

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 398 027**

21 Número de solicitud: 201100577

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

24.05.2011

43 Fecha de publicación de la solicitud:

13.03.2013

71 Solicitantes:

GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.
(50.0%)

AVENIDA CIUDAD DE LA INNOVACIÓN, 9-11
31621 SARRIGUREN (Navarra) ES

72 Inventor/es:

ROMERO SANZ, Ignacio;
LÓPEZ RUBIO, Jose Maria;
GUERRERO CARRION, Jesus Javier;
MOLERA LLORENTE, Borja;
PALOU LARRAÑAGA, Felipe y
NOVA RAMOS, Jose Raúl

54 Título: **MÉTODOS Y SISTEMAS DE CONTROL DE AEROGENERADORES EN CONDICIONES DE CLIMA FRÍO Y BAJA ALTITUD.**

57 Resumen:

Métodos y sistemas de control de aerogeneradores en condiciones de clima frío y baja altitud. Los métodos son métodos de operación de aerogeneradores de velocidad variable que tienen medios de control del ángulo de paso de las palas y del par motor, que incluyen pasos adicionales para proporcionar a los medios de control del par motor, en el supuesto de una situación ambiental en la que la densidad del aire ρ es mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} una velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} en lugar de la velocidad nominal establecida del generador Ω_{nr} que se determina de forma dinámica en función de al menos la presión del aire P_r , la temperatura T y la velocidad del viento V , para disminuir la carga del aerogenerador. Los sistemas de control están dispuestos para llevar a cabo esa regulación.

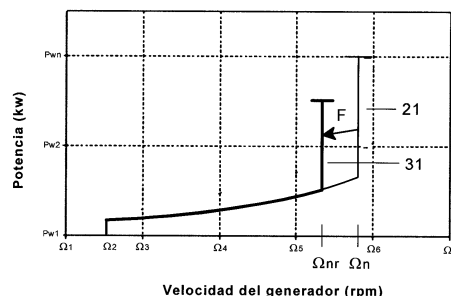


FIG. 4

DESCRIPCION

METODOS Y SISTEMAS DE CONTROL DE AEROGENERADORES EN CONDICIONES DE CLIMA FRIO Y BAJA ALTITUD

CAMPO DE LA INVENCION

5

La invención se refiere a métodos y sistemas de control de aerogeneradores y en particular a métodos y sistemas de control de aerogeneradores en emplazamientos a baja altitud y en condiciones de clima frío.

10

ANTECEDENTES

Como los sistemas de control de aerogeneradores están inicialmente diseñados para condiciones ambientales estandarizadas pueden ser mejorados para hacer frente a condiciones no estándar relacionadas, por ejemplo, con la velocidad del viento y la intensidad de la turbulencia en conexión con una variedad de objetivos tales como aumentar la producción de energía o evitar cargas excesivas.

Se sabe al respecto que hay que tener en cuenta otras variables meteorológicas en la operación de los aerogeneradores tales como la presión del aire o la temperatura del aire como se describe, por ejemplo, en US 2010/00320761 y US 2009/0295160.

Sin embargo no se conocen sistemas de control de aerogeneradores dirigidos específicamente a emplazamientos que combinen baja temperatura y baja altura que son susceptibles de tener una mayor densidad del aire de la habitual y donde, por tanto, cabe esperar un cierto aumento en la carga del aerogenerador.

Como hay un gran número de aerogeneradores instalados en este tipo de emplazamientos y un gran número de emplazamientos potenciales de ese tipo para aerogeneradores es deseable disponer de métodos y sistemas de control de aerogeneradores que solucionen los problemas de cargas planteados en ellos porque, por un lado, los métodos y sistemas conocidos para controlar

las cargas del aerogenerador no están generalmente bien adaptados a dicho tipo de emplazamientos y, por otra parte, no son fácilmente aplicables a aerogeneradores ya instalados sin dispositivos de medición de la carga.

La presente invención está dirigida tanto a la atención de dicha
5 demanda.

SUMARIO DE LA INVENCION

Es un objeto de la presente invención proporcionar métodos y sistemas
10 de control de aerogeneradores adaptados a las necesidades de los emplazamientos de aerogeneradores que combinan baja temperatura con baja altura.

En un aspecto este y otros objetos se consiguen con un método para la operación de un aerogenerador de velocidad variable que tiene medios de
15 control del ángulo de paso de las palas y del par motor, que incluye pasos adicionales para proporcionar a los medios de control del par motor, en el supuesto de una situación ambiental en la que la densidad del aire ρ es mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} , una velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , en lugar de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n , que se
20 determina de forma dinámica en función de al menos la presión del aire P_r , la temperatura T y la velocidad del viento V , para disminuir la carga del aerogenerador.

En realizaciones de la presente invención, la determinación de dicha velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} comprende pasos de: calcular
25 dinámicamente la densidad del aire ρ ; obtener un parámetro de reducción P dependiente del valor de la densidad del aire ρ ; obtener un factor de reducción F en función de dicho parámetro de reducción P y de la velocidad del viento V ; aplicar dicho factor de reducción F a la velocidad nominal del generador Ω_n . Por tanto, la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} se hace dependiente de
30 la densidad del aire ρ y de la velocidad del viento V de manera que tenga en cuenta su influencia combinada en la carga del aerogenerador.

En realizaciones de la presente invención la velocidad del viento V se mide en el aerogenerador y la temperatura T y la presión del aire P_r pueden ser medidas en el aerogenerador y/o fuera del aerogenerador (por ejemplo en el parque eólico al que pertenece el aerogenerador). Como la presión del aire P_r depende únicamente de la altura su valor puede también estar almacenado como un dato en los medios de almacenamiento del sistema de control del aerogenerador. Teniendo disponible más de una fuente para los valores de la temperatura T y la presión del aire P_r se previenen fallos en cualquiera de ellas. Por lo tanto la implementación de la regulación adicional según la presente invención se realiza usando señales disponibles fácilmente en el aerogenerador lo que permite una implementación sencilla y robusta de dicha regulación adicional.

En realizaciones de la presente invención dicho valor predeterminado ρ_{ref} es 1.225 kg/m^3 . La regulación adicional según la invención se implementa por lo tanto cuando la densidad del aire alcanza un valor que sobrecarga una proporción significativa de modelos de aerogenerador.

En las realizaciones de la presente invención, la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} está comprendida entre el 70-99.9% de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n . La regulación adicional de acuerdo con la invención proporciona por lo tanto la reducción de la carga necesaria en las condiciones ambientales antes mencionadas con una reducción razonable de la velocidad nominal del generador.

En otro aspecto, los objetos mencionados anteriormente se consiguen con un sistema de control de un aerogenerador conectado a dispositivos de medida de al menos la velocidad del generador Ω , el ángulo de paso de las palas θ , la temperatura T y la velocidad del viento V y a al menos los actuadores de control del ángulo de paso de las palas y del par motor, estando dispuesto el sistema de control para llevar a cabo una regulación del aerogenerador según una curva Potencia vs. Velocidad del generador con una velocidad nominal del generador Ω_n ; estando dispuesto también el sistema de control para llevar a cabo una regulación adicional cuando la densidad del aire ρ

es mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} según una curva Potencia vs. Velocidad del generador con un velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , que está determinada dinámicamente como una función de al menos la presión del aire P_r , la temperatura T y la velocidad del viento V , para disminuir la carga del aerogenerador.

En realizaciones de la presente invención, la disposición para llevar a cabo dicha regulación adicional comprende un módulo para obtener dicha velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , comprendiendo el módulo: un primer sub-módulo para calcular dinámicamente la densidad del aire ρ como una función de la presión del aire P_r y de la temperatura T ; y un segundo sub-módulo para obtener la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} aplicando un factor de reducción F a la velocidad nominal del generador Ω_n , calculándose dicho factor de reducción F en función de un parámetro de reducción P , dependiente del valor de la densidad del aire ρ , y de la velocidad del viento V . Por lo tanto la regulación adicional puede ser implementada fácilmente en el sistema de control del aerogenerador.

En realizaciones de la presente invención, el sistema de control del aerogenerador también está conectado a un dispositivo de medición de la presión del aire P_r . Por otra parte los dispositivos de medición de la presión del aire P_r y la temperatura T pueden estar situados en el aerogenerador o fuera de él (por ejemplo en el parque eólico al que pertenece el aerogenerador). Por lo tanto el sistema de control del aerogenerador tiene medios redundantes para proporcionar los datos de entrada a la regulación adicional.

Un aerogenerador comprendiendo el sistema de control mencionado también está cubierto por el alcance de la presente invención.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la siguiente descripción detallada en relación con las figuras que se acompañan.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Figura 1 es una vista esquemática en alzado de un aerogenerador.

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

5 La Figura 3 muestra una típica de curva de potencia de un aerogenerador.

La Figura 4 muestra conjuntamente la curva Potencia vs. Velocidad del generador conocida en la técnica de la Figura 2 y la curva Potencia vs. Velocidad del generador que se usa en la regulación adicional según la presente invención.

10 La Figura 5 muestra curvas Empuje vs. Velocidad del viento correspondientes, respectivamente, a una regulación convencional de una aerogenerador y a la regulación adicional según la presente invención.

La Figura 6 es un diagrama de bloques esquemático de la regulación adicional según la presente invención

15 Las Figuras 7-8 son diagramas de bloques detallados de una realización de la regulación adicional según la presente invención

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS REALIZACIONES PREFERENTES

20 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, bien directamente o a través de una multiplicadora, al
25 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
30 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.

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 el viento incidente depende del área barrida por las palas del rotor, de la densidad del aire 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 C_p 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 en su valor óptimo, de manera que la velocidad del rotor siga la velocidad del viento, se obtiene el máximo coeficiente de potencia C_p del aerogenerador, alcanzando una conversión de energía 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 indicando 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 del generador 21, mostrada en la Figura 2 y de la curva resultante Potencia vs. Velocidad del viento mostrada en la Figura 3.

La curva Potencia vs. Velocidad del generador 21 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 C_p . La tercera zona sub-nominal 27 corresponde a velocidades del viento en un cierto rango en el que se mantiene constante la velocidad del generador a la velocidad nominal Ω_n mientras la potencia se incrementa hasta la potencia nominal P_{wn} . 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 a la potencia nominal P_{wn} bajo el control del ángulo de paso de las palas para evitar sobrecargas.

En condiciones ideales la curva de potencia promedio resultante sería la curva 22 de la Figura 3 que muestra que la producción de energía P se incrementa desde una mínima velocidad del viento V_2 hasta la velocidad nominal del viento V_n y entonces permanece constante en el valor nominal de producción de energía P_{wn} hasta la velocidad de corte del viento. Esta curva define la deseada relación funcional entre potencia y velocidad para alcanzar la producción ideal y por tanto el sistema de control del aerogenerador debe estar dispuesto en consonancia.

Para implementar esa regulación una unidad de control recibe datos de entrada tales como la velocidad del viento V , la velocidad del generador Ω , el ángulo de paso de las palas θ , la potencia P_w desde bien conocidos dispositivos de medida y envía datos de salida θ_{ref} , T_{ref} a, respectivamente, el sistema actuador del ángulo de paso de las palas para cambiar la posición angular de las palas 17 y a una unidad de comando del generador para cambiar la referencia para la producción de energía.

De acuerdo con la presente invención del sistema de control está también dispuesto para llevar a cabo una regulación adicional cuando el aerogenerador está sometido una situación de "clima frío" siguiendo una curva Potencia vs. Velocidad del generador tal como la curva 31 de la Figura 4 superpuesta a la anteriormente mencionada curva Potencia vs. Velocidad del

generador 21. Dicha modificación implica básicamente una reducción de la velocidad nominal del generador Ω_n para reducir las cargas extra del aerogenerador en una situación de "clima frío" como se muestra en las curvas Empuje vs. Velocidad del viento 24, 34 de la Figura 5 que corresponden, respectivamente, a un sistema de control de un aerogenerador sin y con dicha regulación adicional.

Como indica la flecha F el aerogenerador puede estar controlado en un punto en la zona 27 de la curva 21 cuando se debe iniciar la regulación adicional.

En el sentido de esta invención una situación de "clima frío" es una combinación de condiciones de temperatura y altura en el emplazamiento del aerogenerador que implica una densidad del aire ρ mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} para cada modelo de aerogenerador.

Se considera que un valor de referencia de 1.225 kg/m^3 cubre las necesidades de una parte importante de los modelos de aerogeneradores conocidos. La Tabla 1 muestra varias combinaciones de altura y temperatura donde $\rho > 1.225 \text{ kg/m}^3$.

Tabla 1

H(m)/T(°C)	-30°C	-25 °C	-20°C	-15°C	-10°C	-5°C	0°C	5°C	10°C	15°C
0	1.452	1.422	1.394	1.367	1.341	1.316	1.292	1.269	1.247	1.225
100	1.431	1.403	1.376	1.349	1.324	1.300	1.276	1.254	1.232	
200	1.412	1.384	1.357	1.332	1.307	1.283	1.260	1.238		
300	1.392	1.365	1.339	1.314	1.290	1.267	1.245			
400	1.373	1.347	1.321	1.297	1.274	1.251	1.230			
500	1.354	1.328	1.304	1.280	1.258	1.236				
600	1.335	1.311	1.287	1.264	1.242					
700	1.317	1.293	1.270	1.247	1.226					
800	1.299	1.276	1.253	1.231						
900	1.281	1.259	1.237							
1000	1.264	1.242								
1100	1.247									
1200	1.230									

Como se muestra en la Figura 6 las entradas básicas a la unidad de control 41 que implementa dicha regulación adicional son las siguientes:

- La presión de aire P_r en el emplazamiento del aerogenerador que puede estar almacenada como un dato en los medios de almacenamiento del sistema de control del aerogenerador, calculado a partir de la altura del buje del aerogenerador y de una tabla Altura vs. Presión del aire almacenada en los
5 medios de almacenamiento del sistema de control del aerogenerador, o proporcionada por un dispositivo de medición adecuado ubicado en el aerogenerador o fuera del aerogenerador (típicamente en el parque eólico al que pertenece el aerogenerador).

- La temperatura T en el emplazamiento del aerogenerador que puede
10 ser proporcionada al sistema de control del aerogenerador por un dispositivo de medición adecuado ubicado en el aerogenerador o fuera del aerogenerador.

- La velocidad nominal del generador Ω_n .

La salida es la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} que debe aplicarse en una situación de "clima frío".

15 Dicha unidad de control 31 comprende un módulo que implementa un algoritmo apropiado para determinar la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} para disminuir la carga del aerogenerador a niveles aceptables.

En una realización preferente, dicho algoritmo se implementa por medio de los sub-módulos que se muestran en las Figuras 7 y 8.

20 En el primer sub-módulo 43 mostrado en la Figura 7 la densidad del aire ρ se calcula dinámicamente como una función de la presión del aire y de la temperatura T .

En el segundo sub-modulo (bloques 45, 47, 49 mostrados en la Figura 8) el factor de reducción F a ser aplicado a la velocidad nominal del generador Ω_n
25 para obtener la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} en el bloque 49, se obtiene en el bloque 47 como una función de un parámetro de reducción P dependiente de la densidad del aire ρ (de acuerdo con una tabla de interpolación predeterminada), que se obtiene en el bloque 45, y de la velocidad del viento medida V .

30 En el bloque 47 el factor de reducción F se calcula usando una tabla de interpolación dinámica para aplicar de una manera progresiva el parámetro P

entre dos velocidades de viento predeterminadas, es decir cuando mayor sea la densidad del aire mayor es la reducción consiguiente debida a la velocidad del viento.

5 En las condiciones ambientales definidas en la Tabla 1 y de acuerdo con las simulaciones realizadas por los inventores para diferentes modelos de aerogeneradores la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} necesaria para disminuir la carga del aerogenerador al nivel de unas condiciones ambientales estándar está comprendida entre el 70-99.9% de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n .

10 Las principales ventajas de la regulación de "clima frío" de acuerdo con la presente invención son las siguientes:

- Proporciona una reducción de los efectos perjudiciales de las cargas en dicha situación a un bajo costo, ya que no requiere ninguna modificación de hardware.

15 - Puede ser implementada fácilmente en los aerogeneradores que ya están en funcionamiento.

- Permite que los medios de control puedan reaccionar rápidamente a situaciones de "clima frío" y mantener al aerogenerador produciendo energía de modo seguro.

20 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 las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1.- Un método para la operación de un aerogenerador de velocidad variable que tiene medios de control del ángulo de paso de las palas y del par motor, caracterizado porque incluye pasos adicionales para proporcionar a los medios de control del par motor, en el supuesto de una situación ambiental en la que la densidad del aire ρ es mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} , una velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , en lugar de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n , que se determina de forma dinámica en función de al menos la presión del aire Pr , la temperatura T y la velocidad del viento V , para disminuir la carga del aerogenerador.

2.- Un método según la reivindicación 1, en el que la determinación de dicha velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} comprende pasos de:

- calcular dinámicamente la densidad del aire ρ ;
- obtener un parámetro de reducción P dependiente del valor de la densidad del aire ρ ;
- obtener un factor de reducción F en función de dicho parámetro de reducción P y de la velocidad del viento V ;
- aplicar dicho factor de reducción F a la velocidad nominal del generador Ω_n .

3.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que los valores de la presión del aire Pr y la temperatura T se obtienen de una o más fuentes.

4.- Un método según la reivindicación 3, en el que la presión del aire Pr se obtiene a partir de la altitud del buje del aerogenerador.

5.- Un método según la reivindicación 3, en el que los valores de la presión del aire P_r y la temperatura T se obtienen mediante dispositivos de medida situados en el aerogenerador y/o fuera del aerogenerador.

5 6.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en el que, cuando los valores de la presión del aire P_r y la temperatura T se obtienen de más de una fuente, incluye pasos adicionales para elegir el valor obtenido de la fuente predeterminada a menos que se detecte en ella un fallo.

10 7.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que dicho valor predeterminado ρ_{ref} es 1.225 kg/m^3 .

8.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, en el que la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} está comprendida entre el 70-
15 99.9% de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n .

9.- Un sistema de control de un aerogenerador conectado a dispositivos de medida de al menos la velocidad del generador Ω , el ángulo de paso de las palas θ , la temperatura T y la velocidad del viento V y a al menos los
20 actuadores de control del ángulo de paso de las palas y del par motor, estando dispuesto el sistema de control para llevar a cabo una regulación del aerogenerador según una curva Potencia vs. Velocidad del generador (21) con una velocidad nominal del generador Ω_n ; estando dispuesto también el sistema de control para llevar a cabo una regulación adicional cuando la densidad del
25 aire ρ es mayor que un valor predeterminado ρ_{ref} según una curva Potencia vs. Velocidad del generador (31) con un velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , que está determinada dinámicamente como una función de al menos la presión del aire P_r , la temperatura T y la velocidad del viento V , para disminuir la carga del aerogenerador.

30

10.- Un sistema de control de un aerogenerador según la reivindicación 9, en el que la disposición para llevar a cabo dicha regulación adicional comprende un módulo (41) para obtener dicha velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} , comprendiendo el módulo (41):

- 5 - un primer sub-módulo (43) para calcular dinámicamente la densidad del aire ρ como una función de la presión del aire P_r y de la temperatura T ;
- un segundo sub-módulo (45, 47, 49) para obtener la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} aplicando un factor de reducción F a la velocidad nominal del generador Ω_n , calculándose dicho factor de reducción F en función
- 10 de un parámetro de reducción P , dependiente del valor de la densidad del aire ρ , y de la velocidad del viento V .

11.- Un sistema de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 9-10, en el que el sistema de control del aerogenerador

15 también está conectado a un dispositivo de medición de la presión del aire P_r .

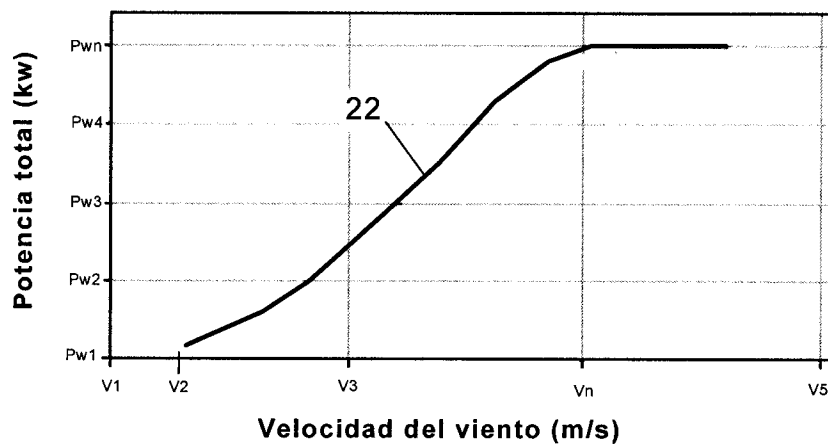
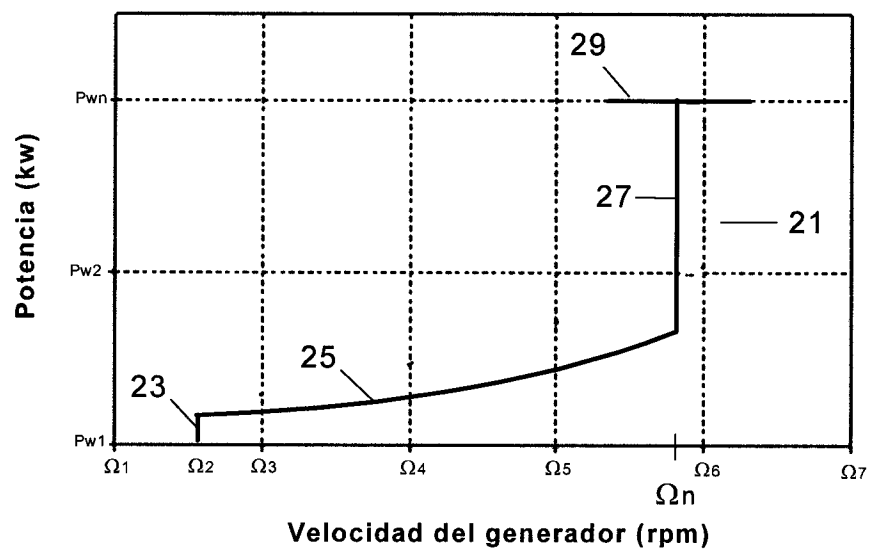
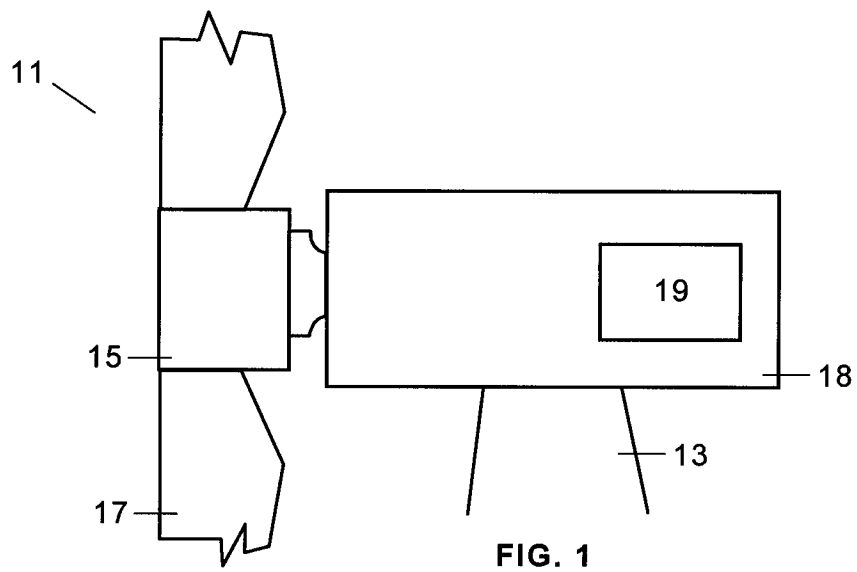
12.- Un sistema de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que los dispositivos de medición de la presión del aire P_r y la temperatura T están situados en el aerogenerador y/o en un parque

20 eólico si el aerogenerador pertenece a un parque eólico.

13.- Un sistema de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en el que dicho valor predeterminado ρ_{ref} es 1.225 kg/m^3 .

25 14.- Un sistema de control de un aerogenerador según cualquiera de las reivindicaciones 9-13, en el que la velocidad nominal reducida del generador Ω_{nr} está comprendida entre el 70-99.9% de la velocidad nominal establecida del generador Ω_n .

30 15.- Aerogenerador comprendiendo un sistema de control según cualquiera de las reivindicaciones 9-14.



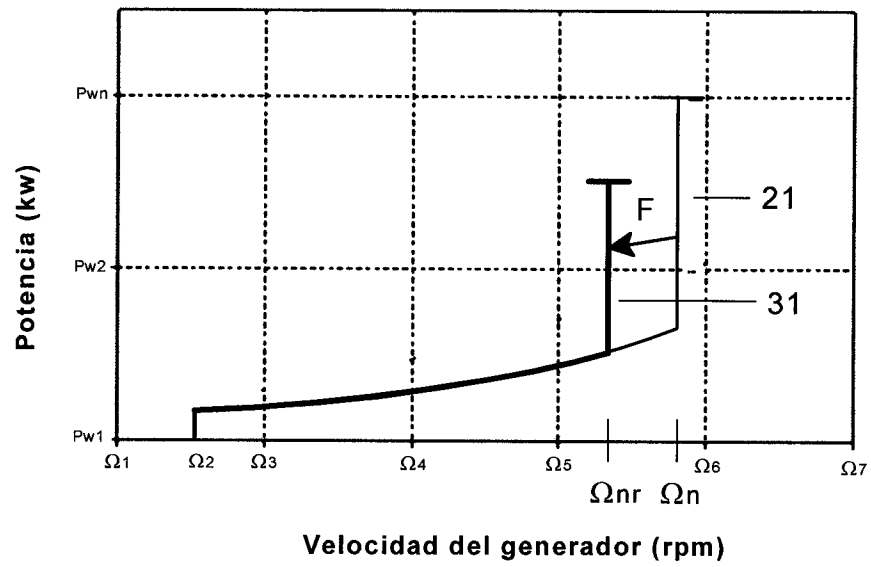


FIG. 4

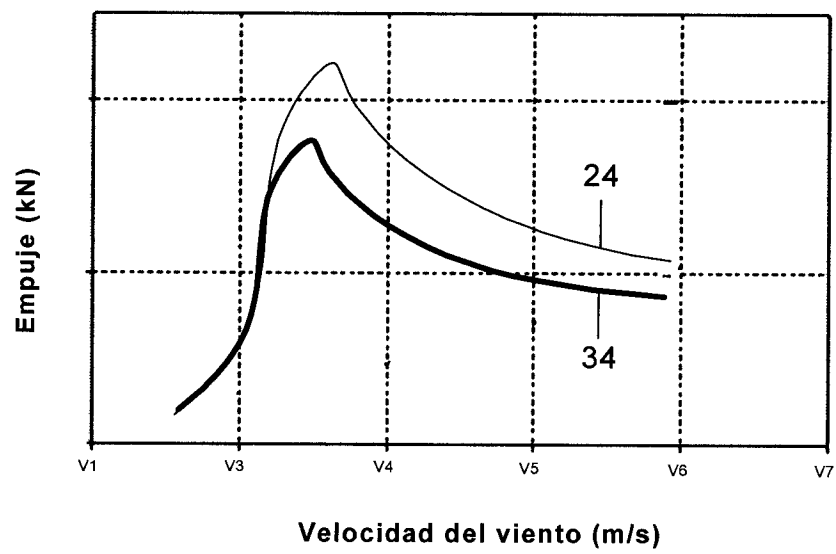


FIG. 5

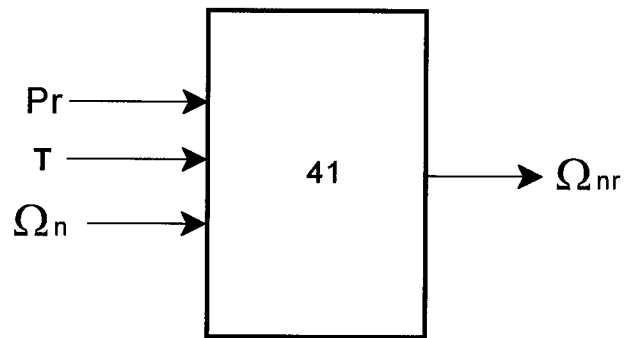


FIG. 6

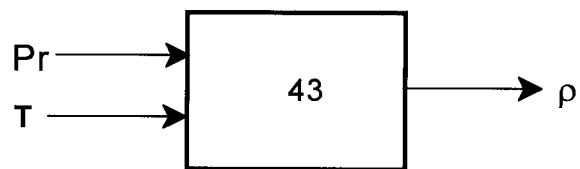


FIG. 7

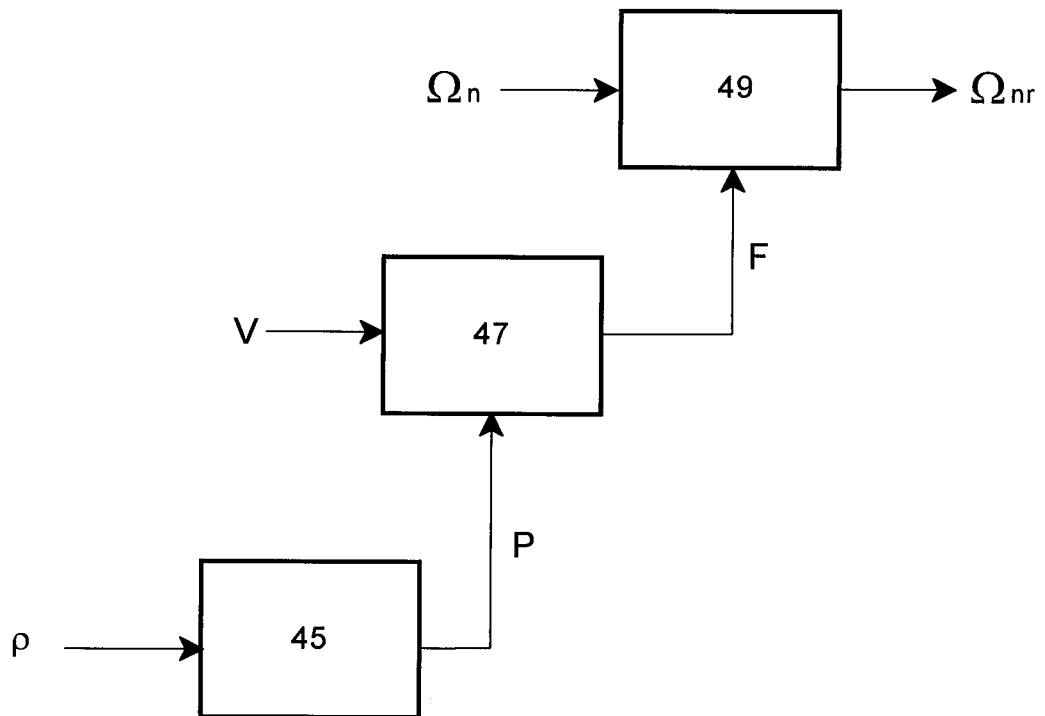


FIG. 8