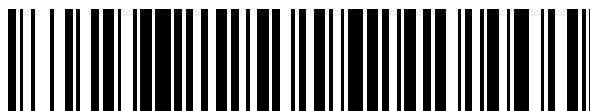


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 758 223**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

H02J 3/38 (2006.01)

F03D 9/25 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2017** **E 17154784 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019** **EP 3205875**

54 Título: **Sistema y procedimiento para operar una turbina eólica**

30 Prioridad:

10.02.2016 US 201615019985

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

04.05.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HOFFMANN, TILL;
BARTON, WERNER GERHARD y
SCHOLTE-WASSINK, HARTMUT ANDREAS

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 758 223 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Sistema y procedimiento para operar una turbina eólica

La presente divulgación se refiere en general a turbinas eólicas y, más particularmente, a un sistema y un procedimiento para operar una turbina eólica durante unas condiciones de baja velocidad del viento o condiciones de fallo(s) con el fin de minimizar pérdidas de energía.

La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y respetuosas con el medio ambiente que hay disponibles en la actualidad, y las turbinas eólicas han recibido cada vez más atención en este sentido. Una turbina eólica moderna normalmente incluye una torre, un generador, una multiplicadora, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento utilizando principios de perfil aerodinámico conocidos. Por ejemplo, las palas de rotor suelen tener un perfil de sección transversal de un perfil aerodinámico de tal manera que, durante su operación, el aire fluye sobre la pala produciendo una diferencia de presión entre los lados. En consecuencia, una fuerza de sustentación, que va desde un lado de presión hacia un lado de succión, actúa sobre la pala. La fuerza de sustentación genera un par en el eje de rotor principal, que está engranado con un generador para producir electricidad.

Durante la operación, el viento impacta en las palas de rotor y las palas transforman energía eólica en un par de rotación mecánico que hace rotar un eje de baja velocidad. El eje de baja velocidad está configurado para accionar la multiplicadora que posteriormente aumenta la baja velocidad de rotación del eje de baja velocidad para accionar un eje de alta velocidad a una mayor velocidad de rotación. El eje de alta velocidad está en general acoplado de forma rotatoria a un generador con el fin de accionar de forma rotatoria un rotor del generador. Como tal, se puede inducir un campo magnético rotatorio por parte del rotor del generador y se puede inducir un voltaje dentro de un estátor del generador que está acoplado magnéticamente con el rotor del generador. La energía eléctrica asociada puede ser transmitida a un transformador principal que normalmente está conectado a una red eléctrica a través de un disyuntor de red. De este modo, el transformador principal aumenta la amplitud del voltaje de la energía eléctrica de tal manera que la energía eléctrica transformada puede ser transmitida además a la red eléctrica. Además, el transformador principal es a menudo un transformador de media tensión. Véanse, por ejemplo, EP 2 647 839 y US 2012/139344.

En muchas turbinas eólicas, el rotor del generador puede estar acoplado eléctricamente a un convertidor de potencia bidireccional que incluye un convertidor en el lado del rotor conectado a un convertidor en el lado de la línea a través de un enlace de corriente continua (CC) regulado. Más en concreto, algunas turbinas eólicas, tales como los sistemas de generador de inducción de doble alimentación impulsado por el viento (DFIG: wind-driven doubly-fed induction generator) o los sistemas de conversión de potencia total, pueden incluir un convertidor de potencia con una topología de corriente alterna–corriente continua–corriente alterna (CA–CC–CA).

La Figura 1 ilustra un diagrama esquemático simplificado de un sistema de energía eléctrica 10 de una turbina eólica convencional que ilustra dichos componentes. Según se muestra, el generador 14 está acoplado eléctricamente con el convertidor de potencia 12 y con el transformador de tensión principal o media (MV: médium-voltage) 16. El transformador de tensión principal o media 16 está conectado a la red eléctrica 20 a través de un equipo de conmutación (switch gear) 22. Además, según se muestra, los consumidores se conectan normalmente a un transformador auxiliar de 690V/400V 18 y el transformador auxiliar 18 está conectado a la toma de 690V del transformador de tensión principal o media 16. Durante condiciones de baja velocidad del viento y/o de fallo(s), el sistema de energía eléctrica 10 se encuentra en modo de espera con el transformador de tensión principal o media 16 conectado a la red 20, lo que puede provocar pérdidas de energía no deseadas.

En consecuencia, un sistema y procedimiento mejorados para operar una turbina eólica durante condiciones de baja velocidad del viento para minimizar pérdidas de energía sería ventajoso.

En la siguiente descripción se expondrán en parte diversos aspectos y ventajas de la invención, o pueden ser claros a partir de la descripción, o pueden ser aprendidos a través de la práctica de la invención.

Diversos aspectos y formas de realización de la presente invención están definidas por las reivindicaciones adjuntas.

Diversas características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y a las reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan y forman parte de esta especificación, ilustran formas de realización de la invención y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

- 5 La Figura 1 ilustra un diagrama esquemático simplificado de un sistema de energía eléctrica de una turbina eólica convencional de acuerdo con la presente divulgación;
- La Figura 2 ilustra una vista en perspectiva de una parte de una forma de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;
- 10 La Figura 3 ilustra una vista esquemática de una forma de realización de un sistema de energía eléctrica y de control adecuado para su uso con los sistemas de energía eléctrica de turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;
- 15 La Figura 4 ilustra un diagrama de bloques de una forma de realización de un controlador adecuado para su uso con los sistemas de energía eléctrica de turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;
- 20 La Figura 5 ilustra un diagrama esquemático simplificado de una forma de realización de un sistema de energía eléctrica de turbina eólica configurado para minimizar las pérdidas de energía de acuerdo con la presente divulgación; y
- 25 La Figura 6 ilustra un diagrama de flujo de una forma de realización de un procedimiento para operar una turbina eólica para minimizar pérdidas de energía de acuerdo con la presente divulgación.

Ahora se hará referencia en detalle a formas de realización de la invención, uno o más ejemplos de las cuales se ilustran en los dibujos. Cada ejemplo es proporcionado a través de una explicación de la invención, no limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención. Por ejemplo, características ilustradas o descritas como parte de una forma de realización pueden ser usadas con otra forma de realización para producir una forma de realización más adicional. De este modo, se pretende que la presente invención cubra dichas modificaciones y variaciones cuando caigan dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

35 En general, la presente materia está orientada a un sistema y procedimiento para operar una turbina eólica conectada a una red eléctrica para minimizar las pérdidas de energía durante unas condiciones de baja velocidad del viento y/o de fallo(s). El sistema de energía de turbina eólica incluye un generador que tiene un estátor y un rotor del generador, un convertidor de potencia acoplado eléctricamente con el generador, un transformador principal acoplado eléctricamente con el convertidor de potencia y la red eléctrica, y un transformador auxiliar. Más concretamente, el transformador principal está conectado a la red eléctrica a través de una línea de tensión que comprende un equipo de conmutación de tensión. De este modo, el transformador auxiliar está conectado directamente a la línea de tensión, es decir, en lugar de estar conectado a la red a través del transformador principal. En consecuencia, el transformador auxiliar puede obtener energía de la red eléctrica incluso cuando el transformador principal es desconectado. Por lo tanto, el sistema y el procedimiento de la presente divulgación minimizan las pérdidas de energía de la turbina durante unas condiciones de baja velocidad del viento y/o de fallo(s).

50 En referencia ahora a los dibujos, la Figura 2 ilustra una vista en perspectiva de una parte de una turbina eólica de ejemplo 100 de acuerdo con la presente divulgación que está configurada para implementar el procedimiento y el aparato según se describe en este documento. La turbina eólica 100 incluye una góndola 102 que normalmente aloja un generador (que no se muestra). La góndola 102 está montada sobre una torre 104 que tiene cualquier altura adecuada que facilite la operación de la turbina eólica 100 tal y como se describe en el presente documento. La turbina eólica 100 también incluye un rotor 106 que incluye tres palas 108 acopladas a un buje rotatorio 110. Alternativamente, la turbina eólica 100 puede incluir cualquier número de palas 108 que facilite la operación de la turbina eólica 100 según se describe en este documento. La turbina eólica 100 puede incluir un sensor de velocidad del viento 124, por ejemplo, un anemómetro, configurado para medir la velocidad del viento en la turbina eólica 100 o cerca de la misma.

60 En referencia a la Figura 3, se ilustra una vista esquemática de un sistema de energía eléctrica y de control de ejemplo 200 que puede ser utilizado con la turbina eólica 100. Durante la operación, el viento impacta en las palas 108 y las palas 108 transforman energía eólica en un par de rotación mecánico que acciona de forma rotatoria un eje de baja velocidad 112 a través del buje 110. El eje de baja velocidad 112 está configurado para accionar una multiplicadora 114 que posteriormente aumenta la baja velocidad de rotación del eje de baja velocidad 112 para accionar un eje de alta velocidad 116 a una mayor velocidad de rotación. El eje de alta velocidad 116 generalmente está acoplado de forma rotatoria a un generador 118 para accionar de forma rotatoria un rotor del generador 122. En una forma de realización, el generador 118 puede

ser un generador (asíncrono) de rotor bobinado, trifásico, de inducción de doble alimentación (DFIG) que incluye un estátor del generador 120 acoplado magnéticamente con un rotor del generador 122. Como tal, se puede inducir un campo magnético rotatorio por parte del rotor del generador 122 y se puede inducir un voltaje dentro de un estátor del generador 120 que está acoplado magnéticamente con el rotor del generador 122. En una forma de realización, el generador 118 está configurado para convertir la energía mecánica rotacional en una señal de energía eléctrica trifásica de corriente alterna (CA) sinusoidal en el estátor del generador 120. La energía eléctrica asociada se puede transmitir a un transformador principal 234 a través de un bus del estátor 208, un conmutador de sincronización del estátor 206, un bus del sistema 216, un disyuntor del transformador principal 214 y un bus en el lado del generador 236. El transformador principal 234 aumenta la amplitud del voltaje de la energía eléctrica de tal manera que la energía eléctrica transformada puede ser transmitida además a la red a través de un bus en el lado del conmutador 240, un disyuntor de red 238 y un bus de red 242.

Además, el sistema de energía eléctrica y de control 200 puede incluir un controlador de turbina eólica 202 configurado para controlar cualquiera de los componentes de la turbina eólica 100. Por ejemplo, según se muestra en particular en la Figura 4, el controlador puede incluir uno o más procesadores 204 y uno o más dispositivos de memoria asociados 207 configurados para realizar una diversidad de funciones implementadas informáticamente (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenar datos relevantes según se divulga en este documento). Además, el controlador 202 también puede incluir un módulo de comunicaciones 209 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 202 y los diversos componentes de la turbina eólica 100, por ejemplo, cualquiera de los componentes de la Figura 3. Además, el módulo de comunicaciones 209 puede incluir una interfaz de sensores 211 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas por uno o más sensores sean convertidas en señales que puedan ser comprendidas y procesadas por los procesadores 204. Se debe tener en cuenta que los sensores (por ejemplo, los sensores 252, 254, 256, 258) pueden estar acoplados de forma comunicativa con el módulo de comunicaciones 209 utilizando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, según se muestra en la Figura 4, los sensores 252, 254, 256, 258 pueden estar acoplados a la interfaz de sensores 211 a través de una conexión por cable. Sin embargo, en otras formas de realización, los sensores 252, 254, 256, 258 pueden estar acoplados a la interfaz de sensores 211 a través de una conexión inalámbrica, utilizando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Como tal, el procesador 204 puede estar configurado para recibir una o más señales procedentes de los sensores.

Según se utiliza en el presente documento, el término "procesador" se refiere no sólo a circuitos integrados que en la técnica se consideran incluidos en un ordenador, sino también a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico para una aplicación y otros circuitos programables. El procesador 204 también está configurado para calcular algoritmos de control avanzados y comunicarse con una diversidad de protocolos basados en Ethernet o en serie (Modbus, OPC, CAN, etc.). Además, el dispositivo o dispositivos de memoria pueden incluir en general elementos de memoria que incluyen, pero no se limitan a, medios legibles por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio (RAM)), medios no volátiles legibles por ordenador (por ejemplo, una memoria flash), un disquete, una memoria de sólo lectura de disco compacto (CD-ROM), un disco magnetoóptico (MOD), un disco versátil digital (DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho dispositivo o dispositivos de memoria 207 pueden estar configurados en general para almacenar instrucciones apropiadas legibles por ordenador que, cuando son implementadas por el procesador o procesadores 204, configuran el controlador 202 para que realice las diversas funciones según se describen en este documento.

En referencia de nuevo a la Figura 3, el estátor del generador 120 puede estar acoplado eléctricamente a un conmutador de sincronización del estátor 206 a través de un bus del estátor 208. En una forma de realización, para facilitar la configuración del DFIG, el rotor del generador 122 está acoplado eléctricamente a un conjunto de conversión de potencia bidireccional 210 o a un convertidor de potencia a través de un bus del rotor 212. Alternativamente, el rotor del generador 122 puede estar acoplado eléctricamente con el bus del rotor 212 a través de cualquier otro dispositivo que facilite la operación del sistema de energía eléctrica y de control 200 según se describe en el presente documento. En una forma de realización adicional, el conmutador de sincronización del estátor 206 puede estar acoplado eléctricamente a un disyuntor del transformador principal 214 a través de un bus del sistema 216.

El conjunto de conversión de potencia 210 puede incluir un filtro del rotor 218 que está acoplado eléctricamente con el rotor del generador 122 a través del bus del rotor 212. Un bus de filtro de rotor 219 acopla eléctricamente el filtro de rotor 218 a un convertidor de potencia en el lado del rotor 220. Además, el convertidor de potencia en el lado del rotor 220 puede estar acoplado eléctricamente a un convertidor de potencia en el lado de la línea 222 a través de un solo enlace de corriente continua (CC) 244. Alternativamente, el convertidor de potencia en el lado del rotor 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 pueden estar acoplados eléctricamente mediante enlaces de CC individuales y separados. Además, según se muestra, el enlace de CC 244 puede incluir un terminal positivo 246, un terminal negativo 248 y al menos un condensador 250 acoplado entre los mismos.

Además, el bus del convertidor de potencia en el lado de la línea 223 puede acoplar eléctricamente el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 con un filtro de línea 224. Además, un bus de línea 225 puede acoplar eléctricamente el filtro de línea 224 a un contactor de línea 226. Además, el filtro de línea 224 puede incluir un reactor de línea (que no se muestra). Además, el contactor de línea 226 puede estar acoplado eléctricamente a un disyuntor de conversión 228 a través de un bus de disyuntor de conversión 230. Además, el disyuntor de conversión 228 puede estar acoplado eléctricamente con el disyuntor del transformador principal 214 a través del bus del sistema 216 y un bus de conexión 232. El disyuntor del transformador principal 214 puede estar acoplado eléctricamente a un transformador principal de energía eléctrica 234 a través del bus en el lado del generador 236. El transformador principal 234 puede estar acoplado eléctricamente a un disyuntor de red 238 a través de un bus en el lado del disyuntor 240. El disyuntor de red 238 puede estar conectado a la red de transmisión y distribución de energía eléctrica a través de un bus de red 242.

En operación, la energía de corriente alterna (CA) generada en el estátor del generador 120 por la rotación del rotor 106 es suministrada a través de una ruta doble al bus de red 242. Las rutas dobles están definidas por el bus del estátor 208 y el bus del rotor 212. En el lado del bus del rotor 212, se proporciona corriente alterna multifásica sinusoidal (por ejemplo, trifásica) al conjunto de conversión de potencia 210. El convertidor de potencia en el lado del rotor 220 convierte la potencia de CA suministrada por el bus del rotor 212 en potencia de CC y proporciona la potencia de CC al enlace de CC 244. Los elementos de conmutación (por ejemplo IGBT) utilizados en circuitos puente del convertidor de potencia en el lado del rotor 220 pueden ser modulados para convertir la potencia de CA suministrada por el bus del rotor 212 en potencia de CC adecuada para el enlace de CC 244.

El convertidor en el lado de la línea 222 convierte la potencia de CC del enlace de CC 244 en potencia de output de CA adecuada para el bus de red eléctrica 242. En particular, elementos de conmutación (por ejemplo IGBT) utilizados en circuitos puente del convertidor de potencia en el lado de la línea 222 pueden ser modulados para convertir la potencia de CC del enlace de CC 244 en potencia de CA en el bus del lado de la línea 225. La potencia de CA procedente del conjunto de conversión de potencia 210 se puede combinar con la potencia procedente del estátor 120 para proporcionar potencia multifásica (por ejemplo, potencia trifásica) que tiene una frecuencia que se mantiene sustancialmente a la frecuencia del bus de red eléctrica 242 (por ejemplo, 50Hz / 60Hz). Se debe entender que el convertidor de potencia en el lado del rotor 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222 pueden tener cualquier configuración que utilice cualquier dispositivo de conmutación que facilite la operación del sistema de energía eléctrica y de control 200 según se describe en este documento.

Además, el conjunto de conversión de potencia 210 puede estar acoplado en comunicación electrónica de datos con el controlador de turbina 202 y/o un controlador de convertidor separado o integral 262 para controlar la operación del convertidor de potencia en el lado del rotor 220 y el convertidor de potencia en el lado de la línea 222. Por ejemplo, durante la operación, el controlador 202 puede estar configurado para recibir una o más señales de medición de voltaje y/o corriente eléctrica procedente del primer conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 252. Por lo tanto, el controlador 202 puede estar configurado para monitorizar y controlar al menos algunas de las variables operacionales asociadas con la turbina eólica 100 a través de los sensores 252. En la forma de realización ilustrada, cada uno de los sensores 252 puede estar acoplado eléctricamente a cada una de las tres fases del bus de la red eléctrica 242. Alternativamente, los sensores 252 pueden estar acoplados eléctricamente a cualquier parte del sistema de energía eléctrica y de control 200 que facilite la operación del sistema de energía eléctrica y de control 200 según se describe en este documento. Además de los sensores que se han descrito anteriormente, los sensores también pueden incluir un segundo conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 254, un tercer conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 256, un cuarto conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 258 (que se muestran todos en la Figura 3), y/o cualesquiera otros sensores adecuados.

También se debe entender que se puede utilizar cualquier número o tipo de sensores de voltaje y/o corriente eléctrica dentro de la turbina eólica 100 y en cualquier ubicación. Por ejemplo, los sensores pueden ser transformadores de corriente, sensores de derivación, bobinas de Rogowski, sensores de corriente de efecto Hall, Micro Unidades de Medición Inercial (MIMU), o similares, y/o cualesquiera otros sensores de voltaje o corriente eléctrica adecuados conocidos en la actualidad o desarrollados posteriormente en la técnica.

Por lo tanto, el controlador del convertidor 262 está configurado para recibir una o más señales de retroalimentación de voltaje y/o corriente eléctrica procedentes de los sensores 252, 254, 256, 258. Más en concreto, en ciertas formas de realización, las señales de retroalimentación de voltaje o corriente pueden incluir al menos una de entre señales de retroalimentación de corriente de línea, señales de retroalimentación de convertidor en el lado de la línea, señales de retroalimentación de convertidor en el lado del rotor, señales de retroalimentación de corriente del estátor, señales de retroalimentación de voltaje de la línea, o señales de retroalimentación de voltaje del estátor. Por ejemplo, según se muestra en la forma de realización ilustrada, el controlador del convertidor 262 recibe señales de medición de voltaje y de

corriente eléctrica procedentes del segundo conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 254 acoplados en comunicación electrónica de datos con el bus del estátor 208. El controlador del convertidor 262 también puede recibir el tercer y cuarto conjunto de señales de medición de voltaje y de corriente eléctrica procedentes del tercer y cuarto conjunto de sensores de voltaje y de corriente eléctrica 256, 258. Además, el controlador del convertidor 262 puede estar configurado con cualquiera de las características que se describen en este documento en relación con el controlador principal 202. Además, el controlador del convertidor 262 puede estar separado o integrado con el controlador principal 202. Como tal, el controlador del convertidor 262 está configurado para implementar las diversas etapas del procedimiento según se describe en este documento y puede estar configurado de forma similar al controlador de la turbina 202.

En referencia ahora a la Figura 5, se ilustra una vista simplificada y esquemática de una forma de realización de un sistema de energía eléctrica de turbina eólica 300 configurado para minimizar pérdidas de energía. Según se muestra, el sistema de energía eléctrica de turbina eólica 300 incluye un generador 118 que tiene un estátor del generador 120 y un rotor del generador 122, un convertidor de potencia 210 acoplado eléctricamente con el generador 118, un transformador principal 234, es decir, un transformador de media tensión, acoplado eléctricamente con el convertidor de potencia 210 y con la red eléctrica 304 a través del bus de red 242, y un transformador auxiliar 302. Más en concreto, según se muestra, el transformador principal 234 está conectado a la red eléctrica 304 a través de una línea de tensión 306, es decir, una línea de media tensión, que tiene un correspondiente equipo de conmutación de tensión 308. De este modo, según se muestra, el transformador auxiliar 302 está conectado directamente a la línea de tensión 306, es decir, en lugar de estar conectado a la red eléctrica 304 a través del transformador principal 234 (según se muestra en la Figura 1 que ilustra un sistema convencional 10). En concreto, según se muestra, el transformador auxiliar 302 puede estar conectado directamente a la línea de tensión 306 entre el equipo de conmutación de tensión 308 y la red eléctrica 304.

En otra forma de realización como parte de la invención, según se ha mencionado, el sistema de energía eléctrica 300 incluye un controlador tal como, por ejemplo, un controlador de turbina 202, que está configurado para controlar la operación del sistema de energía 300. De este modo, en formas de realización adicionales, los sensores (por ejemplo, los sensores 124, 252, 254, 256, 258) están configurados para monitorizar el sistema de energía 300 para condiciones de baja velocidad del viento y/o condiciones de fallo(s). Como tal, si se detectan condiciones de baja velocidad del viento y/o condiciones de fallo(s), el controlador 202 está configurado para abrir el equipo de conmutación de tensión 308 para desconectar el transformador principal 234 de la red eléctrica 304. Más en concreto, en ciertas formas de realización, el equipo de conmutación de tensión 308 puede incluir un motor 312. Por lo tanto, el controlador 202 puede estar configurado para controlar el motor 312 para que abra y cierre automáticamente el equipo de conmutación de tensión 308.

En formas de realización adicionales como parte de la invención, el transformador auxiliar 302 permanece conectado a la red 304 durante dicha desconexión, obteniendo con ello energía directamente de la red 304 a través de la línea de tensión 306 durante condiciones de baja velocidad del viento y/o de fallo(s). De este modo, el transformador auxiliar 234 puede continuar manteniendo los límites de operación, de manera que el controlador de la turbina 202, anemómetros, calentadores, ventiladores, etc. pueden permanecer operativos. Después de que las condiciones de baja velocidad del viento y/o de fallo(s) hayan pasado, el controlador 202 está configurado para cerrar el equipo de conmutación de tensión 308 para conectar de nuevo el transformador principal 234 a la red eléctrica 304. En otra forma de realización, el sistema de energía 300 también puede incluir un fusible auxiliar 310 entre el transformador auxiliar 302 y la línea de tensión 306.

En referencia ahora a la Figura 6, se ilustra un diagrama de flujo de una forma de realización de un procedimiento 400 para operar el sistema de energía 300 de la Figura 5 para minimizar pérdidas de energía. Según se muestra en 402, el procedimiento 400 incluye monitorizar, a través de uno o más sensores (por ejemplo, los sensores 124, 252, 254, 256, 258), al menos una de entre una condición de velocidad del viento o una condición de red de la red eléctrica 304. Más en concreto, la condición de velocidad del viento incluye una condición de baja velocidad del viento. Según se utiliza en este documento, una condición de baja velocidad del viento se refiere a un valor de velocidad del viento inferior a una velocidad del viento de arranque. La velocidad del viento de arranque se refiere en general a la velocidad del viento a la que la turbina eólica comienza a generar energía. Por lo tanto, para muchas turbinas eólicas, la velocidad del viento de arranque puede ser de unos 3 metros/segundo (m/s) hasta unos 5 m/s. Como tal, velocidades del viento bajas pueden incluir valores de velocidad del viento inferiores a unos 3 m/s. Se debe entender, sin embargo, que las velocidades del viento bajas pueden variar de una turbina a otra. Las condiciones de la red que se describen en el presente documento se pueden referir en general a cualquier condición de la red que indique la presencia de un fallo en la red eléctrica 304.

Según se muestra en 404, el procedimiento 400 también incluye acoplar eléctricamente el transformador auxiliar 302 directamente a la línea de media tensión 306. Más en concreto, según se muestra, el procedimiento 400 también puede incluir acoplar eléctricamente el transformador auxiliar 302 directamente

a la línea de tensión 306 entre el equipo de conmutación de tensión 308 y la red eléctrica 304. Además, en ciertas formas de realización, la etapa de acoplar eléctricamente el transformador auxiliar 302 directamente a la línea de media tensión 306 puede incluir proporcionar un fusible auxiliar 310 entre el transformador auxiliar 302 y la línea de tensión 306. En dichas formas de realización, el procedimiento 400 puede incluir además controlar, a través del controlador de la turbina 202, unos motores 312, 314 del equipo de conmutación de tensión 308 para abrir y/o cerrar automáticamente el equipo de conmutación de tensión 308 en respuesta a una baja velocidad del viento y/o a condiciones de fallo(s).

Como tal, según se muestra en 406, si se detecta una condición de baja velocidad del viento o una condición de fallo(s), el procedimiento 400 incluye desconectar, a través del controlador de la turbina 202, el transformador principal 234 de la red eléctrica 304 mientras el transformador auxiliar 302 permanece conectado a la red eléctrica 304. Más en concreto, en ciertas formas de realización, la etapa de desconectar el transformador principal 234 de la red eléctrica 304 puede incluir abrir el equipo de conmutación de tensión 308, es decir, el controlador puede enviar una señal al motor 312 del equipo de conmutación de tensión 308 para que se abra.

Además, según se muestra en 408, el procedimiento 400 incluye obtener energía directamente de la red eléctrica 304 a través del transformador auxiliar 302 mientras el transformador principal 234 está desconectado de la red eléctrica 304. Una vez pasada la condición de baja velocidad del viento y/o la condición de fallo(s), según se muestra en 210, el procedimiento 400 incluye cerrar el equipo de conmutación de tensión 308, por ejemplo, a través del controlador de la turbina 202, con el fin de conectar de nuevo el transformador principal 234 a la red eléctrica 304. Los sensores pueden determinar si ha pasado la condición de baja velocidad del viento y/o la condición de fallo(s) según se describe en este documento.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, que incluyen el modo preferido, y también para permitir a cualquier persona experta en la materia poner en práctica la invención, que incluye la fabricación y el uso de cualesquiera dispositivos o sistemas y la realización de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones, y puede incluir otros ejemplos que se les ocurran a los expertos en la materia. Se pretende que estos otros ejemplos estén dentro del alcance de las reivindicaciones si incluyen elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones, o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias insustanciales con respecto a los lenguajes literales de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300) conectado a una red eléctrica (304), comprendiendo el sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300):

un generador (118) que comprende un estátor del generador (120) y un rotor del generador (106);

un convertidor de potencia (210) acoplado eléctricamente con el generador (118);

un transformador principal (234) acoplado eléctricamente con el convertidor de potencia (210) y con la red eléctrica (304), estando el transformador principal (234) conectado a la red eléctrica (304) a través de una línea de tensión (306) que incluye un equipo de conmutación de tensión (308);

un transformador auxiliar (302) conectado directamente a la línea de tensión (306), en el que el transformador auxiliar (302) está configurado para obtener energía directamente de la red eléctrica (304) a través de la línea de tensión (306);

al menos un sensor (124) para medir una velocidad del viento cerca del sistema de energía eléctrica de la turbina eólica (300); **caracterizado por que** el sistema de energía eléctrica comprende: un controlador (202) acoplado comunicativamente a al menos un sensor (124), en el que, cuando la velocidad del viento es inferior a una velocidad del viento de arranque del sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300), el controlador (202) abre el equipo de conmutación de tensión (308) para desconectar el transformador principal (234) de la red eléctrica (304) y, después de desconectar el transformador principal (234) de la red eléctrica (304), el transformador auxiliar (302) obtiene energía directamente de la red eléctrica (304) a través de la línea de tensión (306).

2. El sistema de energía (300) de la reivindicación 1, en el que el transformador auxiliar (302) está conectado directamente a la línea de tensión (306) entre el equipo de conmutación de tensión (308) y la red eléctrica (304).

3. El sistema de energía (300) de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que, después de que hayan pasado las condiciones de baja velocidad del viento o de fallo(s), el controlador (202) está configurado para cerrar el equipo de conmutación de tensión (308) para conectar de nuevo el transformador principal (234) a la red eléctrica (304).

4. El sistema de energía (300) de cualquier reivindicación anterior, que comprende además un fusible auxiliar (310) entre el transformador auxiliar (302) y la línea de tensión (306).

5. El sistema de energía (300) de cualquier reivindicación anterior, en el que el equipo de conmutación de tensión (308) comprende un motor (312), estando el controlador (202) configurado para controlar el motor (312) para que abra y cierre automáticamente el equipo de conmutación de tensión (308).

6. Un procedimiento (400) para operar un sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300) conectado a una red eléctrica (304) para minimizar pérdidas de energía, teniendo el sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300) un transformador principal (234) acoplado eléctricamente a la red eléctrica (304) a través de una línea de media tensión (306) que tiene un equipo de conmutación de tensión (308), comprendiendo el procedimiento (400):

monitorizar, a través de uno o más sensores (252, 254, 256, 258, 262), una condición de velocidad del viento cerca del sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300);

acoplar eléctricamente un transformador auxiliar (302) directamente con la línea de media tensión (306); y

si la velocidad del viento es inferior a una velocidad del viento de arranque del sistema de energía eléctrica de turbina eólica (300), desconectar, a través de un controlador de turbina (202), el transformador principal (234) de la red eléctrica (304), mientras que el transformador auxiliar (302) permanece conectado a la red eléctrica (304) y obtiene energía directamente de la red eléctrica (304) a través de la línea de media tensión (306).

7. El procedimiento (400) de la reivindicación 6, que incluye además acoplar eléctricamente el transformador auxiliar (302) directamente a la línea de media tensión (306) entre el equipo de conmutación de tensión (308) y la red eléctrica (304).

8. El procedimiento (400) de la reivindicación 6 o la reivindicación 7, en el que desconectar el transformador principal (234) de la red eléctrica (304), comprende abrir el equipo de conmutación de tensión (308).

9. El procedimiento (400) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8, en el que, después de que la velocidad del viento aumente por encima de la velocidad del viento de arranque, el procedimiento (400) incluye además cerrar el equipo de conmutación de tensión (308) a través del controlador de turbina para conectar de nuevo el transformador principal (234) a la red eléctrica (304).

10. El procedimiento (400) de cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9, que comprende además proporcionar un fusible auxiliar (310) entre el transformador auxiliar (302) y la línea de media tensión (306).

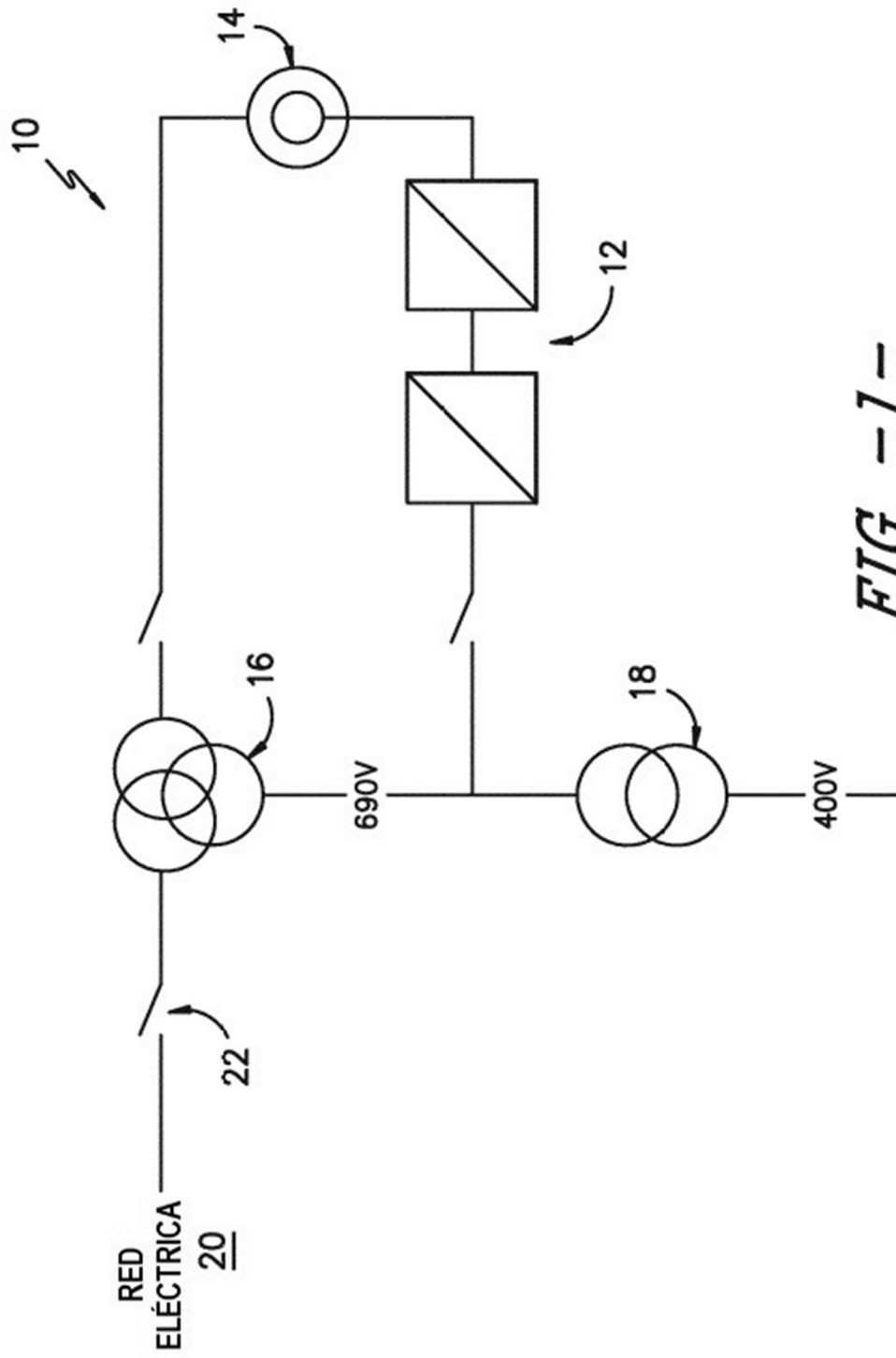


FIG. -1-
TÉCNICA ANTERIOR

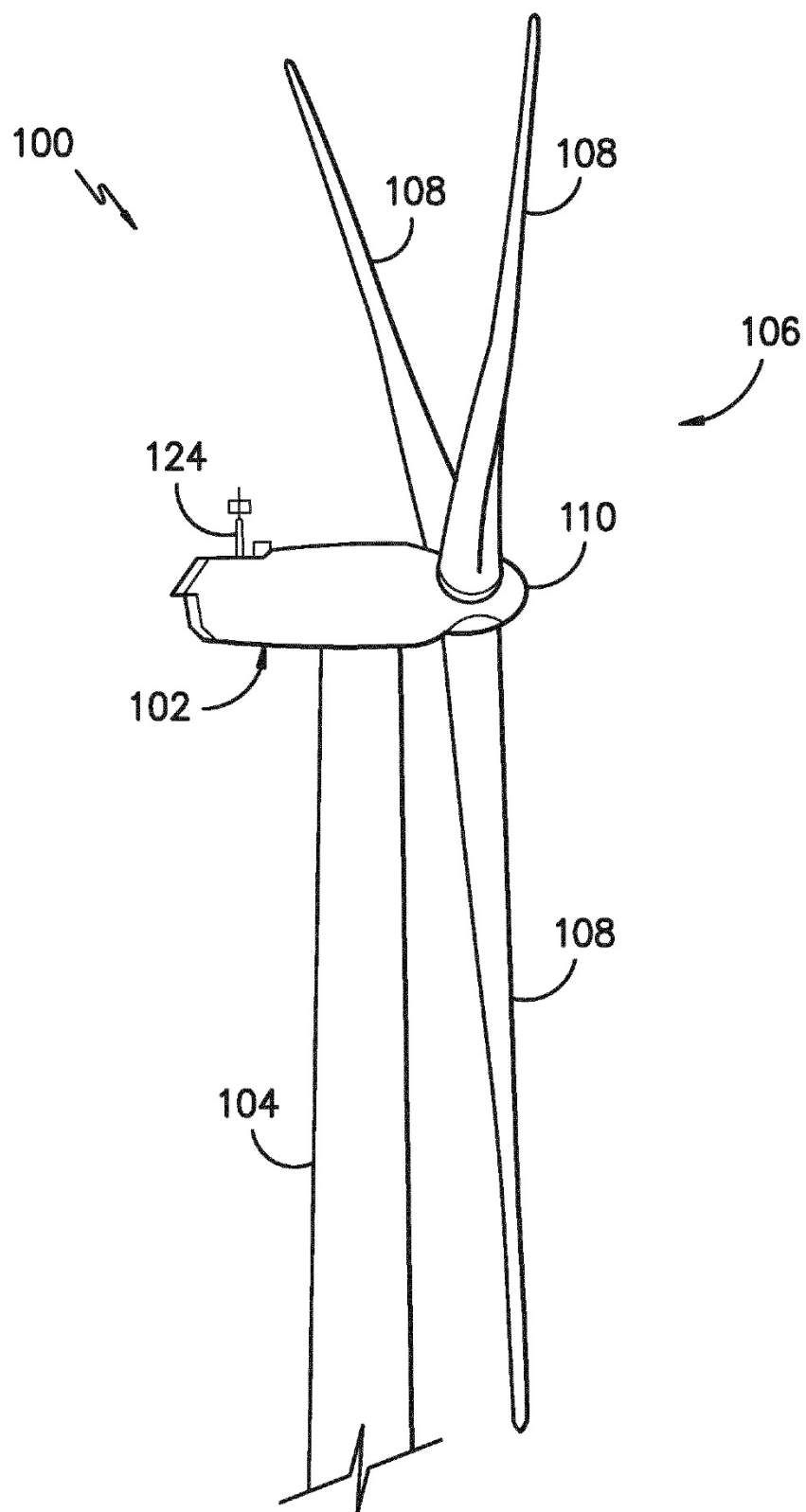
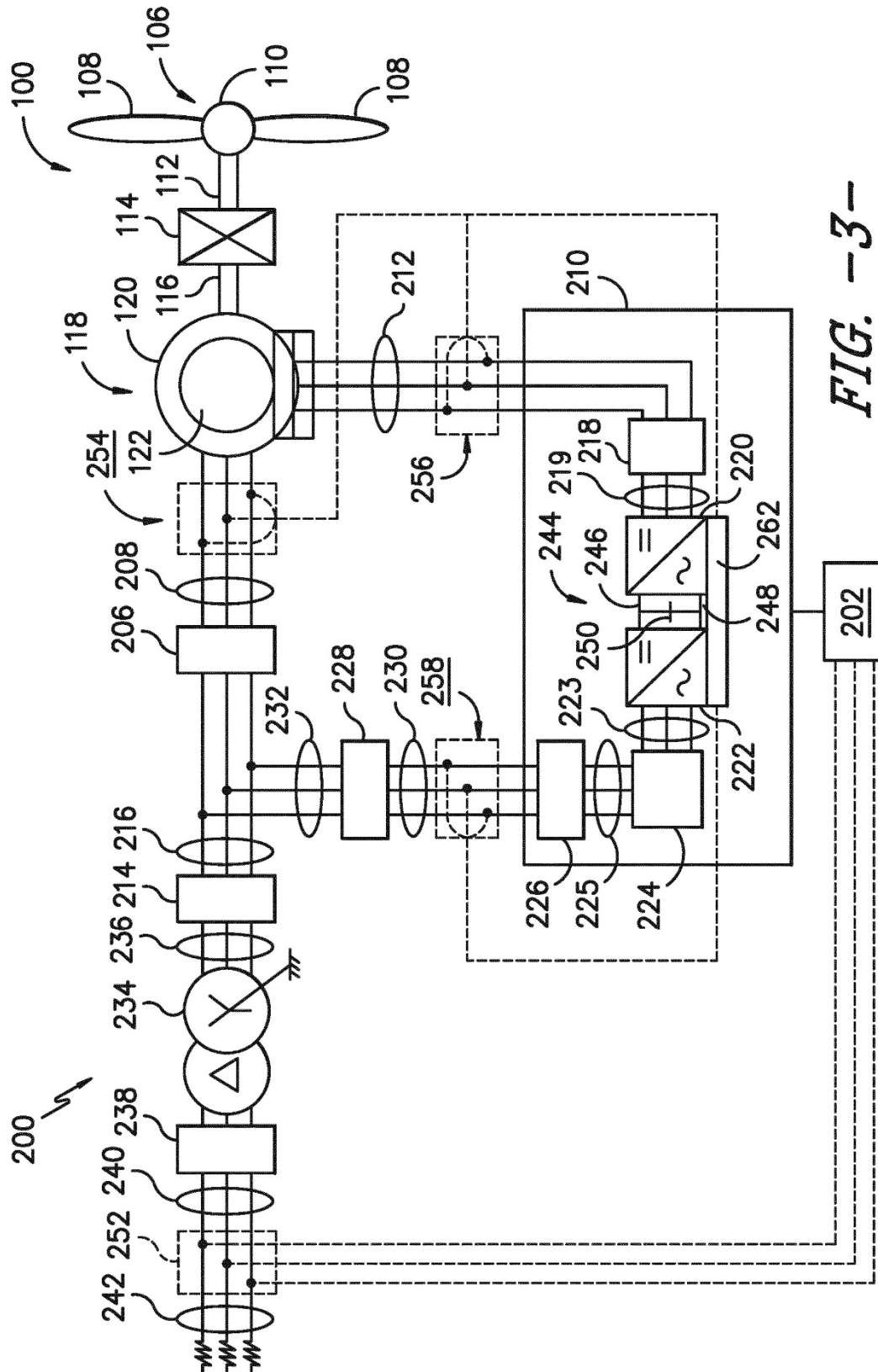


FIG. -2-



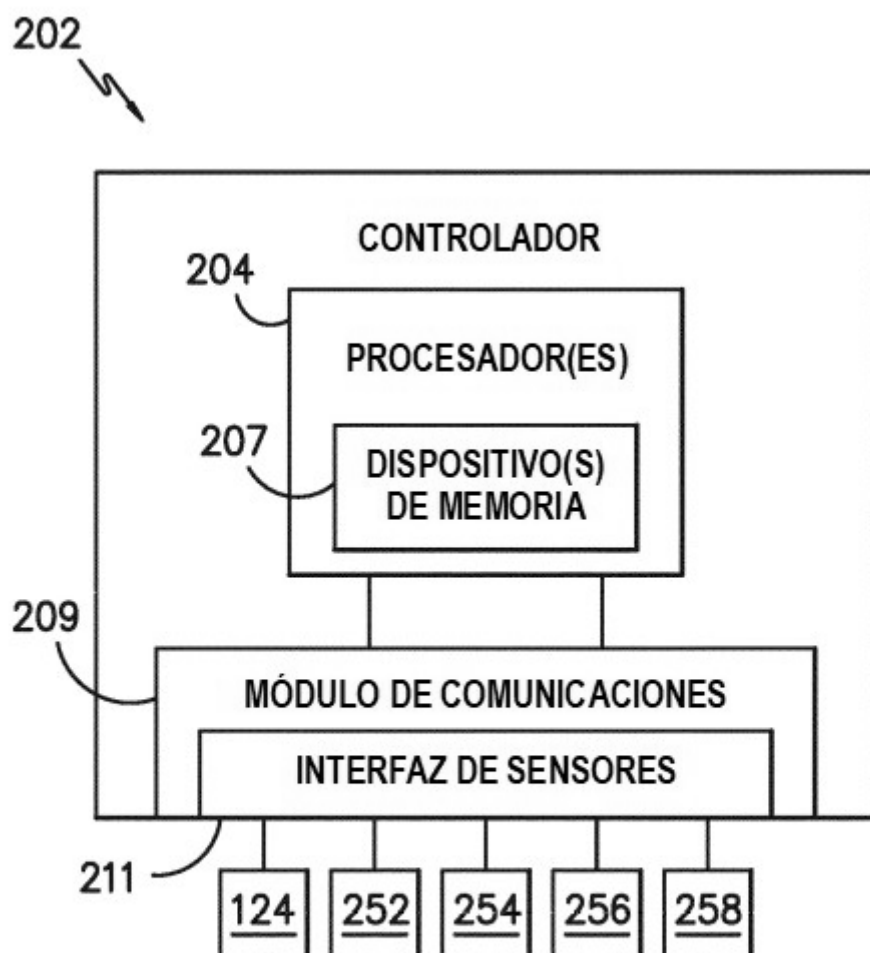


FIG. -4-

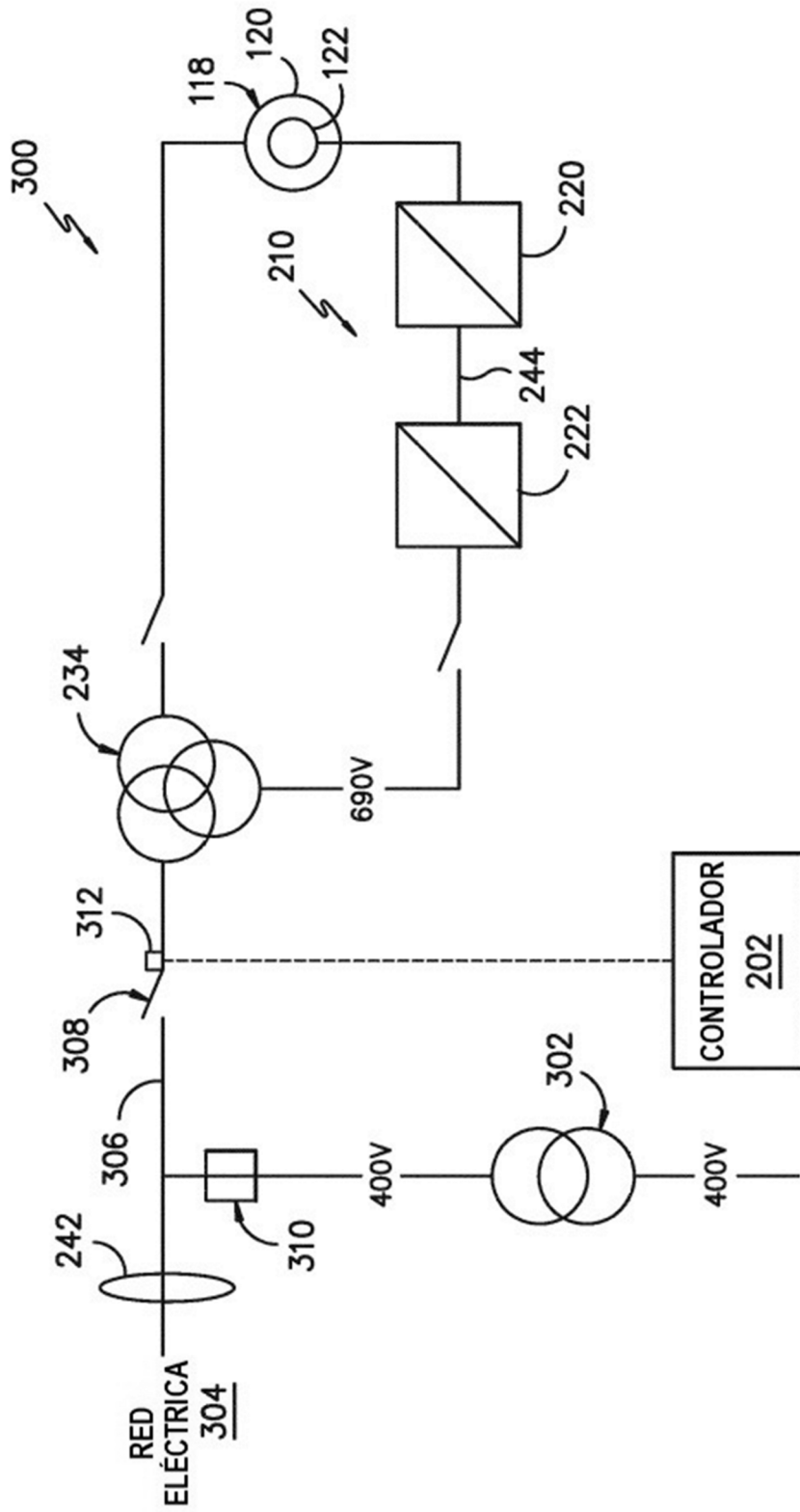


FIG. -5-

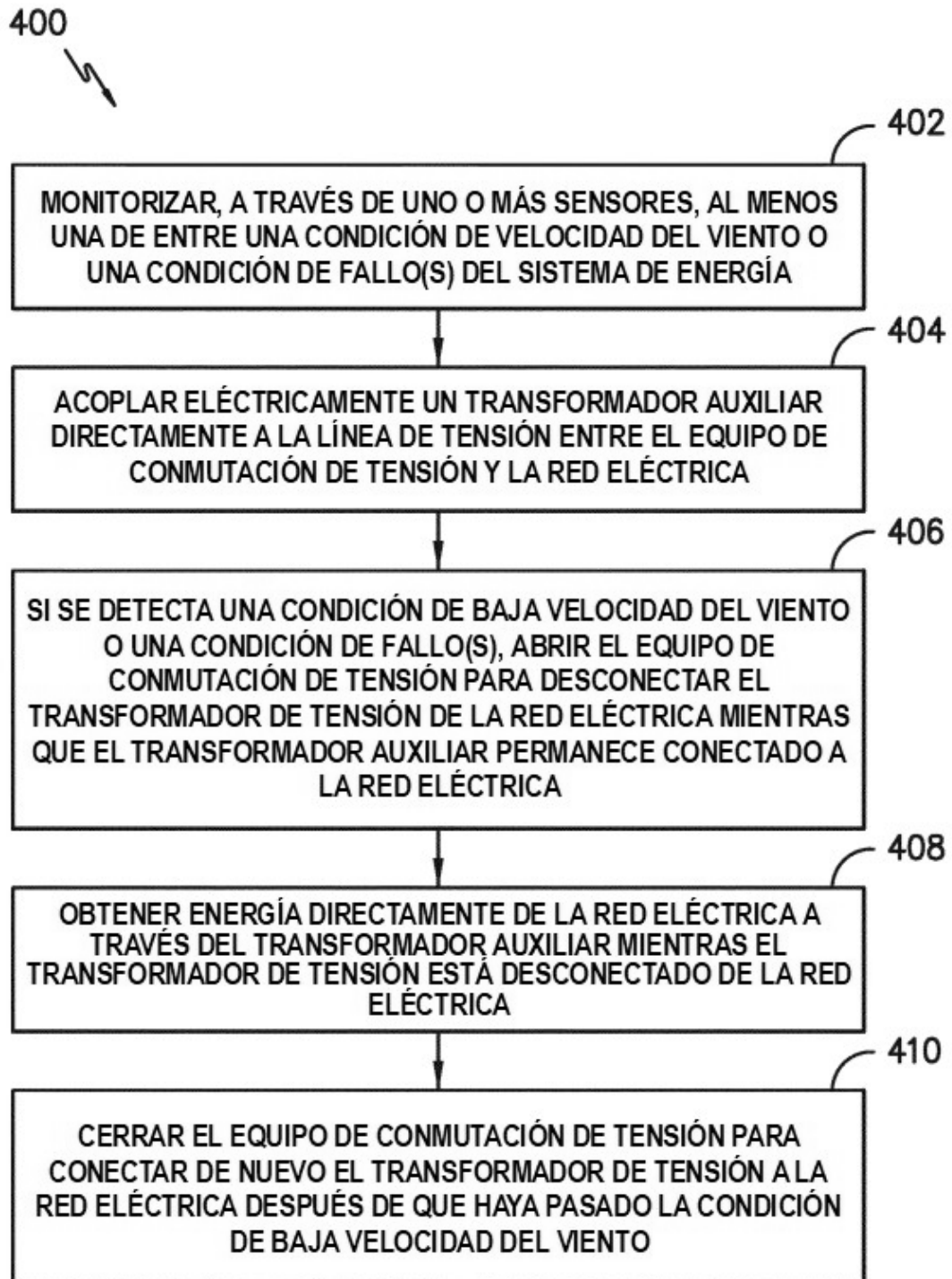


FIG. -6-