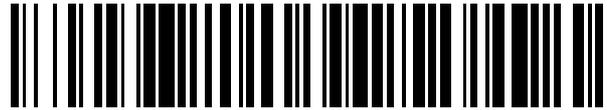


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 559 504**

51 Int. Cl.:

F03D 7/04 (2006.01)

F03D 9/00 (2006.01)

F03D 7/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.05.2010 E 10163882 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2015 EP 2284392**

54 Título: **Central eléctrica eólica, controlador de central eléctrica eólica y método para controlar una central eléctrica eólica**

30 Prioridad:

03.06.2009 US 183573 P
03.06.2009 DK 200900690

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

12.02.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

NIELSEN, PETER

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 559 504 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

Central eléctrica eólica, controlador de central eléctrica eólica y método para controlar una central eléctrica eólica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere de manera general a una central eléctrica eólica, a un controlador de central eléctrica eólica y a un método de control de una central eléctrica eólica.

Antecedentes

Una central eléctrica eólica tiene habitualmente una pluralidad de turbinas eólicas para convertir energía eólica en electricidad. Para suministrar electricidad a los usuarios finales de la electricidad, la central eléctrica eólica está conectada a una red de distribución eléctrica. Sin embargo, antes de que la central eléctrica eólica pueda conectarse a una red de distribución eléctrica, la central eléctrica eólica tiene que cumplir los requisitos de rendimiento eléctrico de la central eléctrica eólica especificados por normativas de la red de distribución. Un requisito es un tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica. Generalmente, la central eléctrica eólica tiene un controlador de central eléctrica eólica que monitoriza una tensión de red de distribución eléctrica y compara la tensión de red de distribución eléctrica con un punto de referencia externo. Se usa una diferencia entre la tensión de red de distribución eléctrica real y el punto de referencia externo (por ejemplo una señal de error) para calcular un comando para producción de potencia reactiva para la central eléctrica eólica. Este comando se envía desde el controlador de central eléctrica eólica a las turbinas eólicas individuales que a su vez responderán (por ejemplo producirán más o menos potencia con el fin de ajustar la tensión de red de distribución eléctrica) tras recibir el comando. La señal de error puede provocarse por un cambio en la tensión de red de distribución eléctrica real o un cambio en el punto de referencia externo. El tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica ha de entenderse como el periodo de tiempo que empieza tras la detección de un cambio en la tensión de red de distribución eléctrica o un cambio en el punto de referencia externo y que termina en cuanto responde la primera turbina eólica de la pluralidad de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica (en cuanto se detecta respuesta).

Por ejemplo, tal como se muestra en una gráfica 500 de la figura 5, la normativa de la red de distribución británica requiere un tiempo de respuesta inicial de no más de 200 ms. Es decir, se requiere que la primera turbina eólica de la central eléctrica eólica responda en un tiempo de no más de 200 ms tras el tiempo en que tiene lugar un cambio en la tensión de red de distribución eléctrica o un cambio en el punto de referencia externo, basándose en la recepción de respectivos datos de control. Las turbinas eólicas restantes de la central eléctrica eólica responden posteriormente, también basándose en respectivos datos de control. La normativa de la red de distribución británica requiere que, tras 1 s, la producción de potencia reactiva de la central eléctrica eólica debe ser mayor del 95% de la respuesta requerida 502 (por ejemplo producción de potencia reactiva).

Generalmente, sólo se envían datos de control a una turbina eólica tras haberse recopilado información sobre todas las turbinas eólicas, haberse procesado la información recopilada y haberse preparado los datos de control para todas las turbinas eólicas para su emisión. Por tanto, el tiempo total para recopilar la información sobre las turbinas eólicas, procesar la información recopilada y generar los datos de control para todas las turbinas eólicas podría no cumplir el requisito del tiempo de respuesta inicial especificado por las normativas de la red de distribución.

El documento WO 2008/145121 A1 describe un método de control de una turbina eólica (WT) en una central eléctrica eólica. La turbina eólica comprende un controlador de turbina eólica (WTC) y al menos un componente de turbina eólica conectado (WTCO), recibiendo el controlador de turbina eólica (WTC) paquetes de datos (DP) que se originan a partir de un controlador central (CC), comprendiendo al menos uno de dichos paquetes de datos instrucciones, realizando el WTC las siguientes etapas si uno de dichos paquetes de datos (DP) comprende una instrucción de "escritura/lectura" combinada (WRI) – efectuar una instrucción de escritura designada por dichos paquetes de datos (DP), - recuperar datos de información (ID) que resultan del hecho anterior de efectuar dicha instrucción de escritura a partir de al menos uno de dicho componente de turbina eólica (WTCO), - transmitir dichos datos de información a dicho controlador central (CC) tras la recepción de los datos de información de al menos un componente de turbina eólica (WTCO).

Por tanto, un objetivo la presente invención es evitar los problemas mencionados anteriormente.

Sumario

Según una realización, se proporciona un método de control de una central eléctrica eólica que comprende una pluralidad de turbinas eólicas. El método incluye: a) preparar un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para una de la pluralidad de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica; b) enviar el telegrama a la turbina eólica tras la finalización del telegrama; y c) repetir sucesivamente las etapas a) y b) para cada una de las turbinas eólicas restantes. Un efecto de esta realización es que el tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica se acorta; por tanto, pueden satisfacerse más fácilmente requisitos de tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica especificados por normativas de la red de distribución.

Según una realización, los datos de control de turbina eólica incluyen datos de control de punto de referencia de

turbina eólica.

Según una realización, los datos de control de punto de referencia de turbina eólica incluyen uno cualquiera de un grupo que consiste en datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa.

- 5 Según una realización, la etapa a) se lleva a cabo tras haber recopilado información de estado sobre la turbina eólica. La etapa a) puede llevarse a cabo con dependencia de la información de estado recopilada.

Según una realización, la información de estado recopilada a partir de las respectivas turbinas eólicas incluye salida de potencia actual, posible salida de potencia futura y condiciones de funcionamiento de las respectivas turbinas eólicas.

- 10 Según una realización, los telegramas se envían a las respectivas turbinas eólicas por medio de una red de centrales eléctricas eólicas.

Según una realización, el número de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica es más de 20.

Según una realización, las etapas a) a c) se llevan a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre 10 ms y 100 ms.

- 15 Según una realización, las etapas a) a c) se llevan a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre 50 ms y 100 ms.

Según una realización, se proporciona un controlador de central eléctrica eólica. El controlador de central eléctrica eólica está configurado para a) preparar un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para una de una pluralidad de turbinas eólicas de una central eléctrica eólica; b) enviar el telegrama a la turbina eólica tras la finalización del telegrama; y c) repetir sucesivamente las etapas a) y b) para cada una de las turbinas eólicas restantes. Un efecto de esta realización es que el tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica se acorta; por tanto, pueden satisfacerse más fácilmente requisitos de tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica especificados por normativas de la red de distribución.

- 20

Según una realización, se proporciona una central eléctrica eólica. La central eléctrica eólica incluye una pluralidad de turbinas eólicas; y un controlador de central eléctrica eólica configurado para a) preparar un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para una de la pluralidad de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica; b) enviar el telegrama a la turbina eólica tras la finalización del telegrama; y c) repetir sucesivamente las etapas a) y b) para cada una de las turbinas eólicas restantes. Un efecto de esta realización es que el tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica se acorta; por tanto, pueden satisfacerse más fácilmente requisitos de tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica especificados por normativas de la red de distribución.

- 25
- 30

Según una realización, cada turbina eólica incluye un controlador configurado para recibir el telegrama desde el controlador de central eléctrica eólica y para enviar información de estado sobre la turbina eólica al controlador de central eléctrica eólica.

- 35 Según una realización, los datos de control de turbina eólica incluyen datos de control de punto de referencia de turbina eólica.

Según una realización, los datos de control de punto de referencia de turbina eólica incluyen uno cualquiera de un grupo que consiste en datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa.

- 40 Según una realización, la información de estado de las respectivas turbinas eólicas incluye salida de potencia actual, posible salida de potencia futura y condiciones de funcionamiento de las respectivas turbinas eólicas.

Según una realización, la central eléctrica eólica incluye además una red de centrales eléctricas eólicas acoplada entre la pluralidad de turbinas eólicas y el controlador de central eléctrica eólica.

- 45 Según una realización, la red de centrales eléctricas eólicas está configurada para transmitir los telegramas desde el controlador de central eléctrica eólica a la pluralidad de turbinas eólicas y para transmitir la información de estado de la pluralidad de turbinas eólicas al controlador de central eléctrica eólica.

Según una realización, el controlador de central eléctrica eólica se implementa en un Controlador Lógico Programable (PLC).

Según una realización, el controlador de central eléctrica eólica incluye módulos de comunicación configurados para enviar los telegramas a las respectivas turbinas eólicas.

- 50 Según una realización, el número de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica es más de 20.

Según una realización, las etapas a) a c) se llevan a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre 10 ms y 100 ms.

Breve descripción de los dibujos

5 En los dibujos, caracteres de referencia similares se refieren generalmente a las mismas partes a lo largo de las diferentes vistas. Los dibujos no están necesariamente a escala, haciéndose hincapié generalmente en cambio en ilustrar los principios de la invención. En la siguiente descripción, se describen diversas realizaciones de la invención con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

La figura 1 ilustra una configuración común de una turbina eólica convencional.

10 La figura 2 muestra un diagrama esquemático de una central eléctrica eólica según una realización de la presente invención.

La figura 3a muestra una secuencia convencional de preparación y transmisión de telegramas.

La figura 3b muestra una secuencia de preparación y transmisión de telegramas según una realización de la presente invención.

15 La figura 4 muestra un diagrama de flujo de una realización de control de una central eléctrica eólica según la presente invención.

La figura 5 muestra una gráfica que ilustra un requisito de un tiempo de respuesta inicial de una central eléctrica eólica especificado por la normativa de la red de distribución británica.

Descripción detallada

20 A continuación se describirán en detalle realizaciones a modo de ejemplo de una central eléctrica eólica, un controlador de central eléctrica eólica y un método de control de una central eléctrica eólica según la presente invención con referencia a las figuras adjuntas. Ha de apreciarse que las realizaciones a modo de ejemplo descritas a continuación pueden modificarse en diversos aspectos sin cambiar la esencia de la invención.

25 La figura 1 ilustra una configuración común de una turbina eólica 100 convencional. La turbina eólica 100 está montada sobre una base 102. La turbina eólica 100 incluye una torre 104 que tiene varias secciones de torre, tales como anillos de torre. Una góndola de turbina eólica 106 está situada encima de la torre 104. El rotor de turbina eólica incluye un buje 108 y al menos una pala de rotor 110, por ejemplo tres palas de rotor 110. Las palas de rotor 110 están conectadas al buje 108 que a su vez está conectado a la góndola 106 a través de un árbol de baja velocidad que sobresale de la parte frontal de la góndola 106.

30 La figura 2 muestra un diagrama esquemático de una central eléctrica eólica 200 (también conocida como “granja eólica” o “parque eólico”) según una realización de la presente invención. En la figura 2, la central eléctrica eólica 200 incluye una pluralidad de turbinas eólicas 100. El número de turbinas eólicas 100 de la central eléctrica eólica 200 puede ser más de 20. Sin embargo, ha de entenderse que el término “central eléctrica eólica” en el sentido de la presente invención también puede incluir el caso de al menos dos turbinas eólicas.

35 En una realización, cada turbina eólica 100 de la central eléctrica eólica 200 puede incluir un controlador 202 ubicado dentro de la turbina eólica 100, por ejemplo en la torre 104 o en la góndola 106. Alternativamente, el controlador 202 puede estar ubicado fuera de la turbina eólica 100. El controlador 202 de cada turbina eólica 100 está configurado para recibir un telegrama y enviar información de estado sobre la respectiva turbina eólica 100. El controlador 202 también puede estar configurado para controlar todas las funciones de la respectiva turbina eólica 100. Alternativamente, cada turbina eólica 100 puede incluir un controlador separado 202 configurado para controlar todas las funciones de la respectiva turbina eólica 100.

40 La central eléctrica eólica 200 incluye un controlador de central eléctrica eólica (PPC) 204. El controlador de central eléctrica eólica 204 puede implementarse por ejemplo en un Controlador Lógico Programable (PLC). La central eléctrica eólica 200 incluye una pluralidad de módulos de comunicación 206. Los módulos de comunicación 206 pueden ser módulos EWEB. Sin embargo, también pueden usarse otros módulos de comunicación. Los módulos de comunicación 206 están integrados en el controlador de central eléctrica eólica 204.

45 La central eléctrica eólica 200 también incluye una red de centrales eléctricas eólicas (WPP) 208. La red WPP 208 está acoplada entre las turbinas eólicas 100 y el controlador de central eléctrica eólica 204 por medio de líneas de control 210.

50 En la central eléctrica eólica 200, todas las turbinas eólicas 100 pueden comunicarse con el controlador de central eléctrica eólica 204 a través de la red WPP 208. Por ejemplo, las turbinas eólicas 100 pueden estar configuradas para enviar información de estado sobre las turbinas eólicas 100 al controlador de central eléctrica eólica 204 por medio de la red WPP 208 usando los respectivos controladores 202. La información de estado sobre las turbinas eólicas 100 puede enviarse al controlador de central eléctrica eólica 204 sólo tras la solicitud por parte del

controlador de central eléctrica eólica 204. Alternativamente, la información de estado sobre las turbinas eólicas 100 puede enviarse al controlador de central eléctrica eólica 204 a intervalos de tiempo regulares. Por ejemplo, una posible amplitud de intervalo de tiempo puede ser de aproximadamente 10 ms a aproximadamente 100 ms.

5 En una realización, la información de estado enviada desde las turbinas eólicas 100 al controlador de central eléctrica eólica 204 indica si las respectivas turbinas eólicas 100 están en un modo en funcionamiento, están desconectadas o están arrancando. La información de estado puede incluir por ejemplo salida de potencia actual y/o posible salida de potencia futura de las respectivas turbinas eólicas. Las posibles salidas de potencia de las respectivas turbinas eólicas generalmente dependen de la velocidad del viento. La información de estado también puede incluir condiciones de funcionamiento generales de las respectivas turbinas eólicas 100, por ejemplo temperatura de por ejemplo un motor de la turbina eólica 100, tensión de red de distribución, etc.

10 El controlador de central eléctrica eólica 204 en respuesta controla las turbinas eólicas 100 por medio de la red WPP 208. El controlador de central eléctrica eólica 204 también puede controlar componentes tales como equipos de conmutación, motores, etc. en las turbinas eólicas 100. Tras recibir la información de estado sobre las turbinas eólicas 100, el controlador de central eléctrica eólica 204 prepara un telegrama para cada turbina eólica 100 que comprende correspondientes datos de control de turbina eólica basándose en la información de estado recibida desde la respectiva turbina eólica 100, y envía cada telegrama a la correspondiente turbina eólica 100 por medio de la red WPP 208. El controlador de central eléctrica eólica 204 puede estar configurado para preparar un telegrama para una turbina eólica 100 elegida de la central eléctrica eólica 200 y para enviar el telegrama a la turbina eólica 100 elegida tras la finalización del telegrama. El controlador de central eléctrica eólica 204 puede estar configurado para repetir sucesivamente el mismo proceso para cada una de las turbinas eólicas 100 restantes. Es decir, el siguiente telegrama se prepara tras haber emitido el telegrama anterior. El controlador de central eléctrica eólica 204 puede trabajar basándose en un sistema de muestras de tiempo diferenciadas. Se entiende que en un sistema de muestras de tiempo diferenciadas, está leyéndose una señal continua a un intervalo de tiempo fijo (T_s). El valor de la señal continua se representa por su valor instantáneo en los respectivos instantes de tiempo T_s , $2T_s$, $3T_s$, $4T_s$, ..., KT_s . Los valores instantáneos de la señal continua en los respectivos instantes de tiempo T_s , $2T_s$, $3T_s$, $4T_s$, ..., KT_s se denominan muestra n.º 1, 2, 3, 4, ..., K respectivamente. Es decir, el controlador de central eléctrica eólica 204 puede empezar a preparar el telegrama para una turbina eólica elegida N+1 mientras está enviándose el telegrama para una turbina eólica elegida anterior N mediante los módulos de comunicación 206. Más generalmente, mientras los módulos de comunicación están manejando el envío de telegramas que se han preparado basándose en la muestra de controlador de central eléctrica n.º K, el propio controlador de central eléctrica puede empezar a calcular los puntos de referencia para la muestra de controlador de central eléctrica n.º K+1.

35 El controlador de central eléctrica eólica 204 prepara y envía un telegrama a cada turbina eólica 100. En otra realización, el controlador de central eléctrica eólica 204 puede preparar y enviar más de un telegrama a cada turbina eólica 100. La información de control incluida dentro de los telegramas puede ser la misma para todos los telegramas. Alternativamente, los datos de control pueden diferir de un telegrama a otro, es decir cada turbina eólica puede recibir datos de control individuales.

40 El telegrama para cada turbina eólica 100 puede emitirse a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre aproximadamente cada 10 ms y aproximadamente 100 ms. El telegrama para cada turbina eólica 100 puede enviarse a las respectivas turbinas eólicas 100 mediante los módulos de comunicación 206 que controlan el proceso de envío. En caso de que la central eléctrica eólica 200 tenga un gran número de turbinas eólicas 100, cada módulo de comunicación 206 está configurado para enviar los telegramas a un respectivo grupo de turbinas eólicas 100 en la central eléctrica eólica 200. Por ejemplo, si la central eléctrica eólica 200 tiene veinticuatro turbinas eólicas 100 y tres módulos de comunicación 206, las veinticuatro turbinas eólicas 100 pueden distribuirse equitativamente entre los tres módulos de comunicación de manera que cada módulo de comunicación 206 controla la comunicación de telegrama entre el controlador de central eléctrica eólica 204 y un respectivo grupo de por ejemplo ocho turbinas eólicas de la central eléctrica eólica 200.

45 Se entiende que no es necesario distribuir el número de turbinas eólicas 100 equitativamente entre el número de módulos de comunicación 206. Algunos módulos de comunicación 206 pueden estar configurados para enviar el telegrama a un mayor número de turbinas eólicas 100 que otros módulos de comunicación 206. El número de turbinas eólicas 100 para cada módulo de comunicación 206 puede ajustarlo manualmente un usuario, o puede determinarse automáticamente mediante un programa de software.

50 Los telegramas enviados desde el controlador de central eléctrica eólica 204 a las respectivas turbinas eólicas 100 pueden ser paquetes de datos / concatenación de paquetes de datos. Los paquetes de datos / la concatenación de paquetes de datos pueden enviarse usando tecnología de red IP Ethernet. Sin embargo, también pueden usarse otros tipos de tecnología de red para enviar los paquetes de datos. En una realización, los datos de control de turbina eólica del telegrama incluyen datos de control de punto de referencia de turbina eólica. Los datos de control de punto de referencia de turbina eólica pueden incluir datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva sólo, datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa sólo, o tanto datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva como datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa.

Los respectivos controladores 202 de las turbinas eólicas 100 también están configurados para recibir telegramas desde el controlador de central eléctrica eólica 204. Tras recibir los telegramas, las turbinas eólicas 100 pueden ajustar el punto de referencia de producción de potencia reactiva existente y el punto de referencia de producción de potencia activa existente basándose en los datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y los datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa en los telegramas, si el punto de referencia de producción de potencia reactiva existente y el punto de referencia de producción de potencia activa existente de las turbinas eólicas 100 son diferentes de los datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y los datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa en los telegramas. Ha de entenderse que generalmente las turbinas eólicas 100 deben estar en un modo en funcionamiento antes de que las turbinas eólicas 100 puedan responder a datos de control como los datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y los datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa en los telegramas.

La figura 3a muestra una secuencia convencional 302 de preparación y transmisión de telegramas mediante el controlador de central eléctrica eólica 204. Basándose en la secuencia convencional 302, el controlador de central eléctrica eólica 204 prepara todos los telegramas para todas las turbinas eólicas 100 que han de controlarse en un intervalo de tiempo t_1 y envía los telegramas a las respectivas turbinas eólicas 100 en un intervalo de tiempo t_2 tras haberse preparado todos los telegramas y que estén listos para emitirse. El tiempo total que se tarda en preparar y enviar todos los telegramas es T_{total} .

Una central eléctrica eólica que usa la secuencia convencional 302 mostrada en la figura 3a puede no cumplir los requisitos de las normativas de la red de distribución en relación con un tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica. El tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica que usa la secuencia convencional 302 puede ser una suma del tiempo que se tarda en preparar todos los telegramas (es decir t_1), el tiempo que se tarda en emitir el primer telegrama (es decir t_3) y el tiempo que se tarda en que una primera turbina eólica que recibe el primer telegrama responda a la información de control incluida dentro del primer telegrama. Para cumplir el requisito de las normativas de la red de distribución, el número de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica puede haberse reducido para conseguir un tiempo de respuesta inicial más rápido. Sin embargo, puede incurrirse en mayores costes si necesita configurarse otra central eléctrica eólica para cumplir la demanda de electricidad.

La figura 3b muestra una secuencia 304 de preparación y transmisión de telegramas mediante el controlador de central eléctrica eólica 204 según una realización de la presente invención. Usando la secuencia 304 mostrada en la figura 3b, el controlador de central eléctrica eólica 204 prepara un telegrama que incluye datos de control de turbina eólica para una primera turbina eólica 100 en un intervalo de tiempo t_a y envía el telegrama a la turbina eólica 100 en el tiempo T_1 tras la finalización del telegrama. La primera turbina eólica 100 en recibir un telegrama se determina mediante los módulos de comunicación 206 y puede cambiarse usando un programa de software. Más generalmente, el orden en que se basa la pluralidad de turbinas eólicas para recibir los telegramas puede cambiarse usando un programa de software. El controlador de central eléctrica eólica 204 procede entonces a preparar un telegrama para una segunda turbina eólica 100 tras enviar el telegrama para la primera turbina eólica 100. El telegrama para la segunda turbina eólica 100 se emite en el tiempo T_2 tras la finalización del telegrama. Este proceso continúa hasta que todas las turbinas eólicas 100 en la central eléctrica eólica 200 reciben los respectivos telegramas. Este proceso se lleva a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre aproximadamente 10 ms y aproximadamente 100 ms.

Tal como se muestra en la figura 3b, el intervalo de tiempo que se tarda en preparar los telegramas para cada turbina eólica 100 es el mismo (por ejemplo t_a para cada turbina eólica 100). Sin embargo, dependiendo de la información de control individual incluida dentro de cada telegrama, el intervalo de tiempo que se tarda en preparar los telegramas puede diferir de un telegrama a otro. Los telegramas se emiten sucesivamente en el tiempo T_1, T_2, \dots, T_{16} respectivamente.

Al comparar las figuras 3a y 3b, el tiempo total que se tarda en la secuencia mostrada en la figura 3b para preparar y enviar todos los telegramas es aproximadamente el mismo que el tiempo total que se tarda en la secuencia convencional 302 mostrada en la figura 3a. Por tanto, usar la secuencia 304 mostrada en la figura 3b no da como resultado un tiempo de procesamiento total que es más largo, en comparación con usar la secuencia convencional 302 mostrada en la figura 3a.

Además, usar la secuencia mostrada en la figura 3b puede minimizar el retraso de control inicial (es decir el tiempo de respuesta inicial) de la central eléctrica eólica 200 y por tanto conseguirse un tiempo de respuesta más rápido, dado que el telegrama para la primera turbina eólica 100 se envía en cuanto está listo. El tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica 200 que usa la secuencia 304 puede ser una suma del tiempo que se tarda en preparar y enviar el primer telegrama (es decir T_1) y el tiempo que tarda una primera turbina eólica 100 en responder a la información de control incluida dentro del primer telegrama. Al comparar el tiempo de respuesta inicial de la secuencia convencional 302 y el tiempo de respuesta inicial de la secuencia 304, la central eléctrica eólica 200 que usa la secuencia 304 tiene un tiempo de respuesta inicial más rápido.

Además, por ejemplo con ocho turbinas eólicas 100 en cada módulo de comunicación 206 y usando la secuencia 304, la primera turbina eólica 100 de cada comunicación 206 puede recibir el telegrama tras aproximadamente 3 a

5 ms tras haber empezado a preparar el telegrama para la primera turbina eólica, y la última turbina eólica 100 de cada comunicación 206 puede recibir el telegrama tras aproximadamente 25 a 30 ms tras haber empezado a preparar el telegrama para la primera turbina eólica. Por tanto, según una realización, el tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica 200 puede considerarse como una suma de los siguientes periodos de tiempo: un periodo de muestra para que el controlador de central eléctrica eólica 204 calcule nuevos datos de control de punto de referencia incluidos con el telegrama para la primera turbina eólica 100, el tiempo que tarda la primera turbina eólica 100 en recibir el telegrama (por ejemplo aproximadamente de 3 a 5 ms) y un retraso de comunicación de la primera turbina eólica 100 en responder a los datos de control de punto de referencia incluidos dentro del telegrama recibido. Por tanto, la central eléctrica eólica 200 que tiene un gran número de turbinas eólicas 100 aún puede cumplir el requisito de las normativas de la red de distribución en relación con un tiempo de respuesta inicial de la central eléctrica eólica 200.

En una realización, puede ser posible que la central eléctrica eólica 200 use una secuencia que sea una combinación de la secuencia convencional 302 y la secuencia 304. Suponiendo que por ejemplo seis turbinas eólicas 100 de la central eléctrica eólica 200 pueden conseguir la respuesta requerida 502 mostrada en la figura 5, pueden prepararse en primer lugar los telegramas para seis turbinas eólicas 100 de la central eléctrica eólica 200 y enviarse usando la secuencia 304, y pueden prepararse después los telegramas para las turbinas eólicas 100 restantes de la central eléctrica eólica 200 y enviarse usando la secuencia convencional 302. Más generalmente, según una realización, el controlador de central eléctrica eólica 204 puede determinar cuántas turbinas eólicas 100 es necesario controlar según las realizaciones de la presente invención con el fin de conseguir la respuesta requerida. Entonces, estas turbinas eólicas 100 pueden controlarse en consecuencia (usando la secuencia 304). Todas las turbinas eólicas restantes pueden controlarse usando la secuencia convencional 302.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo 400 de una realización de control de una central eléctrica eólica según la presente invención. En 402, empieza un proceso de preparar y enviar sucesivamente un telegrama a cada una de la pluralidad de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica. En 404, se prepara un telegrama que tiene datos de control de turbina eólica para una de la pluralidad de turbinas eólicas de la central eléctrica eólica. En 406, el telegrama se envía a la turbina eólica tras la finalización del telegrama. En 408, se comprueba si hay alguna turbina eólica restante a la que no se haya enviado un correspondiente telegrama. Si la hay, se prepara un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para la turbina eólica restante en 404, y el telegrama se envía a la turbina eólica restante tras la finalización del telegrama en 406. Este proceso iterativo se repite sucesivamente para cada una de las turbinas eólicas restantes. Si todas las turbinas eólicas de la central eléctrica eólica han recibido un correspondiente telegrama, el proceso termina en 410.

Aunque se han mostrado y descrito particularmente realizaciones de la invención con referencia a realizaciones específicas, los expertos en la técnica han de entender que pueden realizarse diversos cambios de forma y detalle de las mismas sin apartarse de la invención tal como se define por las reivindicaciones adjuntas. El alcance de la invención se indica por tanto mediante las reivindicaciones adjuntas y por tanto se pretende que se incluyan todos los cambios que entran dentro del significado y grado de equivalencia de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Método de control de una central eléctrica eólica (200) que comprende una pluralidad de turbinas eólicas (100), comprendiendo el método:
 - 5 a) preparar un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para una de la pluralidad de turbinas eólicas (100) de la central eléctrica eólica (200);
 - b) enviar el telegrama a la turbina eólica (100) tras la finalización del telegrama; y
 - c) repetir sucesivamente las etapas a) y b) para cada una de las turbinas eólicas restantes (100).
2. Método según la reivindicación 1,
10 en el que los datos de control de turbina eólica comprenden datos de control de punto de referencia de turbina eólica.
3. Método según la reivindicación 2,
en el que los datos de control de punto de referencia de turbina eólica comprenden uno cualquiera de un grupo que consiste en datos de control de punto de referencia de producción de potencia reactiva y datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa.
- 15 4. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
en el que la etapa a) se lleva a cabo tras haber recopilado información de estado sobre la turbina eólica (100), en el que la etapa a) se lleva a cabo con dependencia de la información de estado recopilada.
5. Método según la reivindicación 4,
20 en el que la información de estado recopilada a partir de las respectivas turbinas eólicas (100) comprende uno cualquiera de un grupo que consiste en salida de potencia actual, posible salida de potencia futura y condiciones de funcionamiento de las respectivas turbinas eólicas (100).
6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
en el que los telegramas se envían a las respectivas turbinas eólicas (100) por medio de una red de centrales eléctricas eólicas (208), y/o,
25 en el que el número de turbinas eólicas (100) de la central eléctrica eólica (200) es más de 20, y/o,
en el que etapas a) a c) se llevan a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre 10 ms y 100 ms.
7. Controlador de central eléctrica eólica (204) configurado para:
 - 30 a) preparar un telegrama que comprende datos de control de turbina eólica para una de una pluralidad de turbinas eólicas (100) de una central eléctrica eólica (200);
 - b) enviar el telegrama a la turbina eólica (100) tras la finalización del telegrama; y
 - c) repetir sucesivamente las etapas a) y b) para cada una de las turbinas eólicas restantes (100).
8. Central eléctrica eólica (200), que comprende:
una pluralidad de turbinas eólicas (100); y
un controlador de central eléctrica eólica (204) según la reivindicación 7.
- 35 9. Central eléctrica eólica (200) según la reivindicación 8,
en la que cada turbina eólica (100) comprende un controlador (202) configurado para recibir el telegrama desde el controlador de central eléctrica eólica (204) y para enviar información de estado sobre la turbina eólica (100) al controlador de central eléctrica eólica (204).
10. Central eléctrica eólica (200) según las reivindicaciones 8 ó 9,
40 en la que los datos de control de turbina eólica comprenden datos de control de punto de referencia de turbina eólica,
en la que los datos de control de punto de referencia de turbina eólica preferiblemente comprenden uno cualquiera de un grupo que consiste en datos de control de punto de referencia de producción de potencia

reactiva y datos de control de punto de referencia de producción de potencia activa.

11. Central eléctrica eólica (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 10,
5 en la que la información de estado de las respectivas turbinas eólicas (100) comprende uno cualquiera de un grupo que consiste en salida de potencia actual, posible salida de potencia futura y condiciones de funcionamiento de las respectivas turbinas eólicas (100).
12. Central eléctrica eólica (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 11,
que comprende además una red de centrales eléctricas eólicas (208) acoplada entre la pluralidad de turbinas eólicas (100) y el controlador de central eléctrica eólica (204).
- 10 13. Central eléctrica eólica (200) según la reivindicación 12, en la que la red de centrales eléctricas eólicas (208) está configurada para transmitir los telegramas desde el controlador de central eléctrica eólica (204) a la pluralidad de turbinas eólicas (100) y para transmitir la información de estado de la pluralidad de turbinas eólicas (100) al controlador de central eléctrica eólica (204).
14. Central eléctrica eólica (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 13,
15 en la que el controlador de central eléctrica eólica (204) se implementa en un Controlador Lógico Programable (PLC).
15. Central eléctrica eólica (200) según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 14,
en la que el controlador de central eléctrica eólica (204) comprende módulos de comunicación (206) configurados para enviar los telegramas a las respectivas turbinas eólicas (100), y/o,
en la que el número de turbinas eólicas (100) de la central eléctrica eólica (200) es más de 20, y/o,
20 en la que las etapas a) a c) se llevan a cabo a intervalos de tiempo regulares que oscilan entre 10 ms y 100 ms.

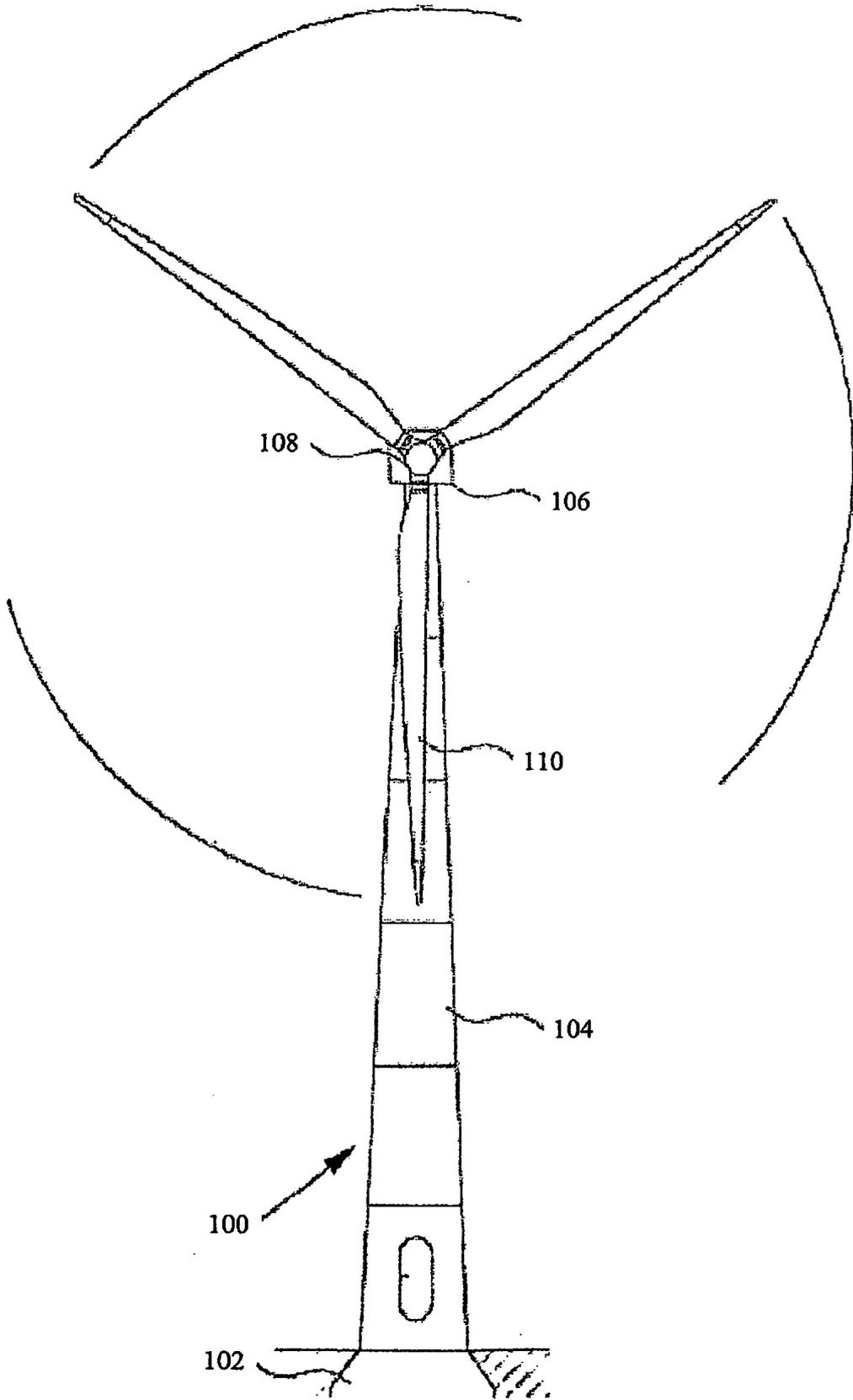


Figura 1

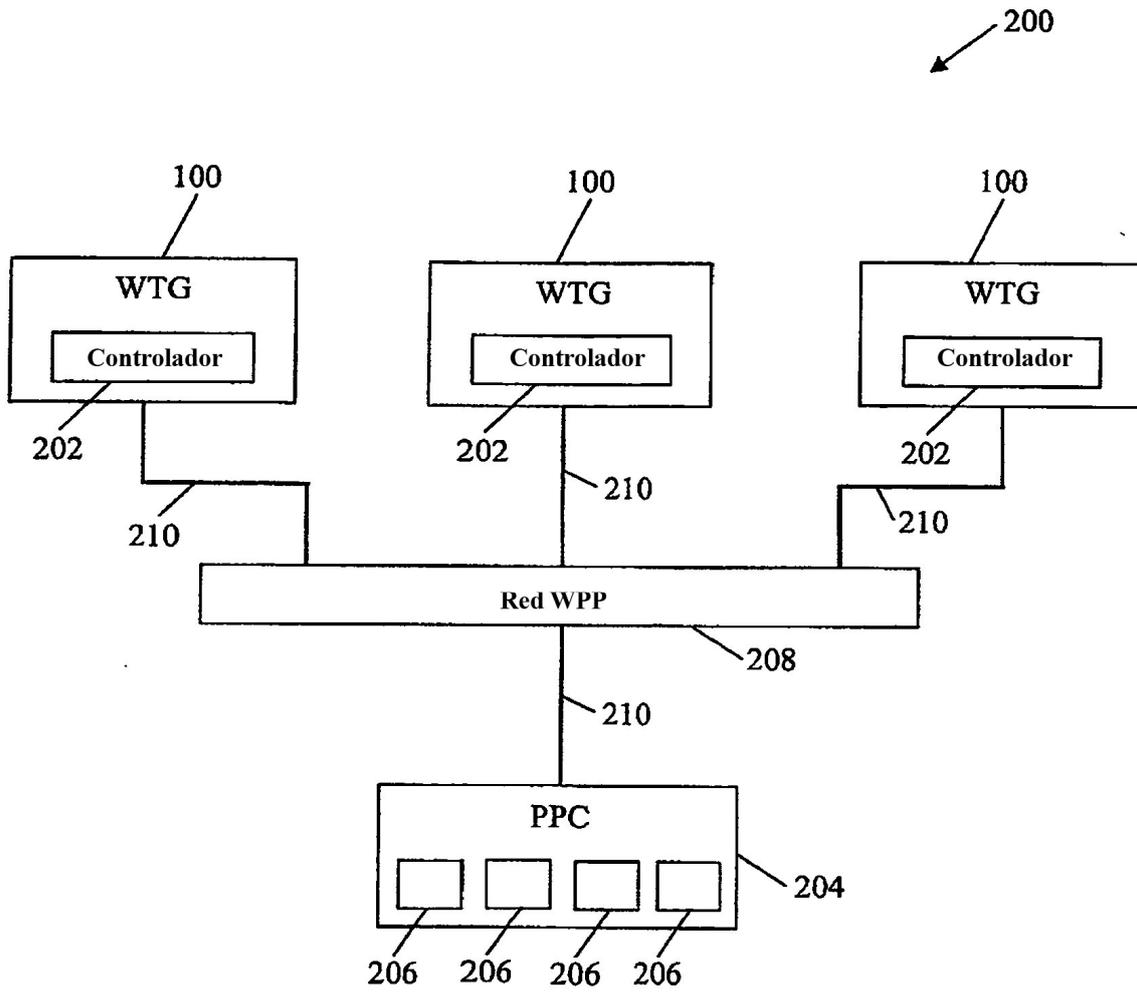


Figura 2

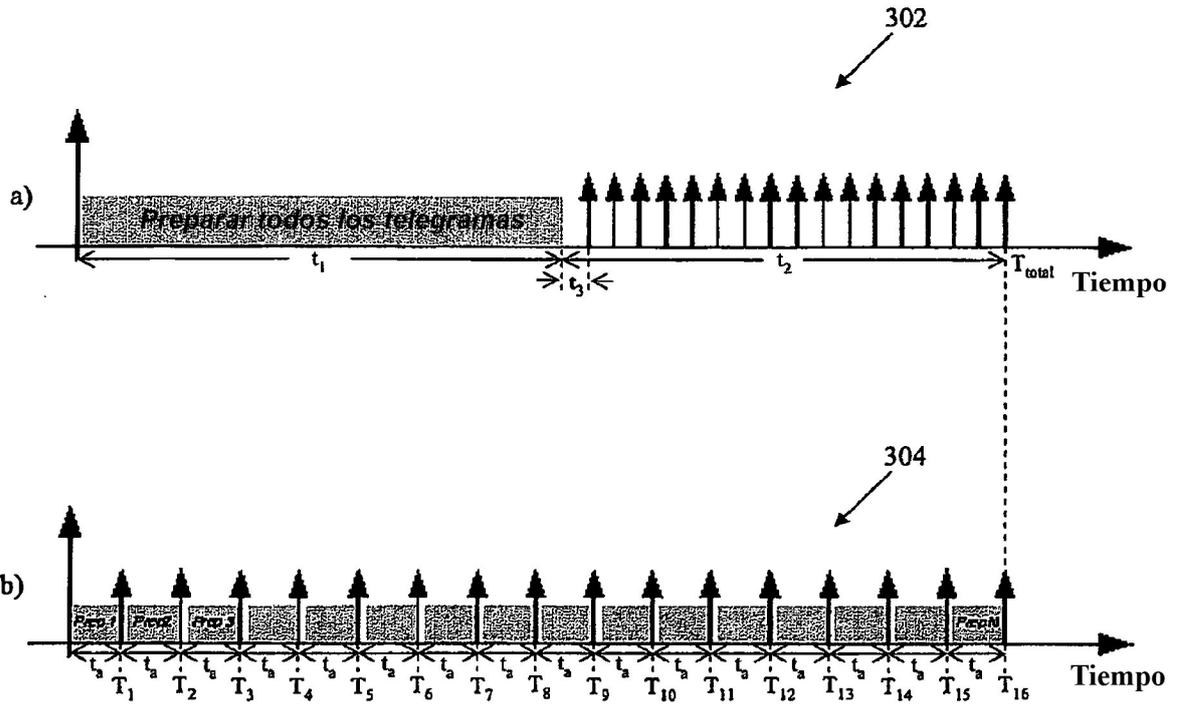


Figura 3

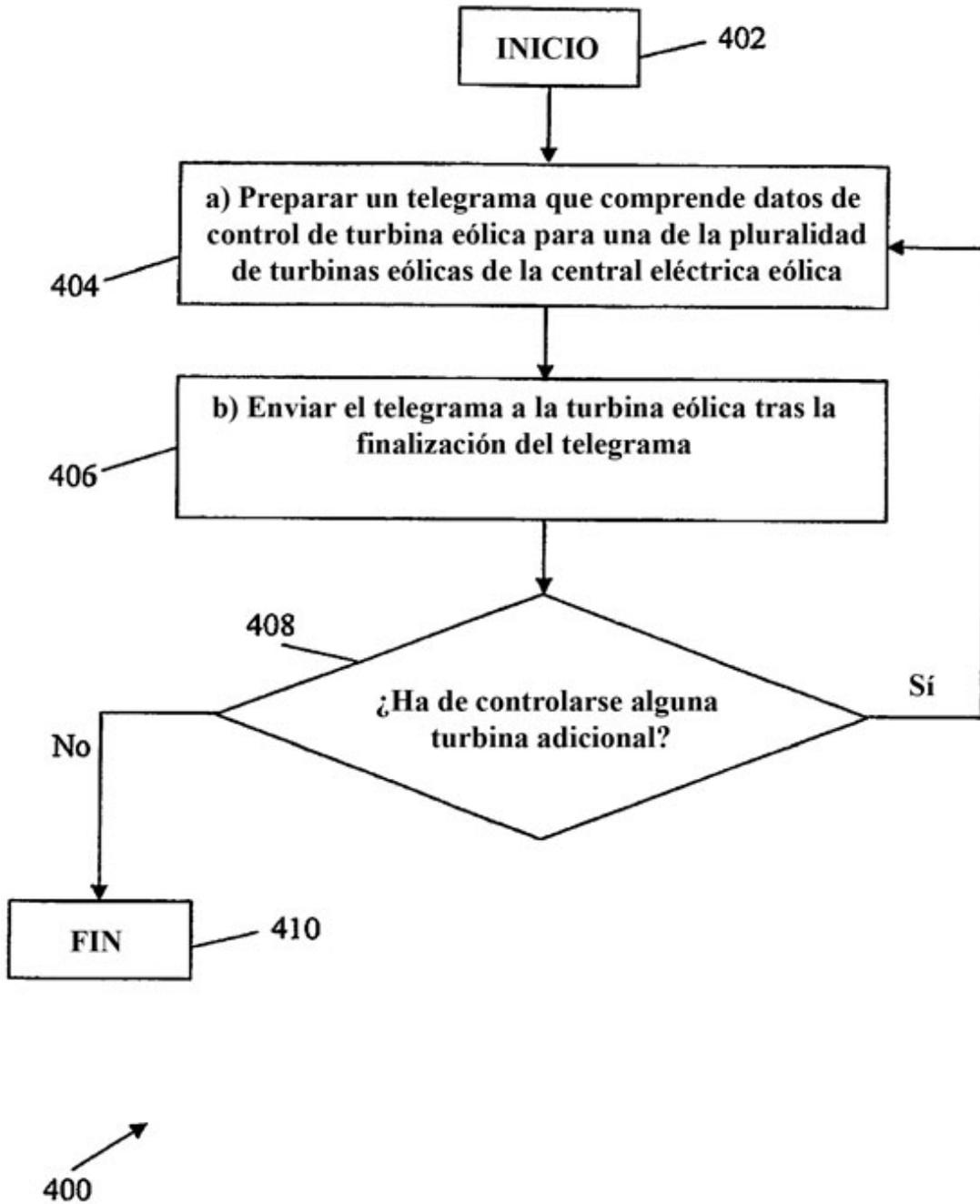


Figura 4

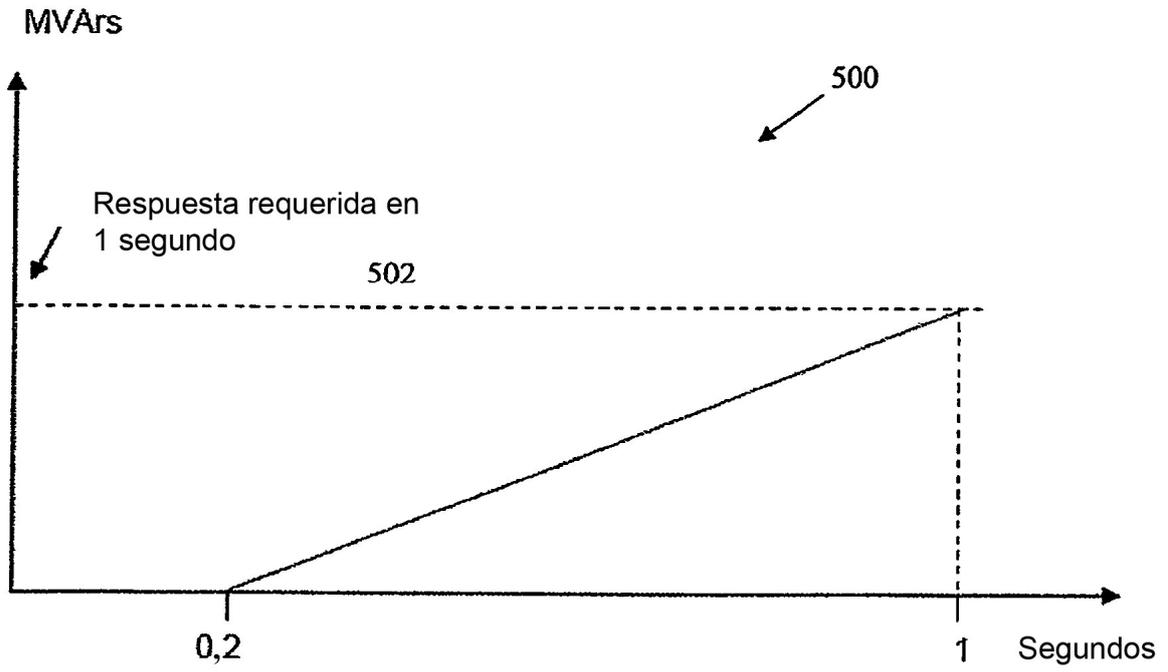


Figura 5