

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 433 415**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.10.2009 E 09740683 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.10.2013 EP 2352917**

54 Título: **Un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica**

30 Prioridad:

18.11.2008 DK 200801606
18.11.2008 US 199648 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N , DK

72 Inventor/es:

NIELSEN, THOMAS STEINICHE BJERTRUP;
ABDALLAH, IMAD y
GODSK, KRISTIAN BALSCHMIDT

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 433 415 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

Un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica de tal modo que la turbina eólica sea operada de un modo óptimo para esa turbina eólica específica en ese emplazamiento específico.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas controladas por paso se operan a menudo con una relación de velocidad de punta óptima, esto es, de tal modo que, para cada velocidad del viento, se obtiene una relación de velocidad de punta óptima (λ). A este fin, se generan curvas de relación de velocidad de punta óptima y curvas de paso óptimo en base al conocimiento acerca de los ajustes óptimos esperables para obtener una producción de energía óptima. Las curvas pueden ser generadas meramente en base a cálculos. Sin embargo, se pueden basar alternativa o adicionalmente en mediciones realizadas en turbinas eólicas idénticas o similares. En la generación de las curvas se introducen algunas imprecisiones, ya que los modelos numéricos utilizados para calcular los valores para las curvas pueden ser imprecisos, y porque los ajustes óptimos pueden variar de una turbina eólica a otra, de un emplazamiento a otro, y de una ubicación a otra en el mismo emplazamiento.

15 El documento EP 1 736 664 divulga un procedimiento y un aparato para controlar una turbina eólica. Valores de parámetros de medición relevantes, por ejemplo velocidad del viento y/o dirección del viento, se miden, por ejemplo en una estación de medición externa o en la vecindad de la turbina eólica. Los valores medidos se procesan y se suministran a una unidad de control. La unidad de control selecciona entonces un conjunto de parámetros de control y la turbina eólica es controlada de acuerdo con estos parámetros de control.

20 El documento US 2007/0183885 A1 divulga un procedimiento para optimizar el funcionamiento de una turbina eólica. Un parámetro de control se ajusta a un valor de partida predeterminado. Se miden una variable de respuesta y una variable adicional indicativa de un estado ambiental. Esto se repite un número de veces, variando el parámetro de control en cada repetición. Se determina una relación medida entre el parámetro de control y la variable de respuesta y la variable indicativa de un estado ambiental. En base a esto, se determina un valor optimizado del parámetro de control con relación a la variable de respuesta, y un punto de ajuste del parámetro de control se ajusta al valor optimizado.

25 Un procedimiento de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1 se divulga en el documento WO 2007/123552.

Descripción de la invención

30 Es un objetivo de los modos de realización de la invención proporcionar un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, en el que se toman en consideración circunstancias específicas de la turbina eólica.

Es un objetivo adicional de los modos de realización de la invención proporcionar un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, en el que se toman en consideración condiciones del emplazamiento específico.

35 Es todavía un objetivo adicional de los modos de realización de la invención proporcionar un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, en el que las curvas utilizadas para seleccionar parámetros de control han sido generadas de un modo más preciso que en el caso de procedimientos de control del estado de la técnica anterior.

Es todavía un objetivo adicional de modos de realización de la invención proporcionar un procedimiento para controlar el funcionamiento de una pluralidad de turbinas eólicas en un parque eólico, en el que se toman en consideración variaciones locales a lo largo del emplazamiento del parque eólico.

40 De acuerdo con un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- a) seleccionar una curva de paso y velocidad de giro de un grupo de curvas de paso y velocidad de giro,
- b) operar la turbina eólica de acuerdo con dicha curva seleccionada, mientras se monitoriza al menos un parámetro diana,
- 45 c) repetir las etapas de seleccionar una curva de paso y velocidad de giro y operar la turbina eólica hasta que cada una de las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro haya sido seleccionada,
- d) repetir las etapas a) – c) un número predeterminado de veces,
- e) en base al/a los parámetro(s) diana monitorizado(s), determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas

de paso y velocidad de giro, y

f) controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con la curva óptima.

5 La presente invención se refiere a un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, en concreto de una turbina eólica del tipo moderno grande. La turbina eólica puede ser controlada con el fin de conseguir ciertos objetivos, por ejemplo una potencia entregada deseada, niveles aceptables de carga en diversos componentes de la turbina eólica, etc. Una estrategia de control seleccionada dependerá a menudo de qué objetivos son considerados más importantes en el caso específico, así como de los niveles concretos, por ejemplo, potencia entregada o nivel de carga, que se desea alcanzar.

10 De acuerdo con el procedimiento de la invención se selecciona inicialmente una curva de paso y velocidad de giro de un grupo de curvas de paso y velocidad de giro. En el presente contexto, el término "curva de paso y velocidad de giro" debe ser interpretado con el significado de una curva que refleja el ángulo de paso así como la velocidad de giro de la turbina eólica, por ejemplo, que refleja una relación entre el ángulo de paso y la velocidad de giro bajo circunstancias dadas. Seleccionar tal curva y operar la turbina eólica de acuerdo con la curva seleccionada determina el comportamiento de la turbina eólica bajo las circunstancias dadas, por ejemplo, en términos de potencia entregada y/o cargas.

15 Así pues, un grupo de curvas de paso y velocidad de giro es una colección de curvas predefinidas, cada una de las cuales refleja el paso y la velocidad de giro de la turbina eólica bajo condiciones de funcionamiento dadas, como se describió anteriormente. Por consiguiente, la etapa de seleccionar una curva de paso y velocidad de giro de un grupo de curvas de paso y velocidad de giro se realiza seleccionando una de las curvas predefinidas que forma parte del conjunto de curvas. Las curvas son predefinidas preferiblemente de un modo que asegure que, cuando la turbina eólica es operada de acuerdo con una de las curvas, ésta es operada en una envolvente de carga específica. Así pues, se asegura que la turbina no está sometida a cargas excesivas.

20 Cada una de las curvas de paso y velocidad de giro puede ser construida en base a datos empíricos, cálculos y/o utilizando cualquier otro criterio adecuado. Las curvas de paso y velocidad de giro podrían ser, por ejemplo, curvas de relación de velocidad de punta óptima y/o curvas de paso óptimo. En este caso, el grupo de conjuntos de ajustes de parámetros podría ser, por ejemplo, un número de curvas de relación de velocidad de punta óptima y/o curvas de paso óptimo.

25 Subsecuentemente, la turbina eólica es operada de acuerdo con la curva seleccionada de paso y velocidad de giro. Esto debe ser interpretado con el significado de que la turbina eólica es operada de tal modo que se seleccionan valores correspondientes de paso y velocidad de giro de tal modo que se sigue la curva seleccionada. La turbina eólica es operada a continuación con los ajustes aplicados. Simultáneamente, se monitoriza al menos un parámetro diana. En el presente contexto, el término "parámetro diana" debe ser interpretado con el significado de un parámetro que define un objetivo que se pretende conseguir durante el funcionamiento de la turbina eólica. Ejemplos de parámetros diana incluyen, aunque sin limitarse a, potencia entregada por la turbina eólica, cargas en los diversos componentes de la turbina eólica, por ejemplo, torre, palas, tren de accionamiento, cojinetes, etc. Como el/los parámetro(s) diana se monitoriza(n) mientras la turbina eólica está funcionando de acuerdo con la curva de paso y velocidad de giro seleccionada, se puede establecer si un parámetro diana dado se "comporta" o no como se espera y/o desea en respuesta a la curva seleccionada.

30 Las etapas de seleccionar una curva de paso y velocidad de giro y operar la turbina eólica se repiten hasta que cada una de las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro ha sido seleccionada. Así pues, cada una de las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro se selecciona secuencialmente, y la turbina eólica se opera de acuerdo con cada una de las curvas mientras el/los parámetro(s) diana se monitoriza(n). Esto hace posible determinar cuál de las curvas es la más óptima con relación a un parámetro diana dado bajo las condiciones de funcionamiento reales para la turbina eólica real en el emplazamiento real. Así pues, cada una de las curvas se "comprueba" para determinar cuál de las curvas es la más óptima.

35 La selección secuencial de cada una de las curvas de paso y velocidad de giro se repite un número predeterminado de veces. Por lo tanto, cada una de las curvas se "comprueba" secuencialmente un número predeterminado de veces. Por lo tanto, variaciones a corto plazo en las condiciones de funcionamiento, por ejemplo creadas por ráfagas, tendrán menos influencia en la evaluación de las curvas. Por lo tanto, aumenta la posibilidad de identificar la curva óptima bajo las condiciones de viento prevalentes.

40 En base al/a los parámetro(s) diana monitorizado(s), se selecciona una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro, como se describió anteriormente. Como se mencionó anteriormente, la curva seleccionada es "óptima" en el sentido de que es la curva que resulta de que uno o más parámetros diana esté tan cerca como sea posible de un nivel deseado. La curva óptima seleccionada se aplica a continuación a la turbina eólica, esto es, la turbina eólica se opera de acuerdo con la curva de paso y velocidad de giro óptima seleccionada.

Así pues, de acuerdo con el procedimiento del primer aspecto de la invención, la curva de paso y velocidad de giro

- 5 utilizada para controlar la turbina eólica se selecciona en base a mediciones reales realizadas en la turbina eólica real en el emplazamiento real y bajo las condiciones de funcionamiento actuales. Por lo tanto, se asegura que la turbina eólica se opera de un modo que es realmente el óptimo bajo las circunstancias dadas, en lugar de un modo que sea teóricamente el óptimo. Esto permite que la turbina eólica sea operada de un modo más óptimo, por ejemplo en términos de potencia entregada y/o en términos del desgaste o fatiga de uno o más componentes de la turbina eólica.
- Como se mencionó anteriormente, las curvas de paso y velocidad de giro pueden ser curvas de relación de velocidad de punta óptima y/o curvas de paso óptimo.
- 10 El/Los parámetro(s) diana monitorizado(s) puede(n) incluir, aunque no se limita(n) a, producción de energía de la turbina eólica y/o carga en uno o más componentes de la turbina eólica. Ejemplos de tales componentes incluyen, aunque sin limitarse a, palas de la turbina, torre, caja de engranajes, generador, árbol principal, buje, tren de accionamiento y cojinetes de pala.
- 15 El procedimiento puede comprender además la etapa de repetir las etapas a) – f) una vez transcurrido un intervalo de tiempo predefinido. De acuerdo con este modo de realización, se identifica una nueva curva de paso y velocidad de giro óptimos como se describió anteriormente una vez transcurrido el intervalo de tiempo predeterminado. Las condiciones de funcionamiento pueden variar en el tiempo, por ejemplo debido a variaciones estacionales. Así pues, a medida que cambian las estaciones, se espera que las condiciones de viento cambien, por ejemplo, con más viento durante el otoño y el invierno que durante el verano, cambiando las condiciones de estela, por ejemplo debido a un desplazamiento en la dirección del viento, o debido a una cantidad variable de hojas en los árboles vecinos u otra vegetación, etc. Así pues, puede ser deseable, o incluso necesario, determinar una curva de paso y velocidad de giro óptimos a intervalos regulares, por ejemplo cada tres meses. El proceso descrito anteriormente puede ser realizado, por ejemplo, durante una semana, y la curva de paso y velocidad de giro óptimos puede ser aplicada a la turbina eólica durante los siguientes tres meses, tras lo cual se determina una nueva curva de paso y velocidad de giro óptimos durante, por ejemplo, una semana.
- 20 Puede haber asimismo diferencias en las condiciones de funcionamiento entre la noche y el día. Por lo tanto, puede ser deseable determinar una curva de paso y velocidad de giro óptimos para su uso durante el día y otra curva de paso y velocidad de giro óptimos para su uso durante la noche.
- 25 El intervalo de tiempo predefinido puede ser sustancialmente más largo que el tiempo requerido para realizar las etapas a) – e). De acuerdo con este modo de realización, la turbina eólica se opera de acuerdo con el conjunto óptimo seleccionado de ajustes de parámetros para la mayoría del tiempo, y el proceso de determinar un conjunto óptimo de ajustes de parámetros se realiza en un corto periodo de tiempo en comparación con el tiempo total de funcionamiento de la turbina eólica. Como se mencionó anteriormente, el intervalo de tiempo predefinido puede ser de, aproximadamente, tres meses, mientras que el tiempo requerido para realizar las etapas a) – e) puede ser, aproximadamente, una semana.
- 30 La etapa de determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro puede ser realizada además en base a datos estadísticos relativos al funcionamiento de la turbina eólica, habiéndose obtenido y almacenado previamente dichos datos estadísticos. Dichos datos estadísticos pueden originarse durante etapas de funcionamiento a) - e) anteriores. Alternativa o adicionalmente, pueden ser originados a partir de mediciones realizadas durante el funcionamiento normal de la turbina eólica. Los datos estadísticos pueden incluir, por ejemplo, mediciones de producción de energía de la turbina eólica y/o mediciones de carga en diversos componentes de la turbina eólica, tales como buje, palas, cojinetes torre, engranajes, tren de accionamiento, etc. Alternativa o adicionalmente, los datos estadísticos pueden comprender información relativa a curvas de paso y velocidad de giro óptimos seleccionadas anteriormente. Los datos estadísticos pueden indicar que la curva óptima que ha sido identificada al realizar las etapas a) – e) de hecho no es la curva óptima real. Esto puede ocurrir, por ejemplo, debido a que hayan tenido lugar condiciones meteorológicas excepcionales mientras se realizaron las etapas. Así pues, la toma en consideración de datos estadísticos puede conducir a la selección de una curva ligeramente diferente como la curva óptima y su aplicación a la turbina eólica.
- 35 Alternativa o adicionalmente, la etapa de determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro puede ser realizada además en base a la información relativa a una o más turbinas eólicas vecinas. Esto es particularmente útil cuando las turbinas eólicas están dispuestas en un parque eólico. La información obtenida por una o más turbinas eólicas vecinas puede proporcionar información adicional valiosa al emplazamiento de las turbinas eólicas. Utilizar esta información adicional valiosa al seleccionar la curva óptima asegura todavía más que la curva seleccionada es verdaderamente la óptima para esa turbina eólica específica. Además, si las posiciones relativas de las turbinas eólicas y la dirección del viento son conocidas, la información obtenida de una turbina eólica vecina puede proporcionar información acerca de condiciones de estela provocadas por las turbinas eólicas vecinas.
- 40 45 50 De acuerdo con un modo de realización, la información relativa a una o más turbinas eólicas vecinas puede haber sido obtenida realizando al menos las etapas a) – e) con respecto a cada una de las turbinas eólicas vecinas. De acuerdo con este modo de realización, un número de turbinas eólicas dispuestas en vecindad mutua, por ejemplo en un parque eólico, pueden ser operadas de un modo que tiene en consideración el funcionamiento de las otras turbinas eólicas. Así pues, se pueden seleccionar estrategias de control que aseguren un funcionamiento óptimo del parque eólico en su conjunto,
- 55

5 incluso si algunas de las turbinas eólicas no están operadas individualmente de un modo óptimo. Por ejemplo, puede ser ventajoso operar una turbina eólica que está dispuesta en la dirección del viento de tal modo que se obtenga una producción de energía inferior a la óptima. Así pues, se permite el paso de una mayor cantidad de energía del viento sobre las turbinas eólicas dispuestas total o parcialmente en la estela de esta turbina eólica. Así pues, la producción total de energía en el parque eólico puede ser optimizada, reduciendo a la vez posiblemente la carga de los componentes de al menos la turbina eólica “delantera”.

De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un procedimiento para controlar el funcionamiento de una pluralidad de turbinas eólicas situadas en un parque eólico, comprendiendo el procedimiento la etapa de realizar, para cada una de las turbinas eólicas, el procedimiento de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

10 Como se describió anteriormente, la pluralidad de turbinas eólicas están controladas en base a mediciones realizadas en las turbinas eólicas reales en el emplazamiento real y bajo las condiciones reales de viento.

El funcionamiento de cada una de las turbinas eólicas puede ser controlado además en base a datos obtenidos para una o más del resto de las turbinas eólicas del parque eólico.

15 Como se describió anteriormente, el funcionamiento del parque eólico puede ser controlado ventajosamente de tal modo que el funcionamiento global del parque eólico esté optimizado.

Breve descripción de los dibujos

La invención se describirá ahora en más detalle con referencia los dibujos adjuntos, en los cuales

la fig. 1 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas de procedimiento de un procedimiento de acuerdo con un modo de realización de la invención,

20 la fig. 2 es un gráfico que ilustra un conjunto de curvas de paso frente a la relación de velocidad de punta que pueden ser utilizadas al realizar el procedimiento ilustrado en la fig. 1, y

la fig. 3 ilustra una pluralidad de turbinas eólicas dispuestas en un parque eólico.

Descripción detallada de los dibujos

25 La fig. 1 es un diagrama de flujo que ilustra las etapas de procedimiento de un procedimiento de acuerdo con un modo de realización de la invención. El procedimiento se inicia en la etapa 1. En la etapa 2 se selecciona una primera curva de paso y velocidad de giro de un grupo de curvas de paso y velocidad de giro. En la etapa 3 la curva seleccionada se aplica a una turbina eólica, y la turbina eólica se opera de acuerdo con la curva seleccionada. Como se describió anteriormente, la curva puede ser, por ejemplo, una curva de relación de velocidad de punta óptima, y el grupo de curvas de paso y velocidad de giro puede ser una colección de curvas de relación de velocidad de punta óptima ligeramente diferentes.

30 Durante esto, se monitoriza uno o más parámetros diana. Como se describió anteriormente, un parámetro diana puede ser un parámetro que es indicativo de un objetivo que se desea alcanzar al operar la turbina eólica. Parámetros diana adecuados incluyen producción de energía y cargas en uno o más componentes de la turbina eólica, por ejemplo, el tren de accionamiento, las palas, la construcción de torre, el buje, los cojinetes, etc.

35 En la etapa 4 se investiga si ha transcurrido o no un periodo de tiempo predeterminado. Si este no es el caso, el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con la curva seleccionada de paso y velocidad de giro debe continuar. El proceso retorna por lo tanto a la etapa 3. Si, por otro lado, el periodo de tiempo predeterminado ha transcurrido, se investiga en la etapa 5 si todas las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro han sido seleccionadas o no. Si este no es el caso, se selecciona una nueva curva en la etapa 6. La nueva curva se aplica a la turbina eólica, y la turbina eólica se opera de acuerdo con la nueva curva durante el periodo de tiempo predeterminado mientras se monitoriza(n) el/los parámetro(s) diana, como se describió anteriormente. Así pues, cada una de las curvas se selecciona y se aplica secuencialmente a la turbina eólica.

40 Cuando todas las curvas han sido seleccionadas como se describió anteriormente, se investiga, en la etapa 7, si las etapas anteriores han sido repetidas un número predeterminado de veces o no. Si este no es el caso, el procedimiento descrito anteriormente se repite, esto es, el proceso vuelve a la etapa 2 en la que se selecciona de nuevo la primera curva de paso y velocidad de giro.

45 Así pues, las curvas de paso y velocidad de giro se seleccionan y aplican a la turbina eólica secuencialmente durante un número predeterminado de veces. Por lo tanto, cada una de las curvas es aplicada a la turbina eólica durante un número predeterminado de intervalos de tiempo predefinidos, estando distribuidos los intervalos de tiempo de modo sustancialmente uniforme a lo largo del tiempo que lleva realizar el proceso completo. Así pues, se obtiene una cantidad sustancial de datos relativos al/a los parámetro(s) diana para cada una de las curvas, y los datos obtenidos de las

50 diversas curvas son comparables debido a la dispersión temporal de los intervalos de medida.

5 Cuando cada una de las curvas de paso y velocidad de giro ha sido seleccionada y aplicada a la turbina eólica un número predeterminado de veces, se selecciona una curva óptima en la etapa 8. La curva óptima se determina en base a los datos obtenidos relativos al/a los parámetro(s) diana. Por ejemplo, la curva de paso y velocidad de giro que proporciona el valor más óptimo para uno o más del/de los parámetro(s) bajo las condiciones de funcionamiento dadas se puede determinar que es la curva óptima. El procedimiento descrito anteriormente asegura que hay suficientes datos disponibles para asegurar que la curva óptima que se ha determinado en la etapa 8 es de hecho la curva óptima bajo las condiciones de funcionamiento prevalentes, ya que los datos obtenidos para cada curva se obtienen durante un intervalo de tiempo largo, y los datos para todas las curvas se obtienen durante el mismo intervalo de tiempo largo.

10 Una vez que la curva óptima ha sido determinada en la etapa 8, la curva óptima se aplica a la turbina eólica, y la turbina eólica se opera de acuerdo con la curva óptima seleccionada. Así pues, la curva óptima se utiliza para controlar el funcionamiento de la turbina eólica durante un período de tiempo más largo.

15 El procedimiento ilustrado en el diagrama de flujo de la fig. 1 y descrito anteriormente puede ser realizado de nuevo tras el transcurso de un período de tiempo más largo. Así pues, se puede determinar una nueva curva óptima, por ejemplo en el caso de que las condiciones de funcionamiento hayan variado de tal modo que la curva óptima anterior ya no sea la óptima.

20 La fig. 2 es un gráfico que ilustra un grupo de curvas de θ frente a λ que pueden ser utilizadas al realizar el procedimiento ilustrado en el diagrama de flujo de la fig. 1 durante las etapas 2 y 6. Así pues, cada una de las curvas del gráfico de la fig. 2 representa una curva de paso y velocidad de giro que puede ser aplicada a una turbina eólica con el fin de controlar el funcionamiento de la turbina eólica, de tal modo que valores simultáneos de θ y λ sigan una curva seleccionada. Todas las curvas mostradas en la fig. 2 en combinación representan un grupo de curvas de paso y velocidad de giro.

Al realizar el procedimiento ilustrado en el diagrama de flujo de la fig. 1, cada una de las curvas mostradas en la fig. 2 se selecciona secuencialmente, y la turbina eólica se opera de acuerdo con la curva seleccionada durante un cierto periodo de tiempo, mientras se monitoriza uno o más parámetros diana. Esto se repite un número predeterminado de veces, y se determina una curva óptima en base a los datos obtenidos mediante la monitorización del/de los parámetro(s) diana.

25 La fig. 3 muestra seis turbinas eólicas 11 dispuestas en un parque eólico. La flecha 12 indica la dirección del viento.

30 Como se describió anteriormente, el procedimiento de la invención es particularmente adecuado para controlar el funcionamiento de turbinas eólicas 11 que están dispuestas en un parque eólico. En el parque eólico ilustrado en la fig. 3, las turbinas eólicas 11a están dispuestas delante de las otras turbinas 11b, 11c a lo largo de la dirección del viento 12. Así pues, el viento recibido en las turbinas eólicas 11a contiene una cantidad de energía máxima posible bajo las condiciones dadas. Las turbinas eólicas 11b se sitúan detrás de las turbinas eólicas 11a, esto es, se encuentran al menos parcialmente en la estela de las turbinas eólicas 11a. Por consiguiente, el viento recibido en las turbinas eólicas 11b contiene una menor cantidad de energía que el viento recibido en las turbinas eólicas 11a. Finalmente, las turbinas eólicas 11c se disponen detrás de las turbinas eólicas 11a así como detrás de las turbinas eólicas 11b, esto es, al menos parcialmente en la estela de estas turbinas eólicas 11a, 11b. Por consiguiente, el viento recibido en las turbinas eólicas 35 11c contiene una cantidad de energía todavía menor que el viento recibido en las turbinas eólicas 11b.

40 Si el funcionamiento de las turbinas eólicas 11 está controlado de modo que se tomen en consideración las circunstancias descritas anteriormente, el parque eólico puede ser controlado de un modo que sea óptimo, por ejemplo en términos de la producción global de energía y/o carga global o desgaste de las turbinas eólicas 11, sin controlar necesariamente el funcionamiento de la turbina eólica individual 11 de un modo óptimo. Por lo tanto puede ser posible, por ejemplo, utilizar la energía presente en el viento en la máxima extensión posible, a la vez que se minimiza la carga o desgaste de los componentes de las turbinas eólicas. Con el fin de obtener esto, la turbina eólica individual 11 debe ser operada de un modo que tome en consideración datos obtenidos de turbinas eólicas vecinas.

45 Por ejemplo, las turbinas eólicas 11a pueden ser operadas de un modo que se extraiga una cantidad de energía del viento que sea menor que la máxima cantidad extraíble posible. Así pues, las cargas y desgaste de los componentes de las turbinas eólicas 11a se reducen. Simultáneamente, permanece una mayor cantidad de energía en el viento y es pasada a las turbinas eólicas 11b, 11c dispuestas por detrás de las turbinas eólicas 11a. Por lo tanto, el potencial de extracción de energía de las turbinas eólicas 11b, 11c dispuestas en la estela de las turbinas eólicas 11a puede ser utilizado en mayor medida. Como consecuencia, el potencial de extracción de energía total de todas las turbinas eólicas 11 del parque eólico se utiliza en una mayor extensión, mientras se reducen las cargas y desgaste de los componentes de la turbina eólica 50 individual 11.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para controlar el funcionamiento de una turbina eólica, estando caracterizado el procedimiento por:
 - a) seleccionar una curva de paso y velocidad de giro de un grupo de curvas de paso y velocidad de giro,
 - 5 b) operar la turbina eólica de acuerdo con dicha curva seleccionada, mientras se monitoriza al menos un parámetro diana,
 - c) repetir las etapas de seleccionar una curva de paso y velocidad de giro y operar la turbina eólica hasta que cada una de las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro haya sido seleccionada,
 - d) repetir las etapas a) – c) un número predeterminado de veces,
 - 10 e) en base al/a los parámetro(s) diana monitorizado(s), determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro, y
 - f) controlar el funcionamiento de la turbina eólica de acuerdo con la curva óptima.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las curvas de paso y velocidad de giro son curvas de relación de velocidad de punta óptima y/o curvas de paso óptimo.
- 15 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que el/los parámetro(s) diana monitorizado(s) incluye(n) la producción de energía de la turbina eólica.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el/los parámetro(s) diana monitorizado(s) incluye(n) la carga sobre uno o más componentes de la turbina eólica.
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además la etapa de repetir las etapas a) – f) tras el transcurso de un intervalo de tiempo predefinido.
- 20 6. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el intervalo de tiempo predefinido es sustancialmente más largo que el tiempo requerido para realizar las etapas a) – e).
7. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro se realiza además en base a datos estadísticos relativos al funcionamiento de la turbina eólica, habiendo sido obtenidos y almacenados con anterioridad dichos datos estadísticos.
- 25 8. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa de determinar una curva óptima entre las curvas del grupo de curvas de paso y velocidad de giro se realiza además en base a información relativa a una o más turbinas eólicas vecinas.
- 30 9. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que la información relativa a una o más turbinas eólicas vecinas ha sido obtenida realizando al menos las etapas a) – e) con respecto a cada una de las turbinas eólicas vecinas.
10. Un procedimiento para controlar el funcionamiento de una pluralidad de turbinas eólicas situadas en un parque eólico, comprendiendo el procedimiento la etapa de realizar, para cada una de las turbinas eólicas, el procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-9.
- 35 11. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10, en el que el funcionamiento de cada una de las turbinas eólicas se controla además en base a datos obtenidos para una o más de las turbinas eólicas restantes del parque eólico.

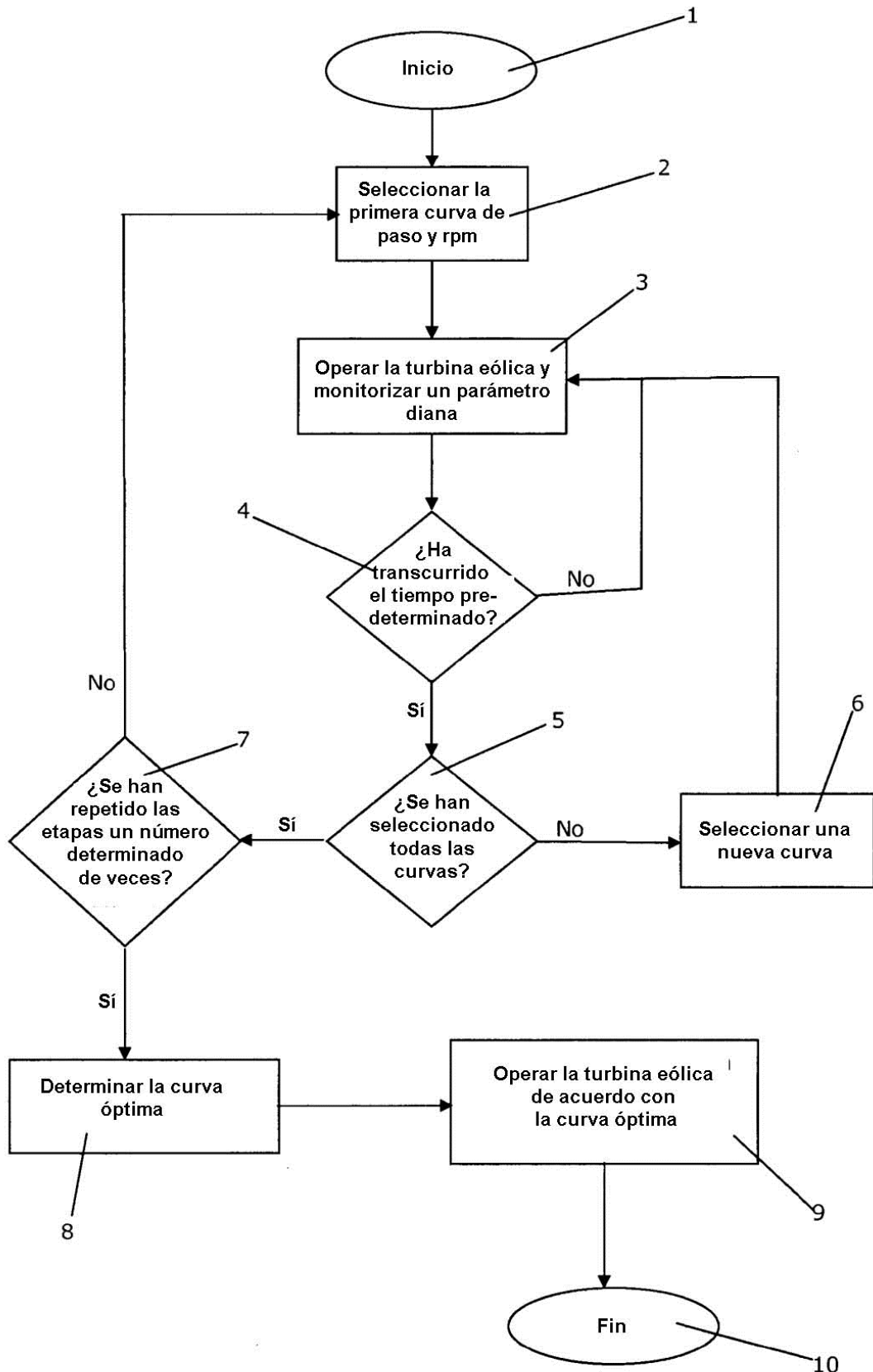


Fig. 1

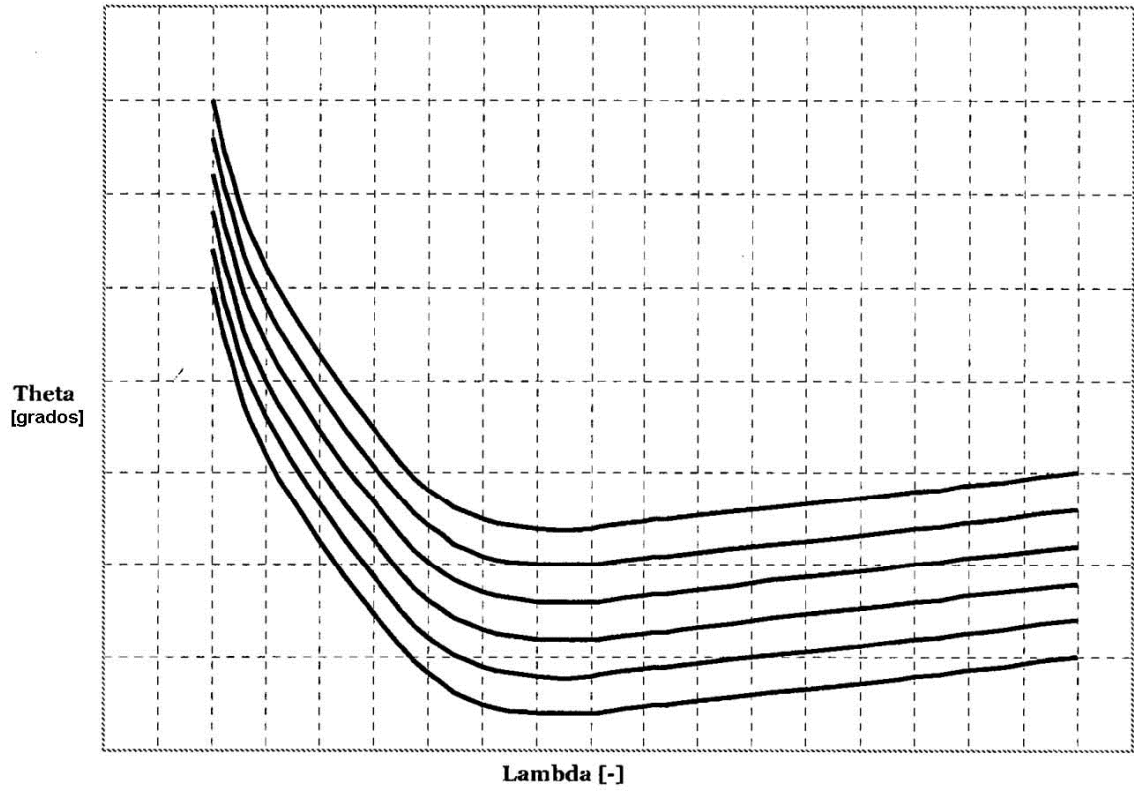


Fig. 2

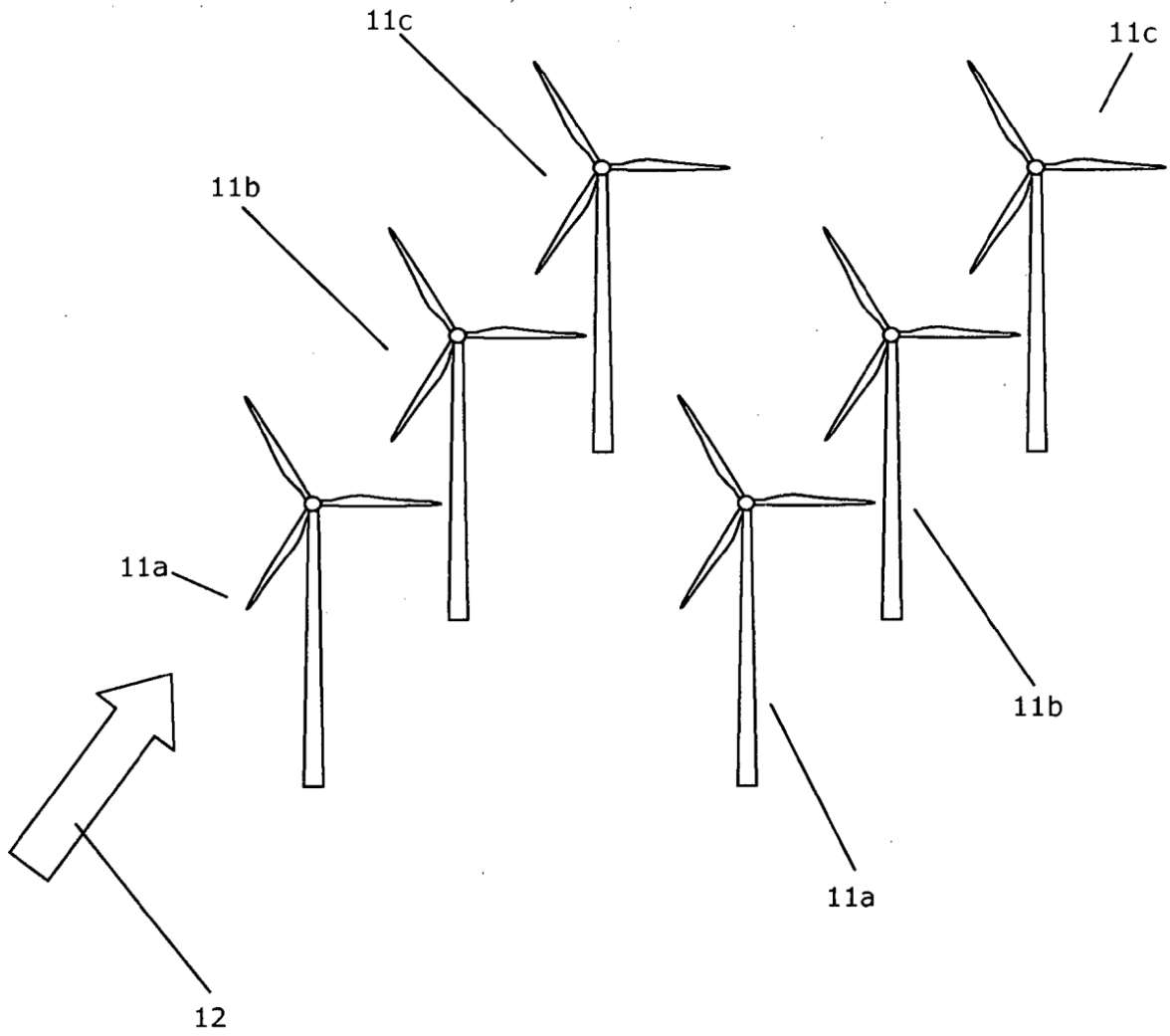


Fig. 3