

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 028 240**

51 Int. Cl.:

H02M 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.08.2021** **E 21192798 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025** **EP 3961900**

54 Título: **Banco de condensadores híbrido para un conjunto de conversión de potencia**

30 Prioridad:

28.08.2020 US 202017005599

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

19.06.2025

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC RENOVABLES ESPAÑA
S.L. (100.00%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES**

72 Inventor/es:

**BHUPATHI, RAJESH;
WAGONER, ROBERT GREGORY;
MILLER, ZANE TAYLOR;
RAMIREZ SANCHEZ, FERNANDO ARTURO;
SHAQQO, BACIL y
BANDA, JOSEPH KIRAN**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 028 240 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

Banco de condensadores híbrido para un conjunto de conversión de potencia

5 **Campo**

[0001] La presente divulgación se refiere, en general, a conjuntos de conversión de potencia y, más en particular, a un banco ("bank") de condensadores híbrido para un conjunto de conversión de potencia.

10 **Antecedentes**

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna incluye típicamente una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola y una o más palas de rotor. La góndola incluye un conjunto de rotor acoplado a la caja de engranajes y al generador. El conjunto de rotor y la caja de engranajes están montados en un bastidor de soporte de bancada ubicado dentro de la góndola. La una o más palas de rotor captan energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos. Las palas de rotor transmiten la energía cinética en forma de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes o, si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica y la energía eléctrica se puede transmitir a un conjunto de conversión de potencia y/o un transformador alojado dentro de la torre y posteriormente distribuirse a una red de suministro. Los sistemas de generación de energía eólica modernos típicamente adoptan la forma de un parque eólico que tiene múltiples dichos generadores de turbina eólica que son operativos para suministrar potencia a un sistema de transmisión que proporciona potencia a una red eléctrica.

[0003] El conjunto de conversión de potencia puede incluir, por ejemplo, conversión de tensión de CA/CA, que se logra usando un convertidor de lado de rotor y un convertidor de lado de línea. El convertidor de lado de rotor y el convertidor de lado de línea se pueden acoplar por medio de un enlace de CC que puede incluir un condensador de enlace de CC o un banco de condensadores. Por tanto, la conversión de CA/CA incluye, en general, convertir un suministro de CA en CC, a continuación de nuevo en CA de una tensión o frecuencia diferente. El enlace de CC entre los dos debe permanecer estable para que el segundo convertidor realice con éxito su función. Por lo tanto, la capacitancia del enlace de CC se usa para proporcionar una fuerza estabilizadora para mantener la tensión del enlace de CC dentro de los márgenes en los que la máquina puede funcionar. La cantidad de capacitancia aumenta con la potencia nominal del dispositivo, ya que una mayor corriente entrante puede desplazar el enlace de CC más rápidamente, por lo que se requiere más capacitancia para mantener el enlace de CC en una condición estable. De forma convencional, en los bancos de condensadores de enlace de CC se ha usado un único tipo de condensador.

[0004] Por tanto, la técnica busca continuamente sistemas y procedimientos nuevos y mejorados que disminuyan el coste y el volumen del conjunto de conversión de potencia, mientras que también proporcionen suficiente capacitancia para que el enlace de CC permanezca estable. Como tal, la presente divulgación se refiere a sistemas y procedimientos que incorporan diferentes tipos de condensadores en una configuración que resalta los beneficios principales de cada tipo, mientras que también mitiga sus respectivas debilidades.

45 **Breve descripción**

[0005] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

[0006] En un aspecto, la presente divulgación se refiere a un conjunto de conversión de potencia. El conjunto de conversión de potencia incluye un convertidor de potencia que tiene una pluralidad de dispositivos de conmutación, una fuente de potencia acoplada eléctricamente al convertidor de potencia y un circuito de filtro de corriente continua (CC) que une ("bridging") el convertidor de potencia y la fuente de potencia. El circuito de filtro de CC incluye un enlace de CC que tiene un riel positivo, un riel negativo y un banco de condensadores que une el convertidor de potencia y la fuente de potencia. El banco de condensadores está configurado para mantener una tensión del enlace de CC dentro de un intervalo determinado. Además, el banco de condensadores incluye una pluralidad de condensadores acoplados al riel positivo y al riel negativo. La pluralidad de condensadores incluye, al menos, un primer grupo de condensadores que son de un primer tipo de condensadores y un segundo grupo de condensadores que son de un segundo tipo de condensadores diferente. Además, cada condensador en el primer grupo de condensadores se sitúa más cerca de un dispositivo de conmutación respectivo de la pluralidad de dispositivos de conmutación que un condensador correspondiente del segundo grupo de condensadores para minimizar la impedancia entre cada condensador en el primer grupo de condensadores y el dispositivo de conmutación respectivo, de modo que la mayoría de la corriente de rizado de la pluralidad de dispositivos de conmutación pasa a través del primer grupo de condensadores.

[0007] En un modo de realización, el convertidor de potencia puede ser un convertidor de CA-CC o un convertidor de CC-CA. En otro modo de realización, el convertidor de potencia puede ser un convertidor de potencia de múltiples niveles. Además, en un modo de realización, la pluralidad de dispositivos de conmutación puede incluir uno o más transistores bipolares de puerta aislada ("*Insulated Gated Bipolar Transistors*") y/o uno o más transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico de carburo de silicio ("*Silicon Carbide Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistors*" o Sic MOSFET).

[0008] En otros modos de realización, el primer tipo de condensadores puede ser condensadores de película, mientras que el segundo tipo de condensadores puede incluir condensadores electrolíticos. Por tanto, en determinados modos de realización, los condensadores electrolíticos tienen una capacitancia mayor que los condensadores de película o viceversa.

[0009] En modos de realización adicionales, los condensadores electrolíticos se conectan en paralelo con los condensadores de película. En modos de realización particulares, los condensadores electrolíticos se pueden integrar dentro del circuito de filtro de CC. De forma alternativa, los condensadores electrolíticos pueden ser externos al circuito de filtro de CC. Por ejemplo, en un modo de realización, los condensadores electrolíticos se pueden colocar en una caja separada aparte de los condensadores de película, o los condensadores electrolíticos se retiran más eléctricamente del circuito de filtro de CC por medio del posicionamiento físico en relación con los condensadores de película.

[0010] En determinados modos de realización, la fuente de potencia puede ser un convertidor, un inversor o una fuente de potencia de CC. Por ejemplo, en un modo de realización, la fuente de potencia de CC puede incluir una batería, un panel solar o una celda de combustible. En varios modos de realización, cuando la fuente de potencia es el convertidor o el inversor, la fuente de potencia también se puede acoplar a un generador y/o un motor.

[0011] Aún en otro modo de realización, el conjunto de conversión de potencia puede ser parte de un sistema de potencia de turbina eólica, un sistema de energía solar, un sistema de energía hidroeléctrica, un sistema de energía mareomotriz, un sistema de potencia de celda de combustible, un sistema de potencia de almacenamiento de energía o un sistema de potencia híbrido. Por ejemplo, en un modo de realización, el conjunto de conversión de potencia puede ser parte del sistema de potencia de turbina eólica. Por tanto, en dichos modos de realización, el convertidor de potencia puede ser un convertidor de lado de línea del sistema de potencia de turbina eólica y la fuente de potencia puede ser un convertidor de lado de rotor del sistema de potencia de turbina eólica.

[0012] En otro aspecto, la presente divulgación se refiere a un sistema de potencia de turbina eólica. El sistema de potencia de turbina eólica incluye un rotor que tiene un buje rotatorio con al menos una pala de rotor montada en el mismo, un generador acoplado al rotor y un conjunto de conversión de potencia. El conjunto de conversión de potencia incluye un convertidor de lado de línea, un convertidor de lado de rotor y un circuito de filtro de corriente continua (CC) que une el convertidor de lado de línea y el convertidor de lado de rotor. El convertidor del lado de línea incluye una pluralidad de dispositivos de conmutación. El circuito de filtro de CC incluye un enlace de CC que tiene un riel positivo, un riel negativo y un banco de condensadores que une el convertidor de lado de línea y un convertidor de lado de rotor. El banco de condensadores está configurado para mantener una tensión del enlace de CC dentro de un intervalo determinado. El banco de condensadores incluye una pluralidad de condensadores acoplados al riel positivo y al riel negativo. La pluralidad de condensadores incluye, al menos, un primer grupo de condensadores que son de un primer tipo de condensadores conectados en paralelo con un segundo grupo de condensadores que son de un segundo tipo de condensadores diferente. Además, cada condensador en el primer grupo de condensadores se sitúa más cerca de un dispositivo de conmutación respectivo de la pluralidad de dispositivos de conmutación que un condensador correspondiente del segundo grupo de condensadores para minimizar la impedancia entre cada condensador en el primer grupo de condensadores y el dispositivo de conmutación respectivo, de modo que la mayoría de la corriente de rizado de la pluralidad de dispositivos de conmutación pasa a través del primer grupo de condensadores. El sistema de potencia de turbina eólica también puede incluir cualquiera de las características adicionales descritas en el presente documento.

[0013] Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se entenderán mejor con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para exponer los principios de la invención.

Breve descripción de los dibujos

[0014] Una divulgación completa y suficiente de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 2 ilustra una vista interna en perspectiva de un modo de realización de una góndola de la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 3 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema eléctrico para su uso con la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 4 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un controlador para su uso con la turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 5 ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 6 ilustra un diagrama esquemático de otro modo de realización de un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 7 ilustra un diagrama esquemático de aún otro modo de realización de un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 8 ilustra un diagrama esquemático de todavía otro modo de realización de un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación;

la FIG. 9 ilustra un banco de condensadores de un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la invención; y

la FIG. 10 ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un sistema para operar un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación se ilustra.

[0015] El uso repetido de caracteres de referencia en la presente memoria descriptiva y los dibujos pretende representar características o elementos iguales o análogos de la presente invención.

Descripción detallada

[0016] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de 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 que se define por las reivindicaciones adjuntas. Por ejemplo, se pueden usar características ilustradas o descritas como parte de un modo de realización con otro modo de realización para proporcionar todavía otro modo de realización. Por tanto, se pretende que la presente invención abarque dichas modificaciones y variaciones como vienen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

[0017] El lenguaje de aproximación, como se usa en el presente documento a lo largo de toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, se aplica para modificar cualquier representación cuantitativa que podría variar de forma admisible sin dar como resultado un cambio en la función básica con la que está relacionada. En consecuencia, un valor modificado por un término o términos, tales como "aproximadamente" y "sustancialmente", no se ha de limitar al valor preciso especificado. En al menos algunos casos, el lenguaje de aproximación puede corresponder a la precisión de un instrumento para medir el valor, o la precisión de los procedimientos o máquinas para construir o fabricar los componentes y/o sistemas. Por ejemplo, el lenguaje de aproximación se puede referir a estar dentro de un margen de un 10 por ciento.

[0018] Aquí y a lo largo de toda la memoria descriptiva y las reivindicaciones, las limitaciones de intervalo se combinan e intercambian, dichos intervalos se identifican e incluyen todos los subintervalos contenidos en los mismos a menos que el contexto o el lenguaje lo indique de otro modo. Por ejemplo, todos los intervalos divulgados en el presente documento incluyen los puntos finales, y los puntos finales se pueden combinar independientemente entre sí.

[0019] En general, la presente divulgación se refiere a un conjunto de conversión de potencia que utiliza múltiples tipos de condensadores dispuestos en una configuración física que resalta cada uno de sus beneficios. Más específicamente, un primer tipo de condensadores, tales como condensadores de película, se pueden colocar lo más cerca posible de los dispositivos de conmutación de un convertidor de potencia del conjunto de conversión de potencia de modo que haya una impedancia muy baja entre estos condensadores y los dispositivos. Esta posición garantizará que la mayor parte de la corriente de rizado de alta frecuencia provocada por los eventos de conmutación de semiconductores pase a través de estos condensadores. Aparte de esto, estos condensadores de baja impedancia también tienen el beneficio de reducir la fatiga en los semiconductores, mientras que también aportan al menos algo de capacitancia. A cierta distancia (por ejemplo, en un recipiente o caja separado o combinado con el primer tipo de condensadores), el conjunto de conversión de potencia incluye un segundo tipo

de condensadores diferente, tales como condensadores electrolíticos. Por tanto, la impedancia entre el banco de condensadores electrolíticos y los dispositivos de conmutación reduce el rizado de alta frecuencia que experimentan estos condensadores, por lo que los condensadores electrolíticos no están sometidos a fatiga, lo que reduciría su vida útil. Los condensadores electrolíticos también están configurados para proporcionar la capacitancia masiva ("*bulk capacitance*") para garantizar una estabilidad de control y aportan cierta capacidad de corrientes de rizado.

[0020] En consecuencia, la presente divulgación tiene muchas ventajas que no están presentes en la técnica anterior. Por ejemplo, el banco de condensadores híbrido reduce el volumen total de condensadores requeridos. Esto es especialmente ventajoso en un convertidor de potencia de tres o más niveles porque la diferencia entre los condensadores mínimos para una estabilidad de control es mucho menor que la de los condensadores electrolíticos mínimos para transportar la corriente de rizado. Además, el banco de condensadores de la presente divulgación proporciona reducción de costes al incorporar condensadores de película porque el coste de un banco de condensadores híbrido es menor que el coste de un banco puramente electrolítico con un valor de capacitancia y capacidad de corriente de rizado requeridos. Por ejemplo, en un modo de realización, los condensadores de película realizan la función de un condensador amortiguador ("*snubber*") de baja impedancia en los dispositivos de conmutación para reducir la fatiga por tensión y, por tanto, mejorar las expectativas de vida útil de los dispositivos semiconductores sin tener que adquirir otro condensador específico.

[0021] En referencia ahora a los dibujos, la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica 100 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, la turbina eólica 100 incluye, en general, una torre 102 que se extiende desde una superficie de soporte 104, una góndola 106 montada en la torre 102 y un rotor 108 acoplado a la góndola 106. El rotor 108 incluye un buje rotatorio 110 y al menos una pala de rotor 112 acoplada a y que se extiende hacia afuera del buje 110. Por ejemplo, en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 incluye tres palas de rotor 112. Sin embargo, en un modo de realización alternativo, el rotor 108 puede incluir más o menos de tres palas de rotor 112. Cada pala de rotor 112 se puede espaciar alrededor del buje 110 para facilitar la rotación del rotor 108 para posibilitar que la energía cinética se transfiera del viento para convertirse en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Por ejemplo, el buje 110 se puede acoplar de forma rotatoria a un generador eléctrico 118 (FIG. 2) de un sistema eléctrico 150 situado dentro de la góndola 106 para permitir que se produzca energía eléctrica.

[0022] La turbina eólica 100 también puede incluir un controlador 200 centralizado dentro de la góndola 106. Sin embargo, en otros modos de realización, el controlador 200 se puede ubicar dentro de cualquier otro componente de la turbina eólica 100 o en una ubicación fuera de la turbina eólica. Además, el controlador 200 se puede acoplar de forma comunicativa a cualquier número de componentes de la turbina eólica 100 para controlar los componentes. Como tal, el controlador 200 puede incluir un ordenador u otra unidad de procesamiento adecuada. Por tanto, en varios modos de realización, el controlador 200 puede incluir instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan, configuran el controlador 200 para realizar diversas funciones diferentes, tales como recibir, transmitir y/o ejecutar señales de control de turbina eólica.

[0023] En referencia ahora a la FIG. 2, se ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de la góndola 106 de acuerdo con la presente divulgación. Como se muestra, el generador 118 se puede acoplar al rotor 108 para producir potencia eléctrica a partir de la energía de rotación generada por el rotor 108. Por ejemplo, como se muestra en el modo de realización ilustrado, el rotor 108 puede incluir un eje de rotor 122 acoplado al buje 110 para su rotación con el mismo. El eje de rotor 122 se puede soportar de forma rotatoria por un rodamiento principal ("*main bearing*") 144. El eje de rotor 122, a su vez, se puede acoplar de forma rotatoria a un eje rápido 124 del generador 118 a través de una caja de engranajes 126 opcional conectada a un bastidor de soporte de bancada 136 por uno o más brazos de par de torsión 142. Como se entiende en general, el eje de rotor 122 puede proporcionar una entrada de par de torsión alto y velocidad baja a la caja de engranajes 126 en respuesta a la rotación de las palas de rotor 112 y del buje 110. A continuación, la caja de engranajes 126 se puede configurar con una pluralidad de engranajes 148 para convertir la entrada de par de torsión alto y velocidad baja en una salida de par de torsión bajo y velocidad alta para accionar el eje rápido 124 y, por tanto, el generador 118. En un modo de realización, la caja de engranajes 126 se puede configurar con múltiples proporciones de engranajes para producir velocidades de rotación variables del eje rápido para una entrada de velocidad baja dada, o viceversa.

[0024] Cada pala de rotor 112 también puede incluir un mecanismo de control de *pitch* 120 configurado para rotar la pala de rotor 112 alrededor de su eje de *pitch* 116. Cada mecanismo de control de *pitch* 120 puede incluir un motor de accionamiento de *pitch* 128 (por ejemplo, cualquier motor eléctrico, hidráulico o neumático adecuado), una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 y un piñón de accionamiento de *pitch* 132. En dichos modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 128 se puede acoplar a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 128 imparta fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130. De forma similar, la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 se puede acoplar al piñón de accionamiento de *pitch* 132 para su rotación con el mismo. El piñón de accionamiento de *pitch* 132, a su vez, puede estar en engranaje de rotación con un rodamiento de *pitch* ("*pitch bearing*") 134 acoplado entre el buje 110 y una pala de rotor 112 correspondiente de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 132 provoca la rotación del rodamiento de *pitch* 134. Por tanto, en dichos modos de realización, la rotación

del motor de accionamiento de *pitch* 128 acciona la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 130 y el piñón de accionamiento de *pitch* 132, haciendo rotar, de este modo, el rodamiento de *pitch* 134 y la(s) pala(s) de rotor 112 alrededor del eje de *pitch* 116. De forma similar, la turbina eólica 100 puede incluir uno o más mecanismos de accionamiento de orientación ("*yaw drive mechanisms*") 138 acoplados de forma comunicativa al controlador 200, estando configurado cada mecanismo de accionamiento de orientación 138 para cambiar el ángulo de la góndola 106 en relación con el viento (por ejemplo, engranando un rodamiento de orientación ("*yaw bearing*") 140 de la turbina eólica 100).

[0025] En referencia ahora a la FIG. 3, se ilustra un diagrama esquemático de un modo de realización de un sistema eléctrico 150 de acuerdo con la presente divulgación. Por ejemplo, como se muestra, el generador 118 puede ser un generador de inducción doblemente alimentado ("*doubly-fed induction generator*" o DFIG). El generador 118 se puede acoplar a un bus de estátor 166 y a un conjunto de conversión de potencia 168 por medio de un bus de rotor 170. En una configuración de este tipo, el bus de estátor 166 puede proporcionar una potencia multifásica de salida (por ejemplo, potencia trifásica) desde un estátor del generador 118, y el bus de rotor 170 puede proporcionar una potencia multifásica de salida (por ejemplo, potencia trifásica) del rotor del generador 118. Más específicamente, el conjunto de conversión de potencia 168 puede incluir un convertidor de lado de rotor 172 y un convertidor de lado de línea 174. Por tanto, como se muestra, el generador 118 se puede acoplar al convertidor de lado de rotor 172 por medio del bus de rotor 170. Además, como se muestra, el convertidor de lado de rotor 172 se puede acoplar al convertidor de lado de línea 174 por medio de un enlace de CC 173 a través del que puede estar un banco de capacitancia 175, que se describe con más detalle con respecto a las FIGS. 5-9. El convertidor de lado de línea, a su vez, se puede acoplar a un bus de lado de línea 176.

[0026] En un modo de realización, el convertidor de lado de rotor 172 y el convertidor de lado de línea 174 se pueden configurar para el modo de funcionamiento normal en una disposición de modulación por ancho de pulso ("*pulse width modulation*" o PWM) trifásica usando transistores bipolares de puerta aislada ("*insulated gate bipolar bipolar transistors*" o IGBT) como dispositivos de conmutación. Se pueden usar otros dispositivos de conmutación adecuados, tales como tiristores conmutados de puerta aislada, MOSFETs, transistores bipolares, rectificadores controlados por silicio y/u otros dispositivos de conmutación adecuados.

[0027] En un modo de realización, el conjunto de conversión de potencia 168 se puede controlar por medio de un controlador de convertidor 202. Por ejemplo, el controlador de convertidor 202 puede enviar instrucciones de control al convertidor de lado de rotor 172 y al convertidor de lado de línea 174 para controlar la modulación de los elementos de conmutación usados en el conjunto de conversión de potencia 168 para establecer una consigna ("*setpoint*") de par de torsión de generador y/o una salida de potencia deseadas. El controlador de convertidor 202 también se puede acoplar de forma comunicativa al controlador de turbina 200.

[0028] Como se representa además en la FIG. 3, el sistema eléctrico 150, en un modo de realización, puede incluir un transformador 178 que acopla la turbina eólica 100 a una red eléctrica 179. El transformador 178, en un modo de realización, puede ser un transformador de tres devanados que incluye un devanado principal de alta tensión 180 (por ejemplo, mayor de 12 KVAC). El devanado principal de alta tensión 180 se puede acoplar a la red eléctrica 179. El transformador 178 también puede incluir un devanado secundario de tensión media 182 (por ejemplo, 6 KVAC) acoplado al bus de estátor 166 y un devanado auxiliar de baja tensión 184 (por ejemplo, 575 VAC, 690 VAC, etc.) acoplado al bus de línea 176. Se debe apreciar que el transformador 178 puede ser un transformador de tres devanados como se representa, o de forma alternativa, puede ser un transformador de dos devanados que tenga solo un devanado principal 180 y un devanado secundario 182; puede ser un transformador de cuatro devanados que tenga un devanado principal 180, un devanado secundario 182, un devanado auxiliar 184 y un devanado auxiliar adicional; o puede tener cualquier otro número adecuado de devanados.

[0029] En un modo de realización adicional, el sistema eléctrico 150 puede incluir una alimentación de potencia auxiliar 186 acoplada a la salida del conjunto de conversión de potencia 168. La alimentación de potencia auxiliar 186 puede actuar como una fuente de potencia para diversos componentes del sistema de turbina eólica 100. Por ejemplo, la alimentación de potencia auxiliar 186 puede alimentar ventiladores, bombas, motores y otros componentes adecuados del sistema de turbina eólica 100.

[0030] En un modo de realización, el sistema eléctrico 150 también puede incluir diversos disyuntores de circuito, fusibles, contactores y otros dispositivos para controlar y/o proteger los diversos componentes del sistema eléctrico 150. Por ejemplo, el sistema eléctrico 150, en un modo de realización, puede incluir un disyuntor de circuito de red 188, un disyuntor de circuito de bus de estátor 190 y/o un disyuntor de circuito de bus de línea 192. El/los disyuntor(es) de circuito 188, 190, 192 del sistema eléctrico 150 pueden conectar o desconectar componentes correspondientes del sistema eléctrico 150 cuando una condición del sistema eléctrico 150 se aproxima a un umbral operativo del sistema eléctrico 150.

[0031] En referencia ahora a la FIG. 4, se ilustra un diagrama de bloques de un modo de realización de componentes adecuados que se pueden incluir dentro del controlador (por ejemplo, el controlador de turbina 200 o el controlador de convertidor 202) de acuerdo con la presente divulgación. Por ejemplo, como se muestra, el controlador 200, 202 puede incluir uno o más procesadores 206 y dispositivos de memoria asociados 208

configurados para realizar una variedad de funciones implementadas por ordenador (por ejemplo, realizar los procedimientos, etapas, cálculos y similares y almacenar datos pertinentes como se divulga en el presente documento). Adicionalmente, el controlador 200, 202 también puede incluir un módulo de comunicaciones 210 para facilitar las comunicaciones entre el controlador 200, 202 y los diversos componentes de la turbina eólica 100. Además, el módulo de comunicaciones 210 puede incluir una interfaz de sensor 212 (por ejemplo, uno o más convertidores de analógico a digital) para permitir que las señales transmitidas desde diversos sensores 156, 158 se conviertan en señales que se puedan entender y procesar por los procesadores 206. Se debe apreciar que el/los sensor(es) 156, 158 se puede(n) acoplar de forma comunicativa al módulo de comunicaciones 210 usando cualquier medio adecuado. Por ejemplo, como se muestra en la FIG. 4, los sensores 156, 158 están acoplados a la interfaz de sensores 212 por medio de una conexión por cable. Sin embargo, en otros modos de realización, los sensores 156, 158 se pueden acoplar a la interfaz de sensor 212 por medio de una conexión inalámbrica, tal como usando cualquier protocolo de comunicaciones inalámbricas adecuado conocido en la técnica. Adicionalmente, el módulo de comunicaciones 210 también se puede acoplar de forma operativa a un módulo de control de estado de funcionamiento 214 configurado para cambiar al menos un estado de funcionamiento de turbina eólica.

[0032] Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no solo se refiere a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como que están incluidos en un ordenador, sino que también se refiere a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador de lógica programable ("*programmable logic controller*" o PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables. Adicionalmente, el/los dispositivo(s) de memoria 208 puede(n) comprender, en general, (un) elemento(s) de memoria, incluyendo, pero sin limitarse a, medio legible por ordenador (por ejemplo, memoria de acceso aleatorio ("*random access memory*" o RAM)), medio no volátil legible por ordenador (por ejemplo, una memoria *flash*), un disquete, una memoria de solo lectura en disco compacto ("*compact disc-read only memory*" o CD-ROM), un disco magnetoóptico ("*magneto-optical disk*" o MOD), un disco versátil digital ("*digital versatile disc*" o DVD) y/u otros elementos de memoria adecuados. Dicho(s) dispositivo(s) de memoria 208 se puede(n) configurar, en general, para almacenar instrucciones legibles por ordenador adecuadas que, cuando se implementan por el/los procesador(es) 206, configuran el controlador 200, 202 para realizar diversas funciones que incluyen, pero sin limitarse a, detectar un evento operativo anónimo e iniciar un modo de frenado potenciado para la turbina eólica 100 como se describe en el presente documento, así como diversas otras funciones implementadas por ordenador adecuadas.

[0033] En referencia ahora a la FIGS. 5-9, se ilustran diagramas esquemáticos de diversos modos de realización de un conjunto de conversión de potencia 300 que tiene un banco de condensadores 302 de acuerdo con la presente divulgación. Como ejemplo, y como se hace referencia con respecto a las FIGS. 1-3, el conjunto de conversión de potencia 300 puede ser parte de un sistema de potencia de turbina eólica 100. Además, la FIG. 5 ilustra un conjunto de conversión de potencia 300 similar al conjunto de conversión de potencia 168 del sistema de potencia de turbina eólica de la FIG. 3. Sin embargo, como se ilustra además en las FIGS. 6-8, se debe entender que se puede usar el banco de condensadores 302 de la presente divulgación con cualquier suministro de CA variable o fija trifásica o red eléctrica, representada como elemento 305 en las FIGS. 5-9. En consecuencia, el conjunto de conversión de potencia 300 descrito en el presente documento se puede utilizar con un sistema de energía solar, un sistema hidroeléctrico, un sistema de energía mareomotriz, un sistema de potencia de celda de combustible, un sistema de potencia de almacenamiento de energía o un sistema de potencia híbrido.

[0034] Por tanto, como se muestra en las FIGS. 5-9, el banco de condensadores 302 se puede utilizar con cualquier convertidor/inversor de potencia 304 acoplado eléctricamente con cualquier fuente de potencia 308 adecuada. Por ejemplo, en determinados modos de realización, el convertidor de potencia 304 puede ser un convertidor de CA-CC o un convertidor de CC-CA, así como cualquier convertidor de potencia de dos niveles o cualquiera de múltiples niveles superior con configuraciones de punto neutro fijado (NPC), punto neutro fijado activo (ANPC), NPC de tipo T o puentes H en cascada o de condensadores flotantes).

[0035] Además, en determinados modos de realización, la fuente de potencia 308 puede ser un convertidor, un inversor o una fuente de energía de CC. Por ejemplo, como se muestra en la FIGS. 5 y 6, la fuente de potencia 308 corresponde a un convertidor/inversor 315. Más específicamente, en modos de realización particulares, en los que el conjunto de conversión de potencia 300 es parte del sistema de potencia de turbina eólica 100, el convertidor de potencia 304 puede ser el convertidor de lado de línea 174, mientras que la fuente de potencia 308 puede ser el convertidor de lado de rotor 172.

[0036] De forma alternativa, como se muestra en la FIGS. 7 y 8, la fuente de potencia 308 puede corresponder a una fuente de energía de CC 317. En dichos modos de realización, la fuente de energía de CC 317, como ejemplo, puede incluir una batería/fuente alimentada por batería, un panel solar, una celda de combustible, una fuente de energía eólica o combinaciones de las mismas. Además, como se muestra en las FIGS. 5 y 6, en varios modos de realización, cuando la fuente de potencia 308 es el convertidor o el inversor, la fuente de potencia 308 también se puede acoplar a un generador y/o un motor, como se muestra en 328. Por tanto, el generador/motor 328 puede ser una fuente eólica, una fuente mareomotriz/hidroeléctrica, una celda de combustible y/o cualquier otra aplicación/carga de conversión de potencia, tal como aplicaciones marinas, de asistencia sanitaria, de automatización y/o de electrónica aeronáutica.

[0037] Además, como se muestra en las FIGS. 5-9, el convertidor de potencia 304 descrito en el presente documento puede incluir cualquier dispositivo de conmutación 306 adecuado, tal como conmutadores semiconductores. En particular, los elementos de conmutación 306 pueden incluir uno o más transistores bipolares de puerta aislada y/o uno o más transistores de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico de carburo de silicio (Sic MOSFET). Además, como se muestra en la FIG. 5, el conjunto de conversión de potencia 300 también puede incluir un circuito de filtro de corriente continua (CC) 210 que une el convertidor de potencia 306 y la fuente de potencia 308.

[0038] Además, como se muestra, el circuito de filtro de CC 310 incluye un enlace de CC 312 que tiene un riel positivo 314 y un riel negativo 316, de modo que el banco de condensadores 302 une el convertidor de potencia 306 y la fuente de potencia 308. Por tanto, el banco de condensadores 302 está configurado para mantener una tensión del enlace de CC 312 dentro de un intervalo determinado. Además, el banco de condensadores 302 incluye una pluralidad de condensadores 318 acoplados al riel positivo 314 y al riel negativo 316. Más específicamente, como se muestra, la pluralidad de condensadores 318 incluye, al menos, un primer grupo 320 de condensadores que son de un primer tipo de condensadores y un segundo grupo 322 de condensadores que son de un segundo tipo de condensadores diferente. Por ejemplo, en un modo de realización, el primer tipo de condensadores 320 puede ser condensadores de película, mientras que el segundo tipo de condensadores 322 puede incluir condensadores electrolíticos. Por tanto, en determinados modos de realización, los condensadores electrolíticos 322 pueden tener una capacitancia mayor que los condensadores de película 320. En modos de realización adicionales, como se muestra en general en las FIGS. 5-9, los condensadores electrolíticos 322 se pueden conectar en paralelo con los condensadores de película 320.

[0039] En modos de realización particulares, como se muestra en las FIGS. 6 y 8, los condensadores electrolíticos 322 se pueden integrar dentro del circuito de filtro de CC 310. De forma alternativa, como se muestra en la FIGS. 5 y 7, los condensadores electrolíticos 322 pueden ser externos al circuito de filtro de CC 310. Por ejemplo, como se muestra, en modos de realización particulares, los condensadores electrolíticos 322 se pueden colocar en una caja separada 324 aparte de los condensadores de película 320. Aún en otro modo de realización, los condensadores electrolíticos 322 se pueden retirar más eléctricamente del circuito de filtro de CC 310, por ejemplo, por medio de cualquier posicionamiento físico adecuado en relación con los condensadores de película 320.

[0040] Además, como se muestra en particular en la FIG. 9, cada condensador 320 en el primer grupo 320 de condensadores se sitúa más cerca de un dispositivo de conmutación 306 respectivo de la pluralidad de dispositivos de conmutación que un condensador 322 correspondiente del segundo grupo 322 de condensadores para minimizar la impedancia entre cada condensador 320 en el primer grupo de condensadores y el dispositivo de conmutación 306 respectivo. Este posicionamiento/disposición garantiza que la mayor parte de la corriente de rizado de alta frecuencia provocada por los eventos de conmutación de semiconductores 306 pase a través de los condensadores de película 320. Además, en determinados modos de realización, estos condensadores de baja impedancia 320 también reducen la fatiga en el dispositivo de conmutación 306, mientras que aportan cierta capacitancia global.

[0041] Todavía en referencia a la FIG. 9, a cierta distancia, por ejemplo, más abajo de la barra colectora 326, los condensadores electrolíticos 322 están acoplados a la misma. En consecuencia, la impedancia proporcionada por los condensadores de película 320 (y también entre los condensadores electrolíticos 322 y los dispositivos de conmutación 306 está configurada para reducir la corriente de rizado de alta frecuencia que experimentan los condensadores electrolíticos 322, de modo que los condensadores electrolíticos 322 no están sometidos a fatiga indebidamente, incrementando, de este modo, su vida útil. Además, los condensadores electrolíticos 322 están configurados para proporcionar la capacitancia masiva para garantizar una estabilidad del control y aportar cierta capacidad de corrientes de rizado.

[0042] En referencia ahora a la FIG. 10, se ilustra un diagrama de flujo de un modo de realización de un sistema 400 para operar un conjunto de conversión de potencia de acuerdo con la presente divulgación. Por ejemplo, como se muestra, el sistema 400 puede incluir una función de optimización de diseño de circuito de enlace de CC 402 que determina una configuración híbrida dominante de condensadores electrolíticos 404 y/o una configuración híbrida dominante de condensadores de película 406. Más específicamente, como se muestra, la función de optimización de diseño de circuito de filtro de enlace de CC 402 recibe uno o más parámetros (tales como coste, pérdida de potencia, la cantidad de componentes, los márgenes de carga de los condensadores, vida útil esperada y/o la densidad de potencia) y determina las configuraciones híbridas dominantes de condensadores electrolíticos y de película 404, 406, respectivamente, adhiriéndose a una o más restricciones de diseño (por ejemplo, tensión, capacidad de corriente de rizado y/o capacitancia).

[0043] Además, el experto reconocerá la intercambiabilidad de diversas características de diferentes modos de realización. De forma similar, se pueden mezclar y equiparar las diversas etapas de procedimiento y características descritas, así como otros equivalentes conocidos para cada uno de dichos procedimientos y características, por un experto en esta técnica para construir sistemas y técnicas adicionales de acuerdo con los principios de esta

- 5 divulgación. Por supuesto, se ha de entender que no necesariamente se pueden lograr todos los dichos objetivos o ventajas descritos anteriormente de acuerdo con cualquier realización particular. Por tanto, por ejemplo, los expertos en la técnica reconocerán que los sistemas y técnicas descritos en el presente documento se pueden realizar o llevar a cabo de una manera que logre u optimice una ventaja o un grupo de ventajas como se enseña en el presente documento sin lograr necesariamente otros objetivos o ventajas como se puede enseñar o sugerir en el presente documento.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de conversión de potencia (300), que comprende:

5 un convertidor de potencia (174, 304) que comprende una pluralidad de dispositivos de conmutación (306);

una fuente de potencia (172, 308) acoplada eléctricamente al convertidor de potencia (174, 304); y

10 un circuito que une el convertidor de potencia (174, 304) y la fuente de potencia (172, 308), comprendiendo el circuito un enlace de corriente continua (CC) (173, 312) que comprende un riel positivo (314), un riel negativo (316) y un banco de condensadores (302) que une el convertidor de potencia (174, 304) y la fuente de potencia (172, 308), configurado el banco de condensadores (302) para mantener una tensión del enlace de CC (173, 312) dentro de un intervalo determinado, comprendiendo el banco de condensadores (302) una pluralidad de condensadores (318) acoplados al riel positivo (314) y al riel negativo (316), comprendiendo la pluralidad de condensadores (318) un primer grupo (320) de condensadores que son de un primer tipo y un segundo grupo (322) de condensadores que son de un segundo tipo de condensadores diferente,

20 en el que cada condensador en el primer grupo (320) de condensadores se sitúa más cerca de un dispositivo de conmutación (306) respectivo de la pluralidad de dispositivos de conmutación que un condensador correspondiente del segundo grupo (322) de condensadores para minimizar la impedancia entre cada condensador en el primer grupo (320) de condensadores y el dispositivo de conmutación (306) respectivo

25 en el que el primer tipo de condensadores (320) son condensadores de película y el segundo tipo de condensadores (322) son condensadores electrolíticos,

30 **caracterizado por que** el primer grupo (320) de condensadores y los dispositivos de conmutación (306) respectivos están ubicados a lo largo de un lado de una barra colectora plana (326), y los condensadores correspondientes del segundo grupo (322) de condensadores están ubicados a lo largo del lado opuesto de la barra colectora plana (326), en el que cada dispositivo de conmutación (306) respectivo y cada condensador del primer grupo (320) tiene una configuración plana perpendicular a la barra colectora (326), y en el que cada condensador del primer grupo (320) es paralelo y contiguo a su dispositivo de conmutación (306) respectivo.

2. El conjunto de conversión de potencia (300) de la reivindicación 1, en el que el convertidor de potencia (174, 304) comprende al menos uno de un convertidor de CA-CC o un convertidor de CC-CA.

- 40 3. El conjunto de conversión de potencia (300) de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el convertidor de potencia (174, 304) comprende un convertidor de potencia de múltiples niveles (174, 304).

- 45 4. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que la pluralidad de dispositivos de conmutación (306) comprende al menos uno de un transistor bipolar de puerta aislada o un transistor de efecto de campo semiconductor de óxido metálico de carburo de silicio (Sic MOSFET).

5. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-4, en el que los condensadores electrolíticos tienen una capacitancia mayor que los condensadores de película.

- 50 6. El conjunto de conversión de potencia de cualquiera de las reivindicaciones 1-5, en el que los condensadores electrolíticos están conectados en paralelo con los condensadores de película.

7. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-6, en el que los condensadores electrolíticos están integrados dentro del circuito.

- 55 8. El conjunto de conversión de potencia (300) de la reivindicación 7, en el que los condensadores electrolíticos están colocados en una caja separada aparte de los condensadores de película.

- 60 9. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-8, en el que la fuente de potencia comprende al menos uno de un convertidor, un inversor o una fuente de energía de CC, comprendiendo la fuente de energía de CC al menos uno de una batería o un panel solar.

- 65 10. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-9, en el que la impedancia proporcionada por el primer grupo (320) de condensadores, y entre el segundo grupo (322) de condensadores y la pluralidad de dispositivos de conmutación (306) está configurada para reducir una corriente de rizado de

alta frecuencia experimentada por el segundo grupo (322) de condensadores, y/o en el que el segundo grupo (322) de condensadores está configurado para proporcionar una capacitancia masiva.

- 5 11. El conjunto de conversión de potencia (300) de cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en el que el conjunto de conversión de potencia es parte de un sistema de potencia de turbina eólica, un sistema de energía solar, un sistema de energía hidroeléctrica, un sistema de potencia de almacenamiento de energía o un sistema de potencia híbrido.
- 10 12. Un sistema de potencia de turbina eólica (100), que comprende:
- un rotor (108) que comprende un buje rotatorio (110) que tiene al menos una pala de rotor (112) montada en el mismo;
- 15 un generador (118) acoplado al rotor (108); y
- un conjunto de conversión de potencia (168, 300) de la reivindicación 11 que comprende un convertidor de lado de línea (174, 304) como fuente de potencia, y un convertidor de lado de rotor (172, 308) como convertidor de potencia, en el que el primer grupo (320) de condensadores se conecta en paralelo con el
- 20 segundo grupo (322) de condensadores.

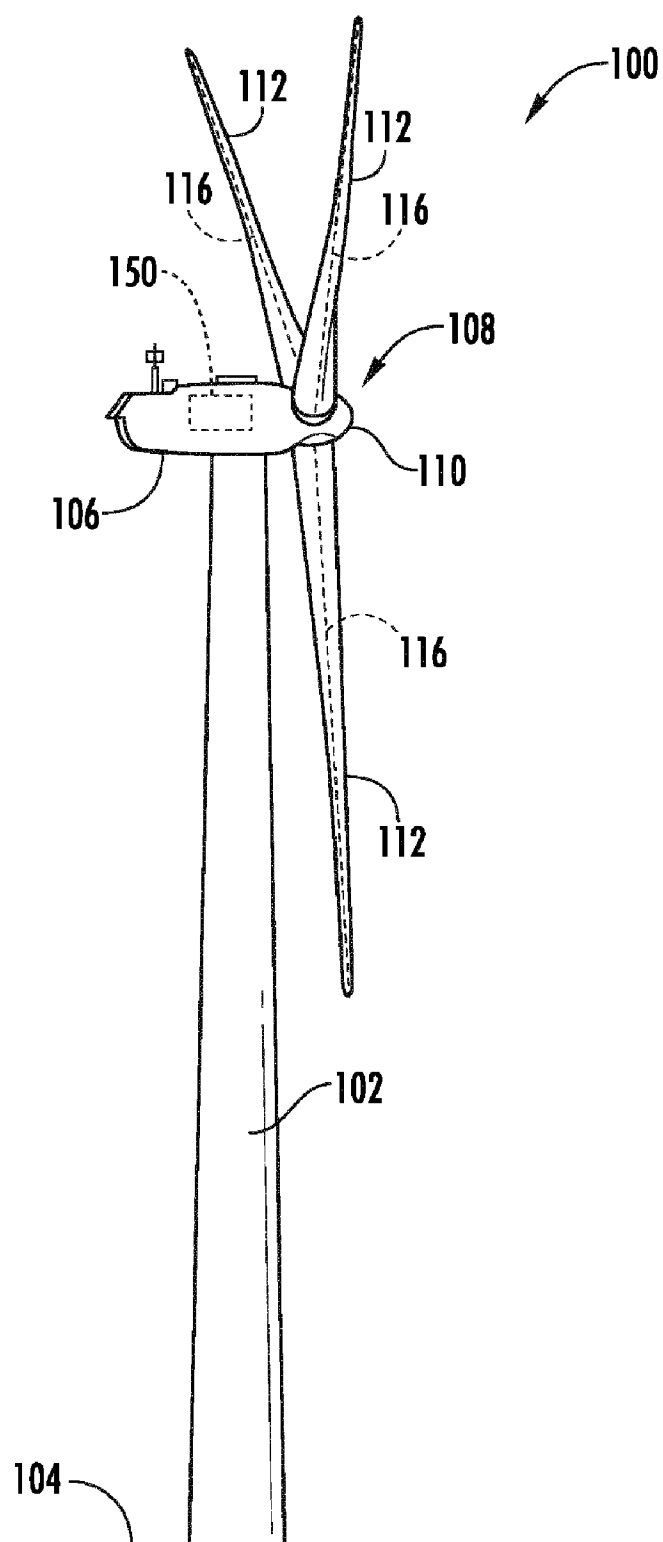


FIG. 1

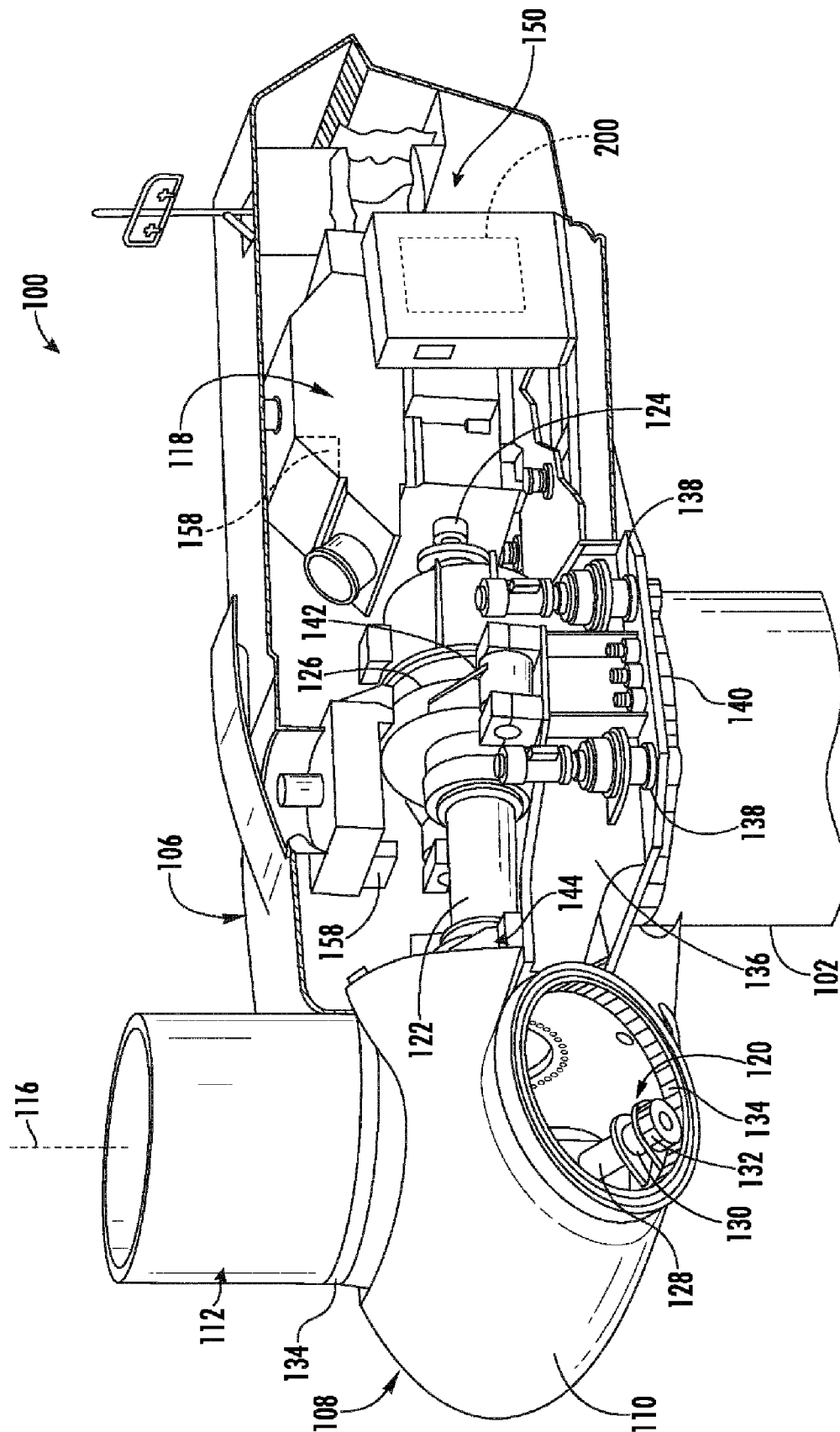
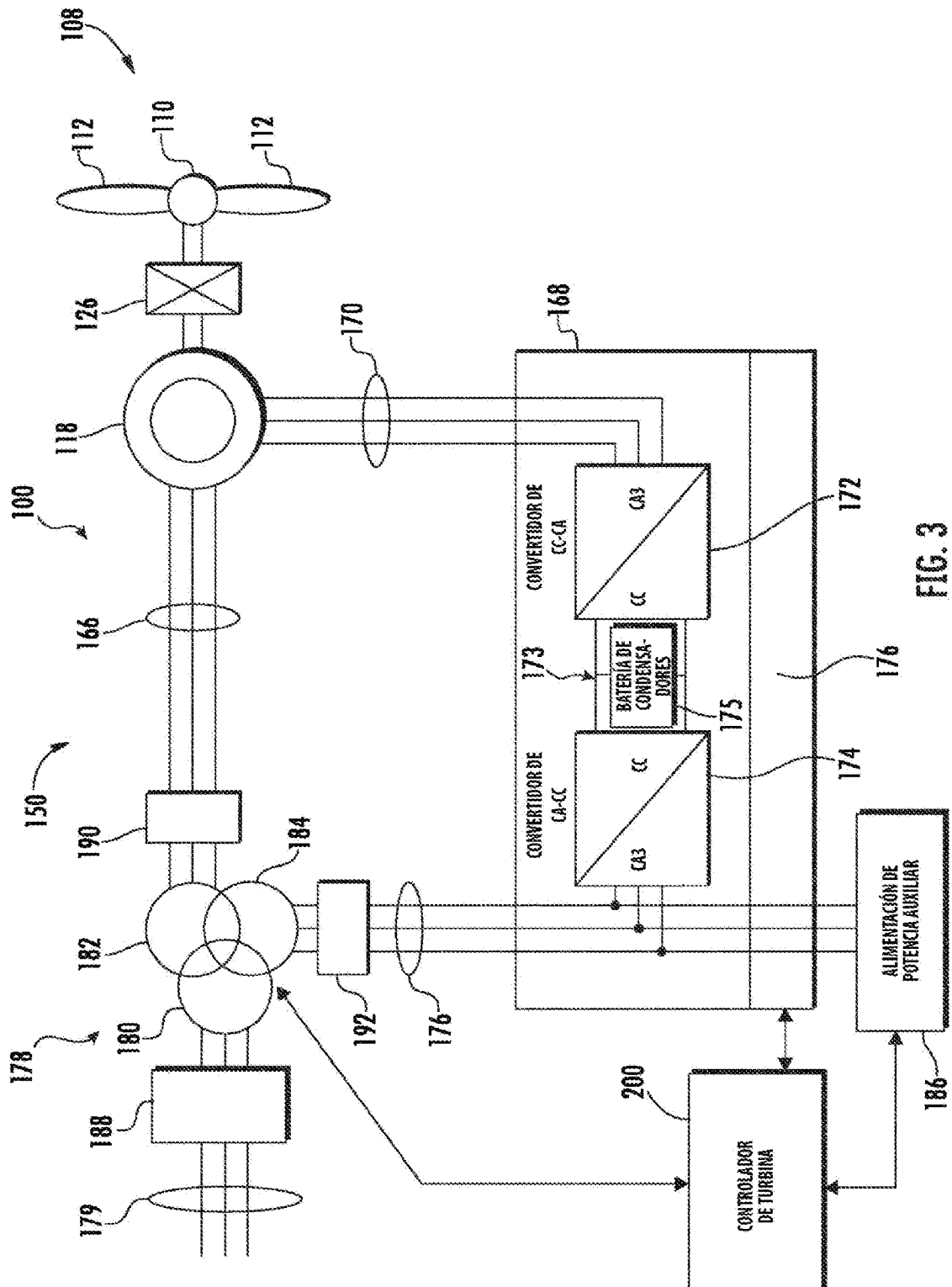


FIG. 2



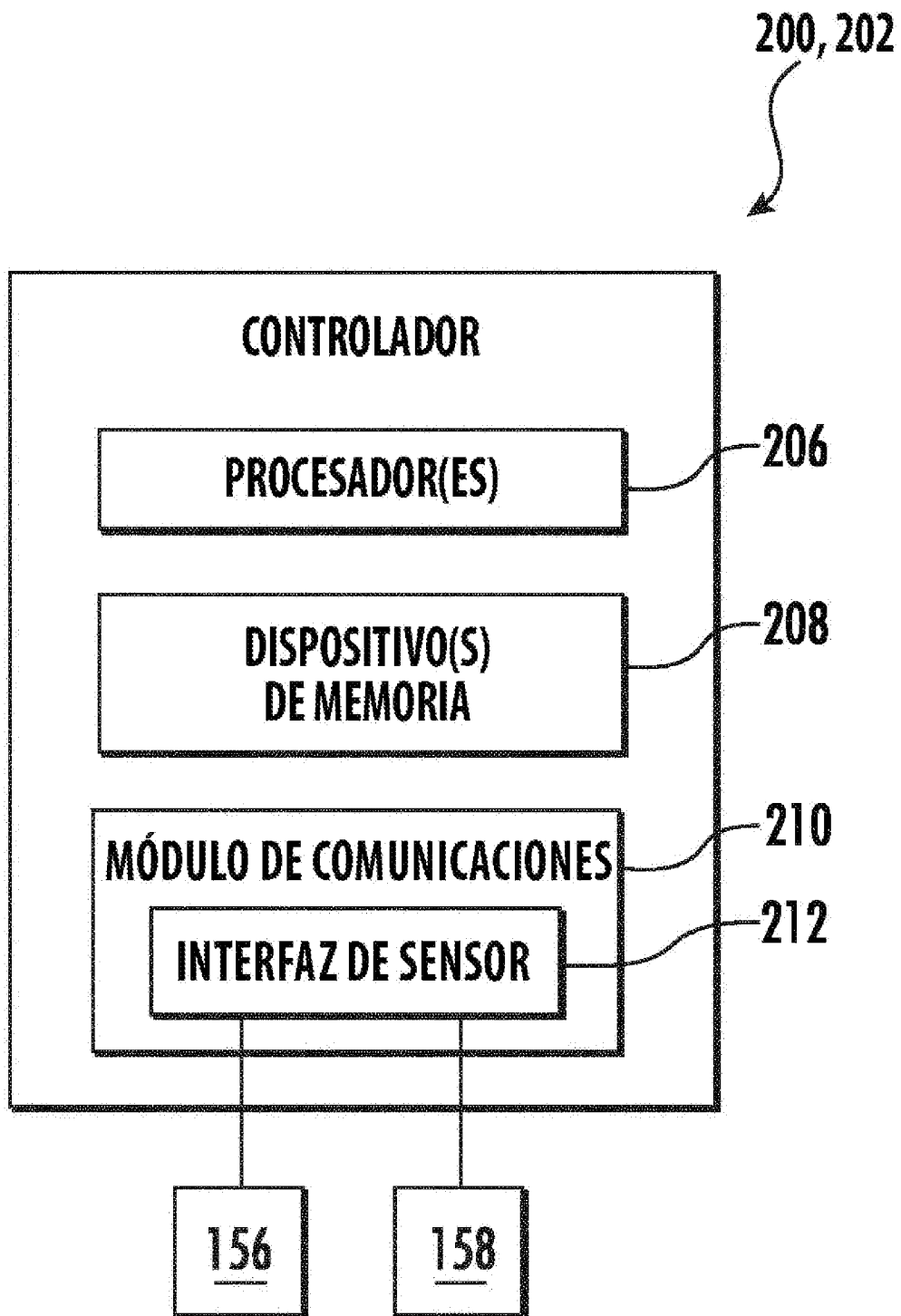
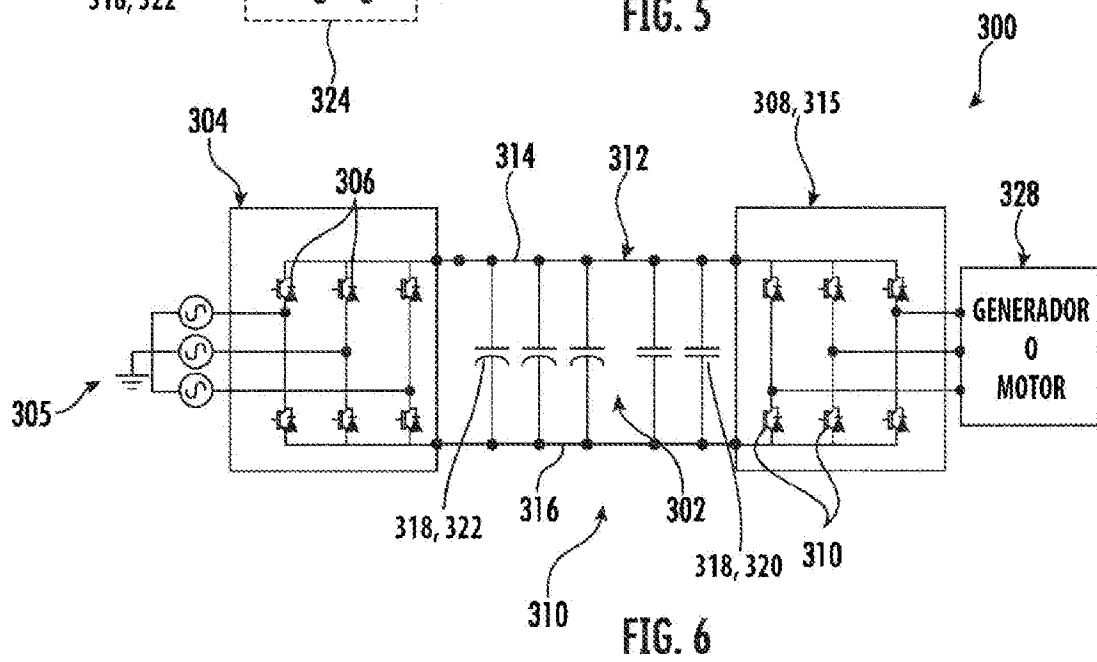
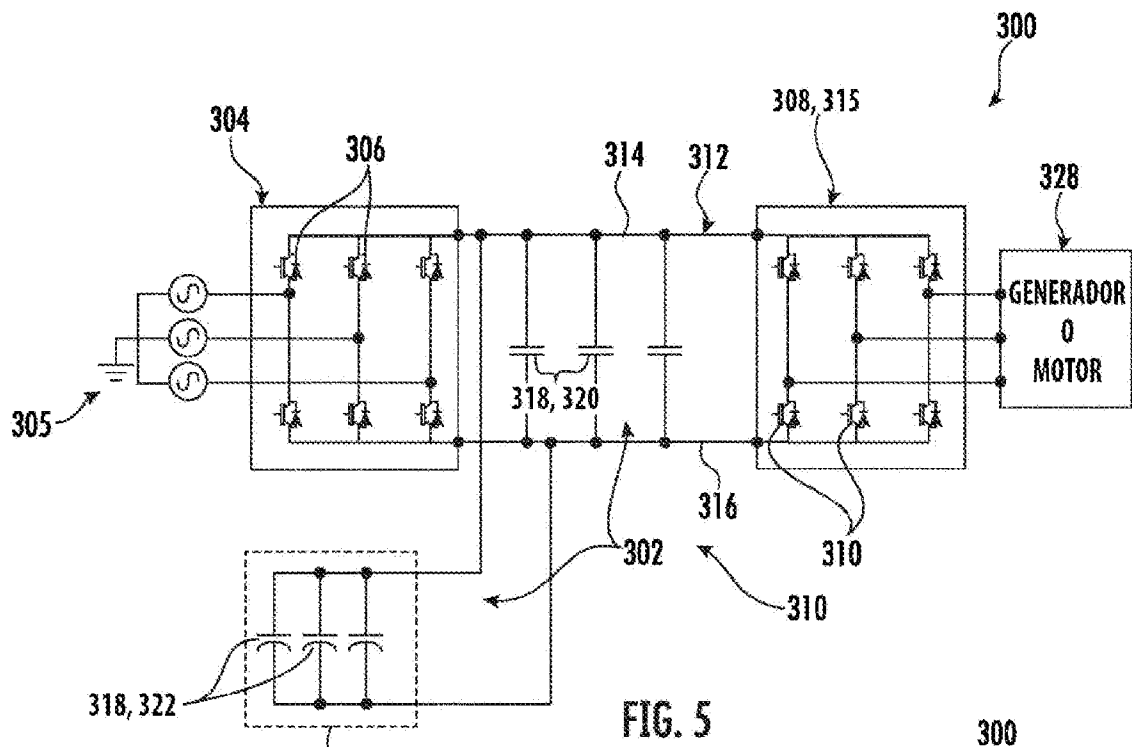
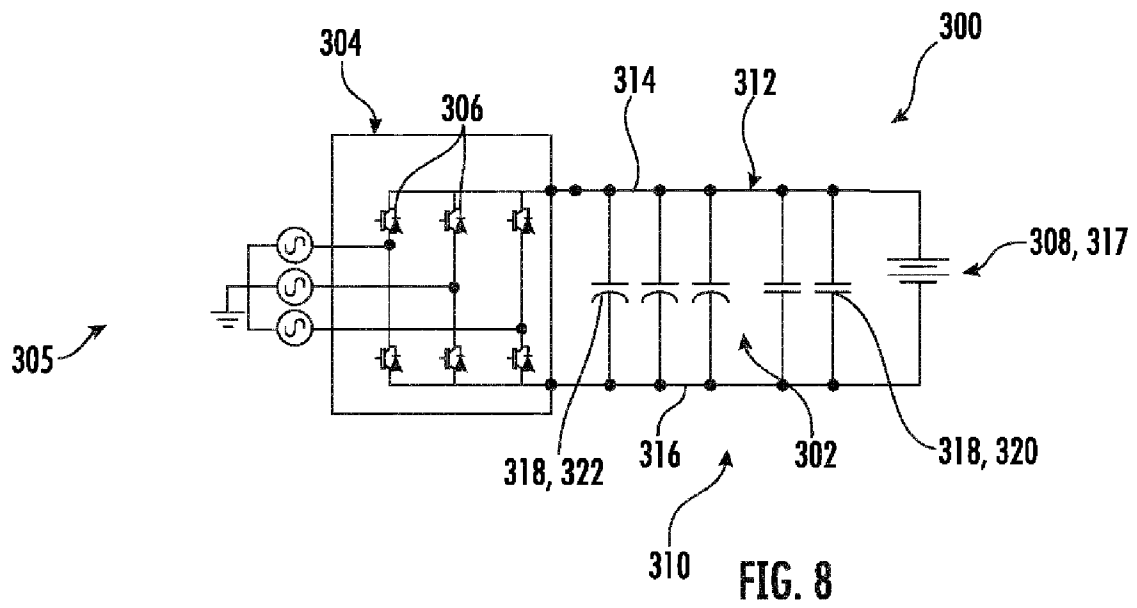
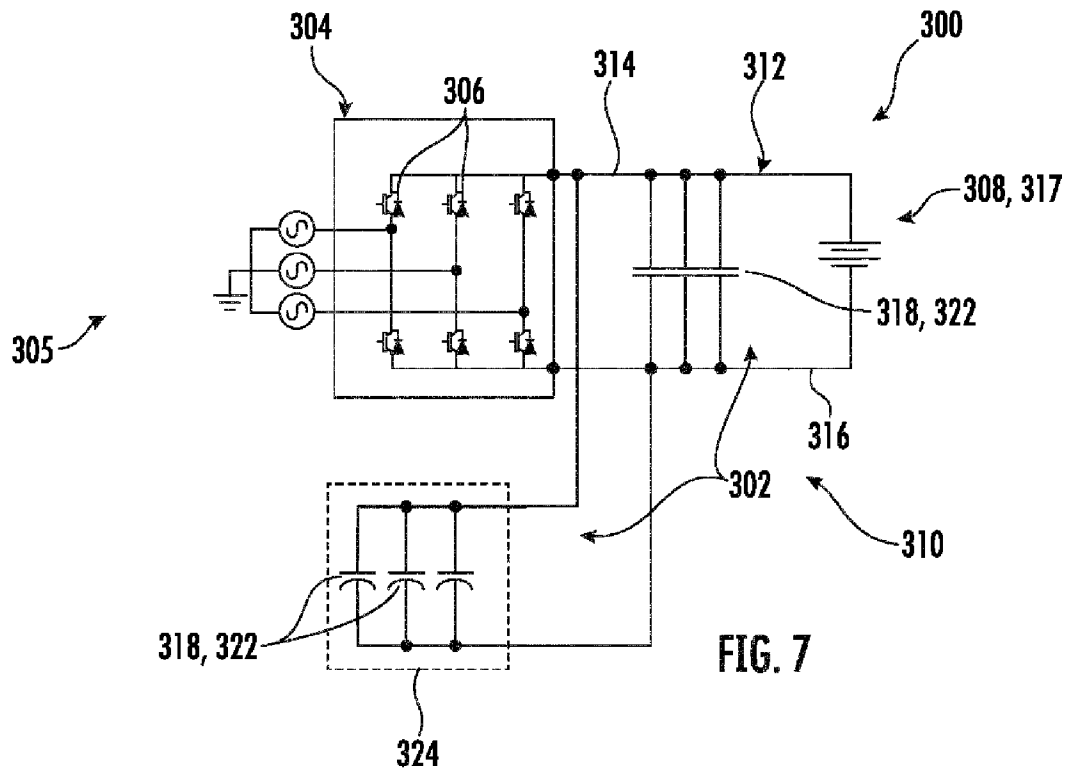
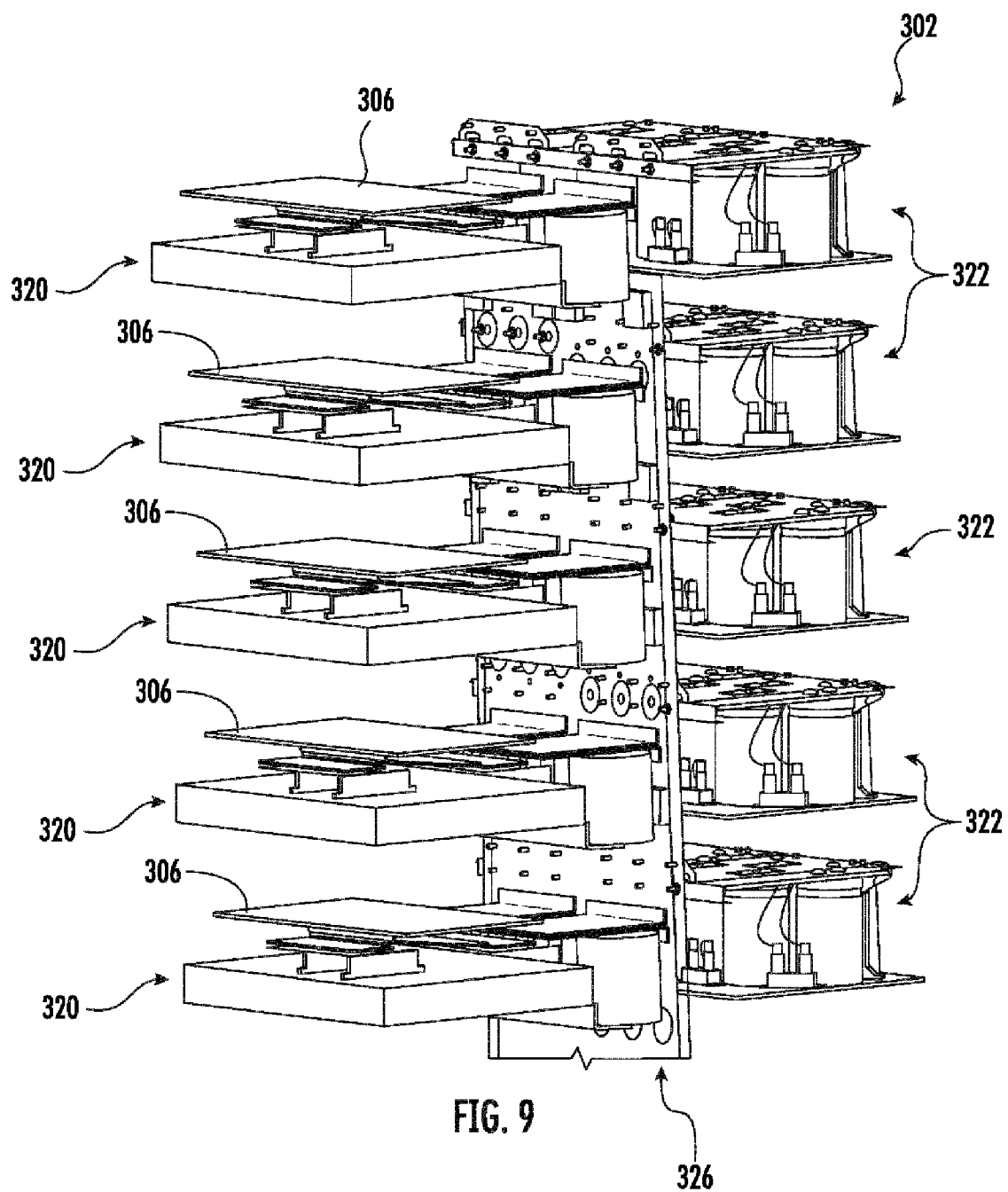


FIG. 4







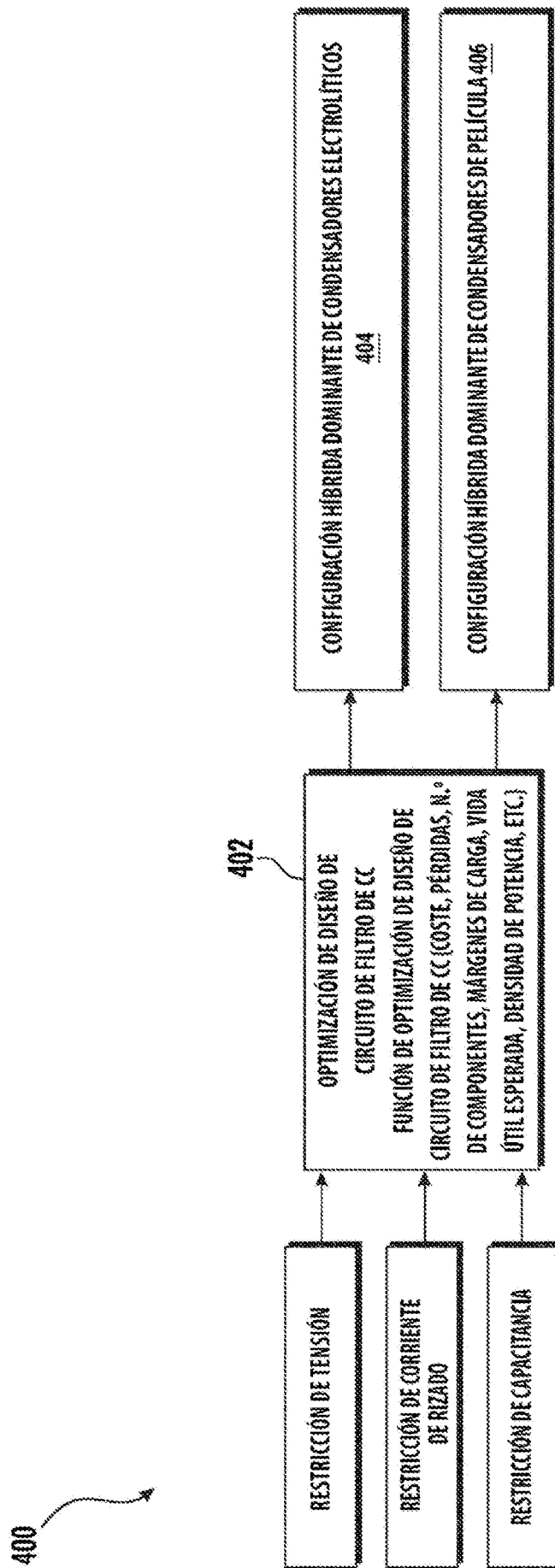


FIG. 10