

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 654 245**

51 Int. Cl.:

**H02J 3/38** (2006.01)  
**H02M 7/49** (2007.01)  
**H02M 1/32** (2007.01)  
**H02M 5/458** (2006.01)  
**H02M 7/25** (2006.01)  
**H02M 1/00** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.01.2016 E 16151026 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.11.2017 EP 3046203**

54 Título: **Sistema de conversión de energía eólica**

30 Prioridad:

**19.01.2015 CN 201510026057**

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

**12.02.2018**

73 Titular/es:

**DELTA ELECTRONICS, INC. (100.0%)**  
**31-1, Shien Pan Road, Kuei San Industrial Zone**  
**Taoyuan Hsien 333, TW**

72 Inventor/es:

**WANG, CHANGYONG;**  
**CAI, LI;**  
**LU, YANSONG y**  
**LU, FEI**

74 Agente/Representante:

**SALVA FERRER, Joan**

**ES 2 654 245 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 conversión de energía eólica

## 5 CAMPO DE LA INVENCION

**[0001]** La presente invención se refiere a un sistema de conversión de energía eólica y, más particularmente, a un sistema de conversión de energía eólica que se controla fácilmente y rentable.

## 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

**[0002]** Hoy en día, el problema de la crisis de energía se ha vuelto más serio. Con una conciencia ambiental creciente, existen demandas crecientes en materia de energía renovable. Por ejemplo, la energía solar y la energía eólica son las fuentes de energía bien conocidas de la energía renovable. En el sistema de generación de energía renovable convencional, la frecuencia y la amplitud de la energía de CA generada por el generador de energía son diferentes de la frecuencia y la amplitud de la red de energía de CA. Por consiguiente, un circuito de conversión es requerido para convertir la energía de CA generada por el generador de energía. Por el circuito de conversión, la frecuencia y la amplitud de la energía de CA generada por el generador de energía son idénticas a las de la energía de CA de la red de energía de CA. Entonces, la energía de CA convertida se transmite a la red de energía de CA a través de un transformador de aislamiento. Como consecuencia, se puede conseguir el objeto de la generación de energía conectada a la red.

**[0003]** Por ejemplo, el sistema de conversión de energía eólica operado en los niveles de voltaje medios (p. ej. 1KV~10KV) tiene usualmente las siguientes configuraciones de conjunto de circuitos. El primer tipo es una configuración de conjunto de circuitos en cascada de componentes de energía plurales. El segundo tipo es una configuración de conjunto de circuitos multi-nivel (p. ej., tres niveles o más de tres niveles) de componentes de energía conectados en serie plurales con capacidad resistente de voltaje inferior (p. ej., 1,7 KV). El tercer tipo es una configuración de conjunto de circuitos multi-nivel (p. ej., dos niveles o más de dos niveles) de componentes de energía conectados en serie plurales con capacidad resistente de voltaje superior (p. ej., 3,3 KV, 4,5 KV o 6 KV).

**[0004]** El primer tipo de sistema de conversión de energía eólica comprende circuitos de conversión plurales (p. ej., al menos seis circuitos de conversión) en conexión en cascada. Para cumplir con las líneas de bus de CC independientes plurales en los circuitos de conversión plurales, el transformador de aislamiento entre la red de energía de CA y el sistema de conversión de energía eólica tiene bobinados secundarios plurales (p. ej., al menos seis bobinados secundarios) para estar eléctricamente conectados con los circuitos de conversión plurales. Bajo esta circunstancia, el coste total asociado con la fábrica o el instrumento es elevado. Aunque el segundo tipo de sistema de conversión de energía eólica comprende componentes de energía conectados en serie plurales (p. ej., elementos de conmutación) con capacidad resistente de voltaje inferior, más componentes de energía son requeridos para producir la configuración de conjunto de circuitos multi-nivel. Por consiguiente, el procedimiento de control de los componentes de energía es más complicado. Además, dado que se emplean más componentes de energía, el coste de fabricación es elevado. La configuración de conjunto de circuitos de dos niveles del tercer tipo de sistema de conversión de energía eólica utiliza menos componentes de energía. No obstante, dado que los componentes de energía tienen una capacidad resistente de voltaje superior, el coste de fabricación del tercer tipo de sistema de conversión de energía eólica se incrementa debido al coste incrementado de uso de los componentes de energía que tienen una capacidad resistente de voltaje superior.

**[0005]** El documento US 6 320 767 B1 describe un aparato inversor que comprende una sección del inversor trifásica que tiene un rectificador puente trifásico para convertir la energía de CA trifásica en energía de CC y un inversor puente trifásico para convertir la energía de CC convertida por el rectificador puente trifásico en energía de CA trifásica.

**[0006]** El documento US 6 229 772 B1 describe un sistema de inversor múltiple que incluye una pluralidad de transformadores de entrada que tienen bobinados secundarios y una pluralidad de celdas de inversor de unidad conectadas en serie en etapas n para componer las fases respectivas y suministrar la energía eléctrica a una carga de fase múltiple en combinación con los transformadores de entrada.

**[0007]** Por tanto, existe una necesidad de suministro de un sistema de conversión de energía eólica mejorado con el fin de superar los inconvenientes anteriores.

**RESUMEN DE LA INVENCION**

**[0008]** Un objeto de la presente invención proporciona un sistema que comprende un generador de energía eólica, un transformador de aislamiento y un sistema de conversión de energía eólica como se define en la reivindicación 1. El sistema de conversión de energía eólica comprende primeros circuitos de conversión plurales y un segundo circuito de conversión. Los segundos terminales laterales de generador plurales del segundo circuito de conversión están eléctricamente conectados con los primeros terminales laterales de generador correspondientes de los primeros circuitos de conversión plurales en serie. El segundo terminal lateral de red del segundo circuito de conversión está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente de los bobinados secundarios plurales de un transformador de aislamiento. Por medio de la configuración de conjunto de circuitos del sistema de conversión de energía eólica, el número de los bobinados secundarios del transformador de aislamiento se reduce. Además, dado que la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales es compartida por el segundo circuito de conversión, la tensión de voltaje aplicada a los primeros circuitos de conversión plurales se reducirá. Por consiguiente, los componentes de energía con capacidad resistente de voltaje inferior se pueden utilizar en el sistema de conversión de energía eólica con el fin de controlar el generador de energía eólica en los niveles de voltaje medios.

**[0009]** Un ejemplo debatido en esta descripción proporciona un sistema de conversión de energía eólica. El segundo circuito de conversión se opera selectivamente en un modo de palanca o un modo de no-palanca según el resultado de la comparación del voltaje de fase de cada bobinado de fase del generador de energía eólica con el máximo voltaje de salida del primer terminal lateral de generador correspondiente del primer circuito de conversión. Cuando se opera el segundo circuito de conversión en el modo de palanca, el segundo circuito de conversión se inhabilita, de forma que el consumo de energía del sistema de conversión de energía eólica se reduzca. Cuando se opera el segundo circuito de conversión en el modo de no palanca, la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales es compartida por el segundo circuito de conversión.

**[0010]** Los primeros convertidores laterales de generador de los primeros circuitos de conversión plurales y el segundo convertidor lateral de generador del segundo circuito de conversión pueden estar controlados por un procedimiento de modulación por ancho de pulso sinusoidal (SPWM) basado en una técnica de variación de fase portadora. Por consiguiente, la respuesta de voltaje transitoria y los voltajes armónicos en los primeros terminales laterales de generador del primer circuito de conversión y los segundos terminales laterales de generador del segundo circuito de conversión se minimizarán.

**[0011]** En un ejemplo útil para el entendimiento de la presente invención, se proporciona un sistema de conversión de energía eólica. El sistema de conversión de energía eólica está conectado eléctricamente entre un generador de energía eólica y un transformador de aislamiento. El sistema de conversión de energía eólica incluye unos primeros circuitos de conversión plurales y un segundo circuito de conversión. Los primeros circuitos de conversión plurales llevan a cabo una tarea de conversión de energía e incluyen los primeros terminales laterales de generador respectivos y los primeros terminales laterales de red respectivos. Los primeros terminales laterales de generador están eléctricamente conectados con el generador de energía eólica. Los primeros terminales laterales de red están eléctricamente conectados con los bobinados secundarios correspondientes de los bobinados secundarios plurales del transformador de aislamiento. El segundo circuito de conversión incluye unos segundos terminales laterales de generador plurales y un segundo terminal lateral de red. El segundo terminal lateral de red está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente de los bobinados secundarios plurales del transformador de aislamiento. Los segundos terminales laterales de generador están conectados en serie con los primeros terminales laterales de generador correspondientes de los primeros circuitos de conversión y eléctricamente conectados con el generador de energía eólica a través de los primeros circuitos de conversión. El segundo circuito de conversión está habilitado o inhabilitado selectivamente. Cuando el segundo circuito de conversión está habilitado, la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales es compartida por el segundo circuito de conversión.

**[0012]** Los contenidos anteriores de la presente invención se volverán más evidentes para los expertos en la materia después de la revisión de la siguiente descripción detallada y los dibujos anexos.

**55 BREVE DESCRIPCION DE LOS DIBUJOS****[0013]**

La Fig. 1 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una primera realización de la presente

invención;

La Fig. 2 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una segunda realización de la presente invención;

La Fig. 3 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una tercera realización de la presente invención;

La Fig. 4 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una cuarta realización de la presente invención;

La Fig. 5 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una quinta realización de la presente invención;

La Fig. 6 es un diagrama de circuito esquemático que ilustra una porción del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1;

La Fig. 7 es un diagrama de circuito esquemático que ilustra el modelo simplificado de la Fig. 6;

La Fig. 8 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las señales asociadas del circuito de fase A del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1 en un primer modo de variación de fase portadora y con el control SPWM;

La Fig. 9 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las señales asociadas del circuito de fase A del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1 en un segundo modo de variación de fase portadora y con el control SPWM;

La Fig. 10 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el primer modo de variación de fase portadora y con el control SPWM;

La Fig. 11 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el primer modo de variación de fase portadora y sin el control SPWM;

La Fig. 12 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el segundo modo de variación de fase portadora y con el control SPWM; y

La Fig. 13 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el segundo modo de variación de fase portadora y sin el control SPWM.

## DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA REALIZACIÓN PREFERIDA

**[0014]** La presente invención se describirá ahora más específicamente con referencia a las siguientes realizaciones. Cabe destacar que las siguientes descripciones de realizaciones preferidas de esta invención se presentan en esta invención con objeto de ilustración y descripción únicamente. No están previstas para ser exhaustivas o para limitarse a la forma precisa descrita.

**[0015]** La Fig. 1 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una primera realización de la presente invención. Como se muestra en la Fig. 1, el sistema de conversión de energía eólica 1 está eléctricamente conectado entre un generador de energía eólica 8 y un transformador de aislamiento T. Un lado primario del transformador de aislamiento T está eléctricamente conectado con una red de energía de CA. En esta realización, la energía de CA del generador de energía eólica 8 puede ser convertida por el sistema de conversión de energía eólica 1 y transmitida a continuación a la red de energía de CA a través del transformador de aislamiento T. Además, la energía de CA recibida por el transformador de aislamiento T puede ser convertida por el sistema de conversión de energía eólica 1 y transmitida a continuación al generador de energía eólica 8. En otras palabras, el sistema de conversión de energía eólica 1 puede convertir y transmitir la energía eléctrica en direcciones bilaterales.

**[0016]** En esta realización, los niveles de voltaje del generador de energía eólica 8 y la red de energía de CA son niveles de voltaje medios, por ejemplo 1 KV ~ 10 KV.

**[0017]** Como se muestra en la Fig. 1, el sistema de conversión de energía eólica 1 comprende unos primeros circuitos de conversión plurales 10 y un segundo circuito de conversión 11. Un primer terminal lateral de generador 100 de cada primer circuito de conversión 10 está eléctricamente conectado con un terminal de transmisión de energía 80 del generador de energía eólica 8. Un primer terminal lateral de red 101 de cada primer circuito de conversión 10 está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente Np de los bobinados secundarios plurales Np del transformador de aislamiento T. La energía de CA del generador de energía eólica 8 es convertida por cada primer circuito de conversión 10 y transmitida a continuación a la red de energía de CA a través del transformador de aislamiento T. Además, la energía de CA recibida por el transformador de aislamiento T puede

ser convertida por cada primer circuito de conversión 10 y transmitida a continuación al generador de energía eólica 8.

**[0018]** El segundo circuito de conversión 11 comprende segundos terminales laterales de generador plurales 110. Los segundos terminales laterales de generador plurales 110 están eléctricamente conectados con los primeros terminales laterales de generador correspondientes 100 de los primeros circuitos de conversión plurales 10 en serie. Es decir, la pluralidad de segundos terminales laterales de generador 110 puede corresponder a la pluralidad de los primeros circuitos de conversión 10 en una relación uno a uno. Además, los segundos terminales laterales de generador plurales 110 están eléctricamente conectados con los bobinados de fase correspondientes del terminal de transmisión de energía 80 del generador de energía eólica 8 a través de los primeros circuitos de conversión correspondientes 10. Un segundo terminal lateral de red 111 del segundo circuito de conversión 11 está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente  $N_p$  de los bobinados secundarios plurales  $N_p$  del transformador de aislamiento T. El segundo circuito de conversión 11 está selectivamente habilitado o inhabilitado. Cuando el segundo circuito de conversión 11 está habilitado, la energía de CA del generador de energía eólica 8 es convertida por el segundo circuito de conversión 11 y transmitida a continuación a la red de energía de CA a través del transformador de aislamiento T. Además, la energía de CA recibida por el transformador de aislamiento T puede ser convertida por el segundo circuito de conversión 11 y transmitida a continuación al generador de energía eólica 8. En otras palabras, cuando el segundo circuito de conversión 11 está habilitado, la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales 10 es compartida por el segundo circuito de conversión 11. Por consiguiente, la tensión de voltaje aplicada a los primeros circuitos de conversión plurales 10 se reducirá.

**[0019]** De acuerdo con la presente invención, el generador de energía eólica 8 es un generador de energía eólica de fase (3N), en el que N es un número natural. En esta realización, el generador de energía eólica 8 es un generador de energía eólica trifásica. Por consiguiente, el terminal de transmisión de energía 80 del generador de energía eólica 8 comprende bobinados trifásicos. El bobinado trifásico tiene voltajes de fase respectivos. Los primeros terminales laterales de generador 100 de los primeros circuitos de conversión 10 están eléctricamente conectados con los bobinados de fase correspondientes del generador de energía eólica 8. Por consiguiente, el sistema de conversión de energía eólica 1 comprende unos primeros circuitos de conversión 3N 10. En esta realización, el sistema de conversión de energía eólica 1 comprende tres primeros circuitos de conversión 10. El número de los bobinados secundarios  $N_p$  del transformador de aislamiento T es igual al número total de los primeros circuitos de conversión 10 y el segundo circuito de conversión 11. Dado que el sistema de conversión de energía eólica 1 de la Fig. 1 comprende tres primeros circuitos de conversión 10 y un segundo circuito de conversión 11, el transformador de aislamiento T tiene cuatro bobinados secundarios  $N_p$ .

**[0020]** Además, cada primer circuito de conversión 10 es un circuito de conversión monofásico/trifásico. En esta realización, cada primer circuito de conversión 10 comprende un primer convertidor lateral de generador 102, un primer convertidor lateral de red 103 y una primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104. El primer convertidor lateral de generador 102 tiene un primer lado de CA y un primer lado de CC. El primer lado de CA está eléctricamente conectado con el primer terminal lateral de generador 100 del primer circuito de conversión 10 y eléctricamente conectado con el generador de energía eólica 8 a través del primer terminal lateral de generador 100. El primer convertidor lateral de generador 102 está controlado por un procedimiento de modulación por ancho de pulso (PWM). Además, el primer lado de CA se presenta como el primer terminal lateral de generador 100. El primer convertidor lateral de red 103 tiene un segundo lado de CA y un segundo lado de CC. El segundo lado de CA está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente  $N_p$  de los bobinados secundarios plurales  $N_p$  del transformador de aislamiento T. El segundo lado de CA se presenta como el primer terminal lateral de red 101. Además, el primer convertidor lateral de red 103 está controlado también por el procedimiento de PWM. En esta realización, la primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104 comprende al menos un condensador de bus. La primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104 está eléctricamente conectada entre el primer lado de CC del primer convertidor lateral de generador 102 y el segundo lado de CC del primer convertidor lateral de red 103. Además, la primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104 se utiliza para el almacenamiento de energía eléctrica, de forma que la diferencia de voltaje a lo largo de la primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104 sea igual a un primer voltaje de CC  $V_{dc1}$ . Dado que el primer circuito de conversión 10 comprende el primer convertidor lateral de generador 102, el primer convertidor lateral de red 103 y la primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104, el primer circuito de conversión 10 tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA.

**[0021]** En la realización de la Fig. 1, el primer circuito de conversión 10 tiene una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles. Además, el primer convertidor lateral de generador 102 comprende dos brazos de

puente. Es decir, el primer convertidor lateral de generador 102 tiene una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles de puente completo monofásica. Además, los dos brazos de puente se definen de forma colaborativa como un puente H. Cada brazo de puente contiene dos elementos de conmutación conectados en serie. Un ejemplo del elemento de conmutación incluye, pero no se limita a, un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT). El primer convertidor lateral de red 103 tiene una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles de puente completo trifásica. Además, el primer convertidor lateral de red 103 comprende tres brazos de puente, incluyendo un brazo de puente de fase A, un brazo de puente de fase B y un brazo de puente de fase C. Y cada brazo de puente de fase contiene dos elementos de conmutación conectados en serie. Además, el primer convertidor lateral de generador 102 comprende además un circuito recortador 105. El circuito recortador 105 está conectado con los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador 102 en paralelo. En esta realización, el circuito recortador 105 comprende al menos un elemento de conmutación y al menos un resistor, que están conectados entre sí en serie. El circuito recortador 105 se utiliza para inhibir el voltaje y la corriente del primer circuito de conversión 10 con el fin de alcanzar un objeto de protección.

15 **[0022]** Además, el segundo circuito de conversión 11 es un circuito de conversión trifásico. En esta realización, el segundo circuito de conversión 11 comprende un segundo convertidor lateral de generador 112, un segundo convertidor lateral de red 113 y una segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114. El segundo convertidor lateral de generador 112 tiene un tercer lado de CA y un tercer lado de CC. El tercer lado de CA está eléctricamente conectado con los segundos terminales laterales de generador plurales 100 de los primeros circuitos de conversión plurales 10 a través de los segundos terminales laterales de generador plurales 110 y conectados eléctricamente con los terminales de transmisión de energía 80 del generador de energía eólica 8. El segundo convertidor lateral de generador 112 es controlado por un procedimiento de modulación por ancho de pulso (PWM). El segundo convertidor lateral de red 113 tiene un cuarto lado de CA y un cuarto lado de CC. El cuarto lado de CA está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente  $N_p$  de los bobinados secundarios plurales  $N_p$  del transformador de aislamiento T. El cuarto lado de CA se presenta como el segundo terminal lateral de red 111. Además, el segundo convertidor lateral de red 113 está controlado también por el procedimiento de PWM. En esta realización, la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114 comprende al menos un condensador de bus. La segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114 está eléctricamente conectada entre el tercer lado de CC del segundo convertidor lateral de generador 112 y el cuarto lado de CC del segundo convertidor lateral de red 113. Además, la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114 se utiliza para el almacenamiento de energía eléctrica, de forma que la diferencia de voltaje a lo largo de la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114 sea igual a un segundo voltaje de CC  $V_{dc2}$ . Dado que el segundo circuito de conversión 11 comprende el segundo convertidor lateral de generador 112, el segundo convertidor lateral de red 113 y la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114, el segundo circuito de conversión 11 tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA.

**[0023]** En la realización de la Fig. 1, el segundo circuito de conversión 11 tiene una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles. Además, el segundo convertidor lateral de generador 112 comprende tres brazos de puente, en el que cada brazo de puente comprende dos elementos de conmutación conectados en serie. Es decir, el segundo convertidor lateral de generador 112 tiene una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles de puente completo trifásica. Además, el segundo convertidor lateral de red 113 comprende tres brazos de puente, en los que cada brazo de puente comprende dos elementos de conmutación conectados en serie. Es decir, el segundo convertidor lateral de red 113 tiene también una configuración de conjunto de circuitos de dos niveles de puente completo trifásica. Además, el nodo entre los dos elementos de conmutación conectados en serie de cada brazo de puente del segundo convertidor lateral de generador 112 está conectado con el segundo terminal lateral de generador correspondiente 110. Además, el segundo convertidor lateral de generador 112 comprende además un circuito recortador. La función del circuito recortador del segundo convertidor lateral de generador 112 es similar a la del circuito recortador 105 del primer convertidor lateral de generador 102 y no se describe de forma innecesaria en esta invención.

50 **[0024]** Cabe destacar que se pueden realizar numerosas modificaciones y alteraciones del primer circuito de conversión y el segundo circuito de conversión conservando al mismo tiempo las enseñanzas de la invención. En lo sucesivo, algunos ejemplos variantes del primer circuito de conversión y el segundo circuito de conversión se ilustrarán con referencia a las Figs. 2-5. Los elementos y partes del componente correspondientes a los de la primera realización se designarán por referencias numéricas idénticas y se omitirán descripciones detalladas de los mismos.

**[0025]** La Fig. 2 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una segunda realización de la presente invención. En comparación con la Fig. 1, el primer circuito de conversión 20 del sistema de conversión de

energía eólica 1 de esta realización tiene una configuración de conjunto de circuitos trifásica. El primer convertidor lateral de generador 202 del primer circuito de conversión 20 tiene una configuración de conjunto de circuitos de tres niveles de puente completo monofásica y el primer convertidor lateral de red 203 del primer circuito de conversión 20 tiene una configuración de conjunto de circuitos de tres niveles trifásica. En comparación con la Fig. 1, el segundo

5

circuito de conversión 21 del sistema de conversión de energía eólica 1 de esta realización tiene una configuración de conjunto de circuitos de tres niveles. El segundo convertidor lateral de generador 212 del segundo circuito de conversión 21 tiene una configuración de conjunto de circuitos de tres niveles de puente completo trifásica y el segundo convertidor lateral de red 213 del segundo circuito de conversión 21 tiene una configuración de conjunto de circuitos de tres niveles trifásica.

10

**[0026]** La Fig. 3 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una tercera realización de la presente invención. En la realización de la Fig. 1, el segundo circuito de conversión 11 tiene la configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA. En esta realización, el segundo circuito de conversión 31 es un circuito de conversión de matriz de dos etapas. Por consiguiente, el segundo circuito de conversión 31 tiene una configuración

15

de conjunto de circuitos de CA/CA. En esta realización, el segundo circuito de conversión 31 comprende un segundo convertidor lateral de generador 312 y un segundo convertidor lateral de red 313, pero la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114 de la Fig. 1 se omite.

**[0027]** La Fig. 4 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una cuarta realización de la presente invención. Como el segundo circuito de conversión 31 de la Fig. 3, el segundo circuito de conversión 41 de esta realización tiene también una configuración de conjunto de circuitos de CA/CA. No obstante, el segundo circuito de conversión 41 es un circuito de conversión de matriz convencional.

20

**[0028]** La Fig. 5 es un diagrama de circuito esquemático de un sistema según una quinta realización de la presente invención. En la realización de la Fig. 4, el primer circuito de conversión 10 tiene la configuración de conjunto de circuitos de CA/CA. En comparación con la Fig. 4, el primer circuito de conversión 50 de esta realización es un circuito de conversión de matriz trifásico/monofásico. Es decir, el primer circuito de conversión 50 tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CA.

25

**[0029]** En lo sucesivo, el rendimiento del sistema de conversión de energía eólica 1 de la presente invención se ilustrará con referencia a las Figs. 1, 6 y 7. La Fig. 6 es un diagrama de circuito esquemático que ilustra una porción del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1. La Fig. 7 es un diagrama de circuito esquemático que ilustra el modelo simplificado de la Fig. 6. Como se muestra en las Figs. 6 y 7, los voltajes  $V_{Fa}$ ,  $V_{Fb}$  y  $V_{Fc}$  son voltajes de fase en el segundo terminal lateral de generador de fase A 110, el segundo terminal lateral de generador de fase B 110 y el segundo terminal lateral de generador de fase C 110 del segundo circuito de conversión 11, respectivamente. El voltaje  $V_{Ha}$  es el voltaje de salida del primer lado de CA del primer convertidor lateral de generador 102 del primer circuito de conversión 10 que está conectado con el bobinado de fase A de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8. El voltaje  $V_{Hb}$  es el voltaje de salida del primer lado de CA del primer convertidor lateral de generador 102 del primer circuito de conversión 10 que está conectado con el bobinado de fase B de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8. El voltaje  $V_{Hc}$  es el voltaje de salida del primer lado de CA del primer convertidor lateral de generador 102 del primer circuito de conversión 10 que está conectado con el bobinado de fase C de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8. Los voltajes  $V_{Gen\_a}$ ,  $V_{Gen\_b}$  y  $V_{Gen\_c}$  son los voltajes de fase del bobinado de fase A, el bobinado de fase B y el bobinado de fase C de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8, respectivamente. El voltaje  $V_{conv\_a}$  es el voltaje de salida de los primeros terminales laterales de generador 100 del primer circuito de conversión 10 que está conectado con el bobinado de fase A de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8. El voltaje  $V_{conv\_b}$  es el voltaje de salida de los primeros terminales laterales de generador 100 del primer circuito de conversión 10 que está conectado con el bobinado de fase B de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8. El voltaje  $V_{conv\_c}$  es el voltaje de salida del primer terminal lateral de generador

30

35

40

45

50

**[0030]** Los voltajes de salida  $V_{Ha}$ ,  $V_{Hb}$  y  $V_{Hc}$  de los tres primeros circuitos de conversión 10 se pueden expresar por las siguientes fórmulas:

55

$$\begin{aligned} V_{Ha} &= V_{dc1} \times S_{Ha}; \\ V_{Hb} &= V_{dc1} \times S_{Hb}; \end{aligned}$$

y

$$V_{Hc} = V_{dc1} \times S_{Hc}.$$

**[0031]** En las siguientes fórmulas,  $S_{Ha}$ ,  $S_{Hb}$  y  $S_{Hc}$  son los factores de marcha de los elementos de conmutación de los brazos de puente en los primeros convertidores laterales de generador 102 que están conectados con el bobinado de fase A, el bobinado de fase B y el bobinado de fase C de los bobinados de tres fases del generador de energía eólica 8, respectivamente, y  $V_{dc1}$  es el primer voltaje de CC de la primera unidad de almacenamiento de bus de CC 104. En caso de que el primer circuito de conversión sea un circuito de conversión de matriz (p. ej., el circuito de conversión de matriz de la Fig. 5), el primer voltaje de CC  $V_{dc1}$  es un voltaje de CC virtual.

**[0032]** Los voltajes de fase  $V_{Fa}$ ,  $V_{Fb}$  y  $V_{Fc}$  del segundo circuito de conversión 11 se pueden expresar por las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} V_{Fa} &= V_{dc2}/2 \times S_{Fa}; \\ V_{Fb} &= V_{dc2}/2 \times S_{Fb}; \\ V_{Fc} &= V_{dc2}/2 \times S_{Fc}. \end{aligned}$$

**[0033]** En las anteriores fórmulas,  $S_{Fa}$ ,  $S_{Fb}$  y  $S_{Fc}$  son los factores de marcha de los elementos de conmutación en los tres brazos de puente del segundo convertidor lateral de generador 112 del segundo circuito de conversión 21, respectivamente, y  $V_{dc2}$  es el segundo voltaje de CC de la segunda unidad de almacenamiento de bus de CC 114. En caso de que el segundo circuito de conversión sea un circuito de conversión de matriz (p. ej. el circuito de conversión de matriz de la Fig. 3 o la Fig. 4), el segundo voltaje de CC  $V_{dc2}$  es un voltaje de CC virtual.

**[0034]** Dado que cada segundo terminal lateral generador 110 del segundo circuito de conversión 11 está eléctricamente conectado con el primer terminal lateral de generador correspondiente 100 del primer circuito de conversión 10 en serie, el voltaje de salida del primer terminal lateral de generador 100 del primer circuito de conversión 10 y el voltaje de salida del segundo terminal lateral de generador correspondiente 110 del segundo circuito de conversión 11 están conectados entre sí en serie. Por consiguiente, la suma del voltaje de fase  $V_{Fa}$  y el voltaje de salida  $V_{Ha}$  es igual al voltaje de salida de fase A  $V_{conv\_a}$  del primer circuito de conversión 10, la suma del voltaje de fase  $V_{Fb}$  y el voltaje de salida  $V_{Hb}$  es igual al voltaje de salida de fase B  $V_{conv\_b}$  del primer circuito de conversión 10, y la suma del voltaje de fase  $V_{Fc}$  y el voltaje de salida  $V_{Hc}$  es igual al voltaje de salida de fase C  $V_{conv\_c}$  del primer circuito de conversión 10. Si  $V_{dc1}=V_{dc2}$  y  $S_{Hx}=S_{Fx}$  ( $x=a, b, c$ ), los voltajes de salida  $V_{conv\_a}$ ,  $V_{conv\_b}$  y  $V_{conv\_c}$  pueden expresarse por las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} V_{conv\_a} &= V_{Ha} + V_{Fa} = V_{dc1} \times S_{Ha} + V_{dc2}/2 \times S_{Fa} = 3/2 \times V_{dc1} \times S_{Ha}; \\ V_{conv\_b} &= V_{Hb} + V_{Fb} = V_{dc1} \times S_{Hb} + V_{dc2}/2 \times S_{Fb} = 3/2 \times V_{dc1} \times S_{Hb}; \\ V_{conv\_c} &= V_{Hc} + V_{Fc} = V_{dc1} \times S_{Hc} + V_{dc2}/2 \times S_{Fc} = 3/2 \times V_{dc1} \times S_{Hc}. \end{aligned}$$

**[0035]** A partir de las fórmulas anteriores, si  $V_{dc1}=2000V$  y el factor de marcha es el más amplio, el voltaje lineal máximo emitido a partir de cada primer circuito de conversión es igual a  $3/2 \times V_{dc1} \times \sqrt{3} / \sqrt{2} = 3674$ .

**[0036]** Por consiguiente, el sistema de conversión de energía eólica de la presente invención puede aplicarse al generador de energía eólica 8 a 3,3 kV.

**[0037]** A partir de las descripciones anteriores, el sistema de conversión de energía eólica 1 comprende los primeros circuitos de conversión plurales 10 y el segundo circuito de conversión 11. Los segundos terminales laterales de generador plurales 110 del segundo circuito de conversión 11 están eléctricamente conectados con los primeros terminales laterales de generador correspondientes 100 de los primeros circuitos de conversión plurales 10

en serie. El segundo terminal lateral de red 111 del segundo circuito de conversión 11 está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente  $N_p$  de los bobinados secundarios plurales  $N_p$  del transformador de aislamiento T. Por medio de la configuración del conjunto de circuitos del sistema de conversión de energía eólica, el número de los bobinados secundarios  $N_p$  del transformador de aislamiento T se reduce. Por ejemplo, como se muestra en la Fig. 1, el transformador de aislamiento T comprende solo cuatro bobinados secundarios  $N_p$ . Por consiguiente, el coste total del sistema de conversión de energía eólica 1 se reduce. Además, dado que la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales 10 es compartida por el segundo circuito de conversión 11, la tensión de voltaje aplicada a los primeros circuitos de conversión plurales 10 se reducirá. Por consiguiente, los componentes de energía (p. ej., elementos de conmutación) con capacidad resistente de voltaje inferior (p. ej., 1,7 KV) se pueden utilizar en el sistema de conversión de energía eólica 1 con el fin de controlar el generador de energía eólica 8 en los niveles de voltaje medios. Además, dado que el número de los componentes de energía utilizado en el sistema de conversión de energía eólica 1 se reduce y los componentes de energía tienen la capacidad resistente de voltaje inferior, el coste de fabricación del sistema de conversión de energía eólica 1 se reduce ampliamente.

15

**[0038]** En algunas realizaciones, el segundo circuito de conversión como se muestra en las Figs. 1-5 se opera selectivamente en un modo de palanca o un modo de no palanca según el resultado de comparación del voltaje de fase de cada bobinado de fase del generador de energía eólica 8 con el voltaje de salida máximo del primer terminal lateral de generador correspondiente 100 del primer circuito de conversión 10. Hay que tomar el sistema de conversión de energía eólica 1 de la Fig. 1 como un ejemplo. Si el voltaje de fase de cada bobinado de fase del generador de energía eólica 8 es inferior que o igual al voltaje de salida máximo del primer terminal lateral de generador correspondiente 100 del primer circuito de conversión 10, el segundo circuito de conversión 11 se opera en el modo de palanca. En el modo de palanca, las acciones de conmutación de todos los elementos de conmutación del segundo circuito de conversión 11 se inhabilitan. Bajo esta circunstancia, los segundos terminales laterales de generador 110 del segundo circuito de conversión 11 están cortocircuitados. Es decir, cuando el segundo circuito de conversión 11 se opera en el modo de palanca, solo los primeros circuitos de conversión plurales 10 del sistema de conversión de energía eólica 1 están habilitados para llevar a cabo la conversión de energía entre el generador de energía eólica 8 y la red de energía de CA. Dado que el segundo circuito de conversión 11 está inhabilitado, el consumo de energía del sistema de conversión de energía eólica 1 se reduce. Por otro lado, si el voltaje de fase de un bobinado de fase del generador de energía eólica 8 es más elevado que el voltaje de salida máximo del primer terminal lateral de generador correspondiente 100 del primer circuito de conversión 10, el segundo circuito de conversión 11 se opera en el modo de no palanca. En el modo de no palanca, las acciones de conmutación de todos los elementos de conmutación del segundo circuito de conversión 11 se habilitan. Por consiguiente, la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales 10 es compartida por el segundo circuito de conversión 11. En una realización, el voltaje de fase en cada segundo terminal lateral de generador 110 es una mitad del voltaje de salida del primer terminal lateral de generador 100 del primer circuito de conversión correspondiente 10.

**[0039]** Además, el sistema de conversión de energía eólica 1 comprende además un circuito de control (no mostrado). Bajo control del circuito de control, el segundo circuito de conversión 11 se opera en el modo de palanca o el modo de no palanca. Para reducir la respuesta de voltaje transitorio ( $dv/dt$ ) y los voltajes armónicos en el primer terminal lateral de generador 100 del primer circuito de conversión 10 y los segundos terminales laterales de generador 110 del segundo circuito de conversión 11, los primeros convertidores laterales de generador 102 de los primeros circuitos de conversión plurales 10 y el segundo convertidor lateral de generador 112 del segundo circuito de conversión 11 del sistema de conversión de energía eólica como se muestra en la Fig. 1, 2, 3 ó 4 pueden ser controlados por un procedimiento de modulación por ancho de pulso sinusoidal (SPWM) basado en una técnica de variación de fase portadora. Además, el ángulo de variación de fase para la técnica de variación de fase portadora se puede determinar según la configuración de conjunto de circuitos y el modo de funcionamiento del segundo circuito de conversión.

50

**[0040]** Los beneficios del control de SPWM se ilustrarán con referencia a las Figs. 8-13. La Fig. 8 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las señales asociadas del circuito de fase A del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1 en un primer modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM. La Fig. 9 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las señales asociadas del circuito de fase A del sistema de conversión de energía eólica de la Fig. 1 en un segundo modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM. La Fig. 10 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase ( $i_a$ ,  $i_b$ ,  $i_c$ ) y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el primer modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM. La Fig. 11 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del

55

primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el primer modo de variación de fase portadora y sin el control de SPWM. La Fig. 12 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el segundo modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM. La Fig. 13 es un diagrama de forma de onda esquemático que ilustra las tres corrientes de fase y el espectro de corriente del primer circuito de conversión de dos niveles o el segundo circuito de conversión de dos niveles en el segundo modo de variación de fase portadora y sin el control de SPWM.

**[0041]** En el primer modo de variación de fase portadora, los primeros circuitos de conversión y el segundo circuito de conversión tienen las configuraciones de conjunto de circuitos de CA/CC/CA. Si el segundo circuito de conversión se opera en el modo de no palanca, los ángulos de variación de fase a lo largo de las ondas portadoras de puente del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión (p. ej., el puente H) y el brazo de puente correspondiente del segundo circuito de conversión (p. ej., el puente completo trifásico) son  $120^\circ$ . En La Fig. 8, tri1 indica la onda portadora del brazo de puente izquierdo del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión, tri2 indica la onda portadora del brazo de puente derecho del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión y tri3 indica la onda portadora del brazo de puente correspondiente del segundo convertidor lateral de generador del segundo circuito de conversión. Según el resultado de modulación de circuito de fase A de la Fig. 8, los ángulos de variación de fase entre tri1, tri2 y tri3 son  $120^\circ$  y las ondas moduladas S\_a de ellos son idénticas. Por este procedimiento de modulación, el voltaje lineal Vab emitido por el primer circuito de conversión tiene siete niveles. En comparación con el resultado de modulación de la Fig. 11 (es decir, en el primer modo de variación de fase portadora y sin el control de SPWM), el resultado de modulación de la Fig. 10 (es decir, en el primer modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM) indica que la respuesta de voltaje transitorio y los voltajes armónicos en los primeros terminales laterales de generador 1.00 del primer circuito de conversión 10 y los segundos terminales laterales de generador 110 del segundo circuito de conversión 11 se reducen. Por otro lado, si el primer circuito de conversión y el segundo circuito de conversión tienen las configuraciones de conjunto de circuitos de CA/CC/CA (es decir, en el primer modo de variación de fase portadora) y el segundo circuito de conversión se opera en el modo de palanca, solo los primeros convertidores laterales de generador 102 de los primeros circuitos de conversión plurales 10 son controlados por el procedimiento de SPWM basado en la técnica de variación de fase portadora porque el segundo circuito de conversión 11 está inhabilitado. Bajo esta circunstancia, el ángulo de variación de fase entre las ondas portadoras de los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión es de  $180^\circ$ . De forma similar, la respuesta de voltaje transitorio y los voltajes armónicos en los primeros terminales laterales de generador 100 del primer circuito de conversión 10 y los segundos terminales laterales de generador 110 del segundo circuito de conversión 11 se reducen.

**[0042]** En el primer modo de variación de fase portadora, los primeros circuitos de conversión tienen las configuraciones de conjunto de circuitos de CA/CC/CA y el segundo circuito de conversión tiene la configuración de conjunto de circuitos de CA/CA. Los primeros convertidores laterales de generador 102 de los primeros circuitos de conversión plurales 10 están controlados por el procedimiento de SPWM basado en la técnica de variación de fase portadora. Independientemente de si el segundo circuito de conversión se opera en el modo de palanca o el modo de no palanca, el ángulo de variación de fase entre las ondas portadoras de los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión es de  $180^\circ$ . En la Fig. 9, tri1 indica la onda portadora del brazo de puente izquierdo del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión y tri2 indica la onda portadora del brazo de puente derecho del primer convertidor lateral de generador del primer circuito de conversión. Además, la onda modulada S\_a es idéntica. Por este procedimiento de modulación, el voltaje lineal Vab emitido por el primer circuito de conversión (véase la Fig. 1) tiene cinco niveles. En comparación con el resultado de modulación de la Fig. 13 (es decir, en el segundo modo de variación de fase portadora y sin el control de SPWM), el resultado de modulación de la Fig. 12 (es decir, en el segundo modo de variación de fase portadora y con el control de SPWM) indica que la respuesta de voltaje transitorio y los voltajes armónicos en los primeros terminales laterales de generador 100 del primer circuito de conversión 10 y los segundos terminales laterales de generador 110 del segundo circuito de conversión 11 se reducen. Además, el índice de modulación de amplitud en el modo de palanca es 1,5 veces el índice de modulación de amplitud en el modo de no palanca. Por consiguiente, el componente armónico se reduce de forma adicional.

**[0043]** A partir de las descripciones anteriores, la presente invención proporciona un sistema de conversión de energía eólica. El sistema de conversión de energía eólica comprende primeros circuitos de conversión plurales y un segundo circuito de conversión. Los segundos terminales laterales de generador plurales del segundo circuito de conversión están eléctricamente conectados con los primeros terminales laterales de generador correspondientes de los primeros circuitos de conversión plurales en serie. El segundo terminal lateral de red del segundo circuito de

conversión está eléctricamente conectado con el bobinado secundario correspondiente de los bobinados secundarios plurales de un transformador de aislamiento. Por medio de la configuración del conjunto de circuitos del sistema de conversión de energía eólica, el número de los bobinados secundarios del transformador de aislamiento se reduce. Además, dado que la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales es compartida por el segundo circuito de conversión, la tensión de voltaje aplicada a los primeros circuitos de conversión plurales se reducirá. Por consiguiente, los componentes de energía con capacidad resistente de voltaje inferior se pueden utilizar en el sistema de conversión de energía eólica con el fin de controlar el generador de energía eólica en los niveles de voltaje medios. Además, dado que el número de los componentes de energía utilizado en el sistema de conversión de energía eólica se reduce y los componentes de energía tienen la capacidad resistente de voltaje inferior, el coste de fabricación del sistema de conversión de energía eólica se reduce ampliamente. Además, el segundo circuito de conversión se opera de forma selectiva en un modo de palanca o un modo de no palanca según el resultado de la comparación del voltaje de fase de cada bobinado de fase del generador de energía eólica con el voltaje de salida del primer terminal lateral de generador correspondiente del primer circuito de conversión. Cuando el segundo circuito de conversión se opera en el modo de palanca, el segundo circuito de conversión se inhabilita, de forma que el consumo de energía del sistema de conversión de energía eólica se reduzca. Cuando el segundo circuito de conversión se opera en el modo de no palanca, la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales es compartida por el segundo circuito de conversión. Además, los primeros convertidores laterales de generador de los primeros circuitos de conversión plurales y el segundo convertidor lateral de generador del segundo circuito de conversión puede estar controlado por un procedimiento de modulación por ancho de pulso sinusoidal (SPWM) basado en una técnica de variación de fase portadora. Por consiguiente, la respuesta de voltaje transitorio y los voltajes armónicos en los primeros terminales laterales de generador del primer circuito de conversión y los segundos terminales laterales de generador del segundo circuito de conversión se minimizarán.

**REIVINDICACIONES**

1. Un sistema que comprende un generador de energía eólica (8), un transformador de aislamiento (T) y un sistema de conversión de energía eólica (1) eléctricamente conectados entre el generador de energía eólica (8) y el transformador de aislamiento (T), comprendiendo el sistema de conversión de energía eólica (1):
- unos primeros circuitos de conversión plurales (10, 20, 50) adaptados para llevar a cabo una tarea de conversión de energía para convertir y transmitir la energía eléctrica en direcciones bilaterales y que comprenden unos primeros terminales laterales de generador respectivos (100) y unos primeros terminales laterales de red respectivos (101), en los que los primeros terminales laterales de generador (100) están eléctricamente conectados con el generador de energía eólica (8) y los primeros terminales laterales de red (101) están eléctricamente conectados con los bobinados secundarios correspondientes (Np) de los bobinados secundarios plurales (Np) del transformador de aislamiento (T);
- y
- un segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) que comprende unos segundos terminales laterales de generador plurales (110) y un segundo terminal lateral de red (111), en los que el segundo terminal lateral de red (111) está eléctricamente conectado con un bobinado secundario correspondiente (Np) de los bobinados secundarios plurales (Np) del transformador de aislamiento (T) y los segundos terminales laterales de generador (110) están conectados en serie con los primeros terminales laterales de generador correspondientes (100) de los primeros circuitos de conversión (10, 20, 50) y eléctricamente conectados con el generador de energía eólica (8) a través de los primeros circuitos de conversión (10, 20, 50), en los que el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) se opera de forma selectiva en un modo de no palanca o en un modo de palanca, en los que el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) se opera en un modo de no palanca, el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) lleva a cabo la tarea de conversión de energía para convertir y transmitir la energía eléctrica en direcciones bilaterales de forma que la tarea de conversión de energía de los primeros circuitos de conversión plurales (10, 20, 50) es compartida por el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41).
2. El sistema según la reivindicación 1, en el que el generador de energía eólica (8) se opera a un nivel de voltaje de 1 KV ~ 10 KV.
3. El sistema según la reivindicación 1 ó 2, en el que el generador de energía eólica (8) comprende tres bobinados de fase y los primeros terminales laterales de generador (100) de los primeros circuitos de conversión (10, 20, 50) están eléctricamente conectados con los bobinados de fase correspondientes.
4. El sistema según la reivindicación 3, en el que si un voltaje de fase de un bobinado de fase del generador de energía eólica (8) es más elevado que el voltaje de salida máximo del primer terminal lateral de generador correspondiente (100) del primer circuito de conversión (10, 20, 50), el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) se opera en el modo de no palanca, en el que en el modo de no palanca, el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) está habilitado para compartir la tarea de conversión de energía.
5. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 4, en el que si un voltaje de fase de cada bobinado de fase del generador de energía eólica (8) es inferior que o igual al voltaje de salida máximo del primer terminal lateral de generador correspondiente (100) del primer circuito de conversión (10, 20, 50), el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) se opera en el modo de palanca, en el que en el modo de palanca, los segundos terminales laterales de generador (110) del segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41) están cortocircuitados.
6. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 5, en el que cada uno de los primeros circuitos de conversión (10, 20) es un circuito de conversión trifásico/monofásico y tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA y el segundo circuito de conversión (11, 21) es un circuito de conversión de fase trifásico y tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA.
7. El sistema según la reivindicación 6, en el que cada uno de los primeros circuitos de conversión (10, 20) comprende un primer convertidor lateral de generador (102, 202) con dos brazos de puente y el segundo circuito de conversión (11, 21) comprende un segundo convertidor lateral de generador (112, 212) con tres brazos de puente.
8. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que el primer convertidor lateral de generador (102, 202) de cada primer circuito de conversión (10, 20) y el segundo convertidor lateral de generador (112, 212) del segundo circuito de conversión (11, 21) son controlados por un procedimiento de modulación por

ancho de pulso sinusoidal basado en una técnica de variación de fase portadora, en la que si el segundo circuito de conversión (11, 21) se opera en el modo de no palanca, los ángulos de variación de fase entre las ondas portadoras de los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador (102, 202) del primer circuito de conversión (10, 20) y el brazo de puente correspondiente del segundo circuito de conversión (11, 21) son de 120°.

5

9. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 8, en el que el primer convertidor lateral de generador (102, 202) de cada primer circuito de conversión (10, 20) es controlado por un procedimiento de modulación por ancho de pulso sinusoidal basado en una técnica de variación de fase portadora, en la que si el segundo circuito de conversión (11, 21) se opera en el modo de palanca, un ángulo de variación de fase entre las ondas portadoras de los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador (102, 202) del primer circuito de conversión (10, 20) es de 180°.

10

10. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 9, en el que los primeros circuitos de conversión (10) y los segundos circuitos de conversión (11) tienen configuraciones de conjunto de circuitos de dos niveles o los primeros circuitos de conversión (10) y los segundos circuitos de conversión (21) tienen configuraciones de conjunto de circuitos de tres niveles.

15

11. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 10, en el que cada uno de los primeros circuitos de conversión (10, 20) es un circuito de conversión trifásico/monofásico y tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CC/CA y el segundo circuito de conversión (31, 41) es un circuito de conversión trifásico y tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CA.

20

12. El sistema según la reivindicación 11, en el que cada uno de los primeros circuitos de conversión (10, 20) comprende un primer convertidor lateral de generador (102, 202) con dos brazos de puente, en el que el primer convertidor lateral de generador (102, 202) de cada primer circuito de conversión (10, 20) es controlado por un procedimiento de modulación por ancho de pulso sinusoidal basado en una técnica de variación de fase portadora y un ángulo de variación de fase entre las ondas portadoras de los dos brazos de puente del primer convertidor lateral de generador (102, 202) del primer circuito de conversión (10, 20) es de 180°.

25

13. El sistema según la reivindicación 11 ó 12, en el que el segundo circuito de conversión (31) es un circuito de conversión de matriz de dos etapas o el segundo circuito de conversión (41) es un circuito de conversión de matriz convencional.

30

14. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 3 a 13, en el que cada uno de los primeros circuitos de conversión (50) es un circuito de conversión trifásico/monofásico y tiene una configuración de conjunto de circuitos de CA/CA.

35

15. El sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que el número de los bobinados secundarios plurales ( $N_p$ ) del transformador de aislamiento (T) es igual al número total de los primeros circuitos de conversión plurales (10, 20, 50) y el segundo circuito de conversión (11, 21, 31, 41), en el que los primeros circuitos de conversión plurales (10, 20, 50) comprenden tres primeros circuitos de conversión (10, 20, 50) y el transformador de aislamiento (T) comprende cuatro bobinados secundarios ( $N_p$ ).

40



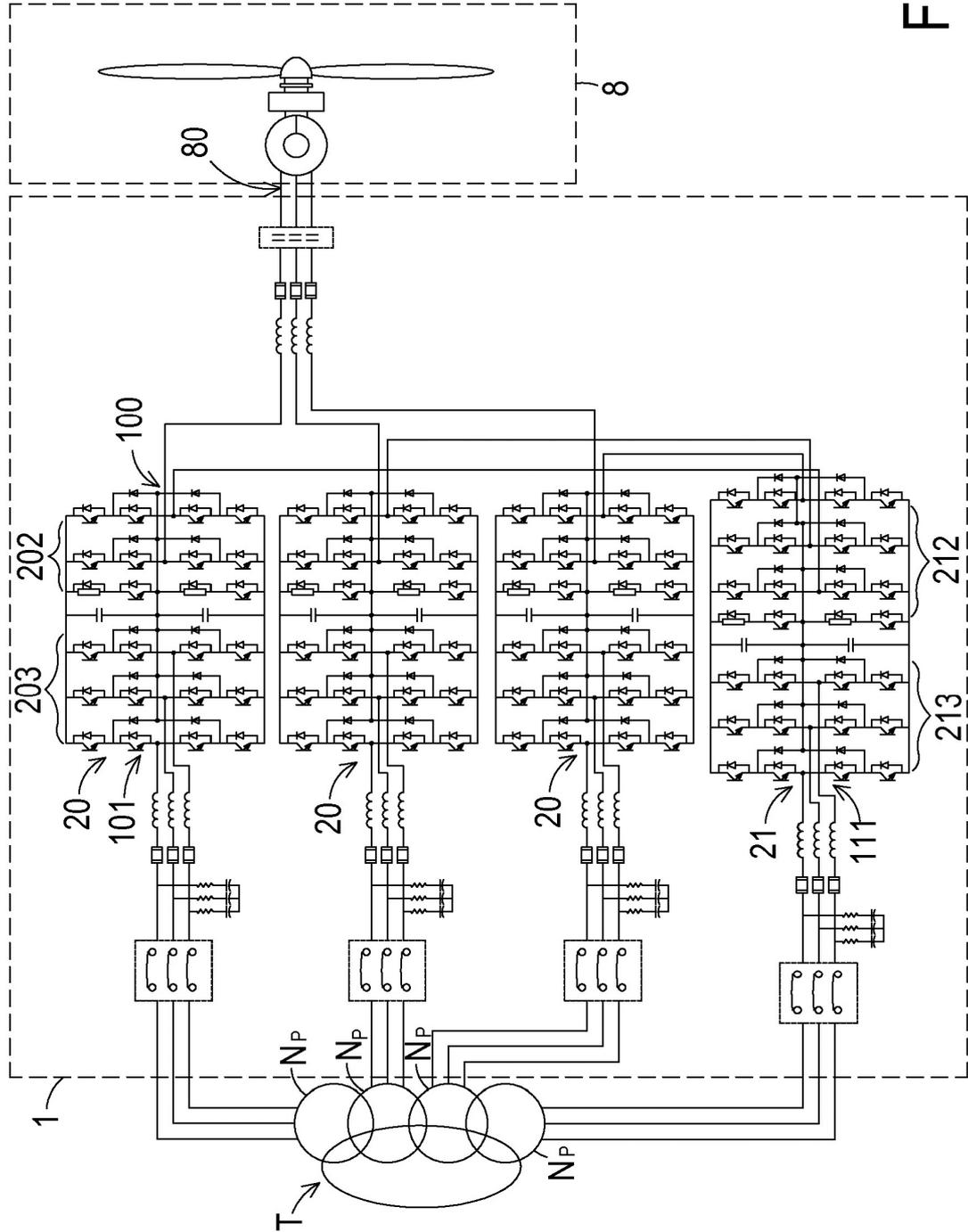


FIG. 2

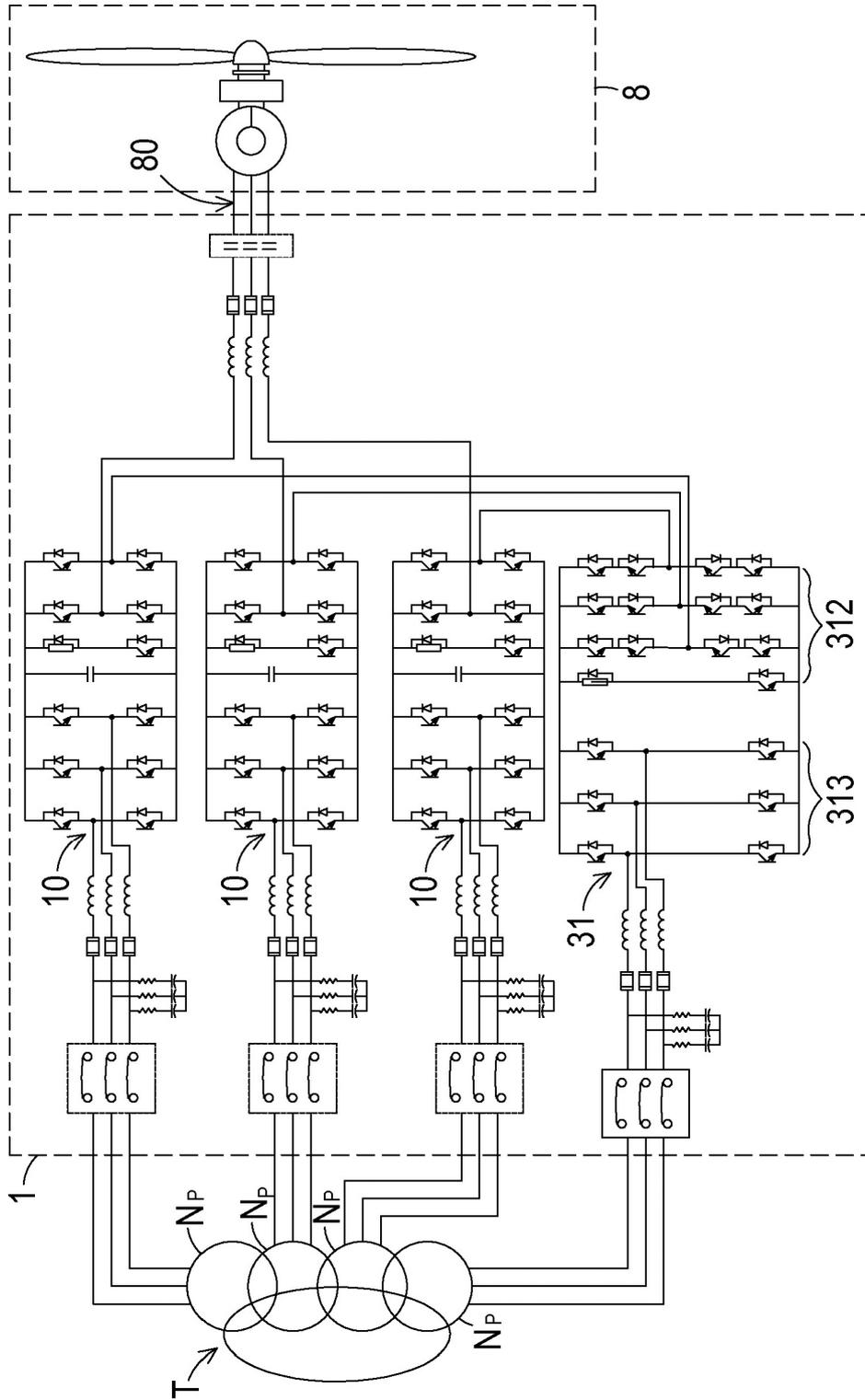


FIG. 3

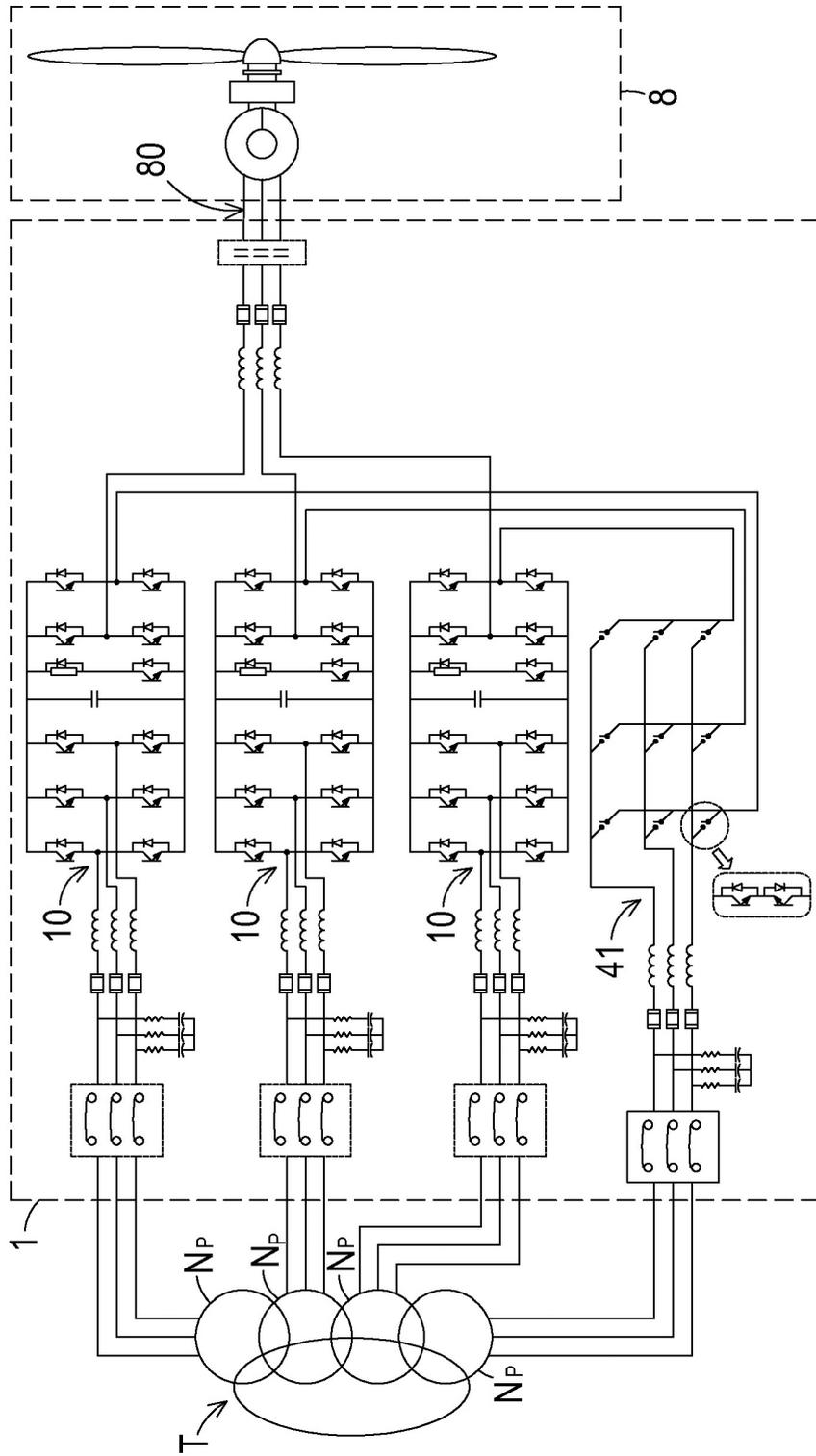


FIG. 4

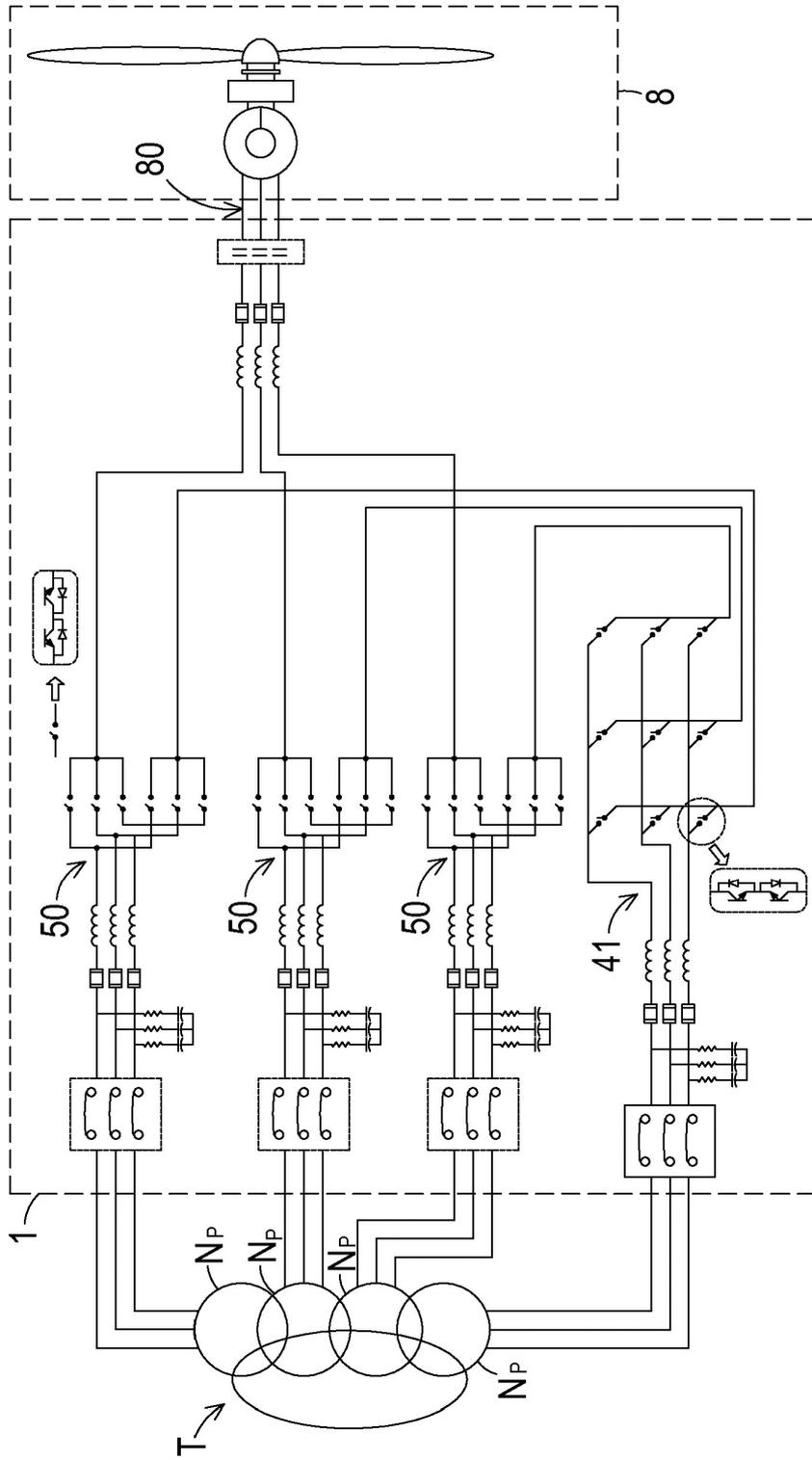


FIG. 5

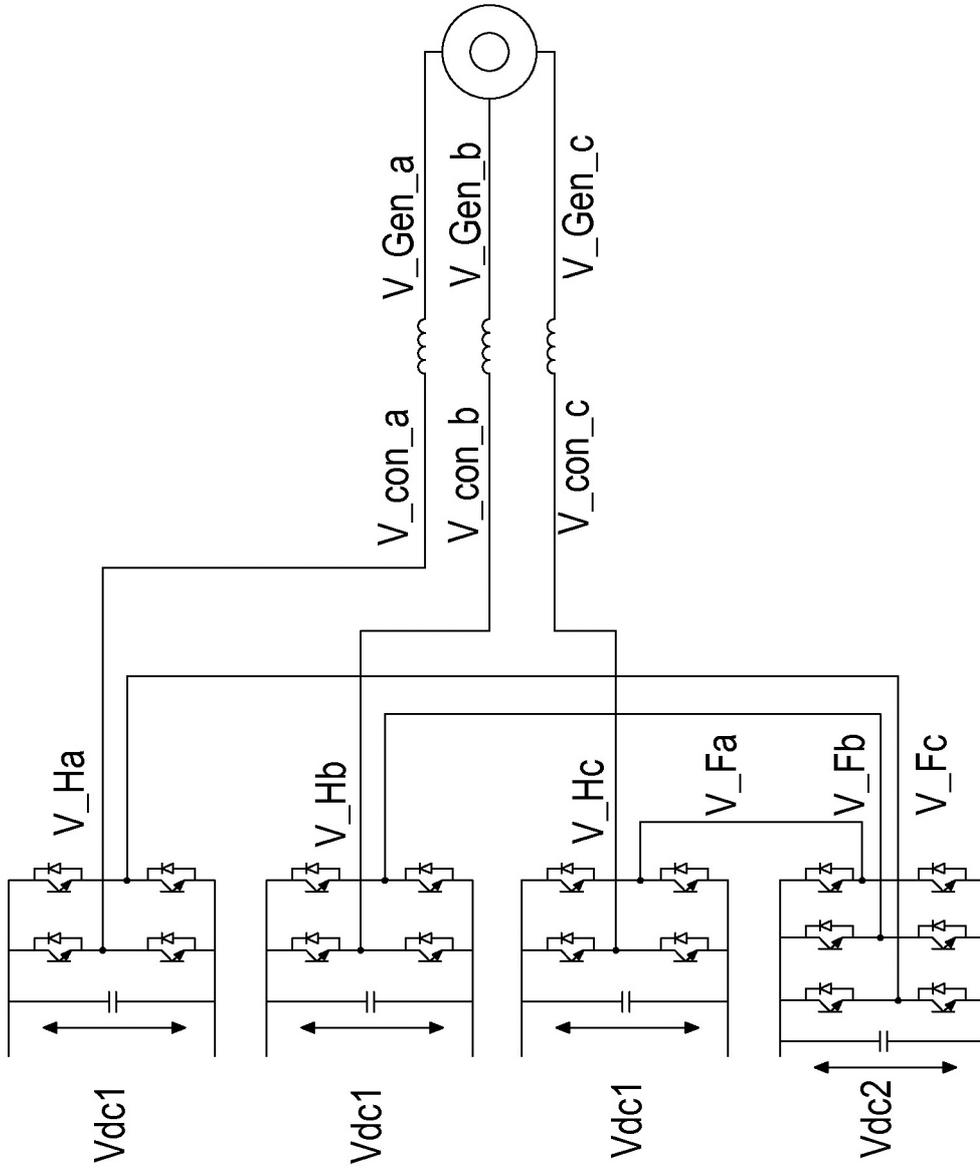


FIG. 6

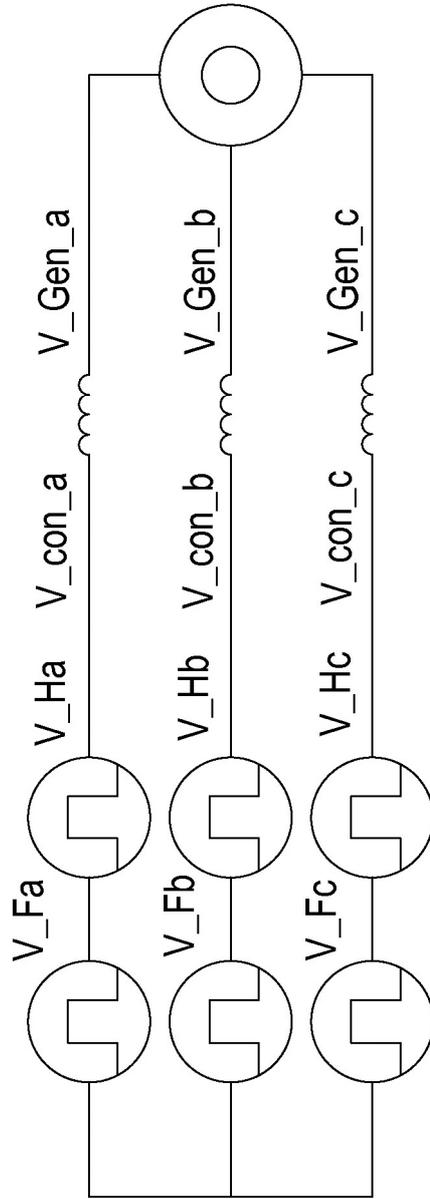


FIG. 7

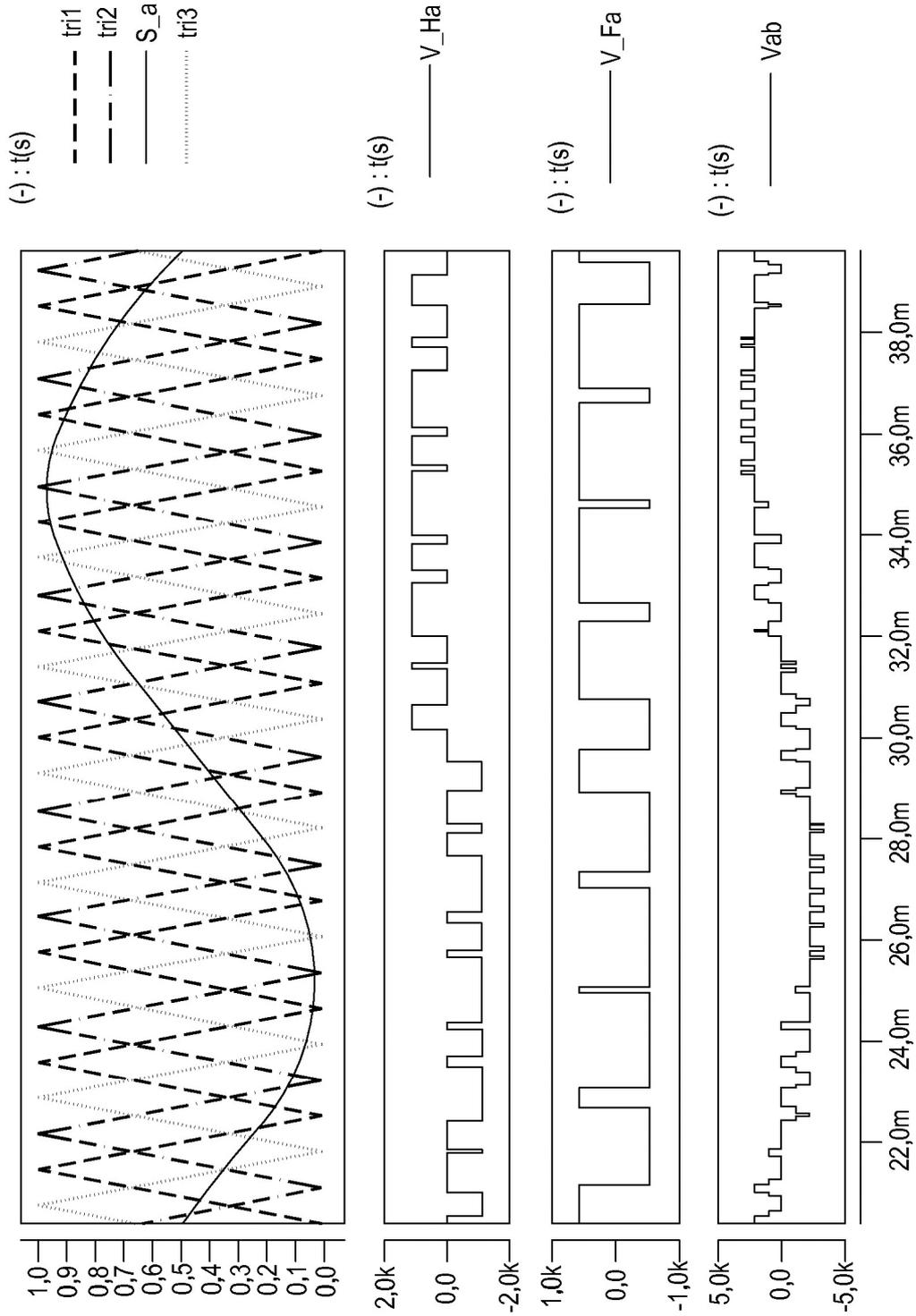


FIG. 8

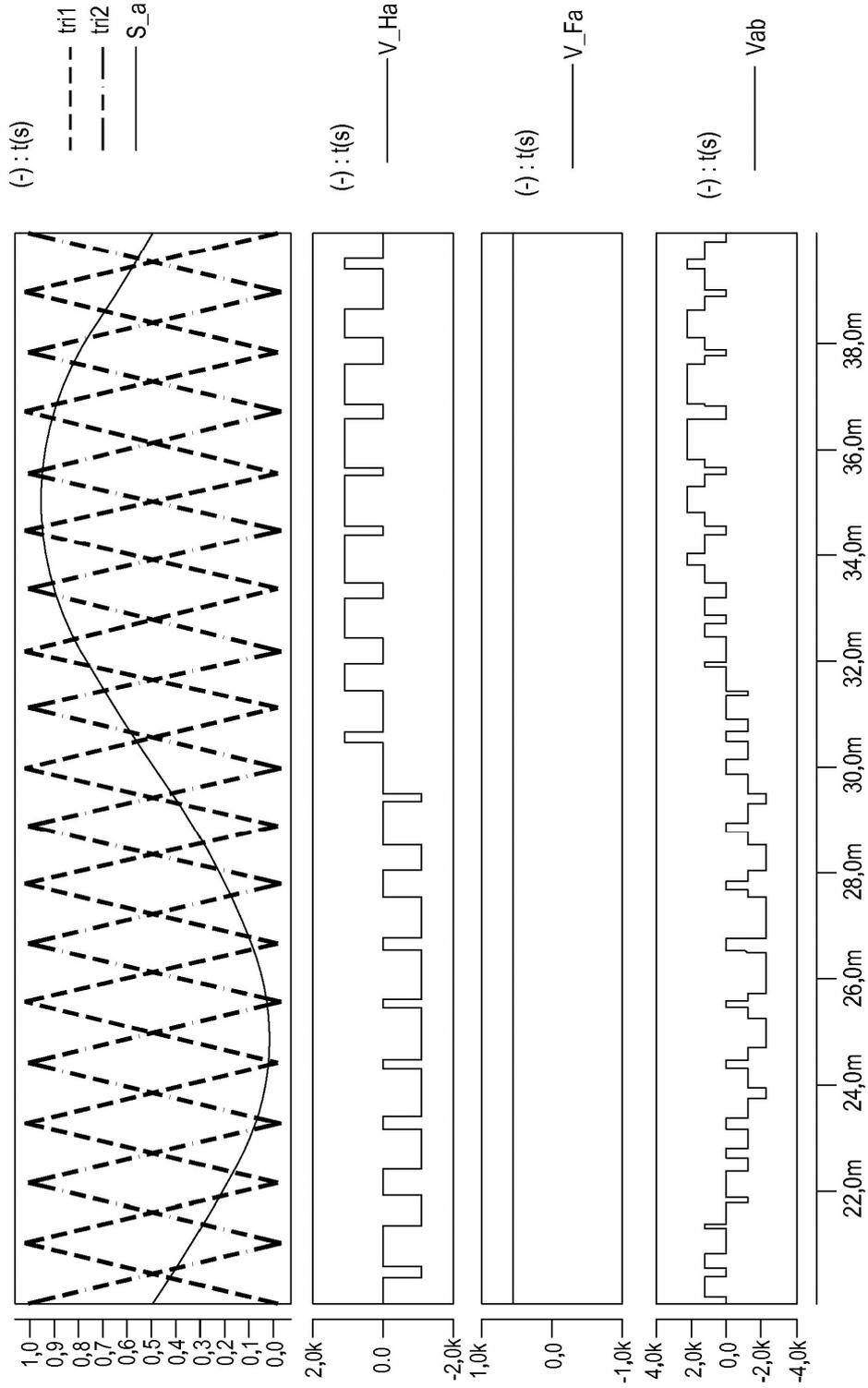


FIG. 9

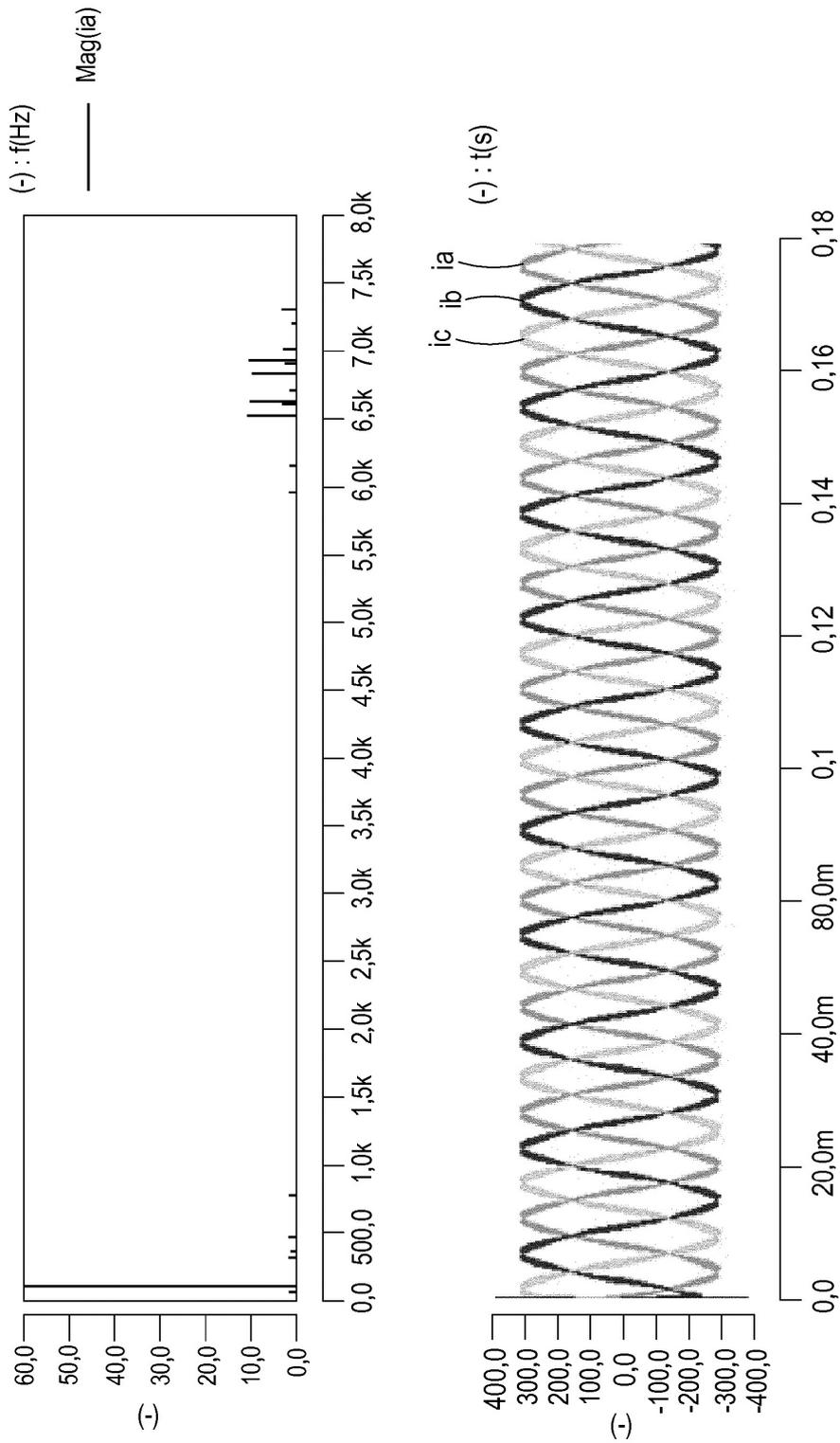


FIG. 10

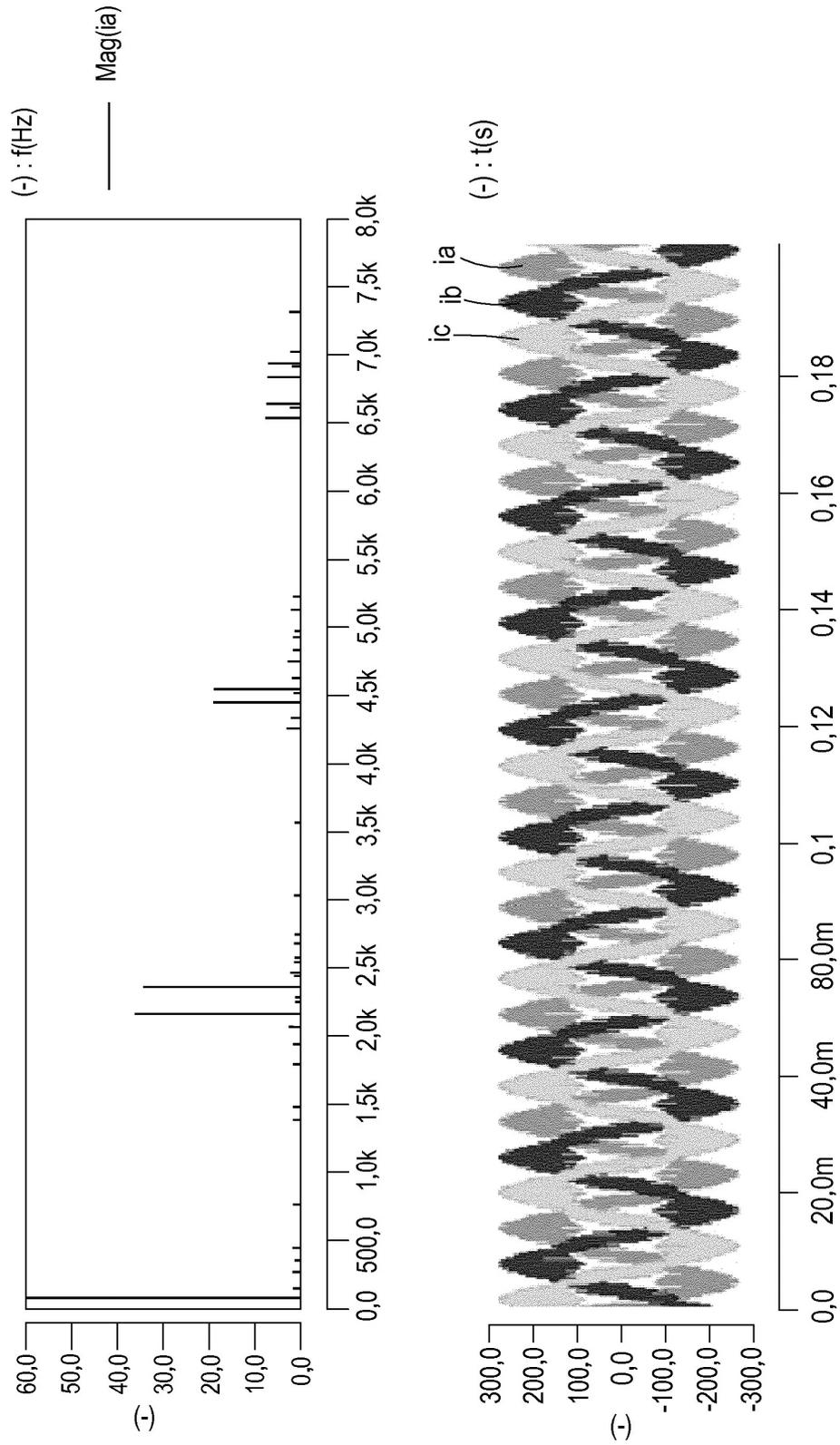


FIG. 11

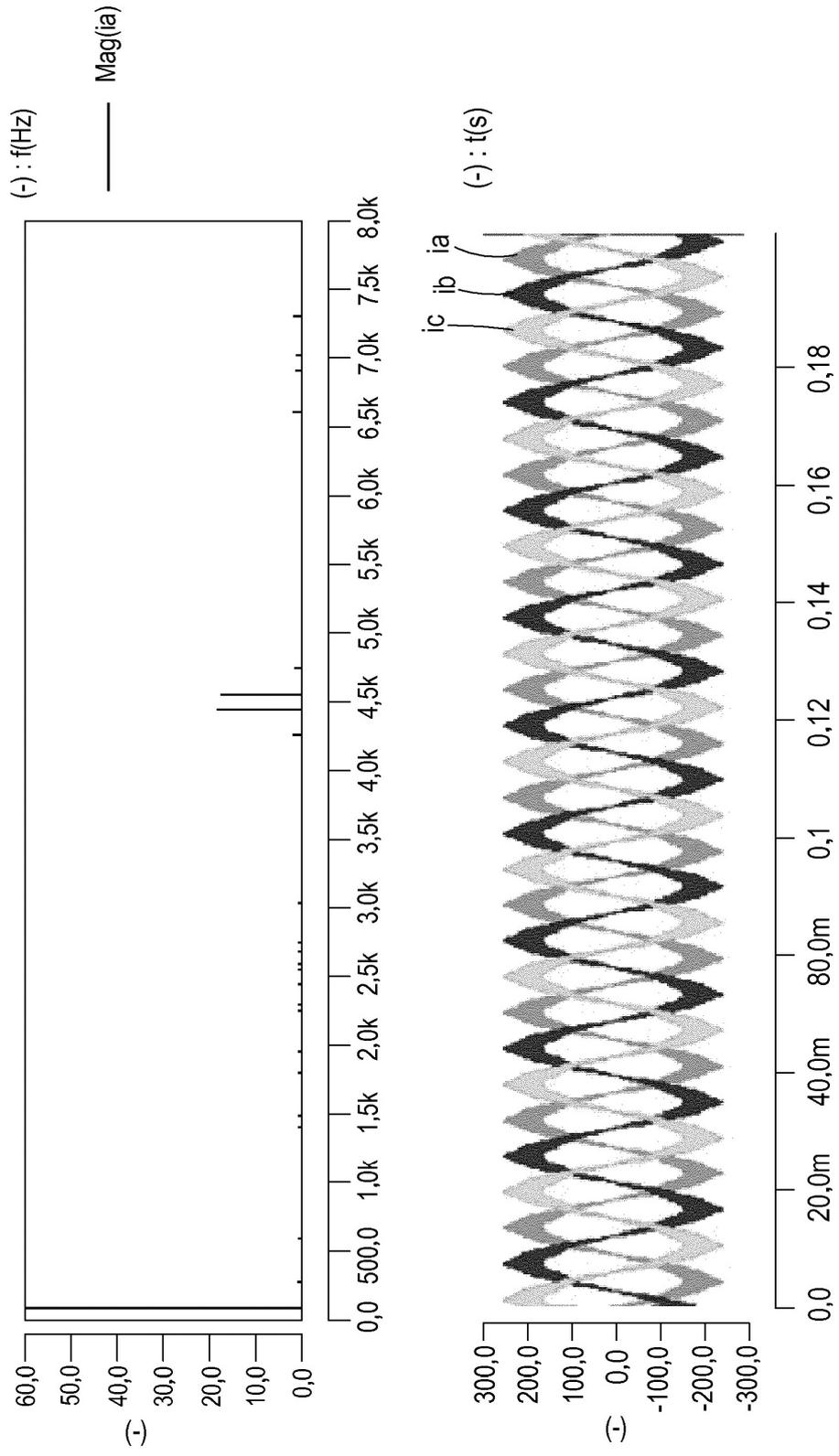


FIG. 12

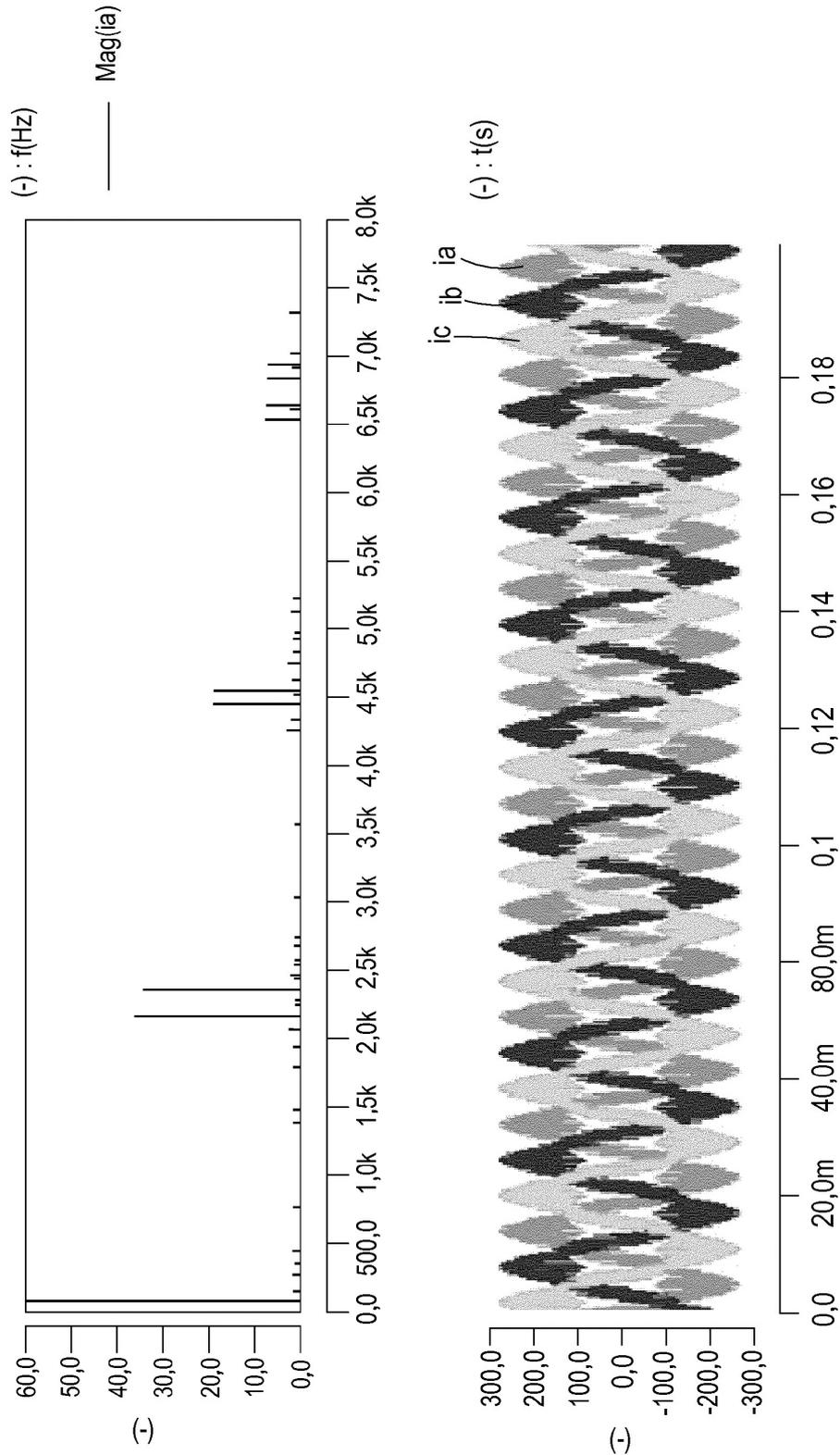


FIG. 13