

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 571 222**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

H02J 3/26 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.04.2010 E 10160003 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016 EP 2242159**

54 Título: **Parque eólico, procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión, y turbina eólica**

30 Prioridad:

17.04.2009 DK 200900501

17.04.2009 US 170168 P

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

24.05.2016

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

BO, YIN;

DENG, HENG;

STYHM, OVE y

LARSEN, KIM B.

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 571 222 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

Parque eólico, procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión, y turbina eólica

Campo técnico

5 La presente invención se refiere en general a un parque eólico y a un procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión. Adicionalmente, la presente invención se refiere a una turbina eólica.

Antecedentes

Los parques eólicos normalmente comprenden una pluralidad de turbinas eólicas que se acoplan a través de un transformador principal a una red eléctrica. Pueden producirse desequilibrios de tensión en la red eléctrica. Estos desequilibrios de tensión pueden acoplarse al parque eólico a través del transformador principal.

10 Una tensión de suministro desequilibrada procedente de la red eléctrica típicamente dará lugar a una variación de tensión de enlace CC (corriente continua) de dos veces la frecuencia de línea en un convertidor conectado a la red de la turbina eólica. Esta variación de tensión CC puede dar como resultado una corriente asimétrica con alta distorsión armónica total (THD) si no se implementa ninguna corrección de desequilibrios de tensión. Los requisitos del código de red pueden no cumplirse si se inyecta una corriente asimétrica con alta THD a la red. Por lo tanto, los
15 requisitos del código de red pueden no cumplirse debido a la presencia de desequilibrios de tensión.

Además, las turbinas eólicas pueden funcionar en una eficiencia óptica en presencia de una tensión compensada. Cuando la tensión está descompensada, la eficiencia de las turbinas eólicas puede reducirse, lo que puede dar como resultado una pérdida de producción de energía de las turbinas eólicas. El documento US 2009/0096211 A1 describe un procedimiento para controlar el factor de potencia dinámico o la potencia reactiva de una granja eólica.
20 La granja eólica comprende varias turbinas eólicas conectadas a una red de suministro accionada con un factor de potencia solicitado o una potencia reactiva solicitada. La tensión de salida de la turbina eólica se controla hasta un punto de ajuste de tensión específico. En el procedimiento, el factor de potencia de la granja eólica se mide y se compara con el factor de potencia solicitado para la red de suministro, o la potencia reactiva de la granja eólica se mide y se compara con la potencia reactiva solicitada para la red de suministro, respectivamente; la relación de la
25 tensión de la granja eólica con respecto a la tensión de la red de suministro se ajusta, y la tensión de salida de las turbinas eólicas individuales se regula para corresponder con el punto de ajuste de tensión específico; las etapas se repiten hasta que el factor de potencia de la electricidad de la granja eólica corresponden con la potencia reactiva solicitada.

Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es evitar los problemas que se han mencionado anteriormente.

30 Sumario

Para resolver dicho objetivo anterior, se proporciona al menos una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10 y un parque eólico de acuerdo con la reivindicación 14.

De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado principal incluye al menos tres bobinados.

De acuerdo con un modo de realización, la red eléctrica tiene tres líneas eléctricas.

35 De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado principal tiene tres bobinados.

De acuerdo con un modo de realización, cada bobinado de la disposición de bobinado principal se acopla a una línea eléctrica respectiva de la red eléctrica a través de un cambiador de toma individual.

40 De acuerdo con un modo de realización, cada cambiador de toma incluye una pluralidad de puntos de contacto o una línea de contacto continua que se conecta a la disposición de bobinado principal. La disposición de bobinado principal puede conectarse a las líneas eléctricas a través de los puntos de contacto o la línea de contacto.

De acuerdo con un modo de realización, cada cambiador de toma incluye adicionalmente un contacto deslizante para entrar en contacto selectivamente con uno de la pluralidad de puntos de contacto o para deslizarse a lo largo de la línea de contacto.

45 De acuerdo con un modo de realización, cada cambiador de toma incluye adicionalmente un conmutador asignado a cada punto de contacto. Cada conmutador puede conectar un punto de contacto a las líneas eléctricas.

De acuerdo con un modo de realización, el cambiador de toma es uno o más de un grupo que consiste en un cambiador de toma mecánico, un cambiador de toma eléctrico, y un cambiador de toma de asistencia eléctrica.

De acuerdo con un modo de realización, los bobinados de la disposición de bobinado principal se conectan en una configuración en estrella o en una configuración delta.

50 De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado principal es parte de un lado de alta tensión del

transformador.

De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado secundaria incluye una pluralidad de bobinados.

De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado principal y la disposición de bobinado secundaria tienen el mismo número de bobinados.

- 5 De acuerdo con un modo de realización, los bobinados de la disposición de bobinado secundaria se conectan en una configuración en estrella o en una configuración delta.

De acuerdo con un modo de realización, la disposición de bobinado secundaria es parte de un lado de baja tensión del transformador.

- 10 De acuerdo con un modo de realización, el parque eólico incluye adicionalmente una unidad de detección acoplada a la red eléctrica. La unidad de detección puede configurarse para detectar desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica acoplada a la disposición de bobinado principal.

- 15 De acuerdo con un modo de realización, el parque eólico incluye adicionalmente una unidad de procesamiento acoplada a la unidad de detección. La unidad de procesamiento puede configurarse para calcular ajustes respectivos del cambiador de toma, para cada cambiador de toma, necesarios para compensar influencias de los desequilibrios de tensión detectados en las turbinas eólicas.

De acuerdo con un modo de realización, el parque eólico incluye adicionalmente una unidad de control de cambio de toma acoplada a la unidad de procesamiento. La unidad de control de cambio de toma puede configurarse para controlar un proceso de ajuste del cambiador de toma basándose en los ajustes calculados del cambiador de toma.

- 20 De acuerdo con un modo de realización, el transformador sirve como un transformador centralizado para una pluralidad de turbinas eólicas.

De acuerdo con un modo de realización, el transformador se implementa en al menos una turbina eólica.

- 25 De acuerdo con un modo de realización, se proporciona un procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión que se producen en una red eléctrica que se acopla a un parque eólico a través de un transformador, teniendo el transformador uno o más cambiadores de tomas. El procedimiento incluye detectar desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica; calcular ajustes respectivos del cambiador de toma, para el al menos un cambiador de toma, necesarios para compensar las influencias de los desequilibrios de tensión detectados en las turbinas eólicas; y ajustar el al menos un cambiador de toma basándose en los respectivos ajustes calculados del cambiador de toma.

- 30 De acuerdo con un modo de realización, un primer conjunto de cambiadores de tomas puede ajustarse basándose en un ajuste calculado del cambiador de toma y un segundo conjunto de cambiadores de tomas puede ajustarse basándose en un ajuste calculado del cambiador de toma adicional.

- 35 De acuerdo con un modo de realización, la detección de los desequilibrios de tensión incluye medir las tensiones de fase en un punto entre el transformador y la red eléctrica; y determinar si las tensiones de fase forman una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero. El al menos un cambiador de toma puede ajustarse si se detecta una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero.

De acuerdo con un modo de realización, el ajuste del al menos un cambiador de toma incluye cambiar o ajustar conexiones eléctricas entre la red eléctrica y una pluralidad de puntos de contacto o una línea de contacto continua que se conecta a la disposición de bobinado principal del transformador.

- 40 De acuerdo con un modo de realización, el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica y los puntos de contacto incluye selectivamente entrar en contacto con uno de la pluralidad de puntos de contacto.

De acuerdo con un modo de realización, el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica y la línea de contacto incluye desplazar un contacto deslizante a lo largo de la línea de contacto.

- 45 De acuerdo con un modo de realización, el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica y los puntos de contacto o la línea de contacto incluye la apertura o el cierre de un conmutador de cada punto de contacto.

- 50 De acuerdo con un modo de realización, se proporciona una turbina eólica que incluye un transformador acoplado entre la al menos una turbina eólica y una red eléctrica, en la que el transformador incluye una disposición de bobinado principal acoplado a la red eléctrica, y una disposición de bobinado secundaria acoplada a la al menos una turbina eólica; en la que la red eléctrica incluye al menos tres líneas eléctricas, conduciendo cada línea eléctrica una fase respectiva de una corriente multifásica; y en la que cada línea eléctrica de la red eléctrica se acopla a la disposición de bobinado principal a través de un cambiador de toma individual.

Breve descripción de los dibujos

- En los dibujos, los 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, poniendo énfasis en su lugar generalmente a la ilustración de los principios de la invención. En la siguiente descripción, se describen diversos modos de realización de la invención con referencia a los siguientes dibujos, en los que:
- 5 La figura 1 ilustra una configuración común de una turbina eólica convencional.
- La figura 2a muestra un diagrama esquemático de un parque eólico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- 10 La figura 2b muestra un diagrama esquemático de un parque eólico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- La figura 2c muestra un diagrama esquemático de un parque eólico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- La figura 2d muestra un diagrama esquemático de un parque eólico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- 15 La figura 2e muestra un diagrama esquemático de un parque eólico de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- La figura 3a muestra un diagrama esquemático de un transformador que tiene un primer ejemplo de un cambiador de toma de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- 20 La figura 3b muestra un diagrama esquemático del transformador que tiene un segundo ejemplo de un cambiador de toma de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- La figura 3c muestra un diagrama esquemático del transformador que tiene un tercer ejemplo de un cambiador de toma de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- La figura 4 muestra un diagrama de flujo de un proceso de corrección de desequilibrios de tensión en un transformador de una granja eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.
- 25 La figura 5 muestra un dibujo esquemático de una unidad de control de toma usada para corregir desequilibrios de tensión en un transformador para una granja eólica de acuerdo con un modo de realización de la presente invención.

Descripción detallada

- 30 Modos de realización ejemplares de un parque eólico, un procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión y una turbina eólica de acuerdo con la presente invención se describirán en detalle a continuación con referencia a las figuras adjuntas. Se apreciará que los modos de realización ejemplares descritos a continuación pueden modificarse en diversos aspectos sin cambiar la esencia de la invención.
- 35 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 106 de turbina eólica está colocada en la parte superior de la torre 104. El rotor de la turbina eólica incluye un buje 108 y al menos una pala de rotor 110, por ejemplo, tres palas de rotor 110. Las palas del rotor 110 están conectadas al buje 108 que, a su vez, está conectado a la góndola 106 a través de un eje de baja velocidad que se extiende fuera de la parte frontal de la góndola 106.
- 40 Las figuras 2a a 2e muestran respectivamente un diagrama esquemático de un parque eólico 200a a 200e (también conocido como "granja eólica" o una "planta de energía eólica") de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. En la figura 2a, el parque eólico 200 incluye una pluralidad de turbinas eólicas 100. Sin embargo, se entenderá que la expresión "parque eólico" en el sentido de la presente invención también puede incluir el caso de únicamente una turbina eólica. Las turbinas eólicas 100 están acopladas a una red eléctrica 202 a través de un transformador 204 a través de líneas eléctricas 212. El transformador 204 está acoplado entre las turbinas eólicas 100 y la red eléctrica 202 a través de líneas eléctricas 212. El parque eólico 200a comprende adicionalmente
- 45 una unidad de control de toma 230 acoplada tanto a la red eléctrica 202 como al transformador 204 a través de las líneas de control 206 (también denominadas como líneas de datos). La unidad de control de toma 230 sirve para detectar desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica 202 y controlar el transformador 204, de manera que puedan evitarse los efectos no deseados de los desequilibrios de tensión en el parque eólico 200 ("compensación de tensión"). En el parque eólico 200a mostrado en la figura 2a, la unidad de control de toma 230 y el transformador 204 son dispositivos separados. Sin embargo, como se muestra en el parque eólico 200b de la
- 50 figura 2b, la unidad de control de toma 230 también puede integrarse en el transformador 204.
- En los parques eólicos 200a y 200b mostrados en las figuras 2a y 2b, todas las turbinas eólicas 100 se conectan a la

red eléctrica a través del mismo transformador 204. Sin embargo, como se muestra en la granja eólica 200c de la figura 2c, cada turbina eólica 100 también puede tener "su propio" transformador 204 que puede integrarse en la propia turbina eólica 100 respectiva o proporcionarse fuera de la respectiva turbina eólica 100. En el parque eólico 200c, cada transformador 204 está conectado a una unidad de control de toma centralizada 230 que se conecta a la red eléctrica 202 y que controla el funcionamiento de los transformadores 204. La unidad de control de toma centralizada está conectada a los transformadores 204 y a la red eléctrica 202 a través de las líneas de control 206. Como alternativa, cada transformador 204 puede estar conectado a una unidad de control de toma individual 230 que puede integrarse respectivamente en la correspondiente turbina eólica 100 o proporcionarse fuera de la turbina eólica 100. Cada transformador 204 puede conectarse a la unidad de control de toma individual 230 a través de las líneas de control 206.

Las figuras 2d y 2e muestran ejemplos sobre cómo puede realizarse el parque eólico 200a mostrado en la figura 2a en detalle. Las figuras 2d y 2e muestran los parques eólicos 200d y 200e que incluyen un controlador de la planta de energía 205, respectivamente. El controlador de la planta de energía 205 cumple generalmente una pluralidad de funciones de control. Por ejemplo, el controlador de la planta de energía 205 puede recoger diferentes tipos de datos que caracterizan el estado actual de las turbinas eólicas 100 en los parques eólicos 200d y 200e o componentes de las mismas, y en respuesta a los mismos, controlar los componentes en el parque eólico 200d, 200e (por ejemplo, componentes en las turbinas eólicas 100). Todas las turbinas eólicas 100 pueden comunicarse con el controlador de la planta de energía 205 a través de una red de plantas de energía eólica 220 acoplada al controlador de la planta de energía 205 a través de una línea de control 206. Por ejemplo, las turbinas eólicas 100 pueden enviar datos de estado de las turbinas eólicas al controlador de la planta de energía 205. El controlador de la planta de energía 205 puede controlar en respuesta las turbinas eólicas 100 a través de la red de plantas de energía eólica 220. Las señales comunicadas entre, por ejemplo, las turbinas eólicas 100, el controlador de la planta de energía 205, etc., pueden incluir, pero sin limitación, potencia de salida, estado de la turbina, referencia de potencia, y comandos de la turbina. Por ejemplo, en un modo operativo normal, el controlador de la planta de energía 205 puede enviar datos de comandos como datos de referencia de potencia a las turbinas eólicas 100 para controlar el funcionamiento de las turbinas eólicas.

Como se muestra en la granja eólica 200d de la figura 2d, una unidad de control de toma 230 se integra en el controlador de la planta de energía 205. En este modo de realización, el controlador de la planta de energía 205 detecta desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica 202 y controla el transformador 204 a través de las líneas de control 206, de manera que puedan evitarse los efectos no deseados de los desequilibrios de tensión en el parque eólico 200 ("compensación de tensión"). Sin embargo, como se muestra en el parque eólico 200e de la figura 2e, la unidad de control de toma 230 y el controlador de la planta de energía 205 también pueden ser dispositivos separados. En este modo de realización, la unidad de control de toma 230 detecta desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica 202 y controla el transformador 204 a través de las líneas de control 206, de manera que puedan evitarse los efectos no deseados de los desequilibrios de tensión en la granja eólica 200 ("compensación de tensión").

El controlador de la planta de energía 205 se acopla a la red eléctrica 202 y a una interfaz de operador de sistema de transmisión (TSO) 207 a través de las líneas de control 206. El controlador de la planta de energía 205 puede recibir datos o señales de la interfaz TSO 207. La interfaz TSO 207 puede usarse para transmitir energía eléctrica desde las plantas de generación de energía (en este caso, las granjas eólicas) a operaciones de distribución de electricidad regionales o locales.

El controlador de la planta de energía 205 se conecta adicionalmente a disyuntores o relés 218a, 218b y a dispositivos de compensación 210 a través de las líneas de control 206. Los disyuntores o relés 218a, 218b pueden usarse para desconectar las líneas eléctricas 212 en casos de elevadas corrientes: En el caso de altas corrientes, las señales de control respectivas se comunican al controlador de la planta de energía 205 a través de las líneas de control 206 que, en respuesta a las mismas, controla los disyuntores o relés 218a, 218b para desconectar las líneas eléctricas 212. Las turbinas eólicas 100 se conectan a disyuntores o relés 218a a través de las líneas eléctricas 212. Los disyuntores o relés 218a están conectados al disyuntor o relé 218b a través de las líneas eléctricas 212. El disyuntor o relé 218b está conectado al transformador 204 a través de una línea eléctrica 212.

Los dispositivos de compensación 210 pueden incluir, pero sin limitación, dispositivos de generación de potencia reactiva usados para compensar la potencia reactiva del parque eólico 200d de la figura 2d y el parque eólico 200e de la figura 2e. Los dispositivos de compensación 210 pueden ser un banco de condensadores conmutados por tiristores y un compensador Var estático (SVC).

En un modo de realización, el controlador de la planta de energía 205 se configura para medir tensiones y corriente en un punto 208 entre la red eléctrica 202 y el transformador 204 (el punto 208 puede ser, por ejemplo, el punto de acoplamiento común), en desequilibrios de tensión y desequilibrios de corriente particulares que se producen en el punto 208. Sin embargo, el controlador de la planta de energía 205 puede configurarse también para detectar desequilibrios de tensión en otros puntos. Se asume aquí que las tensiones y las corrientes en la red eléctrica 202 normalmente tienen tres fases, sin embargo, se entenderá que la presente invención no se limita a las mismas. Es decir, las tensiones y las corrientes en la red eléctrica 202 también pueden tener más o menos de tres fases. Asumiendo que las tensiones/corrientes en la red eléctrica 202 son tensiones/corrientes trifásicas, los desequilibrios

de tensión pueden detectarse, por ejemplo, determinando si las tensiones trifásicas que se producen en el punto de acoplamiento común 208 forman una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero. Los desequilibrios de tensión también pueden detectarse de diferentes maneras, por ejemplo, comparando amplitudes de tensión.

- 5 De acuerdo con un modo de realización, una tensión/corriente equilibrada, por ejemplo, trifásica, significa que las tres tensiones de línea/corrientes son iguales en RMS/magnitud máxima y los ángulos de fase respectivos de las tensiones/corrientes se desplazan entre sí en 120° (es decir, $360^\circ/3$). Los desequilibrios de tensión se producen cuando hay una diferencia entre, por ejemplo, las tres magnitudes de tensión y/o hay un desfase en la diferencia del ángulo de fase de 120° . Si hay seis fases, los desequilibrios de tensión se producen cuando hay una diferencia entre las seis magnitudes de tensión y/o hay un desfase en la diferencia del ángulo de fase de 60° (es decir, $360^\circ/6$).

Las figuras 3a a 3c muestran un diagrama esquemático de un modo de realización posible del transformador 204. El transformador 204 es un transformador controlado de toma. El transformador 204 incluye una disposición de bobinado principal 302 acoplada a la red eléctrica 202, y una disposición de bobinado secundaria 304 acoplada a las turbinas eólicas 100.

- 15 En este modo de realización, la red eléctrica 202 tiene al menos tres líneas eléctricas, por ejemplo, tres líneas eléctricas 306a, 306b, 306c. Cada línea eléctrica 306a, 306b, 306c puede conducir una fase respectiva de una corriente multifásica. La disposición de bobinado principal 302 tiene al menos tres bobinados, por ejemplo, tres bobinados 308a, 308b, 308c. Cada línea eléctrica 306a, 306b, 306c de la red eléctrica 202 se acopla a la disposición de bobinado principal 302 a través de un cambiador de toma individual 310a, 310b, 310c.
- 20 En este modo de realización, los bobinados 308a, 308b, 308c de la disposición de bobinado principal 302 se conectan en una configuración de tipo estrella. Como alternativa, los bobinados 308a, 308b, 308c de la disposición de bobinado principal 302 pueden conectarse en una configuración de tipo delta. La disposición de bobinado principal 302 es parte de un lado de alta tensión 303 del transformador 204.

- 25 Aquí, la disposición de bobinado principal 302 tiene tres bobinados 308a, 308b, 308c, y la disposición de bobinado secundaria 304 también tiene tres bobinados 312a, 312b, 312c. Dependiendo del tipo de red eléctrica 202, el número de bobinados de la disposición de bobinado principal 302 y la disposición de bobinado secundaria 304 puede cambiarse en consecuencia. En los modos de realización mostrados en las figuras 3a a 3c, cada uno de los bobinados 308a, 308b, 308c de la disposición de bobinado principal 302 se acopla una de las fases de la tensión multifásica. Como alternativa, cada fase de la tensión multifásica también puede estar conectada a dos o más bobinados. Es decir, cada uno de los bobinados 308a, 308b, 308c pueden dividirse respectivamente hasta en dos o más bobinados. De forma análoga, cada uno de los bobinados 312a, 312b, 312c de la disposición de bobinado secundaria 304 puede separarse respectivamente hasta en dos o más bobinados.

- 30 Los bobinados 312a, 312b, 312c de la disposición de bobinado secundaria 304 se conectan en una configuración de tipo delta en un modo de realización. Como alternativa, los bobinados 312a, 312b, 312c de la disposición de bobinado secundaria 304 pueden conectarse en una configuración tipo estrella. La disposición de bobinado secundaria 304 es parte de un lado de baja tensión 305 del transformador 204. X, Y y Z representan unos conductores respectivos de la línea eléctrica 212 conectada al transformador principal 204, portando cada conductor una fase de una corriente multifásica.

- 35 Cada bobinado 308a, 308b, 308c de la disposición de bobinado principal 302 se acopla a la respectiva línea eléctrica 306a, 306b, 306c a través de un cambiador de toma individual 310a, 310b, 310c. Los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c puede ser, pero sin limitación, un cambiador de toma mecánico, un cambiador de toma eléctrico, y un cambiador de toma de asistencia eléctrica. Los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden realizarse como cambiadores de tomas en carga o como cambiadores de tomas en vacío. Los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden usarse para manejar el efecto de carga y la regulación de tensión.

- 40 Cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c puede tener una pluralidad de puntos de contacto 314a, 314b, 314c (véase la figura 3a) o una línea de contacto 316a, 316b, 316c (véase la figura 3b) conectada a la disposición de bobinado principal 302. La disposición de bobinado principal 302 puede conectarse a las líneas eléctricas 306a, 306b, 306c a través de los puntos de contacto 314a, 314b, 314c (véase la figura 3a) o las líneas de contacto 316a, 316b, 316c (véase la figura 3b). Cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c puede tener un contacto deslizante 318a, 318b, 318c para entrar en contacto selectivamente con uno de la pluralidad de puntos de contacto 314a, 314b, 314c (véase la figura 3a) o para deslizarse continuamente a lo largo de las líneas de contacto 316a, 316b, 316c (véase la figura 3b). En otro modo de realización, cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c puede tener un conmutador 320a, 320b, 320c asignado a cada punto de contacto 314a, 314b, 314c (véase la figura 3c). Cada conmutador 320a, 320b, 320c puede conectar un punto de contacto 314a, 314b, 314c a las líneas eléctricas 306a, 306b, 306c. Los conmutadores 320a, 320b, 320c pueden abrirse o cerrarse selectivamente.

La pluralidad de puntos de contacto 314a, 314b, 314c para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c (véanse las figuras 3a y 3c) pueden disponerse de tal forma que cada punto de contacto 314a, 314b, 314c se separa de un punto de contacto adyacente 314a, 314b, 314c del mismo bobinado 306a, 306b, 306c por una única vuelta (más

generalmente: por la misma cantidad de vueltas) de los respectivos bobinados 306a, 306b, 306c de la disposición de bobinado principal 302. Por lo tanto, el cambio de tensión a través de los dos puntos de contacto 314a, 314b, 314c adyacentes del mismo bobinado 306a, 306b, 306c puede ser la tensión a través de una única vuelta (más generalmente: la tensión a través de una cantidad particular de vueltas). Sin embargo, como alternativa, la separación de los puntos de contacto 314a, 314b, 314c también puede ser una separación equidistante.

Implementando un cambiador de toma individual 310a, 310b, 310c en cada bobinado 308a, 308b, 308c del transformador 204, los desequilibrios de tensión en cada fase de la tensión multifásica pueden compensarse ajustando los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c de los bobinados respectivos 308a, 308b, 308c individualmente. De esta manera, puede ajustarse de forma eficaz una tensión desequilibrada hasta una tensión equilibrada. Si, como se indica en el modo de realización de la figura 2d, se usa únicamente un transformador centralizado común 204 para todas las turbinas eólicas 100, no hay necesidad de corregir los desequilibrios de tensión en cada turbina eólica 100. De esta manera, puede conseguirse una solución rentable, ya que únicamente se requiere modificar un transformador (el transformador 204) para incluir los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c.

La figura 4 muestra un diagrama de flujo 400 de un modo de realización de corrección de desequilibrios de tensión de acuerdo con la presente invención. En 402, se detectan los desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica. En 404, se calculan los ajustes respectivos del cambiador de toma para el al menos un cambiador de toma necesarios para compensar las influencias de los desequilibrios de tensión detectados sobre las turbinas eólicas. En 406, el al menos un cambiador de toma se ajusta basándose en los ajustes calculados del cambiador de toma respectivos.

La figura 5 muestra un ejemplo de una unidad de control de toma 230 de acuerdo con un modo de realización de la presente invención. La unidad de control de toma 230 comprende una unidad de detección 500 acoplada a la red eléctrica 202, estando la unidad de detección 500 configurada para detectar desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica 202 acoplada a la disposición de bobinado principal 303. La unidad de control de toma 230 comprende adicionalmente una unidad de procesamiento 502 acoplada a la unidad de detección 500, estando la unidad de procesamiento 502 configurada para calcular ajustes respectivos del cambiador de toma para cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c necesarios para compensar los desequilibrios de tensión detectados. La unidad de control de toma 230 comprende adicionalmente una unidad de control de cambio de toma 504 acoplada a la unidad de procesamiento 502, estando la unidad de control de cambio de toma 504 configurada para controlar un proceso de ajuste del cambiador de toma basándose en los ajustes calculados del cambiador de toma. A continuación, se describen detalles de cómo pueden detectarse y compensarse los desequilibrios de tensión.

En un modo de realización, la unidad de detección 500 mide las tensiones y las corrientes del punto de acoplamiento común 208 entre la red eléctrica 202 y el transformador 204. La unidad de detección 500 también detecta desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica 202. Los desequilibrios de tensión pueden detectarse, por ejemplo, determinando si las tensiones trifásicas del punto de acoplamiento común 208 forman una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero. Los desequilibrios de tensión también pueden detectarse comparando las amplitudes de tensión.

La unidad de procesamiento 502 calcula los ajustes respectivos del cambiador de toma para cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c necesarios para compensar los desequilibrios de tensión detectados. La unidad de control de cambio de toma 504 controla un proceso de ajuste del cambiador de toma basándose en ajustes calculados del cambiador de toma.

Los ajustes del cambiador de toma pueden calcularse por diversos procedimientos. Dos procedimientos ejemplares que pueden usarse son el procedimiento de compensación escalar y el vector de compensación vectorial.

Usando el procedimiento de compensación escalar, las compensaciones de tensión respectivas para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden calcularse usando las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} \Delta V_a = V_a - V_{am} \\ \Delta V_b = V_b - V_{bm} \\ \Delta V_c = V_c - V_{cm} \end{cases}$$

en las que V_{am} , V_{bm} y V_{cm} son las tensiones nominales del transformador respectivas para cada fase de una tensión multifásica, y V_a , V_b y V_c son las tensiones de transformador medidas respectivas para cada fase de la tensión multifásica. Las respectivas tensiones nominales V_{am} , V_{bm} y V_{cm} se dan para un punto de acoplamiento común específico (PCC) 208. Las respectivas tensiones del transformador medidas V_a , V_b y V_c se miden en el lado de la red eléctrica. La tensión de transformador V_a se mide desde la línea eléctrica 306a a un punto neutro N de la disposición de bobinado principal 302 (como se muestra en las figuras 3a a 3c). La tensión de transformador V_b se mide desde la línea eléctrica 306b a un punto neutro N de la disposición de bobinado principal 302 (como se muestra en las figuras 3a a 3c). La tensión de transformador V_c se mide desde la línea eléctrica 306c a un punto neutro N de la

disposición de bobinado principal 302 (como se muestra en las figuras 3a a 3c).

Los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden ajustarse basándose en las compensaciones de tensión calculadas ΔV_a , ΔV_b y ΔV_c respectivamente.

5 Usando el procedimiento de compensación vectorial, las tensiones de transformador medidas V_a , V_b y V_c pueden representarse como la suma ortogonal de componentes de secuencia positiva respectivos V_{ap} , V_{bp} , V_{cp} , componentes de secuencia negativa respectivos V_{an} , V_{bn} , V_{cn} , y un componente de secuencia nulo V_n , como se muestra en las siguientes ecuaciones:

$$\begin{cases} V_a = V_{ap} + V_{an} + V_n \\ V_b = V_{bp} + V_{bn} + V_n \\ V_c = V_{cp} + V_{cn} + V_n \end{cases}$$

10 en las que V_{ap} , V_{bp} , V_{cp} son los tres componentes de secuencia positiva trifásica, V_{an} , V_{bn} , V_{cn} son los componentes de secuencia negativa trifásica, respectivamente, y V_n es el componente de secuencia cero. Los componentes de secuencia positiva y los componentes de secuencia negativa pueden obtenerse a partir de una tensión multifásica usando algunos algoritmos convencionales.

15 Las compensaciones de tensión respectivas para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden calcularse entonces usando el procedimiento de compensación escalar que se ha descrito anteriormente. Los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden ajustarse basándose en las compensaciones de tensión calculadas ΔV_a , ΔV_b y ΔV_c respectivamente.

20 Para compensar los desequilibrios de tensión detectados, cada cambiador de toma 310a, 310b, 310c puede ajustarse individualmente. Por ejemplo, para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3a, las conexiones eléctricas entre la red eléctrica 202 y los puntos de contacto 314a, 314b, 314c pueden cambiarse o ajustarse entrando en contacto selectivamente con uno de la pluralidad de puntos de contacto 314a, 314b, 314c. Para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3b, las conexiones eléctricas entre la red eléctrica 202 y las líneas de contacto 316a, 316b, 316c pueden cambiarse o ajustarse desplazando los contactos por rozamiento 318a, 318b, 318c a lo largo de las líneas de contacto respectivas 316a, 316b, 316c hasta una posición particular. Para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3c, las conexiones eléctricas entre la red eléctrica 202 y los puntos de contacto 314a, 314b, 314c o las líneas de contacto 316a, 316b, 316c pueden cambiarse o ajustarse abriendo o cerrado selectivamente los conmutadores 320a, 320b, 320c asignados respectivamente a los puntos de contacto 314a, 314b, 314c o las líneas de contacto 316a, 316b, 316c.

30 A continuación, los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3a se usarán como un ejemplo de ilustración para describir un proceso de ajuste del cambiador de toma. Se asume que, inicialmente, el contacto deslizante 318a del cambiador de toma 310a para la tensión de fase A (por ejemplo, de la línea eléctrica 306a) se puso en el punto de contacto 314a marcado "2a", el contacto deslizante 318b del cambiador de toma 310b para la tensión de fase B (por ejemplo, de la línea eléctrica 306b) se puso en el punto de contacto 314b marcado "2b", y el contacto deslizante 318c del cambiador de toma 310c para la tensión de fase C (por ejemplo, de la línea eléctrica 306c) se puso en el punto de contacto 314c marcado "2c". Se detectaron desequilibrios de tensión en la red eléctrica 202 y se descubrió que la tensión de fase B era un 1 % mayor que la tensión de fase A y la tensión de fase C. Asumiendo que hay una desviación de tensión del 1 % entre dos puntos de contacto adyacentes 314a, 314b, 314c del mismo bobinado 308a, 308b, 308c respectivamente, puede obtenerse una tensión compensada en la disposición de bobinado secundaria 304 del transformador 204 desplazando el contacto deslizante 318b del cambiador de toma 310b desde el punto de contacto 314b marcado "2b" al punto de contacto 314b marcado "3b" en la disposición de bobinado principal 302 del transformador 204. Por lo tanto, las influencias de los desequilibrios de tensión detectados en las turbinas eólicas 100 pueden compensarse. De esta manera, las turbinas eólicas 100 del parque eólico 200 pueden protegerse frente a desequilibrios de tensión que se produce en la red eléctrica 202.

45 Con el mismo escenario que se ha indicado anteriormente, para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3b, puede obtenerse una tensión compensada en la disposición de bobinado secundaria 304 desplazando el contacto deslizante 318b del cambiador de toma 310b a lo largo de la línea de contacto 316b desde una posición marcada "2b" a una posición marcada "3b".

50 Con el mismo escenario que se ha indicado anteriormente, para los cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c mostrados en la figura 3c, puede obtenerse una tensión compensada en la disposición de bobinado secundaria 304 abriendo el conmutador 320b del punto de contacto 314b marcado "2b" del cambiador de toma 310b y cerrando el conmutador 320b del punto de contacto 314b marcado "3b" del cambiador de toma 310b.

En los modos de realización anteriores, se ha descrito un control de toma de fase con control de toma individual para cada fase de un transformador. Como alternativa, el control de toma de fase (control de toma trifásico o un control de toma que tiene menos de dos fases o más de tres fases) sin control de toma individual para cada fase de un

transformador puede usarse para corregir los desequilibrios de tensión. Por ejemplo, el control de toma de fase sin control de toma individual puede tener la misma configuración que el control de toma de fase con control de toma individual como se muestra en las figuras 3a a 3c. Sin embargo, para un control de toma trifásico correspondiente sin control de toma individual, los tres cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden controlarse simultáneamente.

5 Es decir, una señal de control común que representa un ajuste calculado del cambiador de toma puede enviarse desde la unidad de control de toma 230 a los tres cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c al mismo tiempo. Por otro lado, para el control de toma trifásico con control de toma individual, los tres cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c pueden controlarse individualmente. Es decir, una señal de control respectiva que representa un ajuste calculado del cambiador de toma respectivo puede enviarse desde la unidad de control de toma 230 a cada uno de los tres cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c al mismo tiempo o en momentos diferentes. La señal de control respectiva para cada uno de los tres cambiadores de tomas 310a, 310b, 310c puede representar un mismo ajuste calculado del cambiador de toma o un ajuste calculado del cambiador de toma diferente.

10 En comparación con un control de toma trifásico sin control de toma individual, el control de toma trifásico individual permite una mejor protección de las turbinas eólicas de una granja eólica: sin control de toma individual, las tensiones trifásicas únicamente pueden ajustarse simultáneamente dentro de un cierto intervalo, es decir puede no conseguirse una tensión trifásica completamente equilibrada.

15 En un modo de realización, algunos cambiadores de tomas (por ejemplo, al menos dos cambiadores de tomas) de un control de toma de fase pueden controlarse simultáneamente, mientras que los cambiadores de tomas resultantes (por ejemplo, al menos un cambiador de toma) del control de toma de fase pueden controlarse individualmente. Por ejemplo, dos cambiadores de tomas (por ejemplo, los cambiadores de tomas 310b, 310c) de un control de toma trifásico correspondiente pueden controlarse simultáneamente mientras que un cambiador de toma (por ejemplo, el cambiador de toma 310a) puede controlarse individualmente. Es decir, una señal de control común que representa un ajuste calculado del cambiador de toma puede enviarse desde la unidad de control de toma 230 a los cambiadores de tomas 310b, 310c al mismo tiempo. Los cambiadores de tomas 310b, 310c pueden ajustarse simultáneamente basándose en un ajuste calculado del cambiador de toma. Una señal de control adicional que representa un ajuste calculado del cambiador de toma adicional puede enviarse desde la unidad de control de toma 230 al cambiador de toma 310a. El cambiador de toma 310a puede ajustarse basándose en el ajuste calculado del cambiador de toma adicional. La señal de control para el cambiador de toma 310a y la señal de control para los cambiadores de tomas 310b, 310c pueden representar un mismo ajuste calculado del cambiador de toma o un ajuste calculado del cambiador de toma diferente respectivamente. Es decir, el ajuste calculado del cambiador de toma adicional para el cambiador de toma 310a y el ajuste calculado del cambiador de toma para los cambiadores de tomas 310b, 310c pueden ser los mismos en un modo de realización. El ajuste calculado del cambiador de toma adicional para el cambiador de toma 310a y el ajuste calculado del cambiador de toma para los cambiadores de tomas 310b, 310c pueden ser diferentes en otro modo de realización. La señal de control para el cambiador de toma 310a y la señal de control para los cambiadores de tomas 310b, 310c pueden enviarse desde la unidad de control de toma 230 al mismo tiempo o en momentos diferentes.

20 En otro modo de realización, un primer conjunto de cambiadores de tomas puede controlarse usando una primera señal de control que representa un ajuste calculado del cambiador de toma, un segundo conjunto de cambiadores de tomas puede controlarse usando una señal de control adicional que representa un ajuste calculado del cambiador de toma adicional, y el uno o más cambiadores de tomas restantes, si los hubiera, pueden controlarse individualmente usando señales de control respectivas que representan ajustes calculados del cambiador de toma respectivos. El primer conjunto de cambiadores de tomas puede tener un cambiador de toma, que puede ajustarse individualmente basándose en el ajuste calculado del cambiador de toma. En casos en los que el primer conjunto de cambiadores de tomas tiene más de un cambiador de toma, los cambiadores de tomas pueden ajustarse simultáneamente basándose en un ajuste calculado del cambiador de toma. De forma análoga, el segundo conjunto de cambiadores de tomas puede tener un cambiador de toma, que puede ajustarse individualmente basándose en el ajuste calculado del cambiador de toma adicional. En casos en los que el segundo conjunto de cambiadores de tomas tiene más de un cambiador de toma, los cambiadores de tomas pueden ajustarse simultáneamente basándose en el ajuste calculado del cambiador de toma adicionalmente. Los cambiadores de tomas pueden agruparse de diversas maneras diferentes (por ejemplo, en diferentes números de conjuntos de cambiadores de tomas) para el ajuste por los ajustes calculados del cambiador de toma respectivos en otros modos de realización.

25 Aunque los modos de realización de la invención se han mostrado y descrito particularmente con referencia a modos de realización específicos, debe entenderse por los expertos en la técnica que pueden hacerse diversos cambios de forma y detalle en la misma sin apartarse del espíritu y alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas. Por lo tanto, el alcance de la invención se indica por las reivindicaciones adjuntas y, por lo tanto, se pretende que se incluyan todos los cambios que entran dentro del significado y rango de equivalencia de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Al menos una turbina eólica (100) que comprende:
 - un transformador (204) acoplado entre la al menos una turbina eólica (100) y una red eléctrica (202), en la que el transformador (204) comprende una disposición de bobinado principal (302) acoplada a la red eléctrica (202), y una disposición de bobinado secundaria (304) acoplada a la al menos una turbina eólica (100);
 - en la que la red eléctrica (202) comprende al menos tres líneas eléctricas (306a, 306b, 306c), conduciendo cada línea eléctrica (306a, 306b, 306c) una fase respectiva de una corriente multifásica; y
 - caracterizada por que cada línea eléctrica (306a, 306b, 306c) de la red eléctrica (202) está acoplada a la disposición de bobinado principal (302) a través de un cambiador de toma individual (310a, 310b, 310c); y
 - que comprende una unidad de detección (500) acoplada a la red eléctrica (202), estando la unidad de detección (500) configurada para detectar desequilibrios de tensión que se produce en la red eléctrica (202) acoplada a la disposición de bobinado principal (302);
 - en la que cada cambiador de toma (310a, 310b, 310c) está configurado para controlarse individualmente para compensar los desequilibrios de tensión detectados.
2. La al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 1,
 - en la que la disposición de bobinado principal (302) comprende al menos tres bobinados (308a, 308b, 308c).
3. La al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 2,
 - en la que cada bobinado (308a, 308b, 308c) de la disposición de bobinado principal (302) está acoplado a una línea eléctrica (306a, 306b, 306c) respectiva de la red eléctrica (202) a través de un cambiador de toma individual (310a, 310b, 310c).
4. La al menos una turbina eólica (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3,
 - en la que cada cambiador de toma (310a, 310b, 310c) comprende una pluralidad de puntos de contacto (314a, 314b, 314c) o una línea de contacto continua (316a, 316b, 316c) que está conectada a la disposición de bobinado principal (302), en la que la disposición de bobinado principal (302) puede conectarse a las líneas eléctricas (306a, 306b, 306c) a través de los puntos de contacto (314a, 314b, 314c) o la línea de contacto (316a, 316b, 316c).
5. La al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 4,
 - en la que cada cambiador de toma (310a, 310b, 310c) comprende adicionalmente un contacto deslizante (318a, 318b, 318c) para contactar selectivamente con una de la pluralidad de puntos de contacto (314a, 314b, 314c) o para su deslizamiento a lo largo de la línea de contacto (316a, 316b, 316c), o
 - en la que cada cambiador de toma (310a, 310b, 310c) comprende adicionalmente un conmutador (320a, 320b, 320c) asignado a cada punto de contacto (314a, 314b, 314c), conectando cada conmutador (320a, 320b, 320c) un punto de contacto (314a, 314b, 314c) a las líneas eléctricas (306a, 306b, 306c).
6. La al menos una turbina eólica (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
 - en la que el cambiador de toma (310a, 310b, 310c) es uno o más de un grupo que consiste en un cambiador de toma mecánico, un cambiador de toma eléctrico, y un cambiador de toma de asistencia eléctrica.
7. La al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente:
 - una unidad de procesamiento (502) acoplada a la unidad de detección (500), estando la unidad de procesamiento (502) configurada para calcular los ajustes del cambiador de toma respectivos para cada cambiador de toma (310a, 310b, 310c) necesarios para compensar las influencias de los desequilibrios de tensión detectados en las turbinas eólicas (100).
8. La al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 7, que comprende adicionalmente:
 - una unidad de control de cambio de toma (504) acoplada a la unidad de procesamiento (502), estando la unidad de control de cambio de toma (504) configurada para controlar un proceso de ajuste del cambiador de toma basado en los ajustes calculados del cambiador de toma.
9. La al menos una turbina eólica (100) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8,

en la que el transformador (204) sirve como un transformador centralizado para una pluralidad de turbinas eólicas (100), o

en la que el transformador (204) está implementado en al menos una turbina eólica (100).

5 10. Un procedimiento de corrección de desequilibrios de tensión que se producen en una red eléctrica (202) que se acopla a un parque eólico (200a, 200b, 200c, 200d, 200e) a través de un transformador (204), comprendiendo el transformador (204) una disposición de bobinado principal (302) acoplada a la red eléctrica (202), y una disposición de bobinado secundaria (304) acoplada a al menos una turbina eólica (100); en la que la red eléctrica (202) comprende al menos tres líneas eléctricas (306a, 306b, 306c), conduciendo cada línea eléctrica (306a, 306b, 306c) una fase respectiva de una corriente multifásica;

10 caracterizado por que

cada línea eléctrica (306a, 306b, 306c) de la red eléctrica (202) está acoplada a la disposición de bobinado principal (302) a través de un cambiador de toma individual (310a, 310b, 310c), comprendiendo el procedimiento:

detectar desequilibrios de tensión que se producen en la red eléctrica (202);

15 calcular los ajustes respectivos del cambiador de toma para el al menos un cambiador de toma (310a, 310b, 310c) necesarios para compensar las influencias de los desequilibrios de tensión detectados en las turbinas eólicas (100); y

ajustar el al menos un cambiador de toma (310a, 310b, 310c) basándose individualmente en los respectivos ajustes calculados del cambiador de toma.

11. El procedimiento de la reivindicación 10,

20 en el que un primer conjunto de cambiadores de tomas (310a, 310b, 310c) se ajusta basándose en un ajuste del cambiador de toma calculado y un segundo conjunto de cambiadores de tomas (310a, 310b, 310c) se ajusta basándose en un ajuste calculado del cambiador de toma adicional,

en el que la detección de los desequilibrios de tensión comprende opcionalmente:

medir las tensiones de fase en un punto entre el transformador (204) y la red eléctrica (202); y

25 determinar si las tensiones de fase forman una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero;

en el que el al menos un cambiador de toma (310a, 310b, 310c) se ajusta si se detecta una secuencia de tensión negativa o una secuencia de tensión cero.

12. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 10 a 11,

30 en el que el ajuste del al menos un cambiador de toma (310a, 310b, 310c) comprende cambiar o ajustar conexiones eléctricas entre la red eléctrica (202) y una pluralidad de puntos de contacto (314a, 314b, 314c) o una línea de contacto continua (316a, 316b, 316c) que se conecta a la disposición de bobinado principal (302) del transformador (204).

13. El procedimiento de la reivindicación 12,

35 en el que el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica (202) y los puntos de contacto (314a, 314b, 314c) comprende entrar en contacto selectivamente con uno de la pluralidad de puntos de contacto (314a, 314b, 314c), o

40 en el que el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica (202) y la línea de contacto (316a, 316b, 316c) comprende desplazar un contacto deslizante (318a, 318b, 318c) a lo largo de la línea de contacto (316a, 316b, 316c), o

en el que el cambio o ajuste de las conexiones eléctricas entre la red eléctrica (202) y los puntos de contacto (314a, 314b, 314c) o la línea de contacto (316a, 316b, 316c) comprende abrir o cerrar un conmutador (320a, 320b, 320c) de cada punto de contacto (314a, 314b, 314c).

14. Un parque eólico (200a, 200b, 200c, 200d, 200e), que comprende:

45 al menos una turbina eólica (100) de la reivindicación 1.

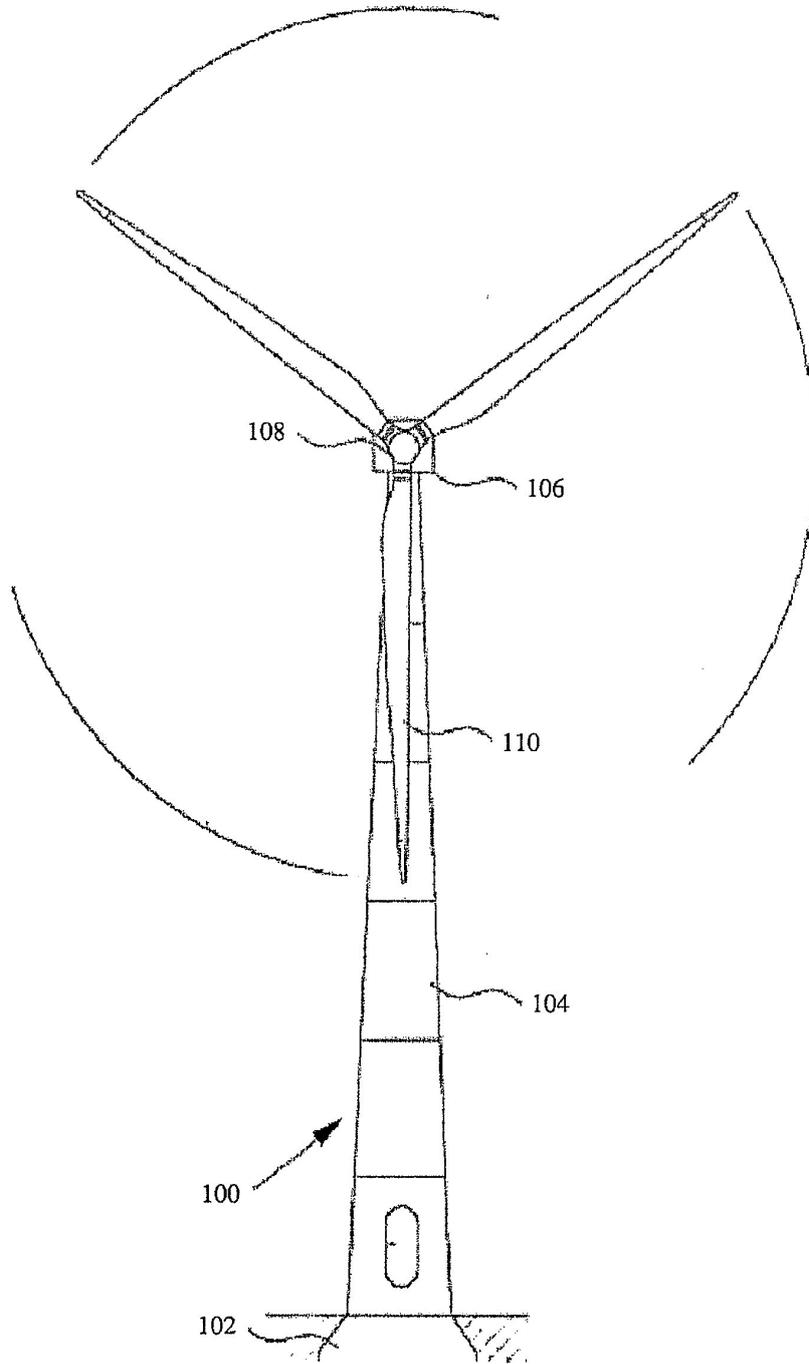


Figura 1

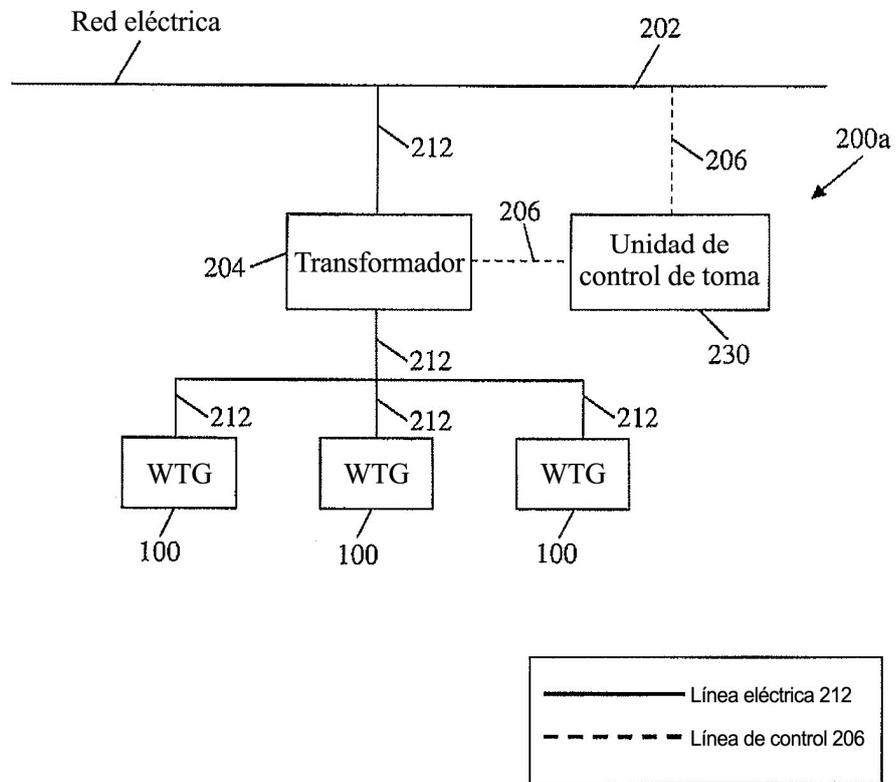


Figura 2a

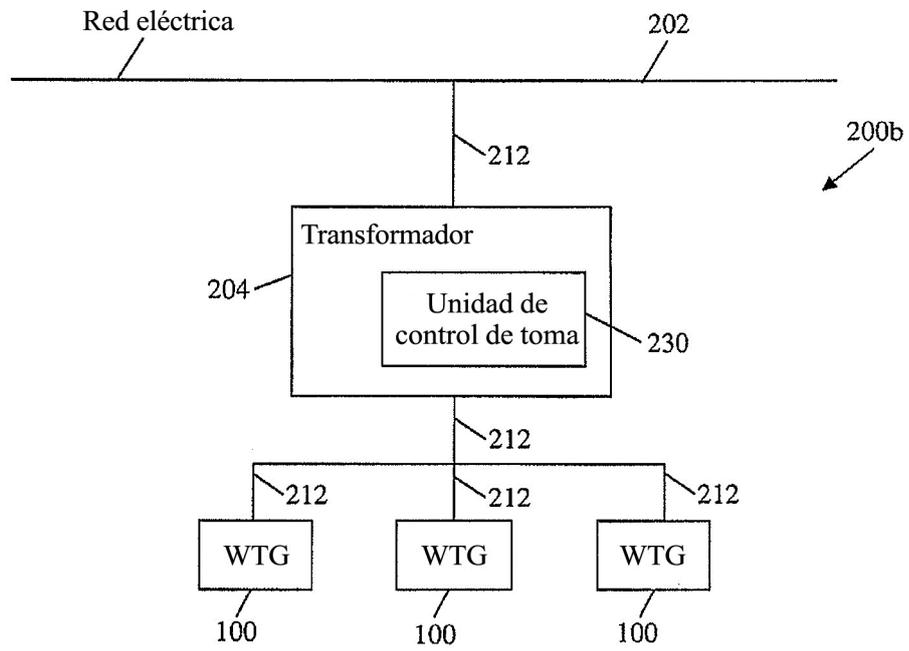


Figura 2b

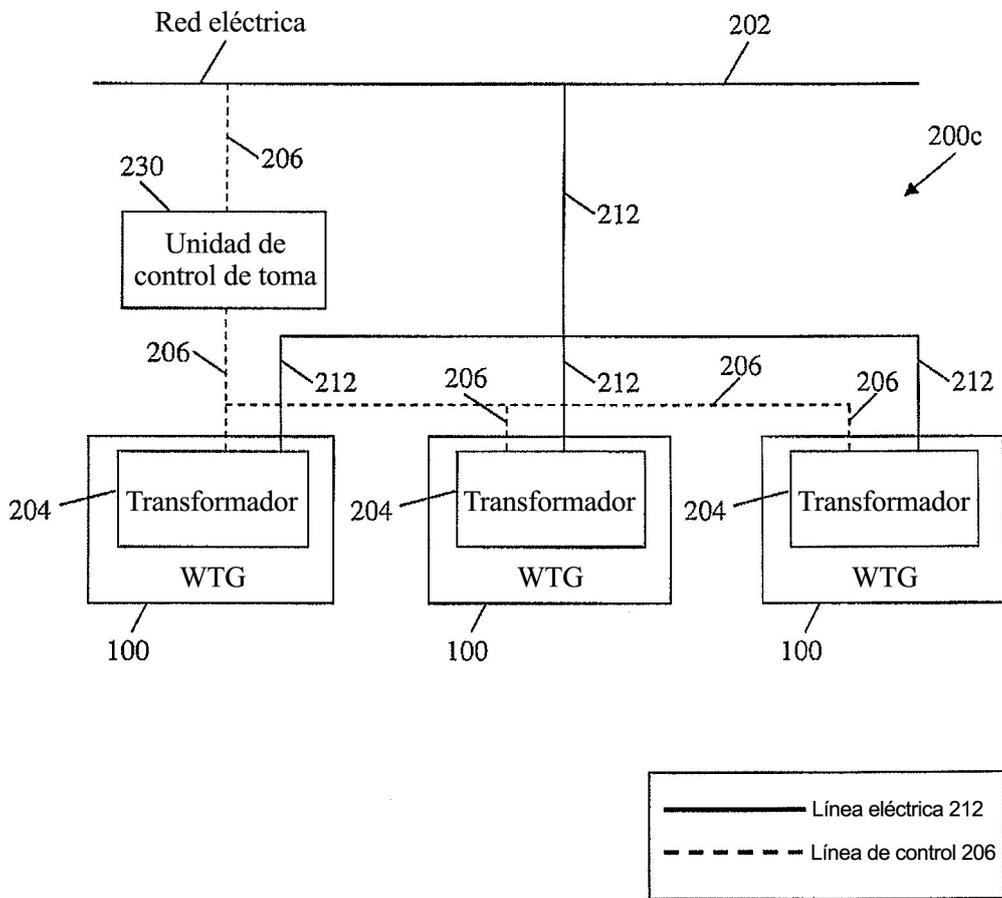


Figura 2c

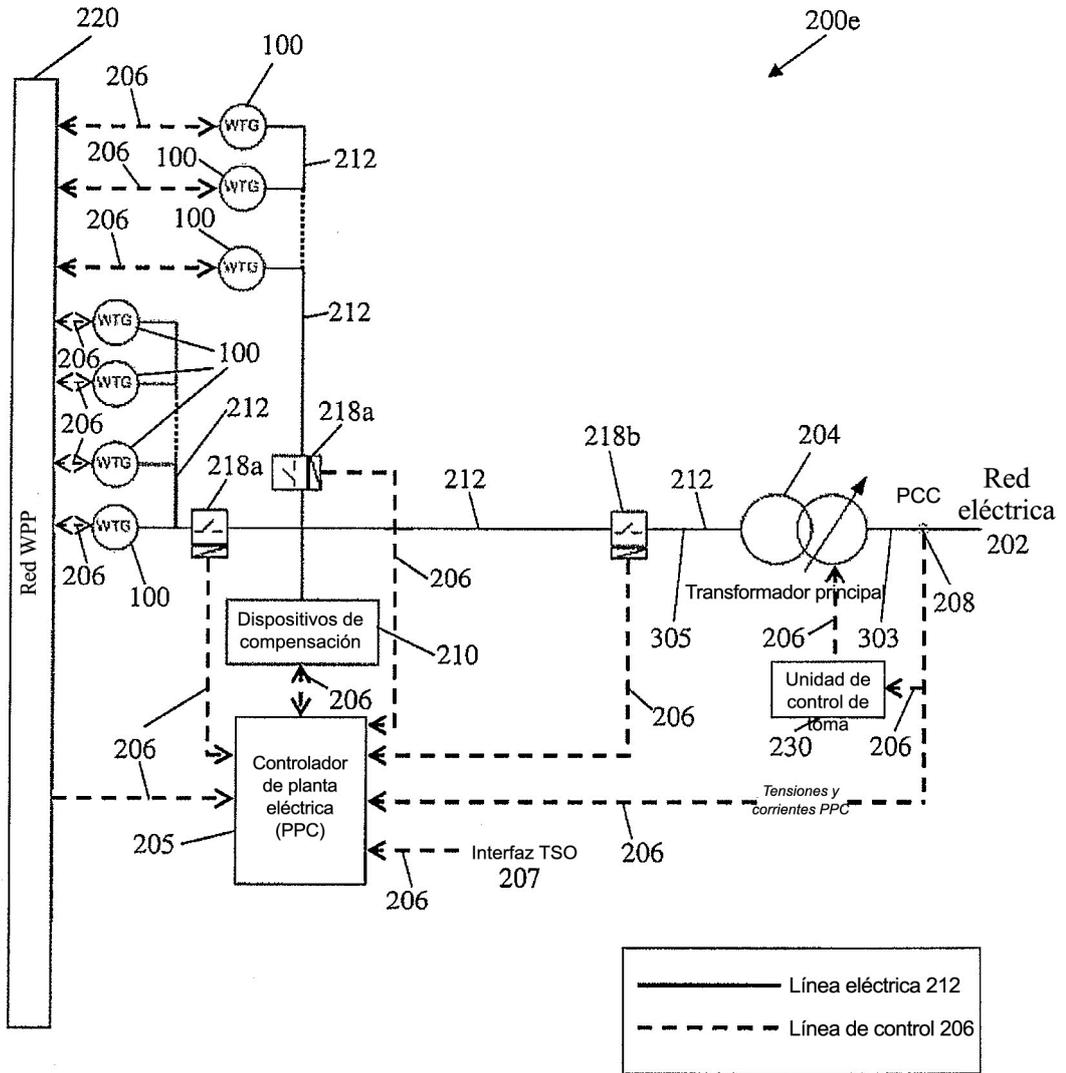


Figura 2e

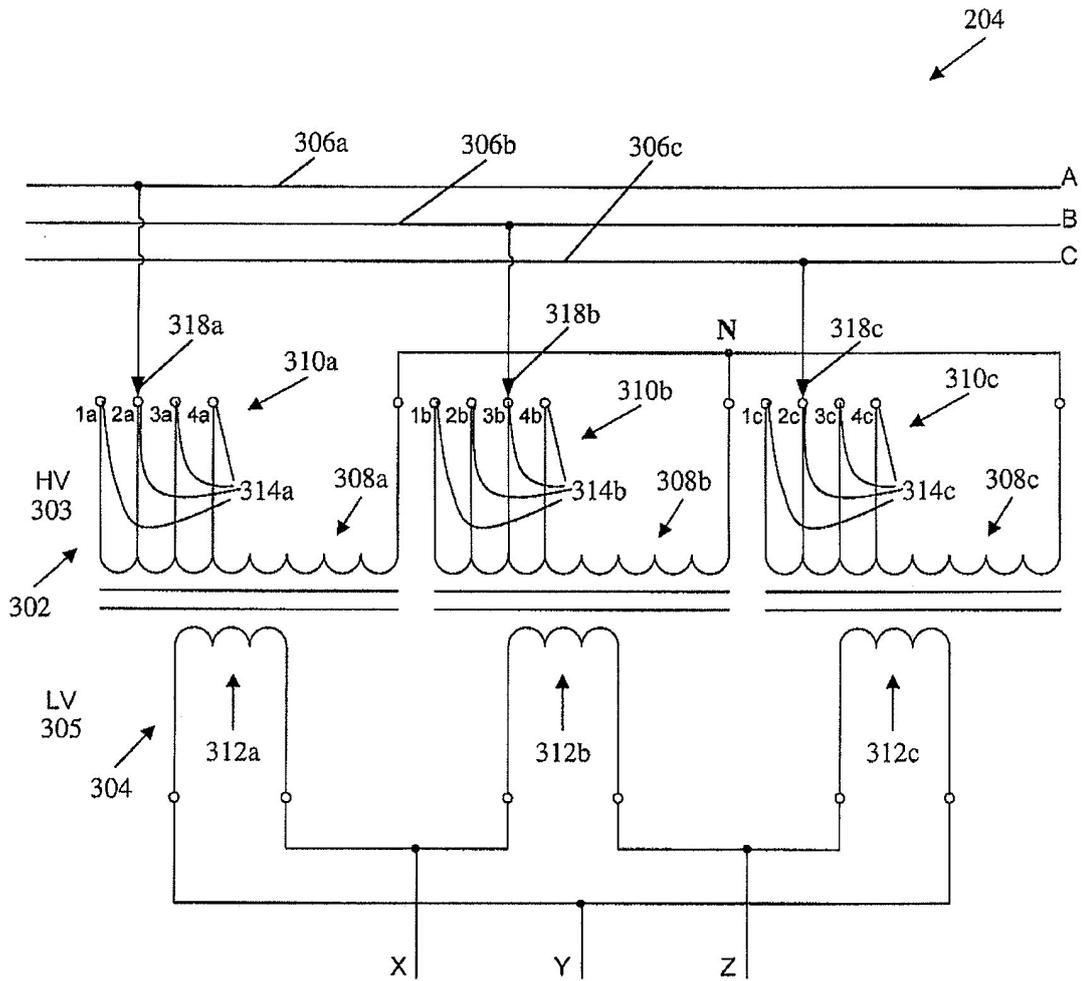


Figura 3a

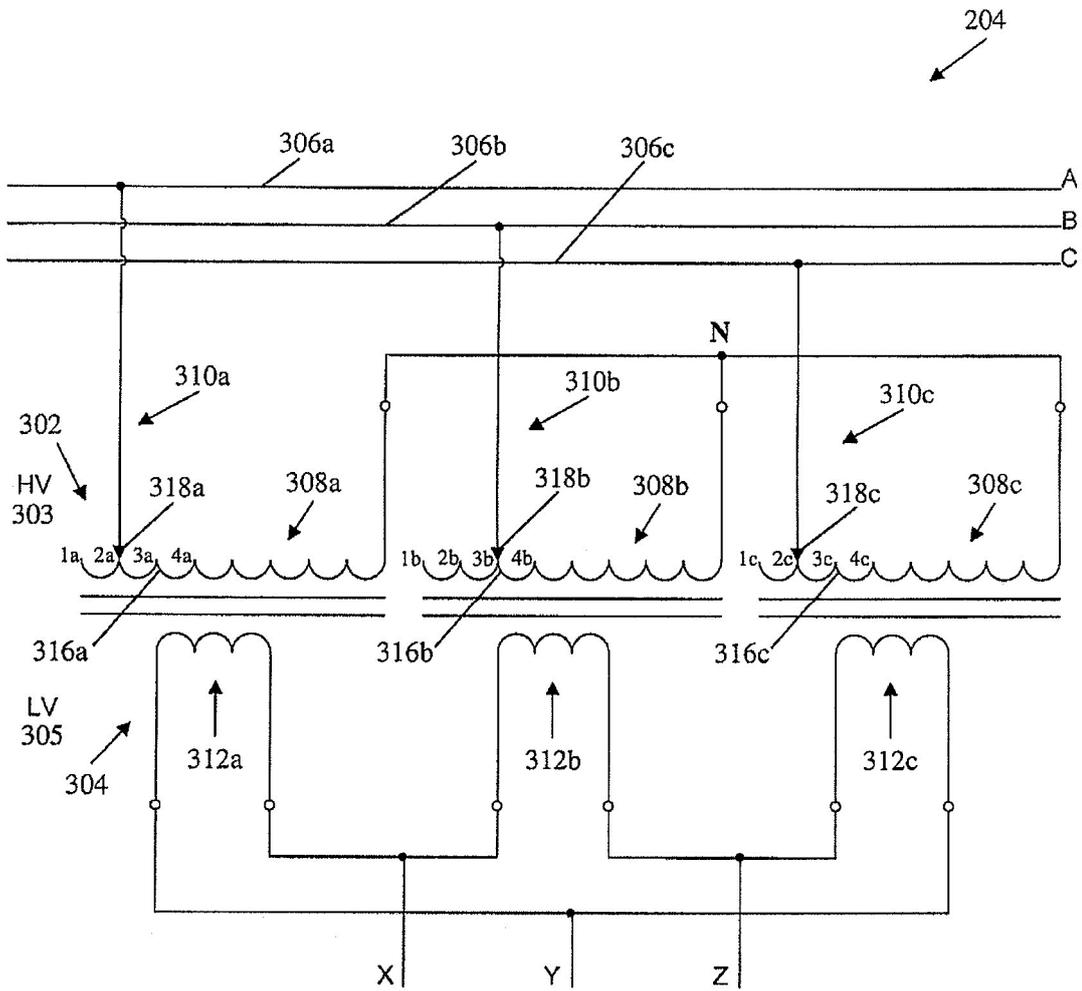


Figura 3b

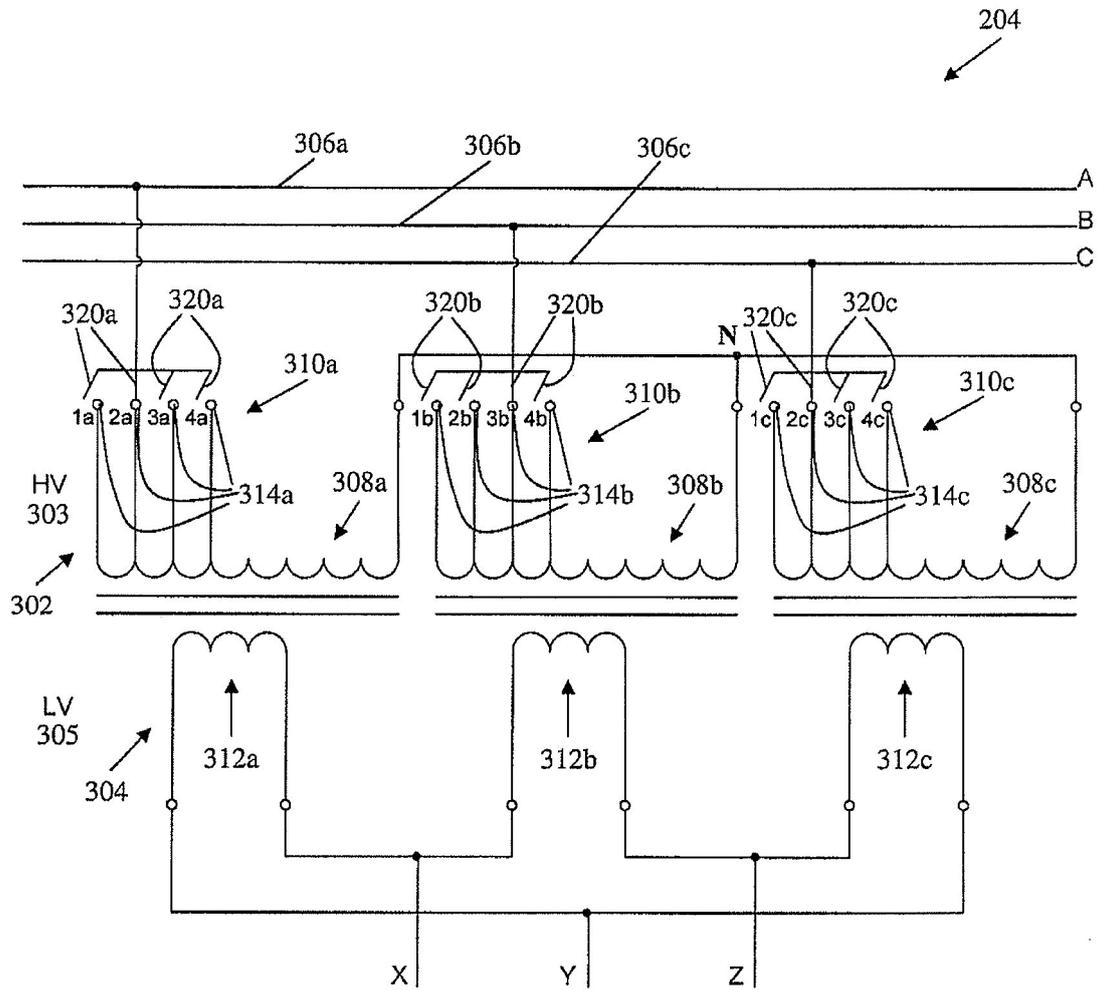


Figura 3c

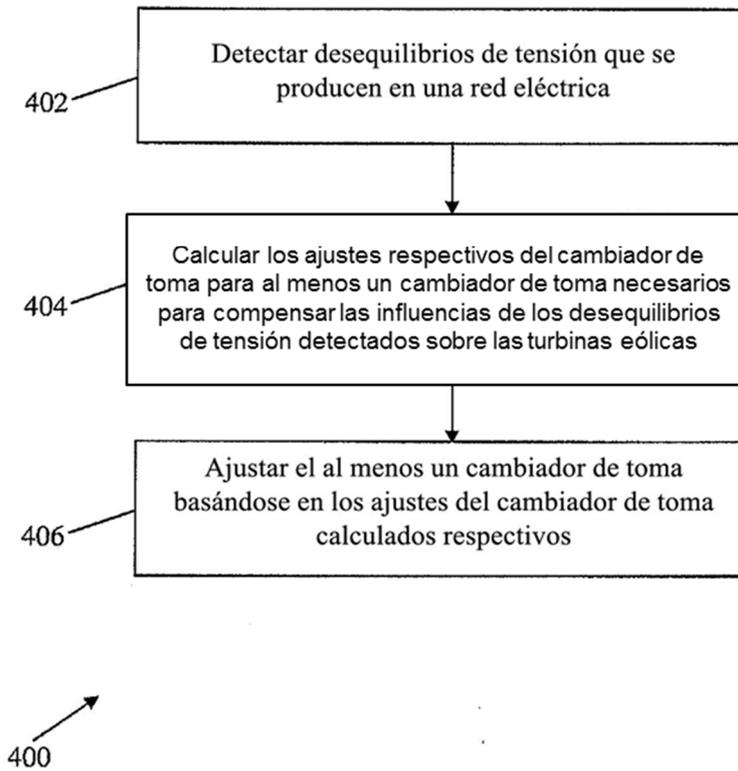


Figura 4

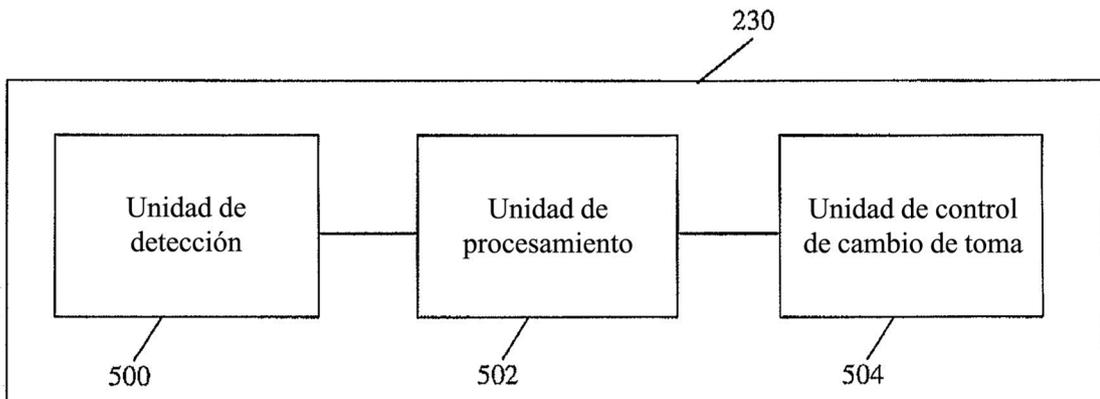


Figura 5