

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 303**

51 Int. Cl.:

**H02P 3/22** (2006.01)

**H02P 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.07.2012 PCT/DK2012/050278**

87 Fecha y número de publicación internacional: **31.01.2013 WO13013678**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.07.2012 E 12740886 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.06.2019 EP 2737622**

54 Título: **Una disposición de disipación de potencia en una turbina eólica**

30 Prioridad:

**27.07.2011 DK 201170410**

**28.07.2011 US 201161512436 P**

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

**28.11.2019**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**STYHM, OVE;**

**TRIPATHI, ANSHUMAN y**

**GUPTA, AMIT KUMAR**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

ES 2 733 303 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**

Una disposición de disipación de potencia en una turbina eólica

**5 Campo de la invención**

La presente invención se refiere en general a una disposición de disipación de potencia, y en particular a una disposición de disipación de potencia para uso en una turbina eólica.

**10 Antecedentes de la invención**

Una turbina eólica es un sistema de conversión de energía que convierte energía del viento cinética en energía eléctrica para redes eléctricas de utilidad. Específicamente, cuando se incide en palas del generador de turbina eólica (WTG) se provoca que un rotor del WTG rote. La energía mecánica del rotor rotativo a su vez se convierte en energía eléctrica por un generador eléctrico. Un tipo de turbina eólica que proporciona potencia eléctrica de frecuencia constante es una turbina eólica de velocidad fija. Este tipo de turbina eólica requiere un rotor generador que rota a una velocidad constante. Otro tipo de turbina eólica es una turbina eólica de velocidad variable. Este tipo de turbina eólica permite que el generador rote a velocidades variables para acomodarse a las velocidades del viento fluctuantes.

Una turbina eólica basada en un convertidor de potencia de escala completa (que es un tipo de turbina eólica de velocidad variable) normalmente incluye un convertidor de potencia que tiene un convertidor de lado del generador acoplado a un convertidor de lado de red mediante un enlace de corriente continua (CC). El convertidor del lado del generador regula la potencia del generador. Esta potencia pasa a través del enlace de CC, y finalmente se suministra en la red a través del convertidor del lado de red y los otros componentes de potencia. El convertidor del lado de red regula la potencia del lado de red. Esto mismo es cierto para los sistemas de generador de inducción doblemente alimentados (DFIG) donde solo una porción de la potencia del generador puede pasar a través del convertidor de potencia.

Una turbina eólica puede recibir una solicitud de apagado, por ejemplo debido a un fallo extremo en la red, un fallo de componente en la turbina/parque eólico o que se solicite por el operador de la red. Una unidad de disipación de potencia se aplica normalmente a enrollamientos del generador para que se disipe la potencia desde el generador durante el apagado. Esto asegura que cuando existe una pérdida repentina de potencia, no existe un cambio significativo en el par del árbol.

La activación de la unidad de disipación para disipar potencia desde el generador se controla normalmente por conmutadores de potencia y circuitos de control. Para que la turbina eólica se apague apropiadamente con seguridad, es crucial que la unidad de disipación, los conmutadores asociados y los circuitos de control sean fiables. Si uno cualquiera de los componentes es defectuoso, debería ser detectable fácilmente para asegurar que el tren de accionamiento no se vea comprometido en su salud.

Por tanto, es aconsejable proporcionar una disposición de disipación de potencia que tiene una mayor fiabilidad en comparación con el estado de la técnica existente.

El documento WO2010/023127 divulga una disposición de disipación de potencia, en la que el generador comprende una pluralidad de terminales de salida correspondientes a una salida multifase, la disposición de disipación de potencia comprende: una pluralidad de unidades de disipación, cada unidad de disipación con un primer terminal y un segundo terminal, en el que el primer terminal de cada unidad de disipación se acopla a cada terminal de salida del generador; una pluralidad de conmutadores semiconductores, cada conmutador semiconductor que tiene un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta.

**50 Sumario de la invención**

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, una disposición de disipación de potencia para disipar potencia desde un generador en una turbina eólica se proporciona. El generador comprende una pluralidad de terminales de salida correspondientes a salida de multifase. La disposición de disipación de potencia comprende una pluralidad de unidades de disipación, una pluralidad de conmutadores semiconductores, un circuito de activación para conmutar los conmutadores semiconductores y una unidad de control para controlar la operación del circuito de activación, controlando así la conmutación de los conmutadores semiconductores.

Cada unidad de disipación incluye un primer terminal y un segundo terminal. El primer terminal de cada unidad de disipación se acopla a cada terminal de salida del generador. Cada conmutador semiconductor incluye un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta. El primer terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de cada unidad de disipación y el segundo terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de otra unidad de disipación, de manera que el terminal de cada unidad de disipación se acopla al primer terminal de un conmutador semiconductor y el segundo terminal de otro conmutador semiconductor. El circuito de activación se acopla a los terminales de compuerta de la pluralidad de conmutadores

semiconductores para conmutar los conmutadores semiconductores.

De acuerdo con un segundo aspecto de la invención, una disposición de disipación de potencia para disipar potencia desde un generador en una turbina eólica se proporciona. El generador comprende un primer, segundo y tercer terminal de salida correspondientes a una salida trifásica. La disposición de disipación de potencia comprende una primera, segunda y tercera unidad de disipación, un primer, segundo y tercer conmutador semiconductor, un circuito de activación para conmutar los conmutadores semiconductores y una unidad de control para controlar el funcionamiento del circuito de activación, controlando así la conmutación de los conmutadores semiconductores.

Cada una de la primera, segunda y tercera unidad de disipación tiene un primer terminal y un segundo terminal. El primer terminal de la primera unidad de disipación se acopla al primer terminal de salida del generador, el primer terminal de la segunda unidad de disipación se acopla al segundo terminal de salida del generador y el primer terminal de la tercera unidad de disipación se acopla al tercer terminal de salida del generador.

Cada uno del primer, segundo y tercer conmutador semiconductor tiene un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta. El primer terminal del primer conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la primera unidad de disipación y el segundo terminal del primer conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la segunda unidad de disipación, el primer terminal del segundo conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la segunda unidad de disipación y el segundo terminal del segundo conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la tercera unidad de disipación, y el primer terminal del tercer conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la tercera unidad de disipación y el segundo terminal del tercer conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de la primera unidad de disipación. El circuito de activación se acopla a los terminales de compuerta del primer, segundo y tercer conmutador semiconductor para conmutar los conmutadores semiconductores.

De acuerdo con un tercer aspecto de la invención, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica comprende un generador con una pluralidad de terminales de salida correspondientes a una salida de potencia multifase, un convertidor de potencia para convertir la salida de potencia desde el generador, y una disposición de disipación de potencia para disipar potencia desde el generador. La disposición de disipación de potencia incluye una pluralidad de unidades de disipación, una pluralidad de conmutadores semiconductores, un circuito de activación para conmutar los conmutadores semiconductores y una unidad de control para controlar el funcionamiento del circuito de activación, controlando así la conmutación de los conmutadores semiconductores.

Cada unidad de disipación incluye un primer terminal y un segundo terminal. El primer terminal de cada unidad de disipación se acopla a cada terminal de salida del generador. Cada conmutador semiconductor incluye un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta. El primer terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de cada unidad de disipación y el segundo terminal del conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de otra unidad de disipación, de manera que el segundo terminal de cada unidad de disipación se acopla al primer terminal de un conmutador semiconductor y el segundo terminal de otro conmutador semiconductor. El circuito de activación se acopla a los terminales de compuerta de la pluralidad de conmutadores semiconductores para conmutar los conmutadores semiconductores.

#### Breve descripción de los dibujos

La invención se entenderá mejor en referencia a la descripción detallada cuando se considere junto con los ejemplos no limitantes y los dibujos adjuntos.

La figura 1 muestra una estructura general de una turbina eólica.

La figura 2 muestra una disposición de sistema eléctrico de la turbina eólica.

La figura 3 muestra una disposición de disipación de potencia ejemplar en la turbina eólica según una realización.

#### Descripción detallada de la invención

A continuación, se hará referencia a realizaciones de la invención. Sin embargo, debería entenderse que la invención no se limita a las realizaciones descritas específicas.

Además, en diversas realizaciones, la invención proporciona numerosas ventajas sobre la técnica anterior. Sin embargo, aunque las realizaciones de la invención pueden lograr ventajas sobre otras posibles soluciones y/o sobre la técnica anterior, si una ventaja particular se logra o no por una realización determinada no es limitante para la invención. Así, los siguientes aspectos, características, realizaciones y ventajas son únicamente ilustrativas y no se consideran elementos o limitaciones de las reivindicaciones adjuntas excepto donde se menciona explícitamente en las reivindicaciones. Igualmente, la referencia a "la invención" no debería interpretarse como una generalización de ninguna materia objeto inventiva divulgada en este caso y no debería considerarse como un elemento o limitación de las reivindicaciones adjuntas excepto donde se mencione explícitamente en las reivindicaciones.

Una disposición de disipación de potencia para disipar potencia desde un generador en una turbina eólica se proporciona. El generador comprende terminales de salida correspondientes a salida multifase. La disposición de disipación de potencia comprende una pluralidad de unidades de disipación, una pluralidad de conmutadores semiconductores, un circuito de activación para conmutar los conmutadores semiconductores y una unidad de control para controlar el funcionamiento del circuito de activación, controlando así la conmutación de los conmutadores semiconductores.

Cada unidad de disipación incluye un primer terminal y un segundo terminal. El primer terminal de cada unidad de disipación se acopla a cada terminal de salida del generador. Cada conmutador semiconductor incluye un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta. El primer terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de cada unidad de disipación y el segundo terminal del conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de otra unidad de disipación, de manera que el segundo terminal de cada unidad de disipación se acopla al primer terminal de un conmutador semiconductor y el segundo terminal de otro conmutador semiconductor. El circuito de activación se acopla a los terminales de compuerta de la pluralidad de conmutadores semiconductores para conmutar los conmutadores semiconductores.

El generador es una máquina electromecánica capaz de convertir energía mecánica en energía eléctrica. El generador usado en una turbina eólica podría ser cualquier tipo de generador incluyendo pero sin limitarse a un generador de imán permanente, un generador síncrono y generador de inducción doblemente alimentado. El generador tiene normalmente una pluralidad de enrollamientos que proporcionan una salida de potencia multifase, con cada fase de la salida de potencia en cada enrollamiento. Normalmente un generador tiene una salida trifásica con cada fase desplazada con las otras dos fases por 120 grados.

La unidad de disipación incluye cualquier componente adecuado para disipar potencia. Por ejemplo, la unidad de disipación puede incluir un resistor o un banco de resistores. El flujo de corriente entre el primer terminal y el segundo terminal del conmutador semiconductor se bloquea. Para hacer que el conmutador semiconductor esté en un estado de conducción o activar el conmutador semiconductor, una señal de compuerta adecuada se aplica al terminal de compuerta. Esta señal de compuerta se aplica por el circuito de activación que se acopla a los terminales de compuerta de la pluralidad de conmutadores semiconductores. Los conmutadores semiconductores y las unidades de disipación se conectan de manera que el segundo terminal de cada unidad de disipación se acopla al primer terminal de un conmutador semiconductor y el segundo terminal de otro conmutador semiconductor diferente. Cuando los conmutadores semiconductores se activan o conmutan, estos están en estado de conducción y la potencia del generador se disipa a través de las unidades de disipación.

La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la invención usa componentes electrónicos de potencia mínimos en comparación con la técnica anterior. Específicamente, solo un conmutador semiconductor es necesario para cada fase. Por ejemplo, para un generador con una salida de potencia trifásica, solo tres conmutadores semiconductores son necesarios. Cuantos menos componentes se usan, la probabilidad de que uno cualquiera de los componentes falle también se reduce. Por consiguiente, la fiabilidad de la disposición de disipación de potencia se incrementa. Cuantos menos componentes se usan, también se producen ahorros en espacio y coste. Como será aparente en la descripción posterior, esta disposición de disipación de potencia también permite que los componentes defectuosos en el sistema se identifiquen fácilmente y por tanto puedan sustituirse con antelación a la operación de la turbina eólica. Esto reduce los tiempos de parada de turbina innecesarios.

De acuerdo con una realización, los conmutadores semiconductores comprenden tiristores, transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) o transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico (MOSFET). Un tiristor comprende un ánodo, un cátodo y un terminal de compuerta. El ánodo y el cátodo del tiristor se corresponden con el primer terminal y segundo terminal del conmutador semiconductor, respectivamente. Un IGBT comprende un colector, un emisor y un terminal de compuerta. El colector y emisor del IGBT se corresponden con el primer terminal y segundo terminal del conmutador semiconductor, respectivamente. Un MOSFET comprende un drenaje, una fuente y un terminal de compuerta. El drenaje y la fuente del MOSFET se corresponden con el primer terminal y segundo terminal del conmutador semiconductor, respectivamente.

Debería apreciarse que otros tipos de conmutadores semiconductores, tal como rectificadores controlados de silicio (SCR), transistores de juntura bipolar (BIT), tiristores controlados MOS (MCT), tiristores de desactivación de compuerta (GTO), etc., pueden usarse en otras realizaciones.

De acuerdo con una realización, la unidad de control controla el funcionamiento del circuito de activación en función de entradas obtenidas desde al menos una de la tensión en el primer y segundo terminal de la unidad de disipación, la corriente de los terminales de salida del generador, la temperatura de las unidades de disipación y una señal de apagado. La unidad de control no debería limitarse a obtener entrada solo a través de estas cuatro fuentes de entrada mencionadas en esta realización. La unidad de control también puede recibir entrada desde otras fuentes para decidir si los conmutadores semiconductores deberían activarse. Por ejemplo, la unidad de control puede activar los conmutadores semiconductores en función de tensiones de red o en función de la distribución desde un operador de la turbina eólica.

De acuerdo con una realización, la turbina eólica comprende un control de turbina, y en el que la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores cuando la unidad de control ha detectado una señal de apagado desde el control de turbina, provocando así que la potencia del generador se disipe a través de las unidades de disipación de potencia. El control de turbina puede ser un controlador central en la turbina eólica para controlar el funcionamiento general de la turbina, un controlador de seguridad para asegurarse de la operación segura de la turbina o cualquier controlador distribuido para realizar cualquier función de control. Cuando el control de turbina determina que la turbina debería apagarse, por ejemplo debido a cargas inaceptables de componente de turbina o condiciones de viento desfavorables, envía una señal de apagado para iniciar el proceso de apagado. Cuando tal señal de apagado se recibe por la unidad de control, los conmutadores semiconductores se activan para disipar la potencia del generador.

De acuerdo con una realización, la disposición de disipación de potencia comprende además una unidad de medición de tensión, en el que la unidad de medición de tensión se configura para medir las tensiones en el segundo terminal de las unidades de disipación. Las tensiones en los segundos terminales de las unidades de disipación corresponden a la tensión de salida del generador. Si los conmutadores semiconductores están en estado de conducción, las tensiones en el segundo terminal de la unidad de disipación son cero. Debería apreciarse que también es posible medir las tensiones en los primeros terminales de las unidades de disipación en una realización alternativa.

De acuerdo con una realización, la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores para disipar potencia desde el generador a través de las unidades de disipación cuando las tensiones medidas exhiben una característica de tensión predeterminada. De acuerdo con una realización adicional, las características de tensión predeterminadas comprenden al menos una de asimetría en las tensiones medidas y al menos una de las tensiones medidas está fuera de un intervalo predeterminado.

La tensión en cada terminal de salida (tensión de línea) se mide (o supervisa) y procesa. La supervisión de las tensiones de línea incluye, pero no se limita, a filtrar las tensiones, determinar la medida cuadrática (rms) de las tensiones, sumar y promediar las tensiones, y observar la asimetría en las tensiones. Si existe una asimetría significativa en las tensiones medidas, esto puede indicar que el generador está generando tensiones asimétricas, uno o más conmutadores semiconductores están en estado de conducción o cualquier otro componente asociado es defectuoso. Por consiguiente, los conmutadores semiconductores se activan por la unidad de control. La unidad de control también puede activar los conmutadores semiconductores cuando se detecta que una de las tensiones medidas es demasiado alta o demasiado baja, es decir fuera de un intervalo predeterminado. Si una de las tensiones medidas es demasiado baja, por ejemplo casi cero, esto puede indicar que uno de los componentes es defectuoso. Por consiguiente, la turbina se apaga y los conmutadores semiconductores se conmutan para disipar la potencia del generador. Por tanto, la realización asegura que cuando existe un fallo en el generador o los conmutadores semiconductores, la turbina eólica se apaga y la unidad de disipación se activa para disipar la potencia desde el generador.

De acuerdo con una realización, la disposición de disipación de potencia comprende además una unidad de medición de corriente, en el que la unidad de medición de corriente se configura para medir la corriente en una pluralidad de terminales de entrada de un convertor de potencia acoplado a los terminales de salida del generador. Al medir la corriente en las entradas del convertor de potencia, la salud del convertor puede supervisarse.

De acuerdo con una realización, la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores para disipar potencia desde el generador a través de las unidades de disipación cuando las corrientes medidas exhiben una característica de corriente predeterminada. De acuerdo con una realización adicional, la característica de corriente predeterminada comprende al menos uno de asimetría en las corrientes medidas, y al menos una de las corrientes medidas está fuera de un intervalo predeterminado.

De manera similar, la corriente en cada terminal de entrada (corriente de línea) se mide o supervisa. La supervisión de las corrientes de línea incluye, pero no se limita, a filtrar las corrientes, determinar la media cuadrática de las corrientes, sumar y/o promediar las corrientes, observar la asimetría en las corrientes medidas. Si existe asimetría significativa en las corrientes o una de las corrientes medidas es demasiado alta o demasiado baja, esto puede indicar que el convertor es defectuoso o cualquier otro componente asociado es defectuoso. Por consiguiente, los conmutadores semiconductores se activan por la unidad de control para disipar la potencia del generador.

De acuerdo con una realización, la disposición de disipación de potencia comprende además una unidad de supervisión de salud, en el que la unidad de supervisión de salud se configura para determinar un estado de salud de la disposición de disipación de potencia durante una fase de ensayo de la turbina eólica:

- obteniendo una primera medición de tensión desde la unidad de medición de tensión;
- determinando el estado del generador en función de la primera medición de tensión;
- controlando la unidad de controlador para activar el conmutador semiconductor durante un periodo de tiempo predefinido;
- obteniendo una segunda medición de tensión desde la unidad de medición de tensión;

y

- determinando el estado de los conmutadores semiconductores y el circuito de activación en función de la segunda medición de tensión.

5 En esta realización, el estado de salud de la disposición de disipación de potencia y/o el generador se determina. La determinación del estado de salud puede realizarse durante la fase de inicio de la turbina eólica o durante la puesta en servicio del tren de accionamiento de turbina en una fábrica. En esta fase, el convertidor de potencia se desconecta normalmente del generador por ejemplo mediante disyuntores. De acuerdo con la realización, es así posible determinar el estado de salud del generador y también de los otros componentes de la disposición de disipación de potencia. Esto permite que cualquier componente defectuoso se identifique en la fase temprana, y la disposición de distribución pueda realizarse fácilmente. Esto asegura un sistema fiable durante el funcionamiento de la turbina eólica. La supervisión continua del generador y el convertidor durante el funcionamiento de la turbina eólica también asegura la robustez del sistema.

15 Lo siguiente es una descripción detallada de realizaciones de la invención representadas en los dibujos adjuntos. Las realizaciones son ejemplos y están en tal detalle para comunicar claramente la invención. Sin embargo, la cantidad de detalles ofrecidos no pretende limitar las variaciones anticipadas de realizaciones; al contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas que entran dentro del espíritu y alcance de la presente invención como se define por las reivindicaciones adjuntas.

20 La figura 1 ilustra una turbina eólica 100 ejemplar de acuerdo con una realización. Como se ilustra en la figura 1, la turbina eólica 100 incluye una torre 110, una góndola 120 y un rotor 130. En una realización, una turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica en tierra. Sin embargo, las realizaciones de la invención no se limitan solo a turbinas eólicas en tierra. En realizaciones alternativas, la turbina eólica 100 puede ser una turbina eólica marina ubicada sobre un cuerpo de agua como, por ejemplo, un lago, océano, o similar. La torre 110 de tal turbina eólica marina se instala en el suelo marino o en plataformas estabilizadas por encima o sobre el nivel del mar.

30 La torre 110 de la turbina eólica 100 puede configurarse para elevar la góndola 120 y el rotor 130 a una altura donde un flujo de aire generalmente sin obstrucción, menos turbulento y fuerte puede recibirse por el rotor 130. La altura de la torre 110 puede ser de cualquier altura razonable y debería considerar la longitud de las palas de la turbina eólica que se extienden desde el rotor 130. La torre 110 puede realizarse de cualquier tipo de material, como por ejemplo, de acero, hormigón o similar. En algunas realizaciones, la torre 110 puede realizarse de un material monolítico. Sin embargo, en realizaciones alternativas, la torre 110 puede incluir una pluralidad de secciones, como por ejemplo, dos o más secciones de acero tubulares 111 y 112, como se ilustra en la figura 1. En algunas realizaciones de la invención, la torre 110 puede ser una torre de celosía. Por consiguiente, la torre 110 puede incluir perfiles de acero soldados.

35 El rotor 130 puede incluir un buje de rotor (mencionado a continuación simplemente como "buje") 132 y al menos una pala 140 (tres de tales palas 140 se muestran en la figura 1). El buje de rotor 132 puede configurarse para acoplar al menos una pala 140 a un árbol (no se muestra). En una realización, las palas 140 pueden tener un perfil aerodinámico de manera que en velocidades de viento predefinidas, las palas 140 experimentan elevación, provocando así que las palas roten radialmente alrededor del buje. El buje 132 comprende además mecanismos (no se muestran) para ajustar el paso de la pala 140 para aumentar o disminuir la cantidad de energía eólica capturada por la pala 140. La regulación del paso ajusta el ángulo en el que el viento golpea la pala 140. También es posible que el paso de las palas 140 no pueda ajustarse. En este caso, el perfil aerodinámico de las palas 140 se diseña de manera que la elevación experimentada por las palas se pierde cuando la velocidad del viento supera un cierto umbral, provocando que la turbina se pare.

40 El buje 132 rota normalmente alrededor de un eje sustancialmente horizontal a lo largo de un árbol de accionamiento (no se muestra) que se extiende desde el buje 132 a la góndola 120. El árbol de accionamiento se acopla normalmente a uno o más componentes de la góndola 120, que se configuran para convertir la energía rotativa del árbol en energía eléctrica.

45 Aunque la turbina eólica 100 mostrada en la figura 1 tiene tres palas 140, debería apreciarse que una turbina eólica puede tener un número diferente de palas. Es común encontrar turbinas eólicas que tienen de dos a cuatro palas. La turbina eólica 100 mostrada en la figura 1 es una turbina eólica de eje horizontal (HAWT) cuando el rotor 130 rota alrededor de un eje horizontal. Debería apreciarse que el rotor 130 puede rotar alrededor del eje vertical. Tal turbina eólica que tiene su eje que rota alrededor del eje vertical se conoce como turbina eólica de eje vertical (VAWT). Las realizaciones descritas en adelante no se limitan a HAWT con 3 palas. Estas pueden implementarse tanto en HAWT como VAWT, y con cualquier número de palas 140 en el rotor 130.

50 La figura 2 muestra un sistema eléctrico de la turbina eólica que tiene una disposición de disipación de potencia 220 de acuerdo con la realización. El sistema eléctrico incluye un generador 201, un convertidor de potencia 202 y un transformador principal 203. El sistema eléctrico se conecta a un red de potencia 207. El convertidor de potencia 202 incluye un convertidor del lado del generador 210 y un convertidor de lado de red 211 conectado mediante un enlace de corriente continua (CC) 212. El enlace de CC 212 incluye un condensador de enlace de CC 213. La disposición de disipación de potencia 220 se conecta a la salida del generador 201. El sistema eléctrico también incluye filtros de lado de red 208 (también conocidos como filtros de armónicos de red) para filtrar armónicos de conmutación, disyuntor

## ES 2 733 303 T3

de lado de generador 215 entre el generador 201 y el convertor de potencia 202, y disyuntor de lado de red 216 entre los filtros 208 y el transformador 203.

5 El generador 201 convierte la energía o potencia mecánica en energía o potencia eléctrica con una tensión CA y corriente (denominado colectivamente como “señales de CA”), y proporciona las señales de CA generadas al convertor de lado del generador 210. Las señales de CA desde el generador tienen una frecuencia variable, debido al viento variable. El convertor de lado del generador 210 convierte o rectifica las señales de CA en tensión de corriente de CC (colectivamente conocido como “señales de CC”). El convertor de lado de red 211 convierte las señales de CC desde el enlace de CC 212 en señales de CA de frecuencia fija para la red de potencia 207. La tensión desde las  
10 señales de CA de frecuencia fija en la salida del convertor de lado de red 211 aumenta mediante el transformador principal 203. La disposición de disipación de potencia 220 conectada a la salida del generador 201 se adapta para disipar potencia del generador 201. La estructura de la disposición de disipación de potencia 220 se explicará en más detalle a continuación.

15 Debería apreciarse que la figura 2 es solo una ilustración de un sistema eléctrico en una turbina eólica donde solo los componentes comunes se muestran. El sistema eléctrico puede incluir otros componentes tal como filtros de lado del generador, sensores, disposición de precarga de tensión de enlace de CC, filtro no resonante, etc.

20 La figura 3 ilustra la disposición de disipación de potencia 220 de acuerdo con una realización. La disposición de disipación de potencia 220 incluye un primer resistor 301, un segundo resistor 302, un tercer resistor 303, un primer tiristor 304, un segundo tiristor 305, un tercer tiristor 306, un circuito de activación 307 y una unidad de control 308. Cada uno del primer, segundo y tercer resistor 301, 302, 303 incluye un primer terminal 311, 312, 313 y un segundo terminal 314, 315, 316. Cada tiristor 304, 305, 306 incluye un ánodo 317, 318, 319, un cátodo 320, 321, 322 y un terminal de compuerta 323, 324, 325.

25 El primer terminal 311 del primer resistor 301 se acopla al primer enrollamiento de salida del generador 201, y el segundo terminal 314 se acopla al ánodo 317 del primer tiristor 304. El primer terminal 312 del segundo resistor 302 se acopla al segundo enrollamiento de salida del generador 201, y el segundo terminal 315 se acopla al ánodo 318 del segundo tiristor 305. El primer terminal 313 del tercer resistor 303 se acopla al tercer enrollamiento de salida del generador 201, y el segundo terminal 316 se acopla al ánodo 319 del tercer tiristor 306. El cátodo 320 del primer tiristor 304 se acopla al ánodo 318 del segundo tiristor 305 (o el segundo terminal 315 del segundo resistor 302). El cátodo 321 del segundo tiristor 305 se acopla al ánodo 319 del tercer tiristor 306 (o el segundo terminal 316 del tercer resistor 303). El cátodo 322 del tercer tiristor 306 se acopla al ánodo 317 del primer tiristor 304 (o el segundo terminal 314 del primer resistor 301). El terminal de compuerta 323, 324, 325 del primer, segundo y tercer tiristor 304, 305, 306 se  
30 acopla al circuito de activación 307.

35 La unidad de control 308 se acopla al circuito de activación 307. Como se mencionó antes, el flujo de corriente entre el ánodo y el cátodo se bloquea. Para hacer que el tiristor esté en un estado de conducción o se active el tiristor, una señal de compuerta se aplica al terminal de compuerta mediante el circuito de activación 307. El tiristor puede decirse que está conmutado/activado cuando está en el estado de conducción. La unidad de control 308 controla el funcionamiento del circuito de activación 307, y por tanto controla la conmutación o activación de los tiristores 304, 305, 306. Un tipo común de tiristor es un rectificador controlado de silicio (SCR).

40 La unidad de control 308 puede obtener entrada desde diversas fuentes para determinar si activar los tiristores 304, 305, 306, incluyendo pero sin limitarse a la señal desde el control de turbina 350, tensión en la salida del generador, corriente en la salida del convertor 210 y temperatura de los resistores 301, 302, 303. Según una realización, la disposición de disipación de potencia 220 incluye un circuito de medición 340 para obtener información de tensión y corriente. Como ejemplo, el circuito de medición 340 recibe la tensión en los segundos terminales 314, 315, 316. Adicionalmente o como alternativa, el circuito de medición 340 recibe la corriente en la entrada del convertor 210, o  
45 más generalmente en un punto entre la salida del generador 201 y la entrada del convertor 210. El circuito de medición 340 proporciona una señal de salida 341 a la unidad control 308. La unidad de control 308 también recibe una señal de control 351, por ejemplo una señal de apagado, desde el control de turbina 350. En función de la señal de salida 341 desde el circuito de medición 340 y/o la señal de control 351 desde el control de turbina 350, la unidad de control 308 controla el funcionamiento de los tiristores 304, 305, 306 a través del circuito de activación 307, disipando así la  
50 potencia desde el generador a través de los resistores 301, 302, 303.

55 Debería apreciarse que los resistores 301, 302, 303 pueden ser un único resistor o un banco de resistores que comprenden una pluralidad de resistores. Los resistores 301, 302, 303 también pueden sustituirse por otros componentes adecuados para disipar potencia. El circuito de medición 340 es un componente opcional en la disposición de disipación de potencia 220, dependiendo de la entrada que la unidad control 308 está configurada para recibir para controlar la operación de los tiristores. En una realización, la unidad de control 308 controla el funcionamiento de los tiristores en función de la temperatura de los resistores 301, 302, 303. En esta realización, el circuito de medición 340 puede configurarse para medir la temperatura de los resistores 301, 302, 303.

60 Como se mencionó antes, la disposición de disipación de potencia para un generador trifásico comprende solo tres tiristores. Por consiguiente, el número de componentes usados se ha reducido en comparación con la técnica anterior.

Esto incrementa la fiabilidad de la disposición de disipación de potencia porque la probabilidad de que uno cualquiera de los componentes falle se reduce. De acuerdo con la realización, también es posible determinar cuáles de los componentes de la disposición de disipación de potencia es defectuoso.

5 Debería apreciarse que los tiristores se usan como los conmutadores semiconductores en este ejemplo mostrado en la figura 3. También es posible usar otros conmutadores semiconductores tal como IGBT, MOSFET, etc., en otras realizaciones.

10 Un método para determinar el estado de salud de la disposición de disipación de potencia de acuerdo con una realización se describirá ahora en referencia a la figura.3. La comprobación del estado de salud de la disposición de disipación de potencia puede realizarse en cualquier momento, pero normalmente durante el inicio de la turbina eólica cuando el generador rota pero el convertidor de potencia 202 se desconecta desde el generador 201 mediante el disyuntor de lado del generador 215. En esta fase, las tensiones en el segundo terminal de los resistores 301, 302, 303 se miden por el circuito de medición 340. Las tensiones medidas se procesan además y se analizan para determinar la salud del generador. El procesamiento adicional incluye filtrar las tensiones, determinar la medida cuadrática (rms) de las tensiones, sumar y/o promediar las tensiones, etc. Las tensiones se analizan entonces. El análisis de las tensiones incluye observar la asimetría de las tensiones medidas. Si la asimetría de las tensiones medidas supera un cierto umbral (es decir existe una asimetría significativa en las tensiones), esto significa que podría haber problemas con el generador. Por ejemplo, la suma de las tensiones de línea se determina. La suma de las tensiones de línea debería ser aproximadamente cero o muy baja para un generador sano. Si la suma de las tensiones de línea no es aproximadamente cero, el generador es posiblemente defectuoso. El estado de salud del generador también puede determinarse desde los valores de media cuadrática de tensiones medidas.

25 Tras determinar la salud del generador, los tiristores se activan durante un corto periodo de tiempo, por ejemplo 10-50 ms. Cuando los tiristores se activan, la unidad de medición 340 mide las tensiones en el segundo terminal de los resistores 301, 302, 303. Si cualquiera de las tensiones medidas no es cero, el tiristor y/o circuito asociado correspondiente (por ejemplo el circuito de activación) es potencialmente defectuoso. Si ningún fallo se detecta en el generador, los tiristores y el circuito asociado, el convertidor 210 se conecta al generador 201 mediante los disyuntores de lado del generador 215 para iniciar la operación de la turbina eólica.

30 Debería apreciarse que las etapas para determinar el estado de salud de la disposición de disipación de potencia pueden invertirse en una realización alternativa. En esta realización alternativa, los tiristores primero se activan durante un corto periodo de tiempo para determinar el estado de salud de los tiristores y los circuitos asociados (por ejemplo el circuito de activación). Posteriormente, los tiristores se desactivan y el estado de salud del generador se determina.

35 El método para realizar la comprobación de salud puede realizarse mediante una unidad de supervisión de salud (no se muestra). La unidad de supervisión de salud puede ser parte de la unidad de control 308 o el controlador de turbina 350. La comprobación del estado de salud de la disposición de disipación de potencia es simple y puede realizarse rápidamente. Al detectar el generador, el tiristor y otro circuito asociado (por ejemplo circuito de activación) que tiene fallos durante el inicio o la fase de ensayo, cualquier componente defectuoso puede sustituirse de forma temprana. Esto es ventajoso sobre la técnica anterior donde el tiristor, generador y/u otro componente defectuoso solo se descubre más tarde cuando la turbina está funcionando, resultando en un daño adicional o tiempos de parada de turbina innecesarios, y posiblemente visitas no programadas por un técnico de servicio para sustituir los componentes defectuosos. Los componentes defectuosos en la disposición de disipación de potencia también pueden tener como resultado daños en los otros componentes en la turbina eólica cuando está funcionando. De acuerdo con la realización, todos estos problemas se evitan.

50 Durante el funcionamiento de la turbina eólica, la disposición de disipación de potencia 220 supervisa el estado del generador o el convertidor de potencia, y activa los tiristores 304, 305, 306 para disipar la potencia del generador 201 si ha detectado un fallo en el generador o los convertidores. En una realización, la unidad de medición 340 mide las tensiones en el segundo terminal 314, 315, 316 de los resistores 301, 302, 303. Si las tensiones medidas por la unidad de medición 340 son significativamente asimétricas (fuera de un límite predeterminado) y/o si una de las tensiones de línea es aproximadamente cero o muy baja, significa que el generador, uno o más de los tiristores o su circuito asociado es defectuoso. Por consiguiente, la unidad de control 308 activa los tiristores 304, 305, 306. Por ejemplo, si la tensión medida entre el segundo terminal 315 del segundo resistor 302 y el segundo terminal 314 del primer resistor 301 es casi cero, lo que significa un fallo en el tiristor o su circuito asociado, la unidad de control 308 activa todos los tiristores 304, 305, 306 para disipar potencia desde el generador 201.

60 En otra realización, la unidad de medición 340 mide las corrientes en los terminales de entrada del convertidor de lado del generador 210. Si las corrientes medidas por la unidad de medición 340 son significativamente asimétricas y/o si una de las corrientes de línea está fuera de un intervalo predeterminado (es decir demasiado alto o demasiado bajo), esto significa que el convertidor 210 o su circuito asociado es defectuoso. Por consiguiente, la unidad de control activa los tiristores 304, 305, 306. Por ejemplo, si la corriente medida en el tercer terminal de entrada del convertidor 210 es mucho mayor que un umbral de corriente predeterminado, la unidad de control 308 activa todos los tiristores 304, 305, 306 para disipar potencia desde el generador 201. De manera similar, si la asimetría en las corrientes medidas es más de un límite predeterminado, entonces al menos uno de los componentes en el sistema es defectuoso y los tiristores



se activan. Otras investigaciones pueden necesitar realizarse antes de que continúe el funcionamiento. Dependiendo de la naturaleza de los fallos, también puede ser necesario abrir los disyuntores de lado del generador 215 para evitar daños adicionales en el convertidor y otros componentes. Los controles para el convertidor también pueden detenerse.

- 5 En una realización, la unidad de control 308 activa los tiristores 304, 305, 306 para disipar potencia desde el generador 201 cuando recibe una señal de apagado 351 desde el control de turbina 350. La turbina eólica puede recibir una solicitud para apagarse, por ejemplo debido a una alerta de supervisión, condiciones de viento extremas, fallos de componentes o por otros motivos relacionados con seguridad. Cuando la turbina recibe la solicitud de apagado, una señal de apagado se envía normalmente por el controlador de turbina 350 a diversos componentes en la turbina eólica para iniciar la operación de apagado. Cuando la unidad control 308 recibe la señal de apagado 351, activa los tiristores 304, 305, 306.
- 10

**REIVINDICACIONES**

1. Una disposición de disipación de potencia (220) para disipar potencia desde un generador (201) en una turbina eólica, en el que el generador comprende una pluralidad de terminales de salida correspondientes a una salida multifase, la disposición de disipación de potencia comprende:
- 5 una pluralidad de unidades de disipación (301-303), cada unidad de disipación que tiene un primer terminal y un segundo terminal, en el que el primer terminal de cada unidad de disipación se acopla a cada terminal de salida del generador;
- 10 una pluralidad de conmutadores semiconductores (304-306), cada conmutador semiconductor que tiene un primer terminal, un segundo terminal y un terminal de compuerta, en el que el primer terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de cada unidad de disipación y el segundo terminal de cada conmutador semiconductor se acopla al segundo terminal de otra unidad de disipación, de manera que el segundo terminal de cada unidad de disipación se acopla al primer terminal de un conmutador semiconductor y el segundo terminal de otro conmutador semiconductor;
- 15 un circuito de activación (307) acoplado a los terminales de compuerta de la pluralidad de conmutadores semiconductores para conmutar los conmutadores semiconductores; y
- una unidad de control (308) para controlar el funcionamiento del circuito de activación, controlando así la conmutación de los conmutadores semiconductores.
- 20 2. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 1, donde la pluralidad de conmutadores semiconductores comprende tiristores, transistores bipolares de compuerta aislada (IGBT) o transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico (MOSFET).
3. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que unidad de control controla el funcionamiento del circuito de activación en función de entradas obtenidas desde al menos una de la tensión en el primer o segundo terminal de la unidad de disipación, corriente en los terminales de salida del generador, temperatura de las unidades de disipación y una señal de apagado.
- 25 4. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la turbina eólica comprende un control de turbina, y en la que la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores cuando la unidad de control detecta una señal de apagado desde el control de turbina, provocando así que la potencia desde el generador se disipe a través de las unidades de disipación de potencia.
- 30 5. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de medición de tensión, en el que la unidad de medición de tensión se configura para medir las tensiones de los segundos terminales de las unidades de disipación.
6. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 5, en la que la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores para disipar potencia desde el generador a través de las unidades de disipación cuando las tensiones medidas exhiben una característica de tensión predeterminada.
- 40 7. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 6, en la que la característica de tensión predeterminada comprende al menos uno de:
- 45 - asimetría en las tensiones medidas; y
- al menos una de las tensiones medidas está fuera de un intervalo predeterminado.
- 50 8. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una unidad de medición de corriente, en el que la unidad de medición de corriente se configura para medir la corriente en una pluralidad de terminales de entrada de un conversor de potencia acoplado a los terminales de salida del generador.
- 55 9. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 8, en la que la unidad de control se configura para provocar que el circuito de activación active los conmutadores semiconductores para disipar potencia desde el generador a través de las unidades de disipación cuando las corrientes medidas exhiben una característica de corriente predeterminada.
- 60 10. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con la reivindicación 9, en la que la característica de corriente predeterminada comprende al menos uno de:
- 65 - asimetría en las corrientes medidas; y
- al menos una de las corrientes medidas está fuera de un intervalo predeterminado.

11. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 4 a 7, que comprende además una unidad de supervisión de salud, en el que la unidad de supervisión de salud se configura para determinar un estado de salud de la disposición de disipación de potencia durante una fase de ensayo de la turbina eólica:

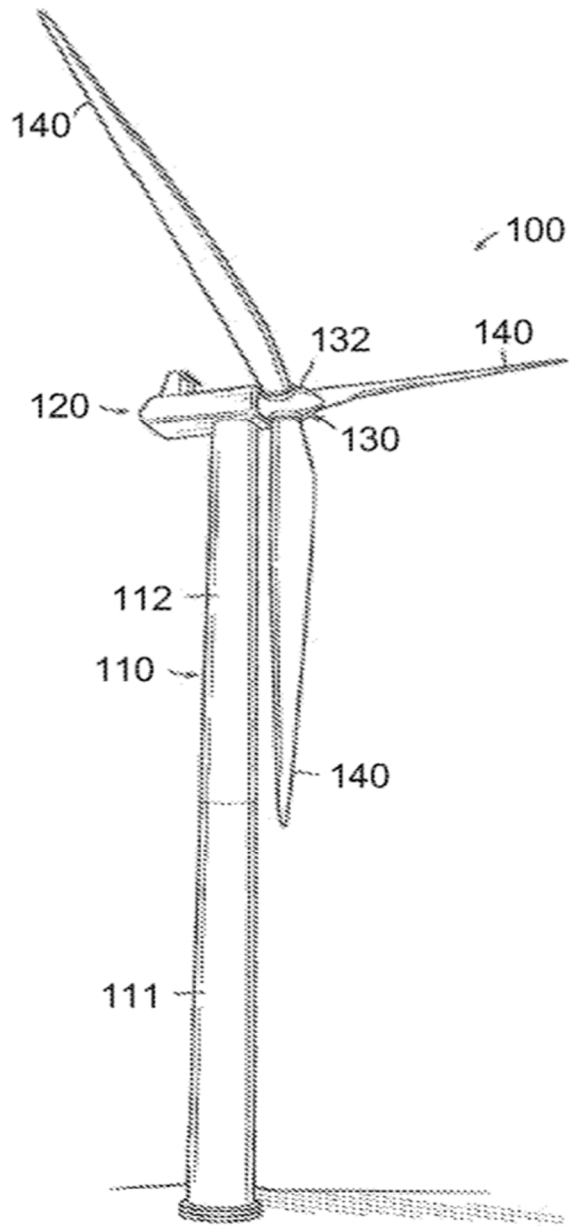
- 5
- obteniendo una primera medición de tensión desde la unidad de medición de tensión;
  - determinando el estado de salud del generador en función de la primera medición de tensión;
  - controlando la unidad de controlador para activar los conmutadores semiconductores durante un periodo de tiempo predefinido;
- 10
- obteniendo una segunda medición de tensión desde la unidad de medición de tensión; y
  - determinando el estado de salud de los conmutadores semiconductores y el circuito de activación en función de la segunda medición de tensión.

12. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la unidad de disipación es un resistor o banco de resistores.

13. La disposición de disipación de potencia de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el circuito de activación activa al menos uno de los conmutadores semiconductores proporcionando una señal de compuerta.

14. Una turbina eólica que comprende:

- un generador que comprende una pluralidad de terminales de salida correspondientes a una salida de potencia multifase;
- 25 un convertidor de potencia para convertir la salida de potencia desde el generador; y
- una disposición de disipación de potencia de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores para disipar potencia desde el generador.



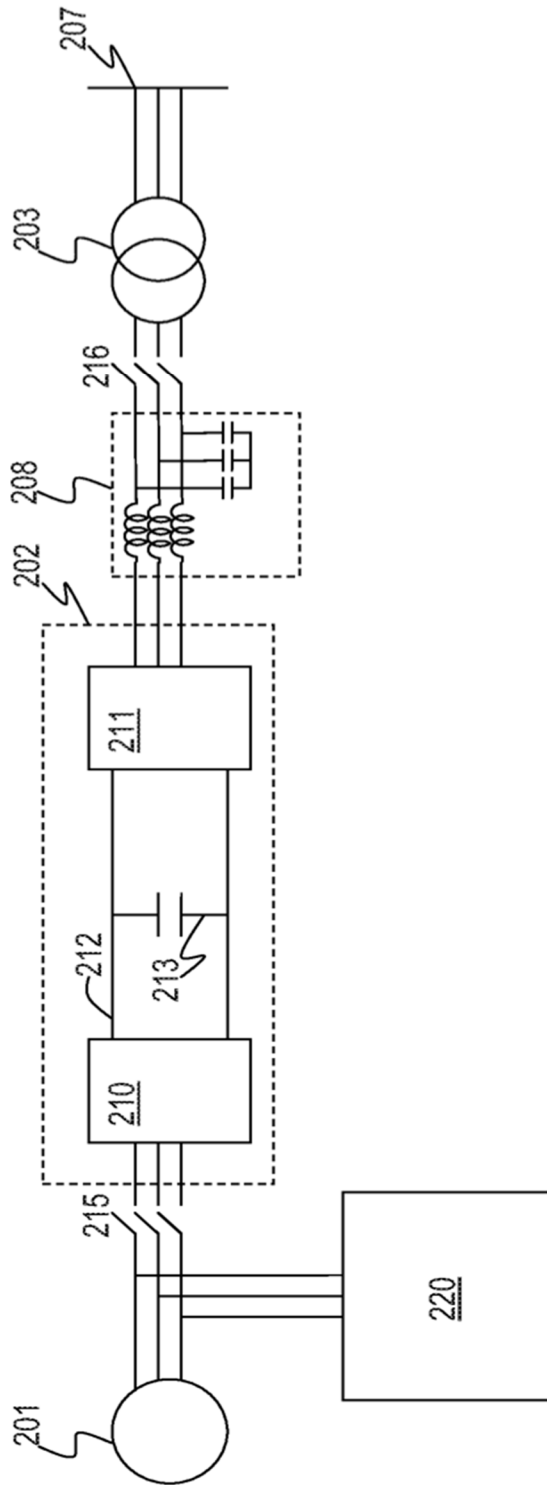


Fig. 2

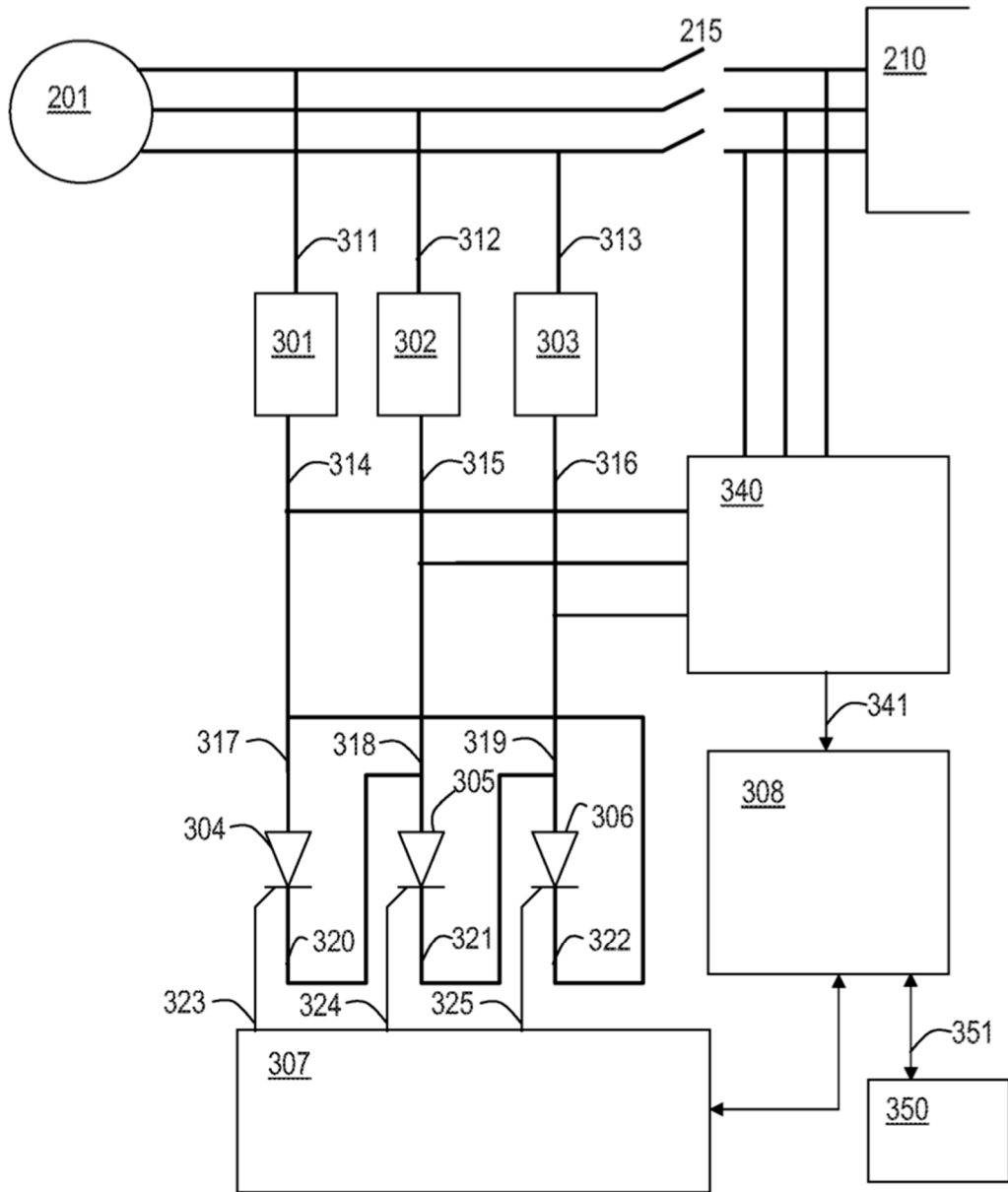


Fig. 3