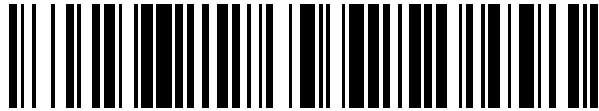


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 974**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)  
**F03D 7/02** (2006.01)  
**F03D 9/11** (2006.01)  
**F03D 7/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.12.2014 E 14198956 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.11.2019 EP 2889473**

54 Título: **Sistema y procedimiento para controlar aerogeneradores en parques eólicos**

30 Prioridad:

**26.12.2013 IN CH60822013**

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

**06.07.2020**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 River Road  
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**SAGI, DEEPAK RAJ;  
SAHA, AVIJIT;  
GANIREDDY, GOVARDHAN;  
CARDINAL, MARK EDWARD y  
BURRA, RAJNI KANT**

74 Agente/Representante:

**CONTRERAS PÉREZ, Yahel**

ES 2 770 974 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**

Sistema y procedimiento para controlar aerogeneradores en parques eólicos

5 Diversas realizaciones de la presente invención se refieren, en general, a aerogeneradores y, más concretamente, a un sistema y un procedimiento para controlar aerogeneradores en parques eólicos.

10 Los aerogeneradores se utilizan para generar energía eléctrica a partir de energía eólica. Pueden conectarse varios aerogeneradores para formar un parque eólico, y pueden conectarse varios parques eólicos a una red eléctrica. Se requiere que los parques eólicos proporcionen a la red eléctrica una potencia de salida comprometida. Sin embargo, debido a las fluctuaciones constantes en la velocidad del viento y en la carga conectada a la red eléctrica, puede producirse una diferencia entre la potencia proporcionada por el parque eólico a la red eléctrica y la potencia de salida comprometida. La diferencia da lugar a variaciones en una frecuencia en la red eléctrica y puede requerir recursos adicionales del parque eólico para la regulación de frecuencia.

15 Para superar las variaciones en la frecuencia, los parques eólicos utilizan diversas técnicas de respuesta de frecuencia. Un tipo de procedimiento de respuesta de frecuencia principal incluye operar aerogeneradores en respectivos parques eólicos en un modo restringido durante modos de funcionamiento normales y operar los mismos aerogeneradores para proporcionar una potencia adicional cuando la frecuencia disminuye o restringir todavía más los aerogeneradores cuando aumenta la frecuencia. Sin embargo, operar los aerogeneradores en un modo restringido durante modos operativos normales se traduce en pérdidas de ingresos.

20 En algunas situaciones, el tipo anterior de técnica de respuesta de frecuencia principal es insuficiente para mantener un control preciso de la frecuencia en la red eléctrica y se emplea una segunda técnica de respuesta de frecuencia para controlar con precisión la frecuencia en la red eléctrica. Un ejemplo de una respuesta de frecuencia secundaria es una realización de control de generación automático que incluye una batería centralizada del parque eólico que proporciona energía adicional a la red eléctrica para mantener la frecuencia. Dichos sistemas secundarios se traducen en costes adicionales del parque eólico.

25 Sería deseable que los parques eólicos tuvieran un sistema y un procedimiento mejorados y más rentables para abordar las variaciones de frecuencia.

30 US2012049516 describe un procedimiento, una central eléctrica y un producto de programa de ordenador para utilizarse en la optimización de la potencia y el funcionamiento de la central eléctrica. La central eléctrica incluye un parque eólico, un sistema de almacenamiento de energía y un controlador de supervisión que implementa un algoritmo de control que recibe información sobre el parque eólico y el almacenamiento de energía y, en base a esa información, calcula una referencia de energía para el parque eólico y una referencia de potencia para el almacenamiento de energía. Estas referencias de energía optimizan un objetivo de la central eléctrica sujeto a un conjunto determinado de restricciones en la central eléctrica.

35 En una realización de la invención, se presenta un procedimiento para controlar un parque eólico que incluye una pluralidad de aerogeneradores. El procedimiento incluye calcular un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida, generar un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia, generar puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para la pluralidad de aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida; transmitir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores, utilizar los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica para cada uno de la pluralidad de aerogeneradores y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para elementos de almacenamiento de energía conectados a cada uno de los respectivos aerogeneradores, y utilizar los puntos de ajuste de potencia aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para controlar los respectivos elementos de almacenamiento de energía.

40 En otra realización de la invención, se dispone un sistema para controlar un parque eólico que incluye una pluralidad de aerogeneradores. El sistema incluye un controlador del parque eólico para calcular un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida, generar un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia, generar puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para los respectivos aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida, y transmitir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores. El sistema también incluye controladores de aerogeneradores para recibir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida, utilizar los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para determinar puntos de ajuste de energía aerodinámica para respectivos aerogeneradores y puntos de ajuste de energía de almacenamiento para

elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores, y utilizar los puntos de ajuste de energía aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de ajuste de energía de almacenamiento para controlar los elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores.

5 Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor al leer la siguiente descripción detallada con referencia a los dibujos adjuntos en los que referencias similares representan elementos similares en todos los dibujos, en los cuales:

10 La figura 1 es una representación en diagrama de bloques de un parque eólico que incluye un sistema para controlar el parque eólico de acuerdo con una realización de la invención.

15 La figura 2 es una representación gráfica de una curva de caída característica de un estado de carga de un elemento de almacenamiento de energía de acuerdo con una realización de la invención.

La figura 3 una representación gráfica de ejemplo de un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina ajustado en base a la posición del estado de carga en la pendiente de compensación positiva durante intervalos de tiempo T1 y T2 de acuerdo con una realización de la invención.

20 La figura 4 es una representación esquemática de un sistema de control en un controlador de un aerogenerador de acuerdo con una realización de la invención.

25 La figura 5 es un diagrama de flujo que representa etapas implicadas en un procedimiento para controlar un parque eólico de acuerdo con una realización de la invención.

30 Salvo que se indique lo contrario, los términos técnicos y científicos utilizados aquí tienen el mismo significado que entiende comúnmente un experto en la materia a la que pertenece esta descripción. Los términos "primero/a", "segundo/a" y similares, tal como se utilizan aquí, no indican ningún orden, cantidad o importancia, sino que se utilizan para distinguir un elemento de otro. Además, los términos "uno/s" y "una/s" no indican una limitación de cantidad, sino que más bien indican la presencia de por lo menos uno de los elementos indicados. El término "o" está destinado a ser inclusivo y significa uno, algunos o todos los elementos enumerados. El uso de "que incluye/n", "que comprende/n" o "que tiene/n" y variaciones de los mismos pretende abarcar aquí los elementos enumerados a continuación y sus equivalentes, así como elementos adicionales. Los términos "conectado/a" y "acoplado/a" no se limitan a conexiones o acoplamientos físicos o mecánicos, y pueden incluir conexiones o acoplamientos eléctricos, ya sean directos o indirectos. Además, los términos "circuito", "circuitaría", "controlador" y "procesador" pueden incluir un único componente o una pluralidad de componentes, que sean activos y/o pasivos y estén conectados o acoplados para desempeñar una función descrita.

40 Diversas realizaciones de la presente invención incluyen un sistema y un procedimiento para calcular un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida, generar un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia, generar puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para la pluralidad de aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida; transmitir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores, utilizar los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica para cada uno de la pluralidad de aerogeneradores y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para elementos de almacenamiento de energía conectados a cada uno de los respectivos aerogeneradores, y utilizar los puntos de ajuste de potencia aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para controlar los respectivos elementos de almacenamiento de energía.

50 La figura 1 es una representación en diagrama de bloques de un parque eólico 100 que incluye un sistema 110 para controlar el parque eólico 100 de acuerdo con una realización de la invención. El parque eólico 100 incluye una pluralidad de aerogeneradores 120 para generar energía en el parque eólico 100.

55 En una realización, el parque eólico 100 comprende un parque eólico de tipo de almacenamiento distribuido, y por lo menos algunos de los aerogeneradores 120 incluyen, cada uno, un elemento de almacenamiento de energía integrado 130 conectado al mismo. El sistema 110 incluye un controlador del parque eólico 140 que controla una generación de energía del parque eólico 100. El controlador del parque eólico 140 incluye un procesador de predicción 142 que genera un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque 144 para el parque eólico 100. En una realización, el procesador de pronóstico 142 recibe pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150 de la pluralidad de aerogeneradores 120 para generar el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque 144 añadiendo los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150. La pluralidad de aerogeneradores 120 incluyen los respectivos controladores de aerogenerador 160 que generan los pronósticos de

potencia de punto de base a nivel de turbina 150 para cada aerogenerador 120 y transmiten los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150 al controlador del parque eólico 140.

En una realización, los controladores de aerogenerador 160 generan los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150 en base a pronósticos de potencia aerodinámica. Una previsión de energía aerodinámica para un aerogenerador 120 incluye una previsión de energía eólica que puede generar el aerogenerador 120 utilizando el viento. En una realización específica, el pronóstico de potencia aerodinámica se basa en datos históricos de potencia aerodinámica y velocidad del viento en tiempo real. En otra realización, el controlador del aerogenerador 160 utiliza un procedimiento de persistencia para determinar el pronóstico de potencia aerodinámica. Los controladores del aerogenerador 160 generan, además, pronósticos de potencia de almacenamiento en base a estados de carga de los respectivos elementos de almacenamiento de energía 130. En una realización, se envía una señal de estado de carga 170 al controlador del aerogenerador 160 desde un sistema de gestión de almacenamiento 180 en cada aerogenerador 120. La previsión de energía de almacenamiento incluye una previsión de energía que puede proporcionar el elemento de almacenamiento de energía 130 de cada aerogenerador 120 en base al estado de carga 170 del respectivo elemento de almacenamiento de energía 130. El sistema de gestión de almacenamiento 180 puede seguir el estado de carga 170 del elemento de almacenamiento de energía 130 en base a una curva de caída característica del elemento de almacenamiento de energía 130, por ejemplo. En este ejemplo, el controlador del aerogenerador 160 genera el pronóstico de potencia de almacenamiento en base a una posición del estado de carga 170 en la curva de caída característica. En una realización, la curva de caída característica del elemento 130 de almacenamiento de energía puede determinarse en base a un tipo de elemento de almacenamiento de energía 130, un tamaño del parque eólico 100, una clasificación del elemento de almacenamiento de energía 130, y variabilidad del viento.

Con referencia a la figura 2, se muestra una representación gráfica de ejemplo de una curva de caída característica 200 del elemento de almacenamiento de energía 130 (figura 1) de acuerdo con una realización de la invención. El eje X 210 representa un estado de carga del elemento de almacenamiento de energía. El eje Y 220 representa una potencia de compensación del elemento de almacenamiento de energía. La curva 230 representa un límite de zona muerta del estado de carga. El límite de zona muerta puede definirse como un rango de umbral del estado de carga del elemento de almacenamiento de energía. La pendiente 240 representa una pendiente de compensación positiva, y la pendiente 250 representa una pendiente de compensación negativa. La pendiente de compensación positiva representa un estado en el que el elemento de almacenamiento de energía puede descargarse para proporcionar energía de almacenamiento a una red eléctrica (no mostrada). Por el contrario, la pendiente de compensación negativa representa un estado en el que el elemento de almacenamiento de energía es capaz de cargarse al recibir energía de por lo menos un aerogenerador (figura 1). El elemento de almacenamiento de energía puede cargarse o descargarse para alcanzar un estado de carga objetivo representado por la flecha 260. El estado de carga objetivo puede definirse como una posición predefinida en el límite de zona muerta en el cual se desea que se mantenga el estado de carga del elemento de almacenamiento de energía. En una realización, el estado de carga objetivo puede ser predeterminado por un operario del parque eólico, y el elemento de almacenamiento de energía puede configurarse en consecuencia para funcionar en base al estado de carga objetivo. El controlador del aerogenerador (figura 1) genera el pronóstico de potencia de almacenamiento y ajusta el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina (figura 1) en base al pronóstico de potencia de almacenamiento. El pronóstico de potencia de almacenamiento puede incluir una potencia de compensación positiva 270 o una potencia de compensación negativa 280 en base a la posición del estado de carga en la pendiente de compensación positiva o la pendiente de compensación negativa, respectivamente. El controlador del aerogenerador ajusta el pronóstico de potencia del punto de base a nivel de turbina para aumentar el pronóstico de potencia del punto de base a nivel de turbina o disminuir el pronóstico de potencia del punto de base a nivel de turbina en base al pronóstico de potencia de compensación positiva o el pronóstico de potencia de compensación negativa, respectivamente.

Por ejemplo, la figura 3 ilustra una representación gráfica de ejemplo 300 de un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina ajustado 310 en base a la posición del estado de carga en la pendiente de compensación positiva (figura 2) durante los intervalos de tiempo T1 y T2. La representación gráfica 300 incluye una gráfica 330 que representa el estado de carga del elemento de almacenamiento de energía (figura 1) durante el intervalo de tiempo T1 y T2. La representación gráfica 300 también incluye una gráfica 340 correspondiente a la gráfica 330 que representa el pronóstico de potencia del punto de base a nivel de turbina (figura 1) durante los intervalos de tiempo T1 y T2. Las gráficas 330, 340 incluyen un eje X 332, 342 que representa el tiempo. El eje Y 334 de la gráfica 330 representa el estado de carga, y el eje Y 344 de la gráfica 340 representa el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina, respectivamente. La sección 370 representa el límite de zona muerta del estado de carga. La curva 380 representa el estado de carga respecto al tiempo.

El controlador del aerogenerador 160 (figura 1) recibe un primer valor 390 representativo de aproximadamente cero coma cinco (0,5) como estado de carga del elemento de almacenamiento de energía al comienzo del intervalo de tiempo T1. Durante el intervalo de tiempo T1, si una potencia aerodinámica medida de por lo menos un aerogenerador (figura 1) es mayor que una primera potencia de punto de base a nivel de turbina pronosticada 400,

el controlador del aerogenerador (figura 1) calcula una diferencia entre la potencia aerodinámica medida y la primera potencia de punto de base a nivel de turbina pronosticada 400. La primera potencia de punto de base pronosticada a nivel de turbina 400 puede definirse como una potencia de punto de base pronosticada a nivel de turbina para el intervalo de tiempo T1. El controlador del aerogenerador controla el elemento de almacenamiento de energía (figura 1) para recibir una potencia diferencial entre la potencia aerodinámica medida y la primera potencia de punto de base a nivel de turbina pronosticada 400. El elemento de almacenamiento de energía absorbe la potencia diferencial debido a la cual el estado de la carga del elemento de almacenamiento de energía aumenta de aproximadamente cero coma cinco (0,5) a un segundo valor de aproximadamente uno (1) representado por el número de referencia 410 al final del intervalo de tiempo T1.

Simultáneamente, el controlador del aerogenerador genera un segundo pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina representado por el número de referencia 420 para el intervalo de tiempo T2 en la gráfica 340 correspondiente. El controlador del aerogenerador también obtiene el estado de carga del elemento de almacenamiento de energía al final del intervalo de tiempo T1. Dado que el valor 410 que representa el estado de carga es aproximadamente uno (1), el controlador del aerogenerador identifica que la posición del estado de carga se encuentra en la pendiente de compensación positiva, y el elemento de almacenamiento de energía puede descargar para proporcionar energía de almacenamiento. En lo sucesivo, los términos "valor que representa el estado de carga" y "la posición del estado de carga" se utilizan indistintamente ya que la posición del estado de carga está representada por el valor que representa el estado de carga. La cantidad de energía de almacenamiento que puede proporcionar el elemento de almacenamiento de energía se calcula en base a una diferencia entre un estado de carga objetivo 430 y un estado de carga actual representado por la posición del estado de carga. Además, como el estado de carga del elemento de almacenamiento de energía es uno (1), el elemento de almacenamiento de energía ha alcanzado un estado de saturación representado por la curva 440. El estado de saturación puede definirse como un estado en el que el elemento de almacenamiento de energía ha alcanzado un límite de saturación de potencia de almacenamiento y no podrá almacenar más la potencia diferencial que puede recibir el elemento de almacenamiento de energía durante el intervalo de tiempo T2. Por lo tanto, el controlador del aerogenerador (figura 1) ajusta el segundo pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina 420 de manera que la potencia de compensación 450 puede incluirse en el segundo pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina 420. Tal adición de la potencia de almacenamiento aumenta el segundo pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina 420 y da como resultado el segundo pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina 310 ajustado para el intervalo de tiempo T2 representado en la gráfica 340 correspondiente. Durante el intervalo de tiempo T2, el por lo menos un aerogenerador (figura 1) proporciona la potencia de almacenamiento además de la potencia medida a la red eléctrica descargando el elemento de almacenamiento de energía y reduce el estado de carga desde el valor 410 hacia la sección 370 del límite de zona muerta representado por la curva 460. De manera similar, el proceso puede repetirse continuamente para mantener el estado de carga dentro del límite de la zona muerta y más particularmente, en el estado de carga objetivo.

Siguiendo con referencia a la figura 1, el procesador de pronóstico 142 en el controlador del parque eólico 140 recibe los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150 de la pluralidad de aerogeneradores 120 y genera el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque 144. El controlador del parque eólico 140 puede transmitir el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque 144 a un operador del sistema independiente 190. El controlador del parque eólico 140 calcula, además, un error entre el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque 144 y una potencia activa a nivel de parque medida. El controlador del parque eólico 140 puede recibir, además, un punto de ajuste de respuesta de frecuencia 146 para el control de generación automático del operador del sistema independiente 190. El punto de ajuste de respuesta de frecuencia 146 puede incluir un punto de ajuste para generar una potencia requerida para mantener una frecuencia en la red eléctrica. El controlador del parque eólico 140 genera un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida en base al error y el punto de ajuste de respuesta de frecuencia 146 para el parque eólico 100. En una realización, el punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida puede generarse en base a los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina 150, el punto de ajuste de respuesta de frecuencia 146 y el error. En tales realizaciones, el punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida puede generarse en base al pronóstico de potencia de punto de base a nivel de turbina generado para un intervalo de tiempo (T), el punto de ajuste de respuesta de frecuencia recibido del operador del sistema independiente en el intervalo de tiempo (T), y el error determinado entre la potencia activa a nivel de parque medida en el intervalo de tiempo (T) y el pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque generado en un intervalo de tiempo anterior (T-1). En una realización, el punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida puede incluir nuevos puntos de ajuste para el parque eólico 100 para proporcionar la energía requerida para el control de generación automático.

El controlador del parque eólico 140 calcula puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida 122 para los aerogeneradores 120 desde el punto de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida utilizando una lógica de distribución que puede basarse en los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina y respectiva potencia nominal de los aerogeneradores. El controlador del parque eólico 140 transmite cada punto de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida 122 al respectivo controlador del aerogenerador 160 de los respectivos

aerogeneradores 120. Los controladores de los aerogeneradores 160 utilizan los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida 122 para determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica para los respectivos aerogeneradores 120 y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para los elementos de almacenamiento de energía 130 conectados a los respectivos aerogeneradores 120.

La figura 4 es una representación esquemática de un sistema de control 500 en el controlador del aerogenerador (figura 1) de acuerdo con una realización de la invención. El sistema de control 500 incluye un módulo de aerogenerador 510, un módulo de potencia de almacenamiento 520 y un módulo de potencia aerodinámica 530. El sistema de control 500 controla el aerogenerador respectivo (figura 1) para generar energía aerodinámica en base al punto de ajuste de potencia aerodinámica 540; y controla el elemento de almacenamiento de energía (figura 1) para proporcionar la potencia de almacenamiento en base al punto de ajuste de potencia de almacenamiento 550 recibido desde el módulo de aerogenerador 510.

El módulo de aerogenerador 510 incluye un primer bloque de suma de viento 512, un segundo bloque de suma de viento 514, un tercer bloque de suma de viento 516, y un primer filtro de paso bajo 518. El módulo de potencia de almacenamiento 520 incluye un segundo filtro de paso bajo 522, un sistema de gestión del estado de carga 524 que incluye una curva de caída característica. El módulo aerodinámico 530 incluye un primer bloque de suma aerodinámica 532, un segundo bloque de suma aerodinámica 534, y un tercer filtro de paso bajo 536. El primer filtro de paso bajo 518, el segundo filtro de paso bajo 522, y el tercer filtro de paso bajo 536 pueden configurarse para incluir un primer retardo, un segundo retardo y un tercer retardo, respectivamente. En una realización, el primer retardo de tiempo, el segundo retardo de tiempo, y el tercer retardo de tiempo se dan de modo que el primer retardo de tiempo es el más bajo, el tercer retardo de tiempo es el más alto, y el segundo retardo de tiempo se encuentra entre el primer retardo de tiempo y el tercer retardo, lo cual puede representarse como  $T_{LPF1} < T_{LPF2} < T_{LPF3}$ , donde T representa el retardo de tiempo. El primer filtro de paso bajo 518, el segundo filtro de paso bajo 522, y el tercer filtro de paso bajo 536 permiten una operación secuencial del módulo de aerogenerador 510, el módulo de potencia de almacenamiento 520, y el módulo de potencia aerodinámica 530 para generar primero un error del aerogenerador seguido del punto de ajuste de potencia de almacenamiento 550 y el punto de ajuste de potencia aerodinámica 540.

El módulo de aerogenerador 510 recibe un punto de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida respectivo 560 del controlador del parque eólico (figura 1) y envía el punto de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida 560 al primer bloque de suma de viento 512. Además, el módulo de potencia aerodinámica 530 está configurado para medir continuamente la potencia de una turbina que puede proporcionar el aerogenerador (figura 1). En una realización, el módulo de potencia aerodinámica 530 está configurado para calcular una potencia aerodinámica generada por el aerogenerador (figura 1). El módulo de potencia aerodinámica 530 obtiene un valor 570 representativo de la potencia de la turbina medida del aerogenerador. El valor 570 representativo de la potencia de la turbina medida se envía al primer bloque de suma aerodinámica 532. En una realización, el valor 570 representativo de la potencia de la turbina medida incluye un valor de potencia aerodinámica que puede proporcionar el aerogenerador y un valor de potencia de almacenamiento que puede proporcionar el elemento de almacenamiento de energía. En esta realización, el primer bloque de suma aerodinámica 532 también recibe un valor 580 medido en el relé de CC/CC que puede incluir la potencia de almacenamiento proporcionada por el elemento de almacenamiento de energía y pérdidas del relé de CC/CC. El primer bloque de suma aerodinámica 532 está configurado para restar el valor 580 representativo de la potencia del relé de CC/CC del valor 570 representativo de la potencia de la turbina medida para obtener una potencia aerodinámica 590. La potencia aerodinámica 590 se envía al primer bloque de suma de viento 512 en el módulo de aerogenerador 510. El primer bloque de suma de viento 512 está configurado para calcular una diferencia de potencia activa 600 entre la potencia aerodinámica 590 y el punto de ajuste de potencia activa a nivel de turbina 560. La diferencia de potencia activa 600 se transmite al primer filtro de paso bajo 518 que transmite todavía más la diferencia de potencia activa 600 al segundo bloque de suma de viento 514. El primer filtro de paso bajo 518 incluye un valor umbral de la diferencia de potencia activa 600 y filtra señales representativas de la diferencia de potencia activa 600 en base al valor umbral de la diferencia de potencia activa 600.

En base al segundo retardo de tiempo incluido en el segundo filtro de paso bajo 522, el sistema de gestión del estado de carga 524 en el módulo de potencia de almacenamiento 520 determina un estado de carga 528 del elemento de almacenamiento de energía. El sistema de gestión del estado de carga 524 calcula un valor 610 representativo de la potencia de almacenamiento que puede proporcionar el elemento de almacenamiento de energía en base al estado de carga 528 desde la curva de caída característica y transmite el valor 610 representativo de la potencia de almacenamiento al segundo bloque de suma de viento 514 a través del segundo filtro de paso bajo 522 para mantener el segundo retardo de tiempo.

El segundo bloque de suma de viento 514 compara la diferencia de potencia activa 600 y el valor 610 representativo de la potencia de almacenamiento para determinar si el elemento de almacenamiento de energía es capaz de proporcionar la potencia de almacenamiento 610 requerida para compensar la diferencia de potencia activa 600. El

valor 610 representativo de la potencia de almacenamiento se utiliza para generar el punto de ajuste de la potencia de almacenamiento representado por 550 y se transmite, además, al tercer bloque de suma de viento 516.

5 El tercer bloque de suma de viento 516 también recibe la potencia del relé de CC/CC 580 y calcula una diferencia entre la potencia del relé de CC/CC 580 y el valor 610 representativo de la potencia de almacenamiento para determinar un error de potencia activa 620. El error de potencia activa 620 puede incluir un error en la potencia activa que puede proporcionar el aerogenerador al parque eólico. El error de potencia activa 620 puede incluir una potencia adicional (error positivo) que puede recibirse del parque eólico o un déficit de potencia (error negativo) que puede proporcionarse al parque eólico para compensar el error de potencia activa 600. El segundo bloque de suma aerodinámica 534 recibe la potencia aerodinámica 590 del primer bloque de suma aerodinámica 532 y el valor 620 representativo del error de potencia activa. El segundo bloque de suma aerodinámica 534 calcula una diferencia entre la potencia aerodinámica 590 y el error de potencia activa 620 para determinar el punto de ajuste de potencia aerodinámica 540 para que el aerogenerador genere potencia aerodinámica.

15 La figura 5 es un diagrama de flujo que representa las etapas implicadas en un procedimiento 700 para controlar un parque eólico que incluye una pluralidad de aerogeneradores de acuerdo con una realización de la invención. El procedimiento 700 incluye calcular un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida en la etapa 710. En una realización, la potencia de punto de base a nivel de parque se pronostica generando una pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina para la pluralidad de aerogeneradores en el parque eólico antes de calcular el error. En una realización específica, los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina de la pluralidad de aerogeneradores se ajustan en base a los estados de carga de los elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores. En una realización más específica, los pronósticos de potencia del punto de base a nivel de turbina se ajustan para mantener los estados de carga dentro de un límite de zona muerta. En una realización, los estados de carga se determinan en base a curvas de caída características de los respectivos elementos de almacenamiento de energía. El procedimiento 700 también incluye generar un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia en la etapa 720. En una realización, el punto de ajuste de respuesta de frecuencia para el parque eólico se recibe de un operador de un sistema independiente para un control de generación automático. El procedimiento 700 incluye, además, generar puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para la pluralidad de aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida en la etapa 730.

35 El procedimiento 700 también incluye transmitir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores en la etapa 740. El procedimiento 700 incluye, además, determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para la pluralidad de aerogeneradores y los elementos de almacenamiento de energía conectados a la pluralidad de aerogeneradores, respectivamente, utilizando los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida en la etapa 750. En una realización, los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento se determinan antes de determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica. En una realización específica, se determinan diferencias de potencia activa entre los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida y potencias aerodinámicas de los aerogeneradores. En una realización más específica, las diferencias de potencia activa se ajustan en base a los estados de carga de los elementos de almacenamiento de energía para generar los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento. En otra realización, los puntos de ajuste de potencia aerodinámica se determinan determinando un error de potencia activa entre los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento y una potencia del relé de CC/CC. El procedimiento 700 incluye, además, el uso de los puntos de ajuste de potencia aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para controlar los respectivos elementos de almacenamiento de energía en la etapa 760.

**REIVINDICACIONES**

1. Procedimiento (700) para controlar un parque eólico que comprende una pluralidad de aerogeneradores, comprendiendo el procedimiento:
- 5            calcular (710) un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida;  
generar (720) un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia;
- 10          generar (730) puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para la pluralidad de aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida;  
transmitir (740) los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores;
- 15          utilizar (750) los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para la pluralidad de aerogeneradores y elementos de almacenamiento de energía conectados a la pluralidad de aerogeneradores, respectivamente; y  
utilizar (760) los puntos de ajuste de potencia aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para controlar los respectivos elementos de almacenamiento de energía.
- 20
2. Procedimiento (700) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además, antes de calcular el error (710), pronosticar la potencia de punto de base a nivel de parque para el parque eólico generando una pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina para la pluralidad de aerogeneradores en el parque eólico.
- 25
3. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que generar la pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina comprende, además, ajustar la pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina en base a estados de carga de los elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores.
- 30
4. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que ajustar la pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina comprende ajustar los pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina para mantener los estados de carga de los elementos de almacenamiento de energía dentro de un límite de zona muerta.
- 35
5. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que generar (720) el punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico comprende, además, generar el punto de ajuste de energía activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base a una pluralidad de pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina.
- 40
6. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que comprende, además, recibir el punto de ajuste de respuesta de frecuencia de un operador de sistema independiente para un control de generación automático.
- 45
7. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento se determinan antes de determinar los puntos de ajuste de potencia aerodinámica.
- 50
8. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que determinar (750) los puntos de ajuste de potencia de almacenamiento comprende determinar diferencias de potencia activa entre los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida y potencias aerodinámicas de la pluralidad de aerogeneradores.
- 55
9. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que comprende, además, ajustar las diferencias de potencia activa en base a estados de carga de los elementos de almacenamiento de energía.
- 60
10. Procedimiento (700) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que determinar (750) los puntos de ajuste de la potencia aerodinámica comprende determinar un error de potencia activa entre los puntos de ajuste de la potencia de almacenamiento y una potencia de un relé de CC/CC.



11. Sistema (100) para controlar un parque eólico que incluye una pluralidad de aerogeneradores, comprendiendo el sistema:

5 un controlador del parque eólico (140) configurado para calcular (710) un error entre un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de parque y una potencia activa a nivel de parque medida;  
generar (720) un punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida para el parque eólico en base al error y un punto de ajuste de respuesta de frecuencia;  
generar (730) puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para la pluralidad de  
10 aerogeneradores en base al punto de ajuste de potencia activa a nivel de parque añadida;  
transmitir (740) los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida a los respectivos aerogeneradores;  
controladores de aerogeneradores (120) para:

15 recibir los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida;  
utilizar (750) los puntos de ajuste de potencia activa a nivel de turbina añadida para determinar puntos de ajuste de potencia aerodinámica para los respectivos aerogeneradores y puntos de ajuste de potencia de almacenamiento para elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores; y  
20 utilizar (760) los puntos de ajuste de potencia aerodinámica para controlar los respectivos aerogeneradores y los puntos de configuración de potencia de almacenamiento para controlar los elementos de almacenamiento de energía conectados a los respectivos aerogeneradores.

12. Sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 11, caracterizado por el hecho de que comprende, además, un procesador de pronóstico (142) configurado para generar un pronóstico de potencia de punto de base a nivel de  
25 parque para el parque eólico.

13. Sistema (100) de acuerdo con la reivindicación 11 o la reivindicación 12, caracterizado por el hecho de que los controladores de los aerogeneradores (120) están configurados para transmitir pronósticos de potencia de punto de base a nivel de turbina individuales a un procesador de pronóstico para generar (142) el pronóstico de potencia de  
30 punto de base a nivel de parque.

14. Sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizado por el hecho de que los controladores de los aerogeneradores (120) comprenden módulos de potencia aerodinámica configurados para calcular potencias aerodinámicas generadas por los respectivos aerogeneradores.  
35

15. Sistema (100) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 11 a 14, caracterizado por el hecho de que el parque eólico comprende un parque eólico de almacenamiento distribuido y en el que cada uno de la pluralidad de aerogeneradores comprende un elemento de almacenamiento de energía integrado (130).

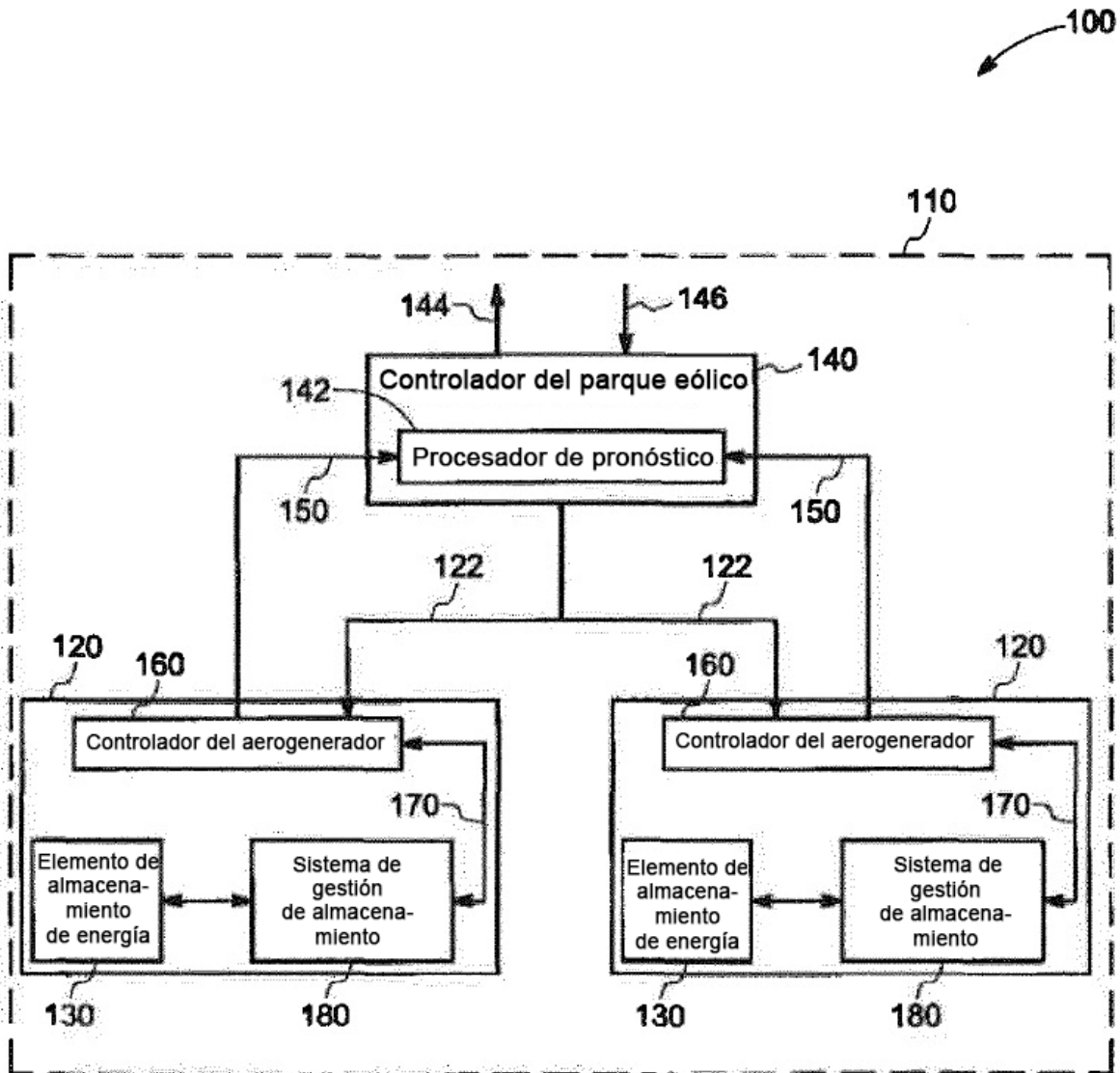


FIG. 1

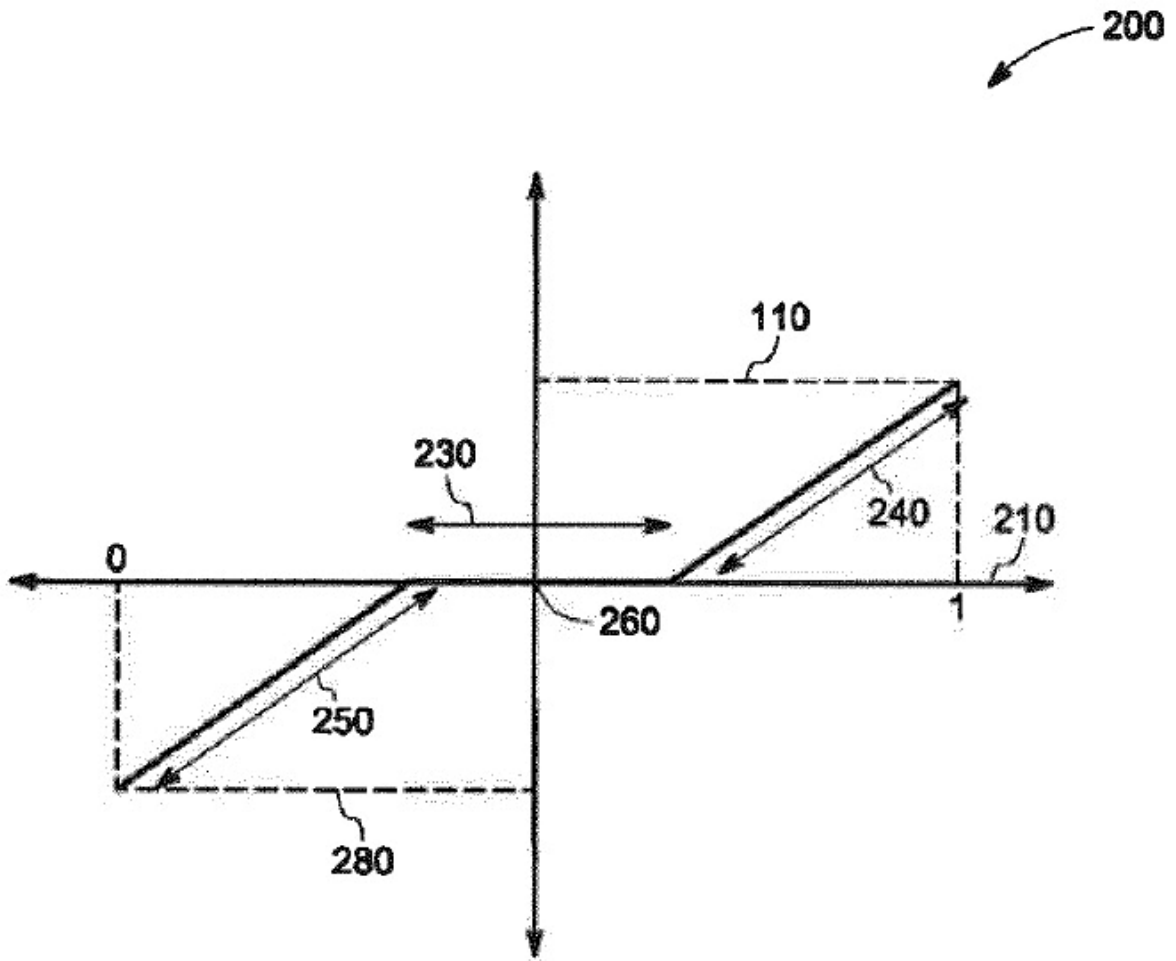


FIG. 2

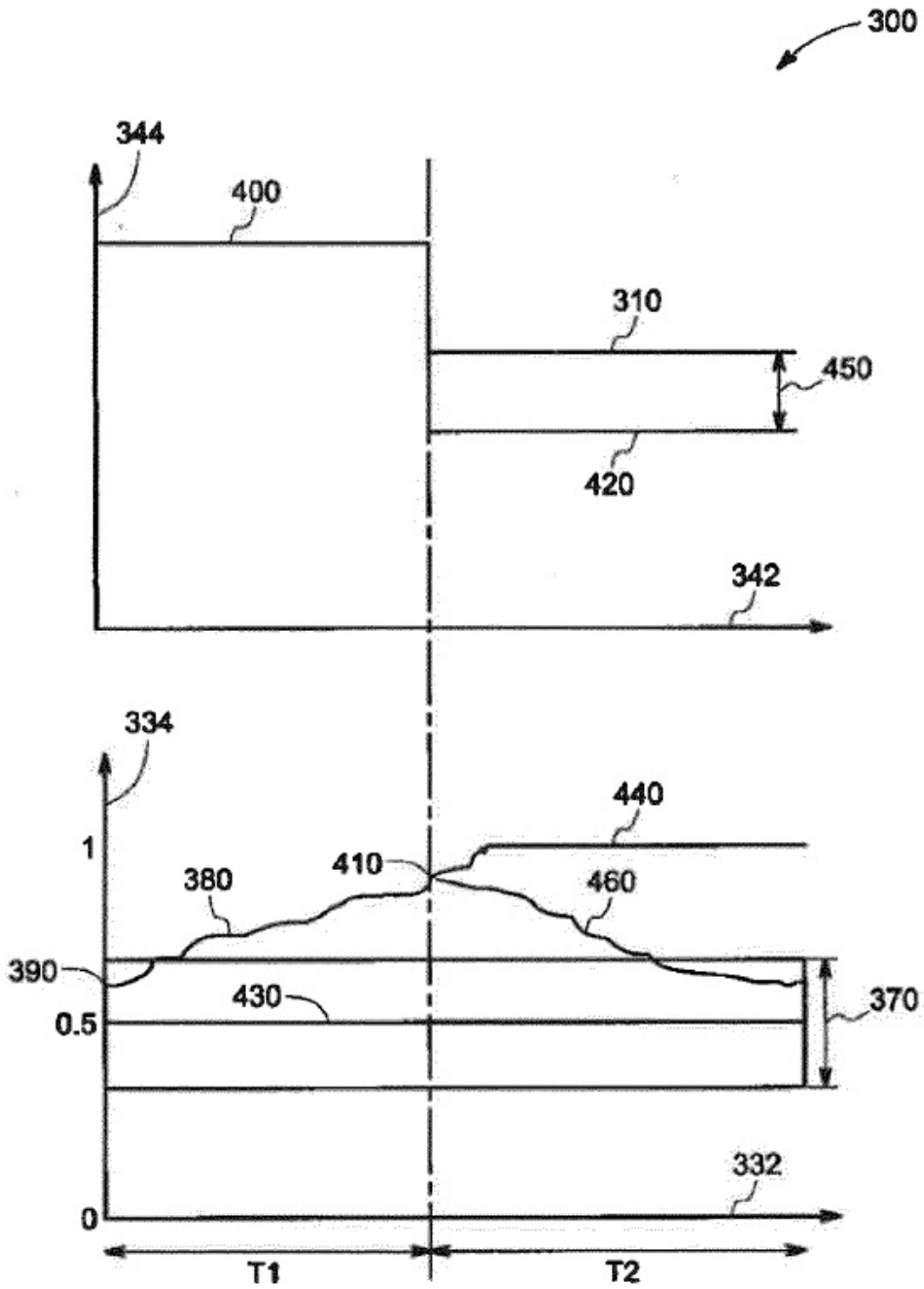


FIG. 3

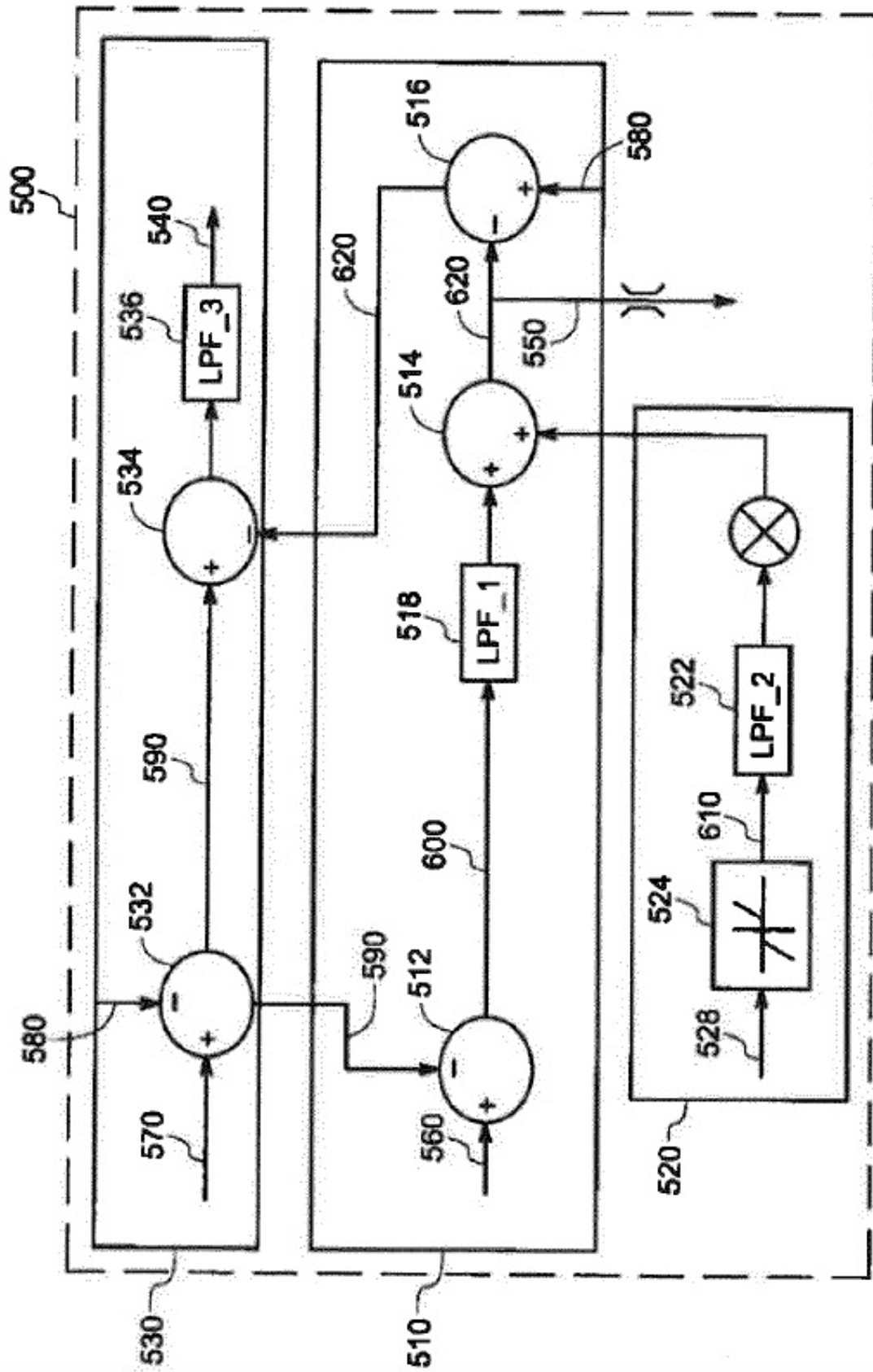


FIG. 4

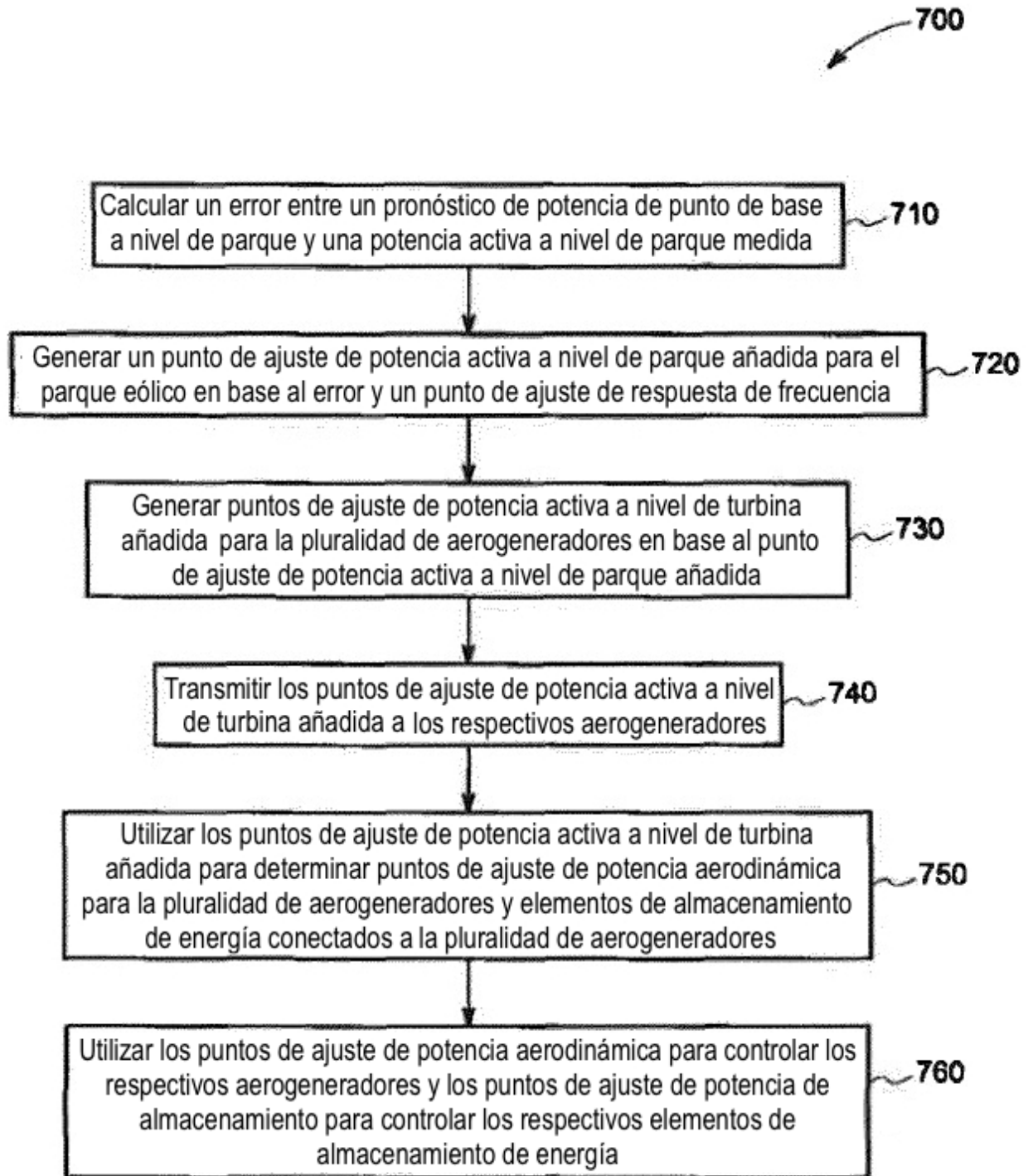


FIG. 5

**REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN**

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

**Documentos de patentes citados en la descripción**

10 • US 2012049516 A [0006]