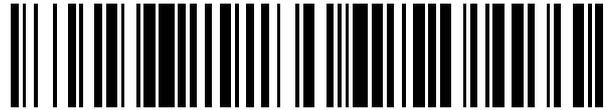


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 461 594**

51 Int. Cl.:

**H02M 5/458** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.05.2010** **E 10164208 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.04.2014** **EP 2262089**

54 Título: **Sistema de operación de un convertidor de energía de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**12.06.2009 US 483442**

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

**20.05.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**WAGONER, ROBERT GREGORY y  
KLODOWSKI, ANTHONY**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 461 594 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Sistema de operación de un convertidor de energía de una turbina eólica

5 El campo de la divulgación se refiere, en general, a la generación de energía con turbinas eólicas y, más específicamente, a la mejora de la eficiencia de las turbinas eólicas mediante la reducción de las pérdidas de energía presentes en un convertidor de energía de turbinas eólicas.

10 Una turbina eólica utiliza el viento para generar electricidad. Una turbina eólica incluye típicamente una góndola que aloja un generador eléctrico. La turbina eólica también incluye típicamente un rotor que incluye una pluralidad de palas de rotor unidas a un buje giratorio. El rotor de turbina eólica está acoplado al generador eléctrico, en el que el rotor de la turbina eólica convierte la energía eólica en energía de rotación que se utiliza para girar un rotor del generador eléctrico. La operación a velocidad variable de la turbina eólica facilita la captura mejorada de la energía mediante la turbina en comparación con una operación de velocidad constante de la turbina. Sin embargo, el funcionamiento a velocidad variable de la turbina eólica produce energía eléctrica que tiene tensión y/o frecuencia variables. Más específicamente, la frecuencia de la electricidad generada por la turbina eólica de velocidad variable es proporcional a la velocidad de rotación del rotor. Un convertidor de energía puede estar acoplado entre el generador eléctrico y una red de suministro eléctrico. El convertidor de energía genera electricidad que tiene una tensión y una frecuencia fijas para su suministro en la red eléctrica.

15 Algunos convertidores de energía conocidos incluyen conmutadores semiconductores capaces de manejar altas corrientes y tensiones. Típicamente, una rápida conmutación de los conmutadores semiconductores es beneficioso para la calidad de la salida de energía del convertidor. Sin embargo, los conmutadores semiconductores pueden no ser capaces de funcionar a altas frecuencias debido a limitaciones térmicas. Para superar las limitaciones térmicas, un filtro y un estrangulador pueden estar acoplados a la salida de los conmutadores semiconductores para filtrar el contenido armónico de la electricidad. Este filtrado puede afectar negativamente a la eficiencia de los convertidores de energía.

20 El documento EP 1 768 223 divulga un procedimiento para operar un sistema convertidor que incluye módulos de convertidor, incluyendo convertidores de generador e inversores de la red.

El documento US 2009/0109713 se refiere a una unidad de velocidad variable, que incluye un aparato para el modo común y filtrado de modo diferencial para soportar protección.

En un aspecto de acuerdo con la presente invención, se proporciona un sistema de generación de energía de acuerdo con la reivindicación 1 adjunta.

30 Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se describirán ahora en conexión con los dibujos adjuntos, en los cuales:

- La figura 1 es una vista lateral en perspectiva de una realización ejemplar de una turbina eólica.
- La figura 2 es una vista en perspectiva en sección transversal de una góndola de la turbina eólica ejemplar mostrada en la figura 1.
- 35 La figura 3 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un sistema de energía que incluye un sistema convertidor de energía.
- La figura 4 es un diagrama de bloques de un sistema de energía que incluye un sistema convertidor de energía, por ejemplo, el sistema convertidor de energía que se muestra en la figura 3.
- 40 La figura 5 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar del sistema convertidor de energía que se muestra en la figura 4.
- La figura 6 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un hilo convertidor incluido dentro del sistema convertidor de energía que se muestra en la figura 4.
- La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para proporcionar una energía de salida a una carga.
- 45 La figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un procedimiento para incrementar una eficiencia de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos.

50 Diversas realizaciones descritas en el presente documento incluyen una turbina eólica y, más particularmente, un sistema convertidor de energía para su uso con la turbina eólica. Efectos técnicos de las diversas realizaciones incluyen la mejora de la eficiencia del sistema convertidor de energía mediante la reducción de las pérdidas del convertidor de energía. Aunque se describe como incluido dentro de una turbina eólica, el sistema convertidor de energía que se describe en el presente documento puede incluirse dentro de, o acoplarse a, cualquier fuente de generación de energía adecuada para la conversión de una energía de entrada en una energía de salida.

55 La figura 1 es una vista en perspectiva lateral de una realización ejemplar de una turbina eólica 100. La turbina eólica 100 generalmente incluye una góndola 102 que aloja un generador (no mostrado en la figura 1). La góndola 102 está montada sobre una torre 104, una porción de la cual se muestra en la figura 1. La turbina eólica 100 también incluye un rotor 106 que incluye una pluralidad de palas 108 de rotor unidas a un buje giratorio 110. Aunque la turbina eólica 100 ilustrada en la figura 1 incluye tres palas 108 de rotor, no hay límites específicos acerca del

número de palas 108 del rotor requerido por las diversas realizaciones descritas en el presente documento. Por lo tanto, pueden proporcionarse palas 108 del rotor adicionales o menos.

La figura 2 es una vista en perspectiva lateral en sección de la góndola 102 (mostrada en la figura 1). En la realización ejemplar, diversos componentes están alojados en la góndola 102 en la torre 104 de la turbina eólica 100. Además, una altura de la torre 104 puede seleccionarse en base a factores y condiciones conocidas en la técnica. En algunas realizaciones, uno o más microcontroladores (no mostrados en la figura 2) dentro de un panel de control 112 forman un sistema de control utilizado para el control y la monitorización general del sistema incluyendo la regulación del paso y la velocidad, la aplicación del freno del eje de alta velocidad y de la orientación, aplicación del motor de la orientación y de la bomba y monitorización del nivel de energía y fallos. Arquitecturas de control alternativas distribuidas o centralizadas pueden utilizarse en algunas realizaciones.

En diversas realizaciones, el sistema de control proporciona señales de control a una unidad de paso de pala variable 114 para controlar el paso de las palas 108 (mostradas en la figura 1) que accionan el buje 110 como resultado de viento. El buje 110 y las palas 108 juntos forman el rotor 106 de la turbina eólica (mostrado en la figura 1). El tren de accionamiento de turbina eólica 100 incluye un eje 116 del rotor principal (también referido como un "eje de baja velocidad") conectado al buje 110 y una caja de engranajes 118 que, en algunas realizaciones, utiliza una geometría de trayectoria doble para accionar un eje de alta velocidad encerrado dentro de la caja de engranajes 118. El eje de alta velocidad (no mostrado en la figura 2) se utiliza para accionar un generador 120 que está soportado por un bastidor principal 132. En algunas realizaciones, el par del rotor se transmite a través de un acoplamiento 134. El generador 120 puede ser de cualquier tipo adecuado, por ejemplo y sin limitación, un generador de inducción de rotor bobinado, tal como un generador de inducción doblemente alimentado. Otro tipo adecuado a modo de ejemplo no limitativo es un generador de múltiples polos que puede operar a la velocidad del eje 116 del rotor principal en una configuración de accionamiento directo, sin necesidad de una caja de engranajes.

La figura 3 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un sistema de generación de energía 200 que incluye un sistema convertidor de energía de múltiples hilos 202. En la realización ejemplar, el sistema de generación de energía 200 incluye el generador 120 (que se muestra en la figura 2), el sistema convertidor de energía 202, y un sistema de control 204 del convertidor. En la realización ejemplar, el sistema de generación de energía 200 está al menos parcialmente colocado dentro de la góndola 102 (mostrada en la figura 1). El sistema de generación de energía 200 está configurado para suministrar energía a una carga 212. En la realización ejemplar, el sistema convertidor de energía 202 incluye una pluralidad de convertidores de energía, por ejemplo, los convertidores 214, 216, 218, y 220. Aunque se ha ilustrado como incluyendo cuatro convertidores 214, 216, 218, y 220, cualquier número adecuado de convertidores puede ser incluido, lo que permite que el sistema convertidor de energía 202 funcione como se describe aquí.

El generador 120 está configurado para generar una corriente alterna (CA). Debido a que la alimentación de CA generada por el generador 120 se proporciona al sistema convertidor de energía 202, la alimentación de CA generada se denomina en este documento como una energía de entrada de CA 222. Los convertidores 214, 216, 218, y 220 están acoplados en paralelo y configurados para recibir la energía de entrada de CA 222 desde el generador 120. Cada convertidor 214, 216, 218, y 220 está incluido dentro de un hilo del convertidor, por ejemplo, los hilos 224, 226, 228, y 230 de los convertidores, respectivamente. El sistema convertidor de energía 202 está configurado para convertir la energía de entrada de CA 222 en una energía de salida 232. La energía de salida 232 se proporciona a la carga 212. En la realización ejemplar, la energía de entrada de CA 222 tiene una frecuencia variable. El sistema convertidor de energía 202 puede estar configurado para convertir la energía de entrada de CA de frecuencia variable 222 en una energía de salida de frecuencia fija 232. La carga 212 puede incluir, pero no limitarse a la inclusión de motores, redes eléctricas, y/o cargas resistivas. Aunque las redes son tradicionalmente proveedores de energía, en algunas realizaciones del sistema de la turbina eólica, la energía de la turbina eólica se alimenta a una red de suministro eléctrico que actúa como una carga en tales realizaciones.

En la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor está configurado para proporcionar señales de control para el funcionamiento del sistema convertidor de energía 202. El sistema 204 de control del convertidor puede estar configurado para operar unos conmutadores (no mostrados en la figura 3) dentro de los convertidores 214, 216, 218, y 220 en frecuencias predeterminadas para generar una energía de salida que tiene una tensión y frecuencia de salida deseadas. En algunas realizaciones, el sistema 204 de control del convertidor está acoplado al sistema convertidor de energía 202 y está configurado para accionar el sistema convertidor de energía 202 en un patrón intercalado. El funcionamiento del sistema convertidor de energía 202 en el patrón intercalado controla cada convertidor 214, 216, 218, y 220 con señales de activación periódica de fase desplazadas y reduce la conmutación general de componentes armónicos debido a la cancelación de las formas de onda conmutada desplazadas de fase.

La figura 4 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar del sistema de generación de energía 200, que incluye el generador 120 y el sistema convertidor de energía 202 (mostrado en la figura 3). El sistema convertidor de energía 202 está configurado para recibir energía de entrada 222 desde el generador 120 y proporcionar energía de salida 232 a la carga 212. Como se describió anteriormente, la turbina eólica 100 está configurada para convertir la energía eólica en energía mecánica. La turbina eólica 100 está acoplada a través de una caja de engranajes 118 al generador 120 o alternativamente está acoplada directamente al generador 120. La energía eólica es capturada mediante la rotación de las palas 108, y el generador 120 está configurado para la generación de energía de entrada

de CA 222.

En la realización ejemplar, el sistema convertidor de energía 202 convierte la energía de entrada de CA de frecuencia variable 222 recibida desde el generador 120 en energía de salida de frecuencia fija 232. El sistema convertidor de energía 202 incluye convertidores secundarios del generador y convertidores del lado de la carga (no mostrados en la figura 4). En una realización ejemplar, el sistema convertidor de energía 202 es un sistema convertidor de tres fases. Otros sistemas de convertidores de energía 202, alternativamente, pueden ser utilizados, siendo un ejemplo no limitativo un sistema de una sola fase. En el ejemplo de realización, se proporciona la salida del sistema convertidor de energía 202 para la carga 212 a través de un panel de distribución de energía 234 (mostrado en la figura 5) y un transformador 236.

La figura 5 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de sistema convertidor de energía 202 (mostrado en la figura 4). En la realización ejemplar, el sistema convertidor de energía 202 incluye una pluralidad de hilos del convertidor, por ejemplo, un primer hilo 224, un segundo hilo 226, un tercer hilo 228, y un cuarto hilo 230. Aunque el sistema convertidor de energía 202 se ilustra como que incluye cuatro hilos 224, 226, 228, y 230 del convertidor, el sistema convertidor de energía 202 puede incluir cualquier número de hilos del convertidor que permitan que el sistema de generación de energía 200 (mostrado en la figura 3) funcione como se describe en el presente documento. En la realización ejemplar, la energía de entrada generada por el generador 120 se divide entre los hilos 224, 226, 228, y 230 del convertidor. En un ejemplo donde el generador 120 genera dos megavatios de electricidad, cada hilo 224, 226, 228, y 230 del convertidor recibe aproximadamente quinientos kilovatios de electricidad para su conversión en una energía de salida suministrada a la carga 212.

En la realización ejemplar, el hilo 224 del convertidor incluye un inductor 320 de modo común acoplado entre el generador 120 y un inductor 322 del lado del generador. En la realización ejemplar, el inductor 320 de modo común incluye al menos un espacio de aire 324. El hilo 224 del convertidor también incluye un convertidor 214 acoplado entre el inductor 322 del lado del generador y un inductor 328 del lado de la carga. En la realización ejemplar, los convertidores 214, 216, 218, y 220 incluyen un convertidor 330 del lado del generador y un inversor 332 del lado de la carga. En el hilo 224 del convertidor, el inversor 330 del lado del generador está acoplado entre el inductor 322 del lado del generador y el inversor 332 del lado de la carga. El inversor 332 del lado de la carga está acoplado además a la inductancia 328 del lado de la carga. La inductancia 328 del lado de carga está configurada para proporcionar energía de salida a la carga 212, en ciertas realizaciones, a través del panel de distribución de energía 234 y/o el transformador 236. En realizaciones alternativas, el convertidor 214 y los inductores 320, 322, y 328 pueden estar colocados dentro del hilo 224 del convertidor en cualquier orden adecuado que permita al sistema convertidor 202 funcionar como se describe en el presente documento.

En la realización ejemplar, el inductor 320 de modo común está configurado para proporcionar inductancia de modo común que facilita la reducción de una corriente de modo común en el primer hilo 224. En al menos algunas realizaciones, el inductor 320 de modo común incluye bobinados de tres fases enrollados juntos en una sola pata del núcleo magnético (no mostrados en la figura 5). La corriente de modo común, por ejemplo, la corriente de modo común 370, puede aumentar las pérdidas de energía en el inductor 322 del lado del generador y/o del inductor 328 del lado de la carga de hilo 224 del convertidor. Las pérdidas de energía en los inductores 322 y/o 328 reducen la eficiencia del sistema convertidor de energía 202. Para facilitar el aumento de la eficiencia del sistema convertidor de energía 202, puede facilitarse una reducción de la corriente 370 de modo común mediante el aumento del valor de inductancia del inductor 320 de modo común. Por ejemplo, el valor de la inductancia del inductor 320 de modo común del sistema convertidor de energía 202 puede ser aproximadamente el doble en comparación con los sistemas convertidores de energía conocidos. Más específicamente, en al menos un ejemplo, el valor de la inductancia del inductor 320 de modo común puede duplicarse a partir de cuatrocientos milihenrios (mH) a ochocientos mH. En otro ejemplo, el valor de la inductancia del inductor 320 de modo común está entre cien mH y un henrio (H). En otro ejemplo, el valor de la inductancia del inductor 320 de modo común está entre seiscientos mH y novecientos mH.

En la realización ejemplar, el inductor 322 del lado del generador y el inductor 328 del lado de la carga están configurados para proporcionar una inductancia de tres fases (por ejemplo, modo normal). En al menos algunas realizaciones, el inductor 322 del lado del generador y el inductor 328 del lado de la carga incluyen unos bobinados de tres fases enrollados sobre tres patas del núcleo magnético separado (no mostrado en la figura 5) con una vía de retorno común. En la realización ejemplar, el inductor 322 del lado del generador y el inductor 328 del lado de la carga no proporcionan relativamente ninguna inductancia de modo común en comparación con el inductor 320 de modo común. En la realización ejemplar, los hilos 226, 228, y 230 del convertidor están configurados de una manera sustancialmente similar a la descrita anteriormente respecto a hilo 224 del convertidor.

La figura 6 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar del hilo 224 del convertidor (que se muestra en la figura 3) incluido dentro del sistema convertidor de energía 202 (mostrado en la figura 3). Normalmente, en aplicaciones de turbinas eólicas, el sistema convertidor de energía 202 es un sistema convertidor de energía trifásica. Aunque cada hilo 224, 226, 228, y 230 del convertidor en la figura 5 se ilustra en forma de una línea, la línea única puede representar múltiples fases. Por ejemplo, la línea única que representa el hilo 224 del convertidor en la figura 5 se muestra en la figura 6 como un hilo 224 del convertidor trifásico que incluye una primera fase 334, una segunda fase 336, y una tercera fase 338. Como se describió anteriormente, hilo 224 del convertidor incluye el

convertidor 214. En la realización ejemplar, el convertidor 214 incluye el convertidor 330 del lado del generador (también referido como un puente convertidor de generador) y el convertidor 332 del lado de la carga (también referido como un puente convertidor de carga). El convertidor 330 del lado del generador puede implementarse utilizando seis conmutadores de energía 340. Del mismo modo, el inversor 332 del lado de la carga puede implementarse utilizando seis conmutadores de energía 342. En algunas realizaciones, los conmutadores de energía 340 y 342 son transistores bipolares de accionamiento aislado (IGBTs). Sin embargo, otros tipos de conmutadores de energía, incluyendo, pero no limitados a propulsores conmutados de accionamiento integrado (IGCT o GCTs) o MOSFETs, pueden incluirse dentro de los convertidores 330 y 332. Los conmutadores 340 y 342 se conmutan a frecuencias predeterminadas para generar una energía de salida que tiene una tensión y una frecuencia de salida deseadas. Un combinador de forma de onda 350 puede incluirse dentro de cada hilo y se acopla a un filtro modulado de anchura de pulsos (PWM) conjunto 352 para el sistema convertidor de energía 202. El combinador de forma de onda 350 incluye estranguladores 354 en modo diferencial que son lo suficientemente grandes para permitir accionamientos intercalados. Esto está en contraste con cualesquiera estranguladores en modo diferencial de tamaño más pequeño que son necesarios para reducir al mínimo el intercambio de corriente desequilibrada con sistemas de conversión no intercalados convencionales. El filtro PWM 352 incluye componentes inductivos 356 y componentes capacitivos 358.

Los estranguladores en modo diferencial 354 en los combinadores en forma de onda 350 proporcionan parte o toda la inductancia total en el filtro PWM 352 y suprimen la corriente transversal del modo diferencial de alta frecuencia (por ejemplo, el intervalo de frecuencia de conmutación) resultante del control de accionamiento intercalado. Cuando se utiliza, un estrangulador de modo común 360 en el combinador en forma de onda 350 suprime la corriente transversal de modo común de alta frecuencia que vincula ambos inversores 330 del lado del generador y los inversores 332 del lado de la carga. La salida filtrada desde el filtro PWM 352 se proporciona a la carga 212 (que se muestra en la figura 5).

Haciendo referencia adicionalmente a la figura 5, en la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor está acoplado a los convertidores 214, 216, 218, y 220. En la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor controla un patrón de conmutación y/o una frecuencia de conmutación de los conmutadores que se incluyen dentro del convertidor 214, por ejemplo, los conmutadores 340 y 342 (que se muestran en la figura 6). En algunas realizaciones, el sistema 204 de control del convertidor está configurado para operar el convertidor 214, el convertidor 216, el convertidor 218, y el convertidor 220 en un patrón totalmente intercalado. Por ejemplo, el sistema 204 de control del convertidor puede proporcionar al convertidor 214, al convertidor 216, al convertidor 218, 220 y al convertidor señales de accionamiento de fase desplazada para facilitar la reducción global de los componentes armónicos de la conmutación debido a la cancelación de las formas de onda de conmutación desplazadas de fase. Más específicamente, en un patrón de conmutación totalmente intercalado, los convertidores 214, 216, 218 y 220, se conmutan en un patrón intercalado. Por ejemplo, el convertidor 214 puede conmutarse noventa grados fuera de fase respecto al convertidor 216 y al convertidor 220, el convertidor 216 puede conmutarse noventa grados fuera de fase respecto al convertidor 218, y el convertidor 218 se puede conmutar noventa grados fuera de fase respecto al convertidor 220. En un patrón de conmutación totalmente intercalado, los inversores 330 del lado del generador y los inversores 332 del lado de la carga de los convertidores 214, 216, 218, y 220 se conmutan sustancialmente al mismo tiempo.

En la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor también está configurado para conmutar los convertidores 214, 216, 218, y 220 en un patrón medio intercalado. Por ejemplo, el convertidor 214 y el convertidor 218 se conmutan ciento ochenta grados fuera de fase respecto al convertidor 216 y al convertidor 220. Alternativamente, cualquiera de los dos convertidores 214, 216, 218, y 220 pueden agruparse juntos mientras los dos convertidores se conectan a una fase de ciento ochenta grados, separados de los dos convertidores restantes. De manera similar al patrón de conmutación totalmente intercalado que se ha descrito anteriormente, los inversores 330 del lado del generador y los inversores 332 del lado de la carga se conmutan en fase entre sí.

Típicamente, el aumento de la frecuencia de conmutación de un convertidor puede facilitar el equilibrado de un convertidor de energía de salida. Sin embargo, el aumento de la frecuencia de conmutación puede resultar en la reducción de la eficiencia del sistema convertidor. El patrón de conmutación medio intercalado descrito en este documento facilita el aumento de la frecuencia de conmutación sin reducir una eficiencia en comparación con un sistema totalmente intercalado. Por ejemplo, un patrón de conmutación medio intercalado como se describe en el presente documento se puede realizar en aproximadamente 2,8 kHz y retener una eficiencia sustancialmente similar a, o mayor que, una eficiencia de un convertidor utilizando un patrón de conmutación totalmente intercalado realizado a 1,4 kHz.

En la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor cambia de forma dinámica entre los patrones de conmutación. En la realización ejemplar, el sistema 204 de control del convertidor cambia de forma dinámica entre un patrón de conmutación medio intercalado y un patrón de conmutación totalmente intercalado sobre la base de la energía de entrada 222 (mostrada en la figura 3) proporcionada por el generador 120. En general, la energía de salida por el generador 120 (es decir, la energía de entrada 222) aumenta de acuerdo con una curva predefinida con el aumento de la velocidad del generador (es decir, la velocidad de rotación del rotor). Por lo tanto, la energía de entrada 222 proporcionada al sistema convertidor 202 puede determinarse mediante, por ejemplo, la monitorización de una velocidad de rotación del generador 120, una salida de tensión mediante el generador 120, y/o un índice de

modulación. En el ejemplo de realización, además de cambiar dinámicamente entre los patrones de conmutación, el sistema 204 de control del convertidor también puede cambiar entre diversas frecuencias de conmutación (también denominadas aquí como frecuencias de corte). Por ejemplo, el sistema 204 de control del convertidor puede cambiar entre una frecuencia de conmutación de 1,4 kHz y 2,8 kHz.

5 En la realización ejemplar, cuando la energía de entrada 222 aplicada al sistema convertidor 202 está por debajo de un nivel de energía de conmutación, el sistema 204 de control del convertidor conmuta los convertidores 214, 216, 218, y 220 en un patrón medio intercalado. En la realización ejemplar, cuando la energía de entrada 222 aplicada al sistema convertidor 202 está por encima del nivel de energía de conmutación, el sistema 204 de control del convertidor cambia los convertidores 214, 216, 218, y 220 en un patrón totalmente intercalado. El nivel de energía de conmutación es un nivel de energía donde las pérdidas de un sistema totalmente intercalado y un sistema medio intercalado son aproximadamente iguales. Por debajo del nivel de energía de conmutación, un patrón de conmutación medio intercalado es más eficiente que un patrón de conmutación totalmente intercalado. Por encima del nivel de energía de conmutación el patrón de conmutación totalmente intercalado es más eficiente que el patrón de conmutación medio intercalado. Más específicamente, en el ejemplo de realización, por debajo del nivel de energía de conmutación, el patrón de conmutación medio intercalado se proporciona a una frecuencia de conmutación predeterminada y por encima del nivel de energía de conmutación un patrón de conmutación totalmente intercalado se proporciona a una frecuencia de corte que es la mitad de la frecuencia de corte medio intercalada.

20 En la realización ejemplar, el nivel de energía de conmutación puede calcularse, determinarse a través de pruebas, o determinarse utilizando cualquier otro procedimiento adecuado de medición de las pérdidas del sistema convertidor. En una realización alternativa, un primer nivel de energía predeterminado se determina que es menor que el nivel de energía de conmutación y un segundo nivel de energía predeterminado se determina que es mayor que el nivel de energía de conmutación. En la realización alternativa, cuando la energía de entrada 222 aplicada al sistema convertidor 202 está por debajo del primer nivel de energía predeterminado, el sistema 204 de control del convertidor cambia los convertidores 214, 216, 218, y 220 en un patrón medio intercalado. En la realización alternativa, cuando la energía de entrada 222 aplicada al sistema convertidor 202 está por encima del segundo nivel de energía predeterminado, el sistema 204 de control del convertidor cambia los convertidores 214, 216, 218, y 220 en un patrón totalmente intercalado. El primer y segundo niveles predeterminados de energía proporcionan histéresis que facilita la reducción del ruido.

30 Como se describió anteriormente, la energía de salida 232 (mostrada en la figura 3) puede suministrarse a la carga 212 a través de un panel de distribución de energía 234 y/o de un transformador 236. El transformador 236 puede ser un único transformador o transformadores múltiples configurados para acoplar el sistema convertidor de energía 202 a la carga 212. El panel de distribución de energía 234 puede incluir una pluralidad de combinadores en forma de onda del lado de la carga (no mostrados en la figura 5). Cada inversor 332 del lado de la carga puede estar acoplado por un lado a respectivos convertidores 330 del lado del generador y en el otro lado al transformador 236 mediante respectivos combinadores en forma de onda del lado de la carga (no mostrados en la figura 5). En la realización ejemplar, cada inversor 332 del lado de carga está acoplado al bobinado primario (no mostrado en la figura 5) del transformador 236 y al bobinado secundario (no mostrado en la figura 5) del transformador 236 que está acoplado a la carga 212.

40 En las realizaciones descritas anteriormente, los combinadores de forma de onda (no mostrados en la figura 5) se utilizan para combinar las formas de onda de conmutación de fase desplazada a partir de los inversores 330 del lado del generador y los inversores 332 del lado de la carga. Se proporciona una reducción de armónicos suficiente de manera que se puedan usar menores frecuencias de conmutación del convertidor mientras se mantiene una calidad de la energía de salida 232.

45 La figura 7 es un diagrama de flujo 400 que ilustra un procedimiento 402 para proporcionar una energía de salida a una carga, tal como la carga 212 que se muestra en la figura 5. En la realización ejemplar, el procedimiento 402 incluye un acoplamiento 410 al sistema convertidor de energía de múltiples hilos a un generador de corriente alterna y a una carga, por ejemplo, el acoplamiento 410 del sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos (que se muestra en la figura 5) al generador de corriente alterna 120 (que se muestra en la figura 5) y a la carga 212 (que se muestra en la figura 5). En la realización ejemplar, el acoplamiento 410 incluye el acoplamiento 410 del sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos a un generador de corriente alterna de frecuencia variable, por ejemplo, el generador 120, y a una carga de frecuencia sustancialmente fija, por ejemplo, la carga 212.

50 En la realización ejemplar, el procedimiento 402 incluye también la monitorización 412 de al menos una característica operativa del generador 120. Como se describió anteriormente, el patrón de conmutación aplicado al sistema convertidor 202 puede ser dependiente de una característica operativa del generador 120, por ejemplo, una energía de salida mediante el generador 120 y se suministra al sistema convertidor 202. En general, una energía de salida mediante el generador 120 aumenta de acuerdo con una curva predefinida con el aumento de la velocidad del generador (es decir, la velocidad de rotación del rotor). Por lo tanto, la energía de entrada proporcionada al sistema convertidor 202 puede determinarse, por ejemplo, mediante la monitorización 412 de una velocidad de rotación del generador 120, una salida de tensión mediante el generador 120, y/o un índice de modulación.

En la realización ejemplar, el procedimiento 402 también incluye proporcionar 414 al sistema convertidor 202 uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación basado al menos parcialmente en las características operativas monitorizadas. En el ejemplo de realización, se proporciona el primer patrón de conmutación cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada 222 desde el generador 120 está por debajo de un primer nivel predeterminado. Alternativamente, se proporciona el segundo patrón de conmutación cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada 222 del generador 120 está por encima de un segundo nivel predeterminado. Como se describió anteriormente, el primer y segundo niveles predeterminados pueden ser iguales, o también pueden ser diferentes, para facilitar la reducción de ruido. En la realización ejemplar, el primer patrón de conmutación y el segundo patrón de conmutación son cada uno un patrón de conmutación medio intercalado, un patrón de conmutación totalmente intercalado, o un patrón de conmutación no intercalado. En una realización particular, se proporciona un patrón de conmutación medio intercalado cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada 222 desde el generador 120 está por debajo de un nivel predeterminado y se proporciona un patrón de conmutación totalmente intercalado cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada 222 desde el generador 120 está por encima del nivel predeterminado.

En la realización ejemplar, el procedimiento 402 incluye también la configuración 416 del sistema convertidor 202 para funcionar de acuerdo con el primer patrón de conmutación o el segundo patrón de conmutación. El procedimiento 402 también incluye la configuración 418 del sistema convertidor 202 para convertir la energía de entrada 222 de CA proporcionada por un generador de CA a una energía de salida para su suministro a una carga, por ejemplo, la carga 212 (mostrada en la figura 5). Por ejemplo, en una realización ejemplar, el sistema convertidor de energía 202 está configurado para operar de acuerdo con múltiples patrones de conmutación y para convertir la energía de entrada 222 proporcionada por el generador 120 (que se muestra en la figura 5) en la energía de salida 232 para su suministro a la carga 212 (que se muestra en la figura 5). El inversor 330 del lado del generador (que se muestra en la figura 5) también puede configurarse para convertir la energía de entrada 222 en una energía de corriente continua y el convertidor 332 del lado de la carga (que se muestra en la figura 5) puede estar configurado para convertir la energía de corriente continua en la energía de salida 232. En una realización ejemplar, las señales de activación periódica de fase desplazada se proporcionan en cada uno de una pluralidad de hilos, por ejemplo, los hilos 224, 226, 228, y 230 (que se muestran en la figura 5), incluidos dentro del sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos.

En la realización ejemplar, un primer hilo y un segundo hilo del sistema convertidor de energía de múltiples hilos, por ejemplo, el hilo 224 y el hilo 226 del sistema convertidor de energía 202, están provistos de una primera fase de conmutación y un tercer hilo y un cuarto hilo, por ejemplo, el hilo 228 y el hilo 230, están provistos de una segunda fase de conmutación. En la realización ejemplar, la primera fase de conmutación y la segunda fase de conmutación son de ciento ochenta grados fuera de fase.

El procedimiento 402 también puede incluir el posicionamiento 420 un inductor de modo común, por ejemplo, el inductor de modo común 320 (que se muestra en la figura 5), dentro de al menos un hilo del sistema convertidor de energía de múltiples hilos, por ejemplo, el hilo 224 del sistema convertidor de energía 202. El inductor de modo común 320 está configurado para reducir una corriente de modo común, por ejemplo, la corriente de modo común 370 (que se muestra en la figura 5), dentro del hilo 224.

La figura 8 es un diagrama de flujo 500 que ilustra un procedimiento 502 para aumentar una eficiencia de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos, por ejemplo, el sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos (mostrado en la figura 5). En la realización ejemplar, el procedimiento 502 incluye el posicionamiento 510 de un inductor de modo común dentro de al menos un hilo de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos, por ejemplo, el inductor de modo común 320 dentro del hilo 224 del sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos. El inductor de modo común 320 incluye al menos un espacio de aire 324 (que se muestra en la figura 5). En ciertas realizaciones, el posicionamiento 510 del inductor de modo común 320 dentro del hilo 224 del sistema convertidor de energía 202 de múltiples subprocesos puede incluir el posicionamiento del inductor de modo común 320 dentro del hilo 224 de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos configurado para funcionar de acuerdo con un patrón de conmutación medio intercalado.

En la realización ejemplar, el procedimiento 502 incluye también la determinación 512 de una densidad de flujo del inductor de modo común. Además, el procedimiento 502 incluye también la determinación 514 de un valor máximo de la inductancia de modo común para el inductor de modo común 320 que mantiene la densidad de flujo del inductor de modo común 320 dentro de un intervalo predeterminado. En la realización ejemplar, el intervalo de densidad de flujo predeterminado facilita la prevención de que el inductor de modo común 320 se sature. En otras palabras, en el ejemplo de realización, mediante el mantenimiento de la densidad de flujo dentro del intervalo predeterminado, el inductor de modo común 320 no se saturará. Además, en la realización ejemplar, el valor de la inductancia de modo común se maximiza manteniendo al mismo tiempo la densidad de flujo por debajo de un nivel de saturación.

En la realización ejemplar, el procedimiento 502 incluye también la configuración 516 del inductor de modo común para proporcionar el valor de la inductancia de modo común determinada. Por ejemplo, la configuración 516 puede incluir la reducción de el al menos un espacio de aire, lo que facilita el aumento del valor de la inductancia de modo

común del inductor de modo común 320. Aunque, como se describe en el presente documento, el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 aumenta mediante la reducción de el al menos un espacio de aire, y el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 también puede aumentarse de cualquier manera adecuada que permita que el sistema convertidor de energía 202 de múltiples hilos (que se muestra en la figura 5) funcione como se describe en este documento. En ciertas realizaciones, el ajuste del al menos un espacio de aire para lograr el valor de la inductancia de modo común determinada incluye preestablecer un espacio de aire del inductor de modo común fijo. En otras realizaciones, un espacio de aire ajustable puede incluirse en el inductor de modo común, que puede posicionarse para lograr el valor de la inductancia de modo común determinado. Como se describió anteriormente, en al menos un ejemplo, el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 del sistema convertidor de energía 202 puede ser aproximadamente el doble en comparación con los sistemas convertidores de energía conocidos. Más específicamente, en al menos un ejemplo, el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 puede duplicarse a partir de cuatrocientos milihenrios (mH) a ochocientos mH. En otro ejemplo, el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 es entre cien mH y un henrio (H). En otro ejemplo, el valor de la inductancia del inductor de modo común 320 es entre seiscientos mH y novecientos mH.

Los procedimientos y sistemas descritos en este documento pueden además configurarse para operar con capacidad de funcionamiento redundante de fallos. Por ejemplo, los hilos del convertidor defectuoso pueden aislarse de los hilos restantes del convertidor. Los patrones de conmutación, por ejemplo, el patrón de activación medio intercalado, se pueden ajustar de tal manera que los hilos del convertidor restantes todavía puedan producir una salida de alta calidad de la energía.

Se describen aquí procedimientos ejemplares y sistemas para mejorar la eficiencia de un sistema convertidor de energía de una turbina eólica. Más específicamente, los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la reducción de las pérdidas en el convertidor de energía mediante la reducción de la corriente de modo común en el convertidor de energía. Los procedimientos y sistemas descritos en este documento pueden reducir la corriente de modo común mediante el aumento de un valor de un inductor de modo común. Los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento también pueden facilitar la reducción de las pérdidas en el convertidor de energía mediante conmutación de forma dinámica entre los patrones de conmutación y/o cortar las frecuencias en base, al menos parcialmente, a un nivel de salida del generador.

Los procedimientos y sistemas descritos en el presente documento facilitan la conversión eficiente y económica de la energía generada por una turbina eólica. Ejemplos de realización de los procedimientos y sistemas se describen y/o ilustran en el presente documento en detalle.

Cuando se introducen elementos/componentes/etc. de los procedimientos y sistemas descritos y/o ilustrados en este documento, los artículos "un", "una", "el", y "dicho" pretenden significar que hay uno o más de los elemento(s)/componente(s)/etc. Los términos "que comprende", "que incluye" y "que tiene" pretenden ser inclusivos y significan que puede haber elemento(s)/componente(s)/etc. adicionales que no sea(n) los elemento(s)/componente(s)/etc. indicados.

Esta descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferido, y también para permitir que cualquier persona experta en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo la realización y el uso de dispositivos o sistemas y la realización de cualquiera de los procedimientos incorporados. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones.

Varios aspectos de las realizaciones de la presente invención se definen mediante las siguientes cláusulas numeradas:

1. Un procedimiento para proporcionar una energía de salida a una carga, comprendiendo dicho procedimiento:

acoplar un sistema convertidor de energía de múltiples hilos a un generador de corriente alterna (CA) y a una carga;

monitorizar al menos una característica operativa del generador de CA;

proporcionar al sistema convertidor de energía de múltiples hilos uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación basados, al menos parcialmente, en la característica operativa monitorizada;

configurar el sistema convertidor de energía de múltiples hilos para operar de acuerdo con el primer patrón de conmutación y el segundo patrón de conmutación; y,

configurar el sistema convertidor de energía de múltiples hilos para convertir una energía de entrada de CA suministrada por el generador de CA en una energía de salida para suministrar a la carga.

2. Un procedimiento de acuerdo con la cláusula 1, en el que la monitorización de al menos una característica operativa del generador de CA comprende monitorizar al menos uno de una velocidad de rotación del generador de CA, una salida de tensión mediante el generador de CA, y un índice de modulación, en el que la al menos una

característica operativa corresponde sustancialmente a la energía de entrada de CA.

3. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación comprende:

5 proporcionar el primer patrón de conmutación cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada de CA está por debajo de un nivel de energía de conmutación; y,

proporcionar el segundo patrón de conmutación cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada de CA está por encima del nivel de energía de conmutación.

4. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación comprende además:

10 determinar un primer nivel de energía que es menor que el nivel de energía de conmutación;

determinar un segundo nivel de energía que es mayor que el nivel de energía de conmutación;

transitar desde el primer patrón de conmutación al segundo patrón de conmutación cuando la entrada de energía de CA aumenta más allá del segundo nivel de energía; y,

15 transitar desde el segundo patrón de conmutación al primer patrón de conmutación cuando la energía de entrada de CA disminuye pasado el primer nivel de energía.

5. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación comprende proporcionar uno de un patrón de conmutación totalmente intercalado, un patrón de conmutación medio intercalado, y un patrón de conmutación no intercalado.

20 6. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar el sistema convertidor de energía de múltiples hilos con el patrón de conmutación medio intercalado comprende proporcionar un primer hilo y un segundo hilo del sistema convertidor de energía de múltiples hilos con una primera fase de conmutación, y un tercer hilo y un cuarto hilo del sistema convertidor de energía de múltiples hilos con una segunda fase de conmutación, en el que la primera fase de conmutación y la segunda fase de conmutación están ciento ochenta grados fuera de fase.

25 7. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación comprende proporcionar a cada uno de una pluralidad de hilos incluidos dentro del sistema convertidor de energía de múltiples hilos señales de accionamiento de fase desplazada.

30 8. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, que comprende además proporcionar el primer patrón de conmutación en una primera frecuencia de corte y proporcionar el segundo patrón de conmutación a una segunda frecuencia de corte, en el que la segunda frecuencia de corte es más baja que la primera frecuencia de corte.

9. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que proporcionar un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación comprende:

35 proporcionar el primer patrón de conmutación en la primera frecuencia de corte cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada de CA está por debajo del nivel de energía de conmutación; y,

40 proporcionar el segundo patrón de conmutación a la segunda frecuencia de corte cuando las características operativas monitorizadas indican que la energía de entrada de CA está por encima del nivel de energía de conmutación.

10. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, que comprende además el posicionamiento de un inductor de modo común dentro de al menos un hilo del sistema convertidor de energía de múltiples hilos, estando el inductor de modo común configurado para reducir una corriente de modo común dentro del hilo.

45 11. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, que comprende además maximizar un valor de inductancia del inductor de modo común, mientras se mantiene una densidad de flujo inductor de modo común dentro de un intervalo.

50 12. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que el acoplamiento del sistema convertidor de energía de múltiples hilos con el generador de corriente alterna y con la carga comprende el acoplamiento del sistema convertidor de energía de múltiples hilos con un generador de turbina eólica configurado para generar una energía de entrada de CA de frecuencia variable y el acoplamiento del sistema convertidor de energía de múltiples hilos con una carga de frecuencia sustancialmente fija.

13. Un sistema de generación de energía para proporcionar una energía de salida a una carga, comprendiendo dicho sistema de generación de energía:

un generador configurado para generar una energía de entrada de corriente alterna (CA);

5 un sistema convertidor de energía acoplado a dicho generador, comprendiendo dicho sistema convertidor de energía una pluralidad de hilos del convertidor configurados para convertir la energía de entrada de CA en una energía de salida y para proporcionar la energía de salida a la carga; y,

10 un sistema de control del convertidor acoplado a dicho sistema convertidor de energía, estando dicho sistema de control del convertidor configurado para proporcionar a dicho sistema convertidor de energía uno de un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación basado al menos parcialmente en una característica operativa monitorizada de dicho generador.

14. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho generador está incluido dentro de una turbina eólica.

15 15. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicha pluralidad de hilos del convertidor comprenden un inversor del lado del generador, un inversor del lado de la carga, y una pluralidad de inductores.

16. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicha pluralidad de inductores comprenden al menos uno de un inductor del lado del generador y un inductor del lado de la carga configurados para proporcionar inductancia de modo normal a dicho sistema convertidor de energía.

20 17. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicha pluralidad de inductores comprenden al menos un inductor de modo común configurado para proporcionar inductancia de modo común a dicho sistema convertidor de energía, en el que la inductancia de modo común facilita una reducción de la corriente de modo común dentro de dicho sistema convertidor de energía.

25 18. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho inductor de modo común incluye un espacio de aire determinado para proporcionar un valor de inductancia máxima, mientras se mantiene una densidad de flujo del inductor de modo común dentro de un intervalo.

19. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicha característica operativa monitorizada incluye al menos uno de una velocidad de rotación de dicho generador, una salida de tensión de dicho generador, y un índice de modulación, en el que dicha característica operativa monitorizada corresponde sustancialmente a un nivel de energía de entrada de CA.

30 20. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho primer patrón de conmutación y dicho segundo patrón de conmutación incluyen al menos uno de un patrón de conmutación totalmente intercalado, un patrón de conmutación medio intercalado, y un patrón de conmutación no intercalado.

35 21. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho sistema de control de convertidor está configurado para proporcionar el primer patrón de conmutación cuando dicha característica operativa monitorizada indica que la energía de entrada de CA está por debajo de un nivel de conmutación y para proporcionar el segundo patrón de conmutación cuando dicha característica operativa monitorizada indica que la fuente de entrada de CA está por encima del nivel de conmutación.

40 22. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho primer patrón de conmutación comprende un patrón de conmutación medio intercalado y dicho segundo patrón de conmutación comprende un patrón de conmutación totalmente intercalado.

45 23. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho sistema de control del convertidor está configurado para proporcionar el primer patrón de conmutación en una primera frecuencia de corte y el segundo patrón de conmutación en una segunda frecuencia de corte, en el que la segunda frecuencia de corte es menor que la primera frecuencia de corte.

50 24. Un sistema de generación de energía de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que dicho sistema de control del convertidor está configurado para proporcionar un primer hilo del convertidor y un segundo hilo del convertidor de dicha pluralidad de hilos del convertidor con una primera fase de conmutación, y un tercer hilo del convertidor y un cuarto hilo de la pluralidad de hilos del convertidor con una segunda fase de conmutación, en el que la primera fase de la conmutación y la segunda fase de conmutación están ciento ochenta grados fuera de fase.

25. Un procedimiento para incrementar una eficiencia de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos, comprendiendo dicho procedimiento:

posicionar un inductor de modo común dentro de al menos un hilo de un sistema convertidor de energía de múltiples hilos, incluyendo el inductor de modo común al menos un espacio de aire;

determinar una densidad de flujo del inductor de modo común;

5 determinar un valor máximo de inductancia de modo común para el inductor de modo común que mantiene la densidad de flujo del inductor de modo común dentro de un intervalo predeterminado; y,

configurar el inductor de modo común para proporcionar el valor de la inductancia de modo común determinada.

10 26. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que determinar el valor de la inductancia de modo común comprende determinar el valor de la inductancia de modo común que mantiene la densidad de flujo por debajo de un nivel de saturación mientras se maximiza el valor de la inductancia de modo común.

27. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que la configuración del inductor de modo común para proporcionar el valor de la inductancia de modo común determinada comprende el ajuste del al menos un espacio de aire para establecer el valor de la inductancia de modo común del inductor de modo común.

15 28. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, en el que el ajuste del al menos un espacio de aire para establecer el valor de la inductancia de modo común comprende al menos uno de preestablecer un espacio de aire del inductor de modo común fijo y proporcionar al inductor de modo común un espacio de aire ajustable.

20 29. Un procedimiento de acuerdo con cualquier cláusula anterior, que comprende además la aplicación de un primer patrón de conmutación al sistema convertidor de energía de múltiples hilos cuando una energía de entrada suministrada al sistema convertidor de energía de múltiples hilos está por debajo de un primer nivel de conmutación y la aplicación de un segundo patrón de conmutación al sistema convertidor de energía de múltiples hilos cuando la energía de entrada suministrada al sistema convertidor de energía de múltiples hilos está por encima del primer nivel de conmutación.

25

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema de generación de energía (200) para proporcionar una energía de salida a una carga, comprendiendo dicho sistema de generación de energía:
- 5 un generador (120) configurado para generar una energía de entrada de corriente alterna (CA);  
 un sistema convertidor de energía (202) acoplado a dicho generador, comprendiendo dicho sistema convertidor de energía una pluralidad de hilos de convertidor (224, 226, 228, 230) configurados para convertir la energía de entrada de CA en una energía de salida y para proporcionar la energía de salida a la carga; y,  
 un sistema de control de convertidor (204) acoplado a dicho sistema convertidor de energía, estando dicho sistema de control de convertidor configurado para proporcionar a dicho sistema convertidor de energía uno de  
 10 un primer patrón de conmutación y un segundo patrón de conmutación basados, al menos parcialmente, en una característica operativa monitorizada de dicho generador; **caracterizado porque:**
- dicho primer patrón de conmutación comprende un patrón de conmutación medio intercalado y dicho segundo patrón de conmutación comprende un patrón de conmutación totalmente intercalado.
- 15 2. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho generador (120) está incluido dentro de una turbina eólica (100).
3. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que dicha pluralidad de hilos de convertidor (224, 226, 228, 230) comprenden un inversor (330) del lado del generador, un inversor (332) del lado de la carga, y una pluralidad de inductores (320, 322, 328).
- 20 4. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con la reivindicación 3, en el que dicha pluralidad de inductores (320, 322, 328) comprenden al menos uno de un inductor (322) del lado del generador y un inductor (328) del lado de la carga configurados para proporcionar inductancia de modo normal a dicho sistema convertidor de energía (202).
5. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que dicha pluralidad de inductores (320, 322, 328) comprenden al menos un inductor de modo común configurado para proporcionar inductancia de modo común a dicho sistema convertidor de energía (202), en el que la inductancia de modo común facilita una reducción de la corriente de modo común dentro de dicho sistema convertidor de energía.
- 25 6. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con la reivindicación 5, en el que dicho inductor de modo común (320) incluye un espacio de aire (324) determinado para proporcionar un valor de inductancia máxima, mientras se mantiene una densidad de flujo del inductor de modo común dentro de un intervalo.
- 30 7. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que dicha característica operativa monitorizada incluye al menos uno de una velocidad de rotación de dicho generador (120), una salida de tensión mediante dicho generador, y un índice de modulación, en el que dicha característica operativa monitorizada corresponde sustancialmente a un nivel de energía de entrada de CA.
- 35 8. Un sistema de generación de energía (200) de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que dicho sistema de control de convertidor (204) está configurado para proporcionar el primer patrón de conmutación cuando dicha característica operativa monitorizada indica que la energía de entrada de CA está por debajo de un nivel de conmutación y para proporcionar el segundo patrón de conmutación cuando dicha característica operativa monitorizada indica que la energía de entrada de CA está por encima del nivel de conmutación.

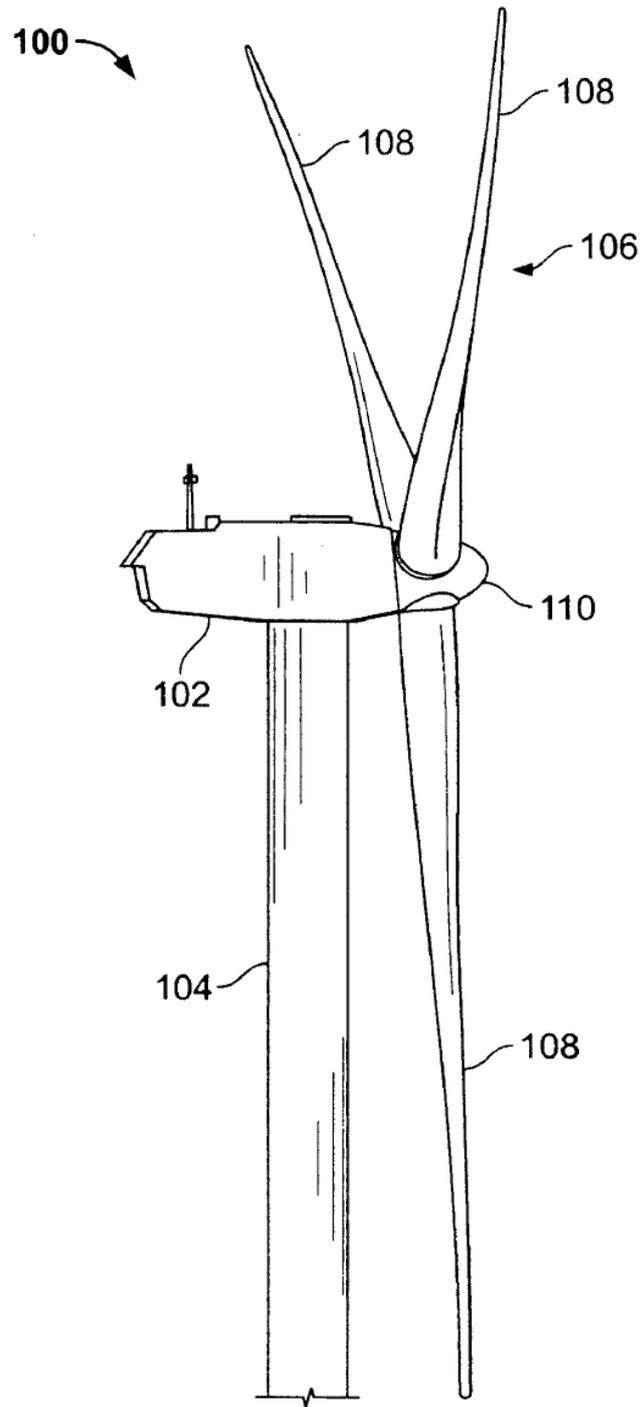


FIG. 1

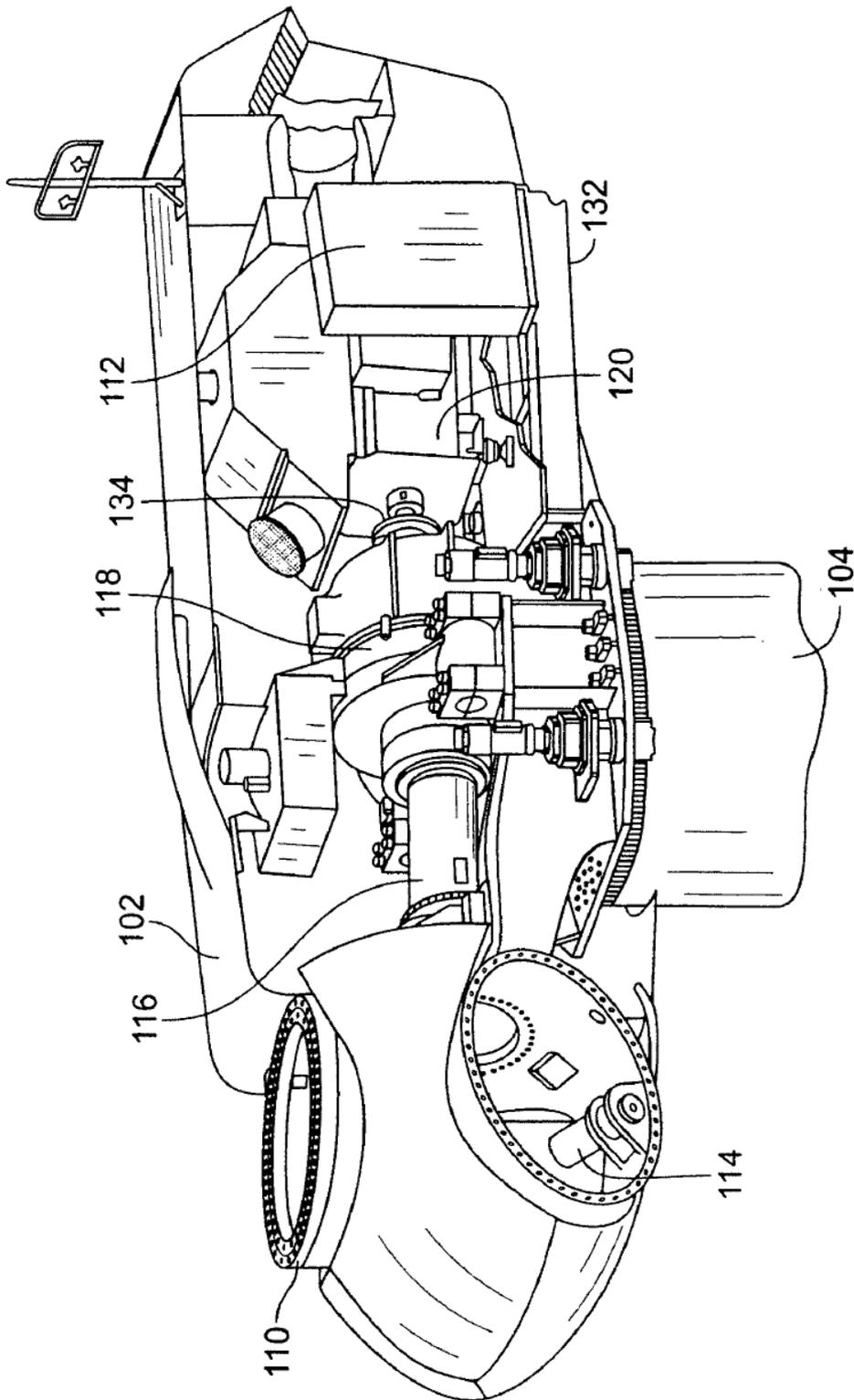


FIG. 2

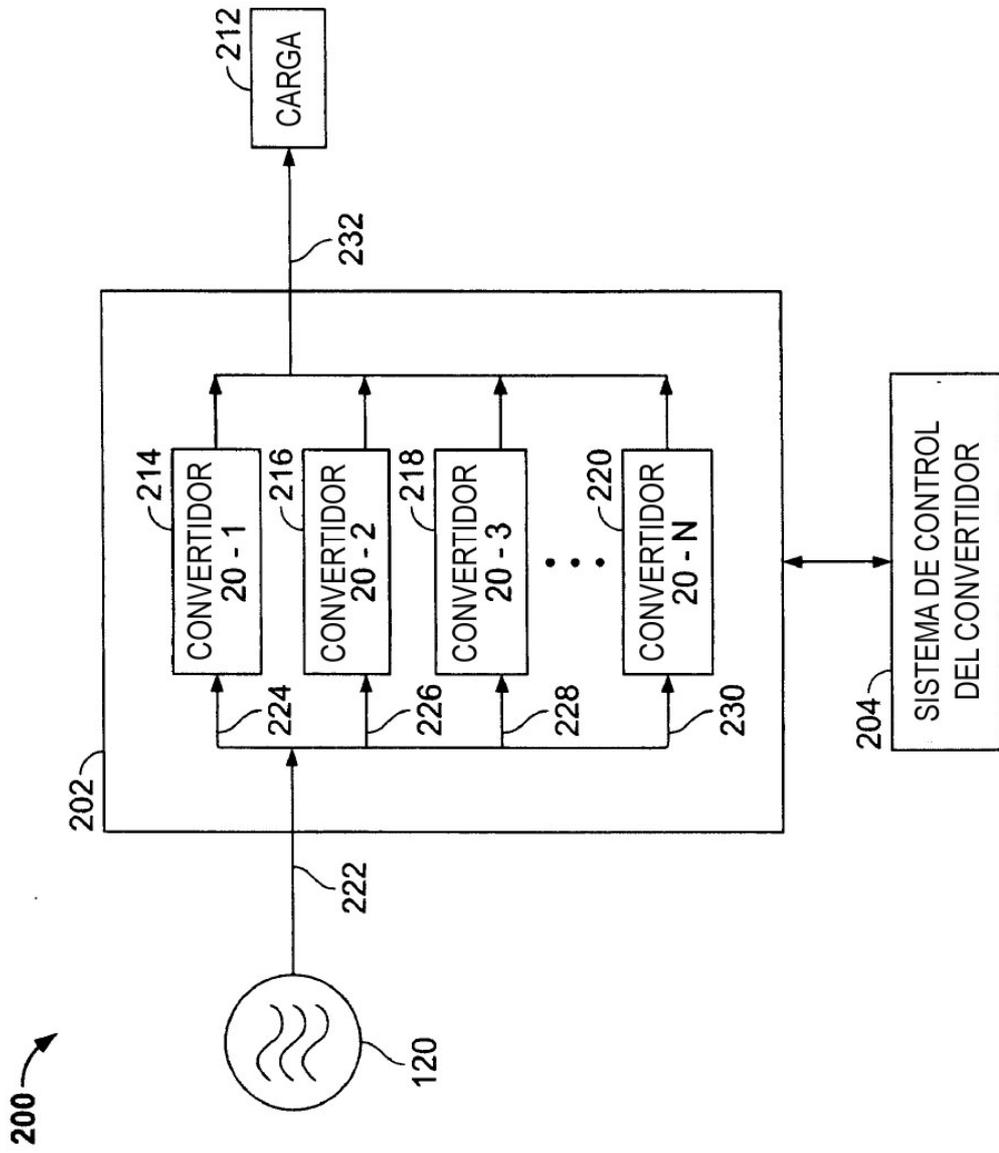


FIG. 3

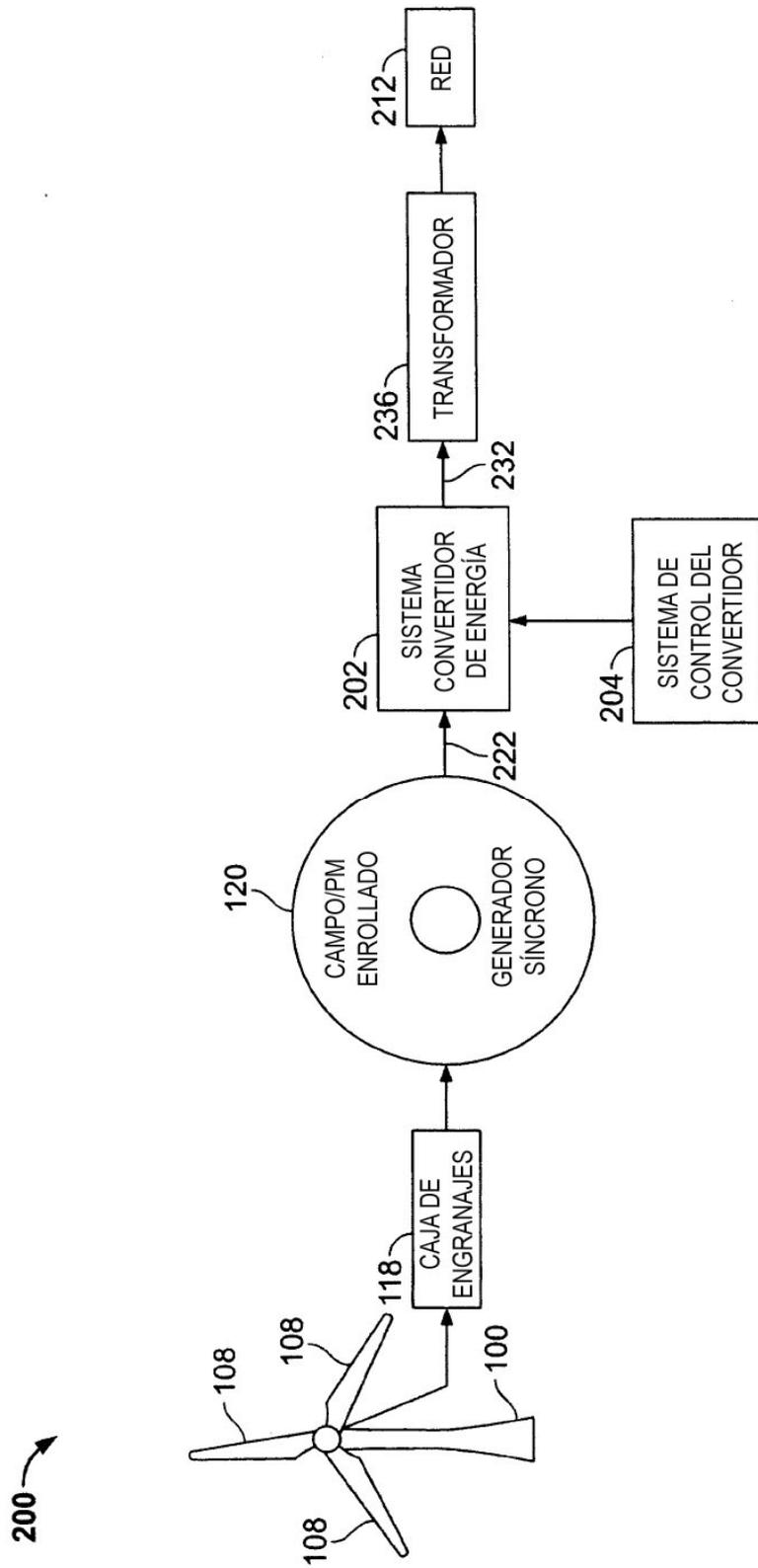


FIG. 4

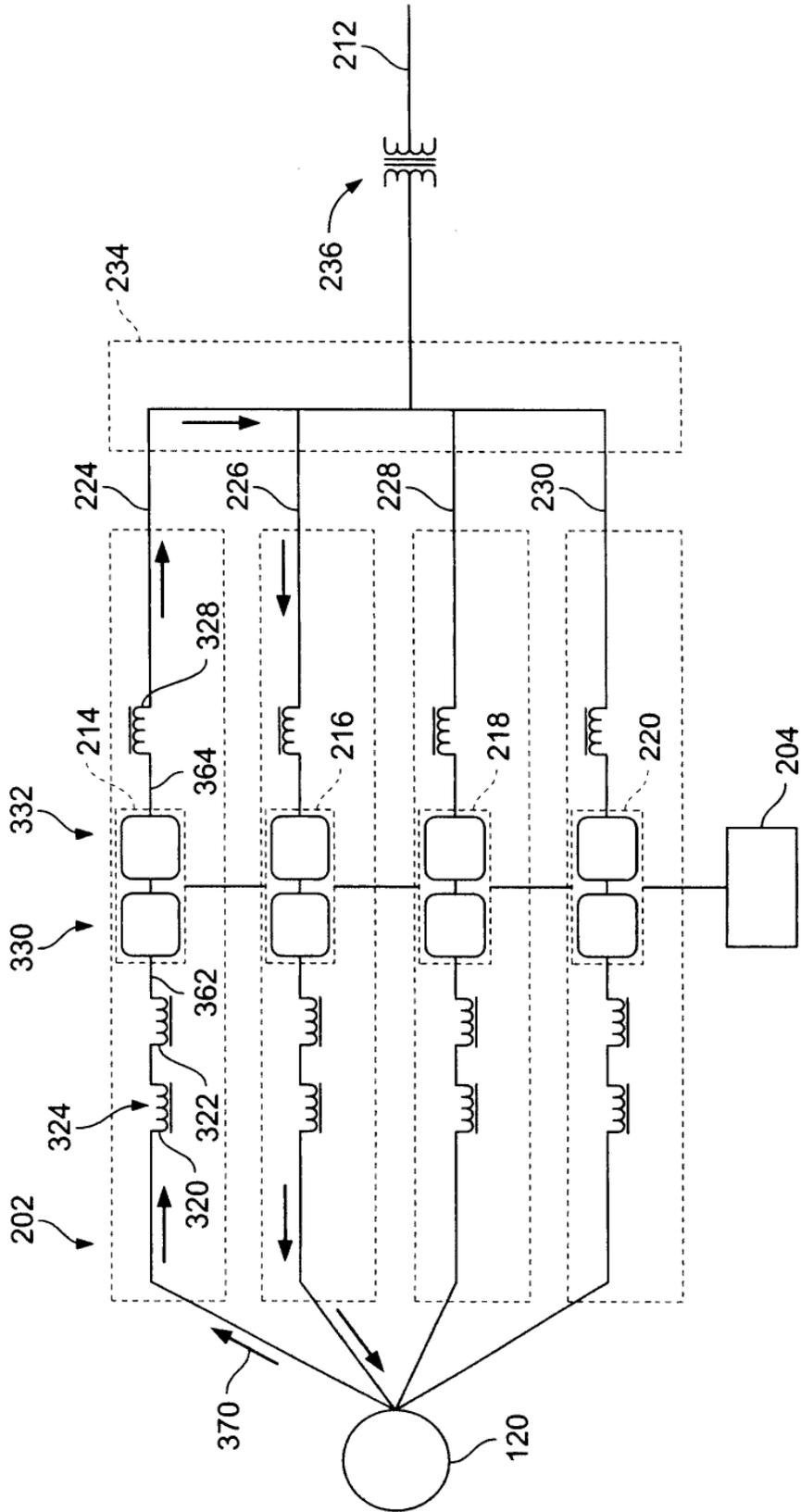


FIG. 5

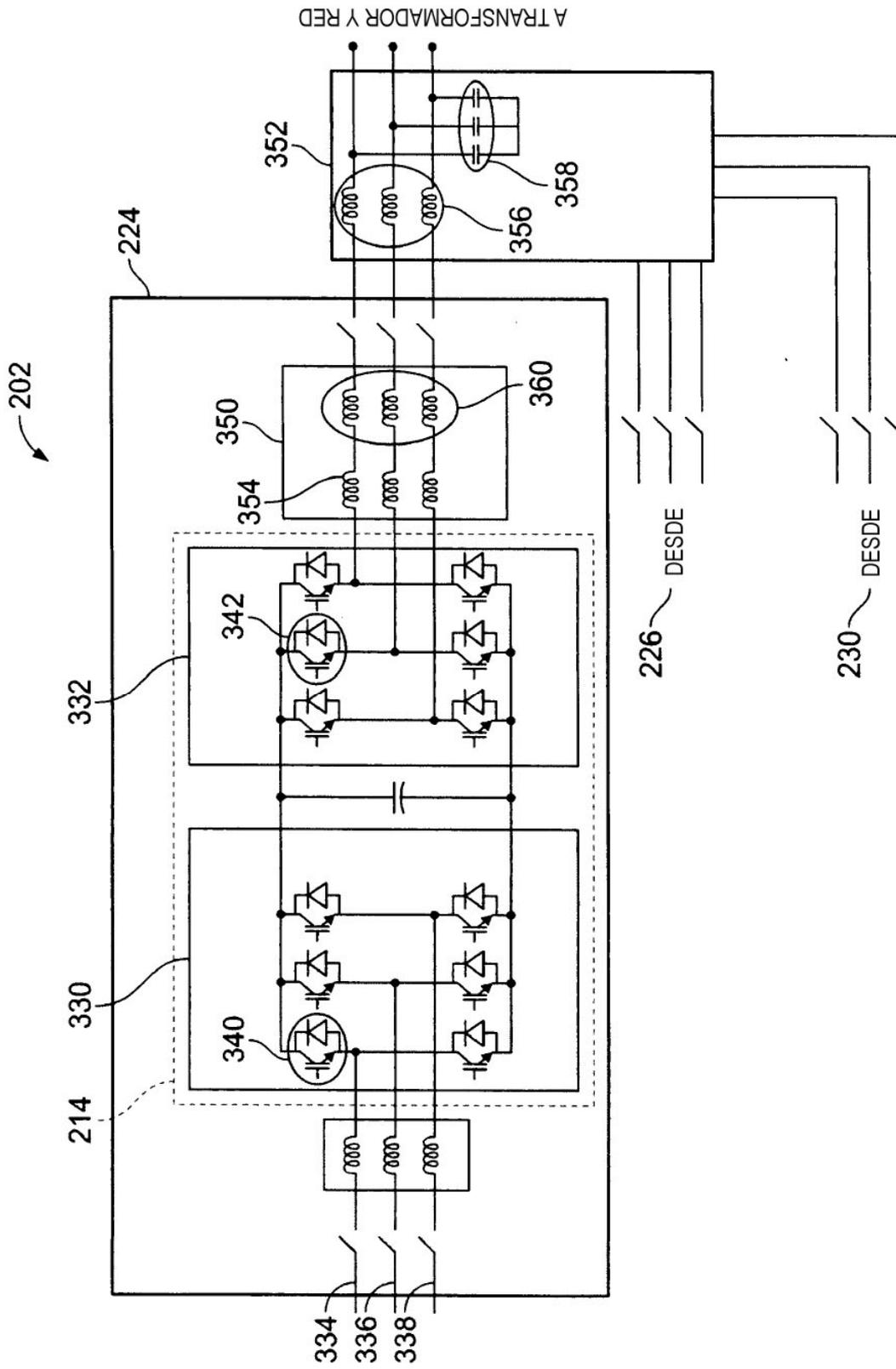


FIG. 6

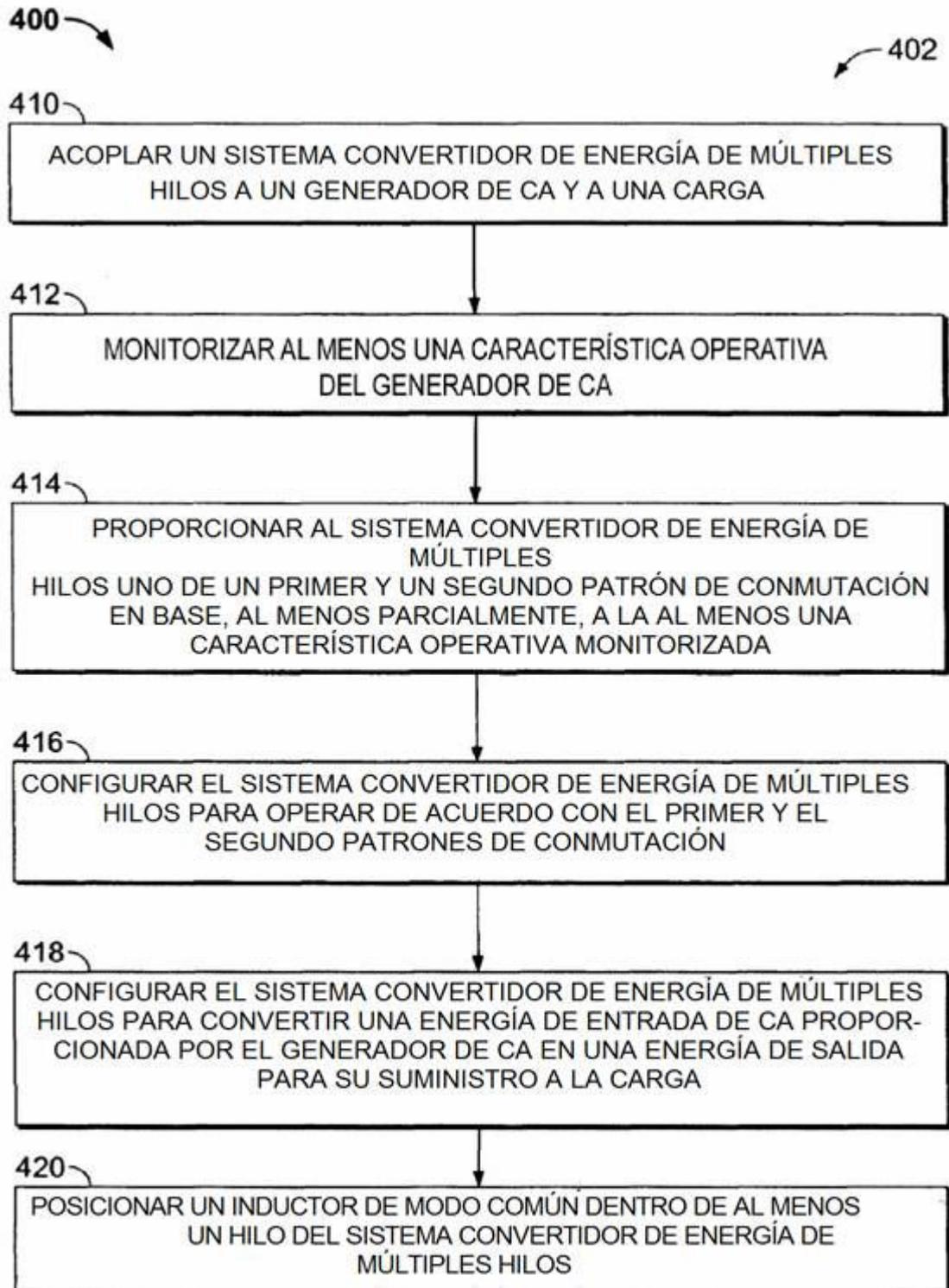


FIG. 7

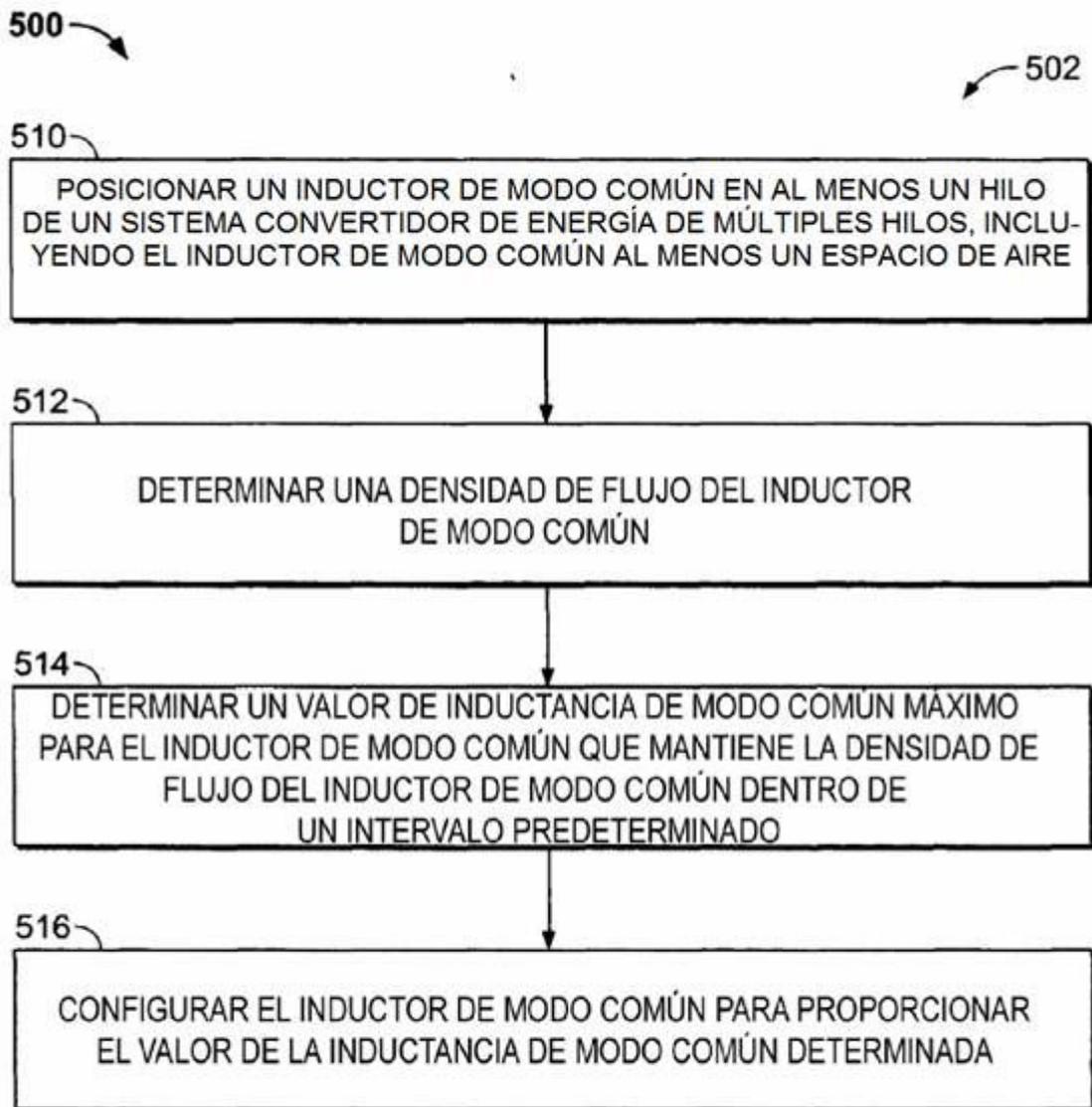


FIG. 8