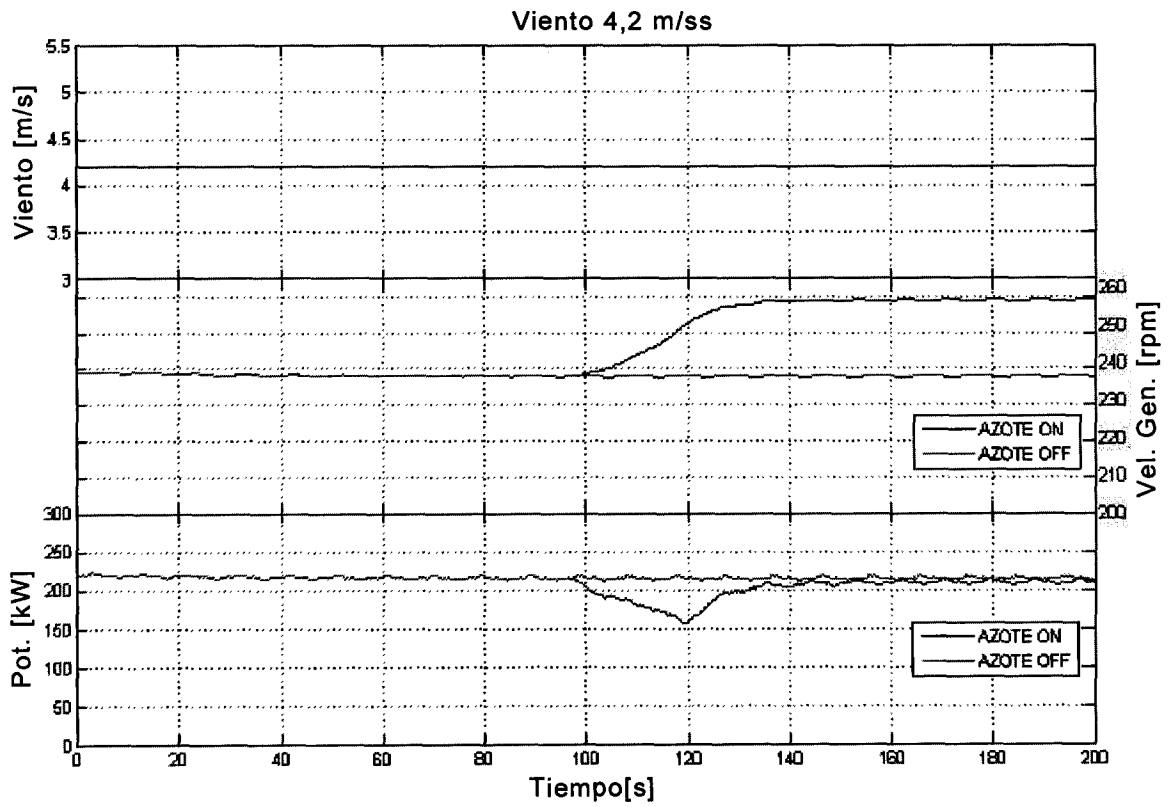
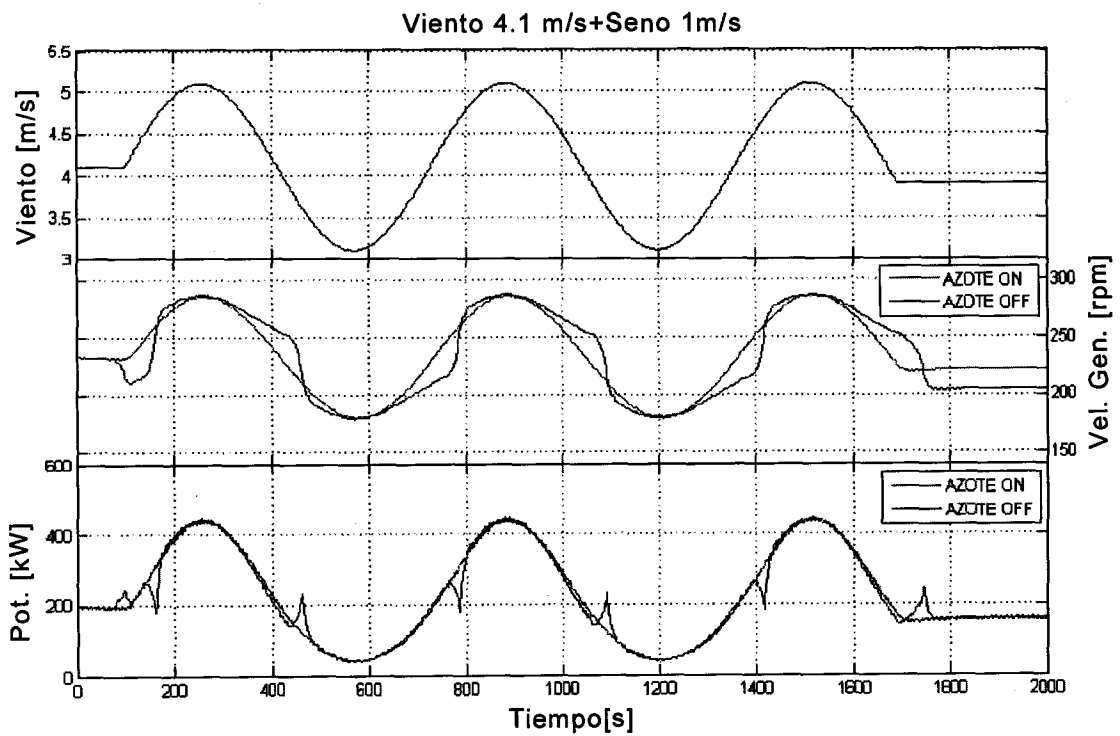


FIG. 2



**FIG. 3**



**FIG.4**

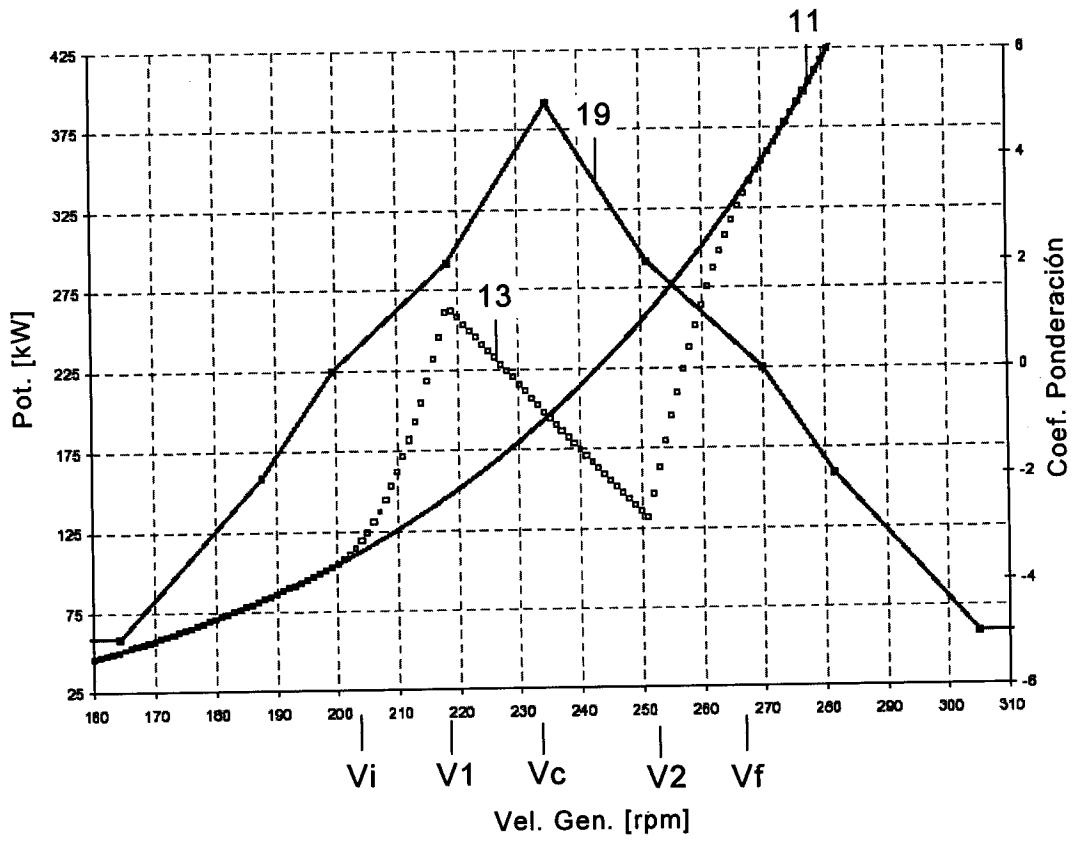


FIG. 5

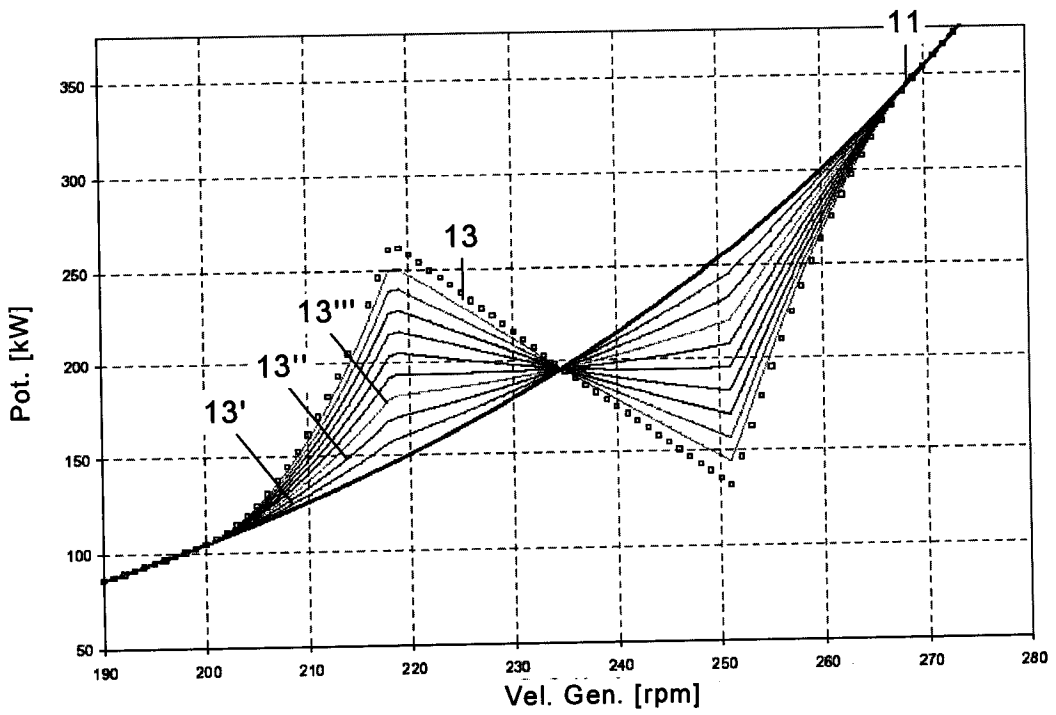


FIG. 6



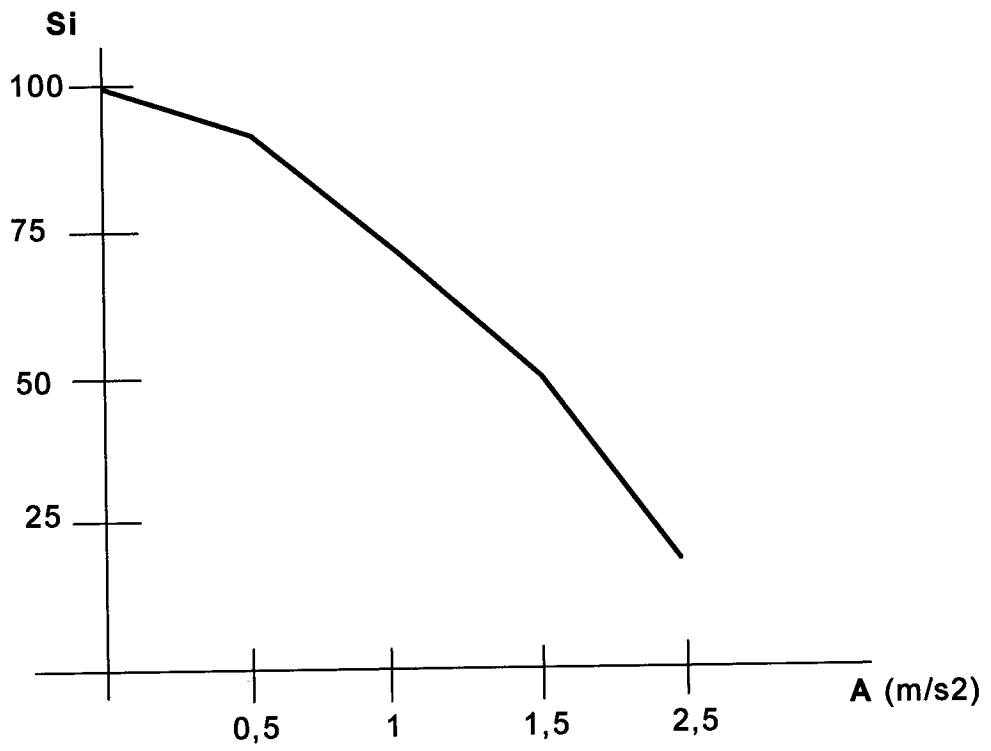


FIG. 7