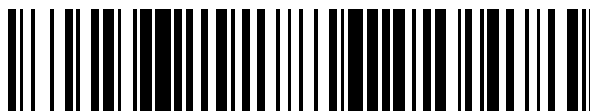


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 411 355**

51 Int. Cl.:

**F03D 7/02** (2006.01)

**F03D 7/04** (2006.01)

**F03D 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.06.2009 E 09772348 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2013 EP 2307715**

54 Título: **Restricción de potencia en turbinas eólicas**

30 Prioridad:

**30.06.2008 DK 200800901**

**30.06.2008 US 133693 P**

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

**05.07.2013**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 44**

**8200 AARHUS N, DK**

72 Inventor/es:

**NYBORG, ANDERS y  
DALSGAARD, SØREN**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 411 355 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**

Restricción de potencia en turbinas eólicas

**Campo de la invención**

5 La presente invención se refiere a restricción de potencia en turbinas eólicas o en parques eólicos. En particular, la presente invención se refiere a un procedimiento y a una instalación de turbinas eólicas que se puede hacer funcionar en un modo de funcionamiento de potencia restringida. Aplicando restricción de potencia a instalaciones de turbinas eólicas se pueden satisfacer demandas de código de red con respecto a un control de frecuencia de red rápido y eficaz.

**Antecedentes de la invención**

10 Al hacer funcionar una turbina eólica o un parque eólico se pretende obtener un rendimiento máximo del capital invertido en ella. A fin de cumplir con esto, los sistemas de control de turbinas eólicas están configurados para maximizar la potencia de salida.

15 Una forma de controlar el rendimiento de una turbina eólica es cabecear las palas del rotor de la turbina eólica. Tal cabeceo de las palas del rotor puede estar gestionado por ejemplo por un sistema de cabeceo de las palas de accionamiento eléctrico o hidráulico.

Los modos de funcionamiento de una turbina eólica se pueden dividir en dos partes:

1. funcionamiento a carga parcial para velocidades del viento entre unos pocos m/s y la velocidad nominal del viento, y
- 20 2. funcionamiento a plena carga para velocidades del viento entre la velocidad nominal del viento y la velocidad del viento de parada.

Se sabe que controlar el cabeceo de las palas del rotor proporciona medios eficaces para controlar el rendimiento de la turbina eólica en el funcionamiento a la velocidad nominal del viento con el fin de mantener la velocidad del rotor de la turbina eólica lo más constante posible en torno a una velocidad nominal del rotor.

25 Si se requiere un amortiguador de potencia en cada turbina eólica, se puede reducir el punto de ajuste de la potencia nominal de la turbina eólica. Sin embargo, en el funcionamiento a carga parcial la turbina eólica seguirá buscando producir una potencia máxima del viento disponible, con el resultado de que el amortiguador de potencia requerido ya no estará disponible. Por lo tanto, la reducción del punto de ajuste nominal de la turbina eólica no proporciona el amortiguador de potencia requerido en el funcionamiento a carga parcial.

30 Como ejemplo, si se reduce una turbina eólica de 3 MW a 2,5 MW con el fin de crear un amortiguador de 500 kW esto no tendrá ningún efecto si el viento sólo permite la producción de 1 MW: por lo tanto el amortiguador de 500 kW no está disponible. En otras palabras, de acuerdo con esquemas de control conocidos no es posible, en el funcionamiento a carga parcial, garantizar que la producción de la turbina eólica es más baja que lo que la turbina eólica puede producir en las condiciones de velocidad reales. La única manera de reducir la producción de energía a velocidades de viento bajas es cambiar la turbina eólica a un algoritmo de control de potencia nominal que incluye proporcionar un punto de ajuste de potencia reducida a la turbina eólica. El punto de ajuste de potencia reducida garantiza que la producción de energía se reduce en la cantidad deseada.

El documento US 2008/0116690 A1 describe un modo de funcionamiento de potencia limitada, en el que una unidad de control preestablece un valor deseado de la potencia máxima que va a ser suministrada por una central de energía eólica.

40 Hansen et al. ("Centralised power control of wind farm with doubly fed induction generators", Renewable Energy 32 (2006), p. 935-951) describe el control de la producción de energía de todo un parque eólico mediante el envío de señales de potencia de referencia a cada turbina eólica individual.

45 Lubosny et al. ("Supervisory Control of a Wind Farm", IEEE Transactions on Power Systems, vol. 22, N. ° 3, 2007) se refiere a la reducción de las variaciones de salida de potencia. La reducción se consigue bien usando un dispositivo de almacenamiento de energía independiente (externo) o bien proporcionando una reserva de potencia lograda mediante la carga parcial de una o varias turbinas en un parque eólico.

Puede verse como un objetivo de los modos de realización de la presente invención proporcionar un procedimiento y una disposición para facilitar el control rápido y eficaz de la frecuencia de red, en particular en el funcionamiento a carga parcial.

**50 Descripción de la invención**

El objetivo mencionado anteriormente se cumple al proporcionar, en un primer aspecto, un procedimiento para

reducir la potencia eléctrica suministrada por una instalación de turbinas eólicas a una red de suministro eléctrico asociada, comprendiendo el procedimiento las etapas de

– determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación de turbinas eólicas,

5 – establecer un nivel de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje del nivel de potencia eléctrica disponible, y

– hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica generada suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.

10 El término instalación de turbinas eólicas debe interpretarse en sentido amplio. Por lo tanto, el término instalación de turbinas eólicas cubre una sola turbina eólica o un grupo de turbinas eólicas que forman un parque de turbinas eólicas.

Además, por potencia eléctrica disponible se entiende la producción de energía posible que se podría haber obtenido si se permitiera a la turbina funcionar en condiciones óptimas.

15 El nivel de potencia eléctrica disponible se determina bajo condiciones de funcionamiento dadas actuales y se puede determinar de varias maneras. Una manera de determinar el nivel de potencia eléctrica disponible se basa en una medición de la velocidad real del viento.

20 El nivel de restricción se establece como un porcentaje del nivel de potencia eléctrica disponible. En principio, el nivel de restricción puede ser cualquier porcentaje entre el 0 % y el 100 % del nivel de potencia eléctrica disponible. Por lo tanto, el nivel de restricción puede ser menor del 40 %, tal como menor del 30 %, tal como menor del 20 %, tal como menor del 10 %, del nivel de potencia eléctrica disponible.

25 De acuerdo con un modo de realización de la presente invención, se puede restringir la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas a la red de suministro eléctrico cabeceando al menos una pala del rotor, o al menos un conjunto de palas del rotor, de una turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado. Como se expuso anteriormente, la turbina eólica puede ser una turbina eólica aislada, o puede formar parte de un grupo de turbinas eólicas que forman un parque eólico. El ángulo de cabeceo predeterminado se puede deducir del nivel de potencia eléctrica disponible y del nivel de restricción.

30 De acuerdo con un segundo modo de realización, la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas puede ser restringida mediante el cambio de la velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica. Por lo tanto, se puede obtener restricción mediante el aumento o la disminución de la velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica. Una vez más, la turbina eólica puede ser una turbina eólica aislada, o puede formar parte de un grupo de turbinas eólicas que forman un parque eólico.

35 En un tercer modo de realización, se puede restringir la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas cambiando (aumentando o disminuyendo) la velocidad de rotación del rotor de la turbina eólica, y cabeceando una pala del rotor o un conjunto de palas del rotor de dicha turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado. Una vez más, el ángulo de cabeceo predeterminado se puede deducir del nivel de potencia eléctrica disponible y del nivel de restricción.

En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una instalación de turbinas eólicas adaptada para generar y suministrar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico asociada, comprendiendo la instalación de turbinas eólicas un controlador de restricción que comprende

40 - medios para determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación turbinas eólicas, y

- medios para almacenar un nivel establecido de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje de la potencia eléctrica disponible,

45 en el que el controlador de restricción está adaptado para hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.

Una vez más, el término instalación de turbinas eólicas debe interpretarse en sentido amplio. Por lo tanto, el término instalación de turbinas eólicas cubre una sola turbina de eólica o un grupo de turbinas eólicas que forman un parque eólico. La turbina eólica o turbinas eólicas pueden comprender un generador de inducción doblemente alimentado para generar una salida de potencia de corriente alterna trifásica.

50 Los medios proporcionados para determinar el nivel de potencia eléctrica disponible pueden comprender un sensor de velocidad del viento.

El nivel de restricción establecido es un porcentaje entre el 0 % y el 100 % del nivel de potencia eléctrica disponible.

Como ejemplo, el nivel de restricción puede ser menor del 40 %, tal como menor del 30 %, tal como menor del 20 %, tal como menor del 10 %, del nivel de potencia eléctrica disponible.

5 Para hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas en un modo de funcionamiento restringido, la instalación de turbinas eólicas puede comprender además una disposición para cabecear al menos una pala del rotor de una turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado con el fin de cumplir con el nivel de restricción establecido.

El controlador de restricción puede estar adaptado para derivar el ángulo de cabeceo predeterminado del nivel de potencia eléctrica disponible y del nivel de restricción.

La instalación de turbinas eólicas puede comprender, además, un dispositivo para cambiar (aumentar o disminuir) la velocidad de rotación del rotor de una turbina eólica con el fin de cumplir con el nivel de restricción establecido.

10 En un tercer aspecto, la presente invención se refiere a un controlador de reducción para una instalación de turbinas eólicas que comprende

- medios para determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación de turbinas eólicas, y

- medios para almacenar un nivel establecido de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje de la potencia eléctrica disponible,

15 en el que el controlador de restricción está adaptado para hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.

Una vez más, el nivel de restricción es un porcentaje del nivel de potencia eléctrica real.

20 El controlador de restricción puede ser implementado siguiendo la ruta de diseño expuesta en relación con el segundo aspecto de la presente invención.

En un cuarto aspecto, la presente invención se refiere a un producto de programa de ordenador para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención cuando dicho producto de programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

25 En un quinto aspecto, la presente invención se refiere a un soporte de datos que comprende un producto de programa de ordenador para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con el primer aspecto de la presente invención cuando dicho producto de programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

### **Breve descripción de los dibujos**

Diversos aspectos y modos de realización de los presentes modos de realización de la presente invención se describirán ahora en relación con los dibujos adjuntos, en los cuales:

30 la fig. 1 ilustra curvas de potencia idealizadas de una turbina eólica normal, una restringida y una con potencia reducida,

la fig. 2 muestra un diagrama esquemático de un sistema de control de una turbina, y

la fig. 3 muestra un diagrama esquemático del cálculo del ajuste del cabeceo del rotor a partir de un cálculo de la eficacia aerodinámica del rotor ( $c_p$ ).

35 Aunque la invención es susceptible de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado modos de realización específicos a modo de ejemplo en los dibujos y se describirán en detalle en el presente documento. Se debe entender, sin embargo, que no se pretende que la invención se limite a las formas particulares descritas. Antes bien, la invención cubre todas las modificaciones, equivalencias y alternativas que caigan dentro del alcance de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas.

### **40 Descripción detallada de los dibujos**

En general, la presente invención se origina a partir de la observación de que existe una creciente demanda de turbinas eólicas o parques eólicos que reaccionen cuando una frecuencia de red se desvía de una frecuencia de red nominal.

45 De acuerdo con la presente invención, es posible hacer funcionar una turbina eólica o parque eólico a niveles de potencia más bajos que la potencia de salida máxima tanto en condiciones de carga parcial como plena. Esto se consigue estableciendo un amortiguador de potencia para el coeficiente de potencia requerido. Este amortiguador de potencia está disponible ventajosamente en el intervalo de carga parcial y en el intervalo de salida de potencia nominal en función de la velocidad del viento.

Con el fin de entender algunos de los modos de funcionamiento y los parámetros para el control de frecuencia de

- red, la diferencia entre reducción de potencia y restricción de potencia debe ser clara. La restricción de potencia reduce la potencia de la red de turbinas en un nivel de potencia especificado (por debajo de la potencia disponible). Este nivel de potencia especificado puede ser un nivel de potencia fijo, tal como por ejemplo 500 kW, o puede ser un porcentaje, tal como por ejemplo el 10 %, de la potencia disponible. La restricción de potencia difiere de la reducción de potencia sólo en el funcionamiento de carga parcial, ya que una turbina eólica reducida genera la misma cantidad de potencia (potencia óptima) que una turbina no reducida en funcionamiento de carga parcial. Contrariamente a esto, una turbina eólica restringida genera un nivel de potencia que es menor que el nivel de potencia disponible a todas las velocidades del viento. Por lo tanto un 10 % de restricción en la turbina eólica genera el 90 % de lo que es posible tanto en el funcionamiento de carga parcial como de plena carga.
- La fig. 1 ilustra curvas de potencia idealizadas de una turbina eólica restringida y una reducida. Téngase en cuenta que una turbina eólica restringida cambiará a plena carga a la misma velocidad del viento que una turbina no restringida. Una turbina reducida cambia a plena carga a una velocidad del viento inferior.
- Como es generalmente conocido las turbinas eólicas incluyen un sistema de control que controla y hace funcionar diferentes características internas de la turbina eólica.
- La fig. 2 representa un posible sistema de control y su interacción con una turbina eólica 100 que está dibujada tan sólo parcial y esquemáticamente. Las palas del rotor 101 giran por el viento. Las palas del rotor 101 están conectadas mecánicamente a la caja de engranajes 102 a través del árbol 103. La caja de engranajes 103 está conectada mecánicamente a un generador eléctrico 104 a través del árbol 105.
- La potencia eléctrica generada por el generador 104 es enviada a una red de suministro asociada a través de un convertidor eléctrico 106. El generador eléctrico 104 puede ser un generador de inducción doblemente alimentado.
- Un controlador principal 107, que comprende un procesador principal, controla las funciones de control general de la turbina, en particular un controlador de cabeceo 108 utilizando una referencia de cabeceo, y un controlador de potencia 109 utilizando la referencia de potencia.
- Como se ha indicado anteriormente uno de los modos de realización de la presente invención se refiere a un procedimiento para restringir la potencia generada por la turbina eólica 100. Este procedimiento se refiere a hacer funcionar la turbina eólica 100 por debajo de su máxima potencia posible a una velocidad dada del viento con el fin de establecer un amortiguador de potencia o reserva de potencia que se pueda suministrar a la red eléctrica si la demanda lo requiere. Por lo tanto, proporcionando este amortiguador de potencia se puede aumentar la producción de energía de la turbina eólica cuando sea necesario, por ejemplo en el caso de un aumento de la demanda de energía o en el caso de una disminución en la frecuencia de red.
- Durante el funcionamiento normal, las palas del rotor de la turbina eólica cabecean en un ángulo óptimo de cabeceo. El ángulo óptimo de cabeceo se define como el ángulo de la pala que saca la máxima potencia del viento.
- Con el fin de ser capaz de proporcionar más potencia a la red si es necesario, el controlador principal 107 que gestiona el control general recibe un valor que representa la velocidad del viento a partir de, por ejemplo, un anemómetro 124. Este valor se puede proporcionar, por ejemplo, 10 veces por segundo y el ángulo de cabeceo de las palas del rotor se ajusta en consecuencia.
- Como alternativa, el elemento de gestión de la turbina eólica envía (o ha enviado previamente) al controlador principal 107 un coeficiente de restricción que es una eficacia aerodinámica. El coeficiente de restricción se define como el cociente entre la potencia real generada por la turbina eólica a un determinado viento y la potencia que se extrae del viento por el rotor de la turbina eólica.
- El coeficiente de restricción podría ser, por ejemplo, del 90 % o el 85 %, dando una amortiguación de potencia del 10 % o el 15 %, respectivamente.
- El controlador principal 107 calcula una desviación de cabeceo que corresponde al coeficiente de restricción requerido y envía una referencia de cabeceo calculada (incluyendo la desviación de cabeceo) al controlador de cabeceo 108 con el fin de añadir la desviación de cabeceo al ángulo cabeceo óptimo.
- En un modo de realización particular, a modo de ejemplo, si se quiere una restricción del 10 % de una turbina eólica, en primer lugar se reduce el punto de ajuste de potencia nominal de la turbina eólica el 10 %. A continuación, con el fin de conseguir una restricción del 10 % en carga parcial, se calcula una desviación de cabeceo en función de la velocidad medida del viento y se añade a un ángulo de cabeceo óptimo calculado, que también depende de la velocidad del viento. Esta desviación de cabeceo, que puede ser positiva o negativa, se calcula de tal modo que reduce la producción de energía exactamente en un 10 %. En cualquier momento, se puede enviar más potencia a la red reduciendo por cabeceo la desviación de cabeceo.
- La restricción/reducción de potencia mencionada anteriormente se obtiene mediante el cálculo de la reducción de eficacia aerodinámica ( $C_p$ ) que daría la deseada reducción en la producción de energía. Este cálculo debe tomar en consideración pérdidas de potencia mecánicas, eléctricas, y otras varias (en el curso de la extracción de potencia del

viento y su entrega a la red eléctrica).

5 En otro modo de realización, la misma reducción de  $C_p$  se puede conseguir mediante el cambio de la referencia de velocidad del generador. Sin embargo, esta velocidad está a menudo más limitada que el cabeceo (por ejemplo, debido a consideraciones del generador y/o convertidor). En otro modo de realización más, se puede utilizar una combinación de desviación de cabeceo y cambio de referencia de velocidad del generador.

La fig. 3 muestra una representación esquemática de un procedimiento para el cálculo de la eficacia aerodinámica del rotor,  $C_p$ , de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. Por lo tanto, otros esquemas de cálculo también pueden ser aplicables.

10 De acuerdo con la fig. 3 el cálculo de  $C_p$  comienza proporcionando representaciones del ángulo de cabeceo óptimo y el cociente de velocidad de punta óptima (siendo esta última la relación entre la velocidad de la punta de la pala y la velocidad del viento). Conociendo la velocidad actual del viento, se puede calcular la eficacia aerodinámica óptima,  $C_p$  óptima. A continuación se vuelve a calcular la  $C_p$  óptima, tomando en consideración la referencia de restricción y las pérdidas eléctricas y mecánicas del sistema. El resultado de este nuevo cálculo es la eficacia aerodinámica,  $C_p$  restringida. Como se ha indicado previamente la referencia de restricción puede representar un porcentaje de un nivel de potencia eléctrica real disponible o puede representar un nivel de potencia fijo. Ahora, conociendo  $C_p$  restringida se realiza un cálculo inverso que resulta en una desviación de cabeceo y un cociente de velocidad de punta ajustado. La desviación de cabeceo y el cociente de velocidad de punta ajustado se pueden aplicar directamente para cabecear las palas del rotor o para cambiar la velocidad del rotor, respectivamente.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para restringir la potencia eléctrica suministrada por una instalación de turbinas eólicas a una red de suministro eléctrico asociada, comprendiendo el procedimiento las etapas de
- determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación de turbinas eólicas,
- 5      – establecer un nivel de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje del nivel de potencia eléctrica disponible, y
- hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica generada suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.
- 10     2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas está restringida por el cabeceo de al menos una pala del rotor de una turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, en el que el ángulo de cabeceo predeterminado se deriva del nivel de potencia eléctrica disponible y del nivel de restricción.
- 15     4. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas está restringida por el cambio de la velocidad de rotación del rotor de una turbina eólica.
5. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas está restringida por el cambio de la velocidad de giro del rotor de una turbina eólica, y
- 20     el cabeceo de una pala del rotor o de unas palas del rotor de dicha turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado.
6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el ángulo de cabeceo predeterminado y el cambio de velocidad de rotación se deducen del nivel de potencia eléctrica disponible y el nivel de restricción.
- 25     7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la instalación de turbinas eólicas comprende un parque de turbinas eólicas que comprende una pluralidad de turbinas eólicas.
8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que la instalación de turbinas eólicas es una turbina eólica.
9. Una instalación de turbinas eólicas adaptada para generar y suministrar potencia eléctrica a una red de suministro eléctrico asociada, la instalación de turbinas eólicas comprende un controlador de restricción que
- 30     comprende
- medios para determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación de turbinas eólicas, y
  - medios para almacenar un nivel establecido de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje de la potencia eléctrica disponible,
- 35     en el que el controlador de restricción está adaptado para hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.
10. Una instalación de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende además una disposición para cabecear al menos una pala del rotor de una turbina eólica en un ángulo de cabeceo predeterminado con el fin de cumplir con el nivel de restricción establecido.
- 40     11. Una instalación de turbinas eólicas de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el controlador de restricción está adaptado para deducir el ángulo de cabeceo predeterminado del nivel de potencia eléctrica disponible y el nivel de restricción.
12. Una instalación de turbinas eólicas de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9-11, que comprende además una disposición para el cambio de una velocidad de rotación del rotor de una turbina eólica con el fin de
- 45     cumplir con el nivel de restricción establecido.
13. Un controlador de restricción para una instalación de turbinas eólicas que comprende
- medios para determinar un nivel de potencia eléctrica disponible de la instalación de turbinas eólicas, y
  - medios para almacenar un nivel establecido de restricción independiente de la velocidad del viento para la instalación de turbinas eólicas, siendo dicho nivel de restricción un porcentaje de la potencia eléctrica disponible,

en el que el controlador de restricción está adaptado para hacer funcionar la instalación de turbinas eólicas de tal forma que la potencia eléctrica suministrada por la instalación de turbinas eólicas es igual a la diferencia entre un nivel de potencia eléctrica disponible real y el nivel de restricción.

5 14. Un producto de programa de ordenador para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8 cuando dicho producto de programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.

15. Un soporte de datos que comprende un producto de programa de ordenador para llevar a cabo el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-8 cuando dicho producto de programa de ordenador se ejecuta en un ordenador.



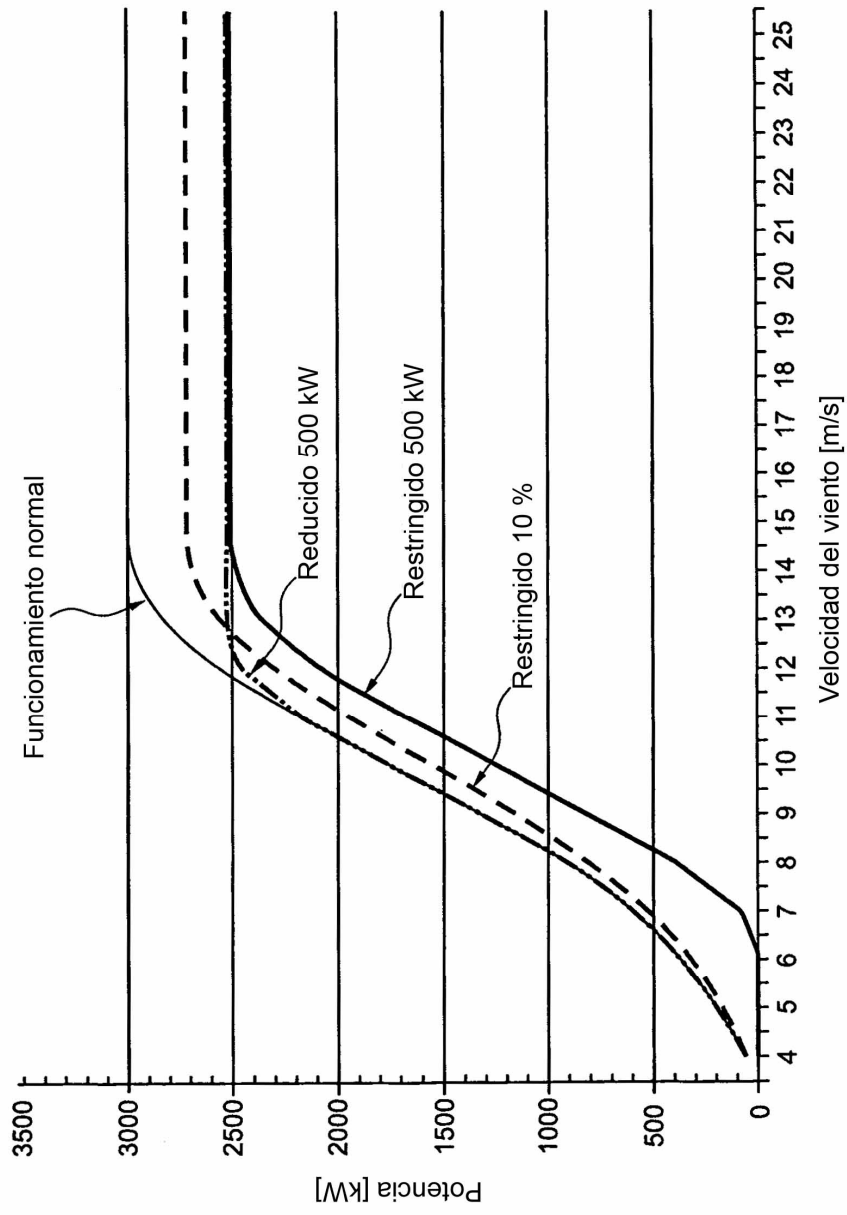


Fig. 1

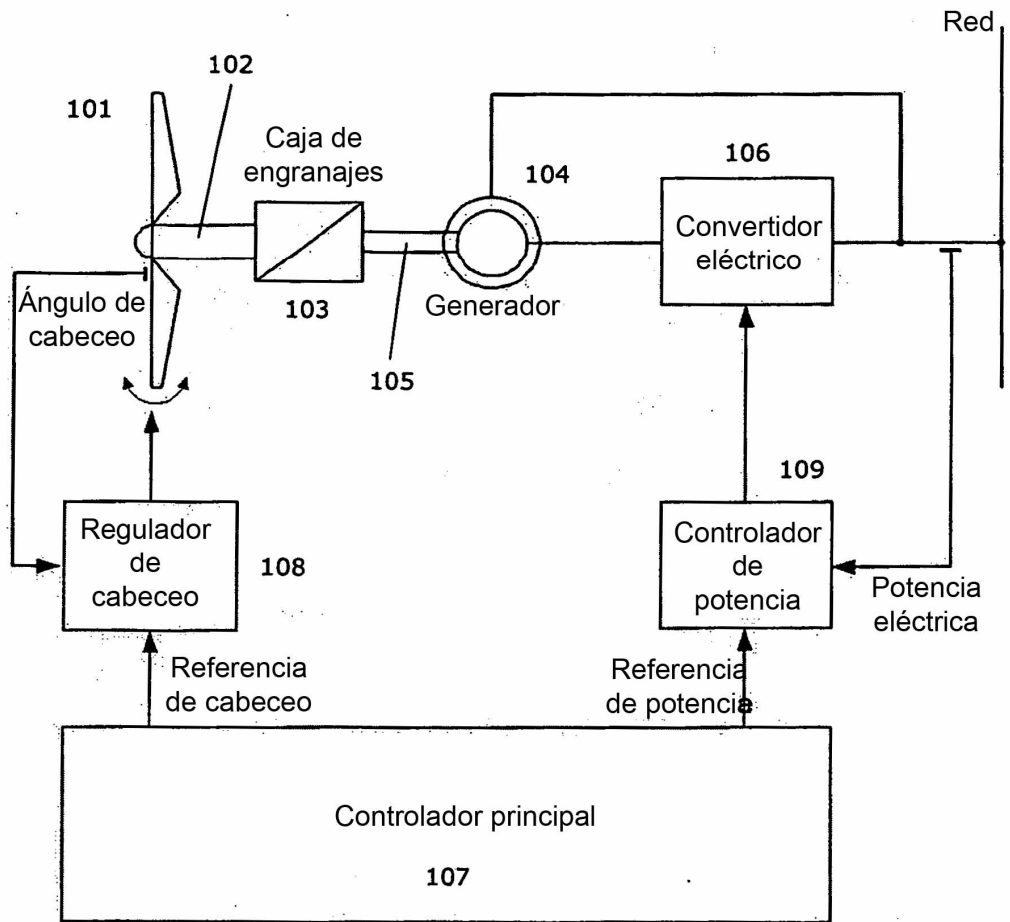


Fig. 2

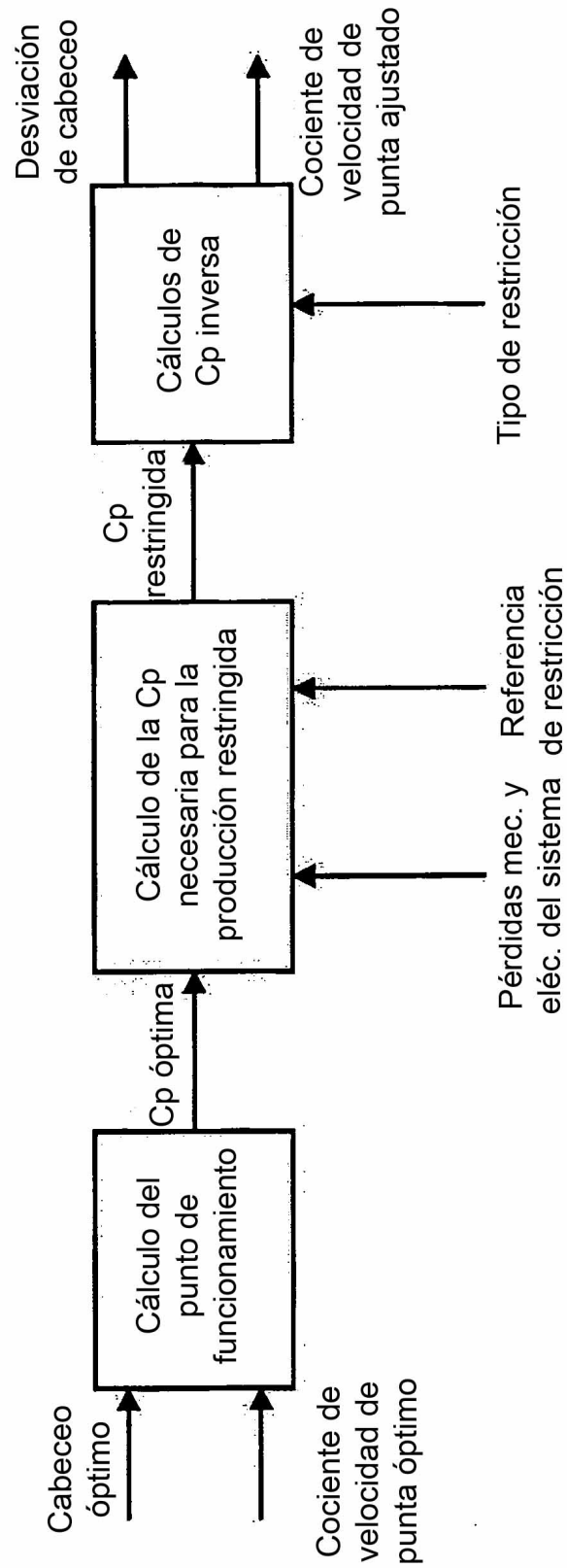


Fig. 3