

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 672 794**

51 Int. Cl.:

**G06F 17/50** (2006.01)

**H02J 3/36** (2006.01)

**H02M 7/757** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2015 E 15202463 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.03.2018 EP 3057015**

54 Título: **Método para corregir la pérdida de energía eléctrica en un sistema de HVDC**

30 Prioridad:

**11.02.2015 KR 20150021132**

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

**18.06.2018**

73 Titular/es:

**LSIS CO., LTD. (100.0%)  
127, LS-ro Dongan-gu Anyang-si  
Gyeonggi-Do 14119, KR**

72 Inventor/es:

**CHOI, YONGKIL y  
CHOI, HOSEOK**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 672 794 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

Método para corregir la pérdida de energía eléctrica en un sistema de HVDC

5 **Antecedentes de la invención****1. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere a un sistema de corriente continua de alta tensión (abreviado en lo sucesivo en el presente documento como "HVDC") y más específicamente, a un método para corregir la pérdida de energía eléctrica generada entre una estación de transmisión de energía eléctrica y una estación de recepción de energía eléctrica de un sistema de HVDC.

15 **2. Antecedentes de la invención**

El sistema de HVDC significa un sistema de transmisión de energía eléctrica que una estación de transmisión de energía eléctrica convierte una energía eléctrica de corriente alterna generada por una central eléctrica a una energía eléctrica de corriente continua para transmitir la energía eléctrica y después una estación de recepción de energía eléctrica reconvierte la energía eléctrica de corriente continua a la energía eléctrica de corriente alterna para suministrar la energía eléctrica.

20 El sistema de HVDC se aplica a una transmisión de energía eléctrica por cable submarino, a una transmisión de energía eléctrica de larga distancia de condensador grande, a la interconexión entre redes de corriente alterna, etc. Además, el sistema de HVDC permite la interconexión en redes que tienen diferentes frecuencias e interconexión de asincronismo.

La estación de transmisión de energía eléctrica convierte una energía eléctrica de corriente alterna en una energía eléctrica de corriente continua. Es decir, ya que el estado en que se transmite la energía eléctrica de corriente alterna que usa un cable submarino, etc. es muy peligroso, la estación de transmisión de energía eléctrica convierte la energía eléctrica de corriente alterna en energía eléctrica de corriente continua y a continuación transmite la energía eléctrica a la estación de recepción de energía eléctrica.

35 Mientras tanto, se usan diversos tipos de convertidores de tensión para el sistema de HVDC, y recientemente ha recibido mucha atención un convertidor de tensión de tipo multinivel modular.

El convertidor modular multinivel (puede abreviarse como "MMC") es un dispositivo que convierte una energía eléctrica de corriente alterna en una energía eléctrica de corriente continua usando una pluralidad de submódulos, y se opera controlando cada submódulo en uno cualquiera de los estados de carga, descarga y derivación.

40 Un controlador central calcula la cantidad de energía eléctrica de transmisión transmitida desde la estación de transmisión de energía eléctrica usando un valor de tensión y un valor de corriente, que se adquieren a través de un transformador de medición instalado en la estación de transmisión de energía eléctrica.

45 Además, el controlador central calcula la cantidad de energía eléctrica recibida por la estación de recepción de energía eléctrica usando un valor de tensión y un valor de corriente, que se adquieren a través de un transformador de medición instalado en la estación de recepción de energía eléctrica.

50 Además, el controlador central calcula la cantidad de pérdida de energía eléctrica sobre la base de una diferencia entre la cantidad de energía eléctrica de transmisión y la cantidad de energía eléctrica recibida. Sin embargo, en la técnica relacionada, el valor de diferencia entre la cantidad de energía eléctrica de transmisión y la cantidad de energía eléctrica recibida se reconoce simplemente como la cantidad de pérdida de energía eléctrica.

55 El sistema de HVDC está diseñado y estudiado teniendo en cuenta la pérdida de cada dispositivo de conmutación, la pérdida de calor provocada por los componentes de impedancia, y la pérdida de la onda armónica.

La publicación IEEE "Voltage Source Converter Modeling for Power System State Estimation: STATCOM and VSC-HVDC" de 2008 propone un controlador de flujo de carga para tener en cuenta las pérdidas de energía internas de los convertidores y para detectar errores de parámetros de modelo, que solo se deben al ruido y deben identificarse.

60 Sin embargo, un valor de diseño teórico siempre tiene un error, y un intervalo del error se representa como una considerablemente elevada pérdida durante la operación real del sistema. Por lo tanto, el sistema de HVDC no puede operarse con precisión debido a la pérdida provocada por el error, y la pérdida se reconoce como una pérdida que en realidad no se genera. Es decir, es difícil medir la cantidad exacta de pérdida de energía eléctrica usando simplemente el valor de diferencia entre la cantidad de energía eléctrica de transmisión y la cantidad de energía eléctrica recibida.

5 A este respecto, puede proporcionarse un método para medir la pérdida real mediante la instalación de una pluralidad de sensores de corriente, una pluralidad de sensores de tensión, y un dispositivo de monitorización en cada dispositivo o línea eléctrica. Sin embargo, es difícil realmente aplicar este método al sistema debido a la instalación de demasiados dispositivos, y a pesar de que el método se aplica al sistema, se produce un problema debido a que el coste aumenta.

**Sumario de la invención**

10 Por lo tanto, la presente invención es para resolver los problemas mencionados anteriormente. Un objeto de la presente invención es proporcionar un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de HVDC que puede detectar la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en una estación de conversión usando un valor de impedancia de la estación de conversión.

15 Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de HVDC, que puede corregir la cantidad real de pérdida de energía eléctrica si hay una diferencia entre la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en una estación de conversión y la cantidad real de pérdida de energía eléctrica de calculada en función de un valor de impedancia.

20 Otro objeto más de la presente invención es proporcionar un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de HVDC, que puede detectar la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en cada una de una estación de transmisión de energía eléctrica, una estación de recepción de energía eléctrica y una línea de transmisión de energía eléctrica y corregir un error basándose en la cantidad detectada de pérdida de energía eléctrica.

25 Los objetos técnicos que pueden lograrse a través de la presente invención no se limitan a lo que se ha descrito específicamente anteriormente en el presente documento y otros objetos técnicos que no se describen en el presente documento se entenderán más claramente por los expertos en la materia a partir de la siguiente descripción detallada.

30 Para lograr estas y otras ventajas y de acuerdo con el fin de esta divulgación, como se realiza y se describe ampliamente en el presente documento, la reivindicación 1 define un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de corriente continua de alta tensión, comprendiendo el método las etapas de:

35 medir la cantidad de energía eléctrica de transmisión en una estación de transmisión y la cantidad de energía eléctrica de recepción en una estación de recepción; calcular una primera cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de diferencia entre la cantidad medida de la energía eléctrica de transmisión y la cantidad medida de la energía eléctrica de recepción; calcular la cantidad de pérdida generada en cada una de las posiciones en el sistema de corriente continua de alta tensión en función de un valor de impedancia, que cambia constantemente debido a los armónicos, y un valor de corriente medido de cada una de las posiciones, en el que las posiciones incluyen la primera estación de conversión con una impedancia  $Z_1$ , una corriente  $I_1$  y una pérdida  $I_1 \times I_1 \times Z_1$ , la segunda estación de conversión con una impedancia  $Z_2$ , una corriente  $I_2$  y una pérdida  $I_2 \times I_2 \times Z_2$  y una línea de transmisión de energía eléctrica con una impedancia  $Z_3$ , una corriente  $I_3$  y una pérdida  $I_3 \times I_3 \times Z_3$ ;  
 45 calcular una segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de suma de las cantidades de pérdida calculadas; y determinar un valor de compensación para corregir la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en el sistema de corriente continua de alta tensión basándose en un valor de diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

50 De acuerdo con otro aspecto de esta invención, la etapa de cálculo de la cantidad de pérdida generada en cada posición comprende:

55 calcular la cantidad de pérdida generada en una primera estación de conversión;  
 calcular la cantidad de pérdida generada en una segunda estación de conversión; y  
 calcular la cantidad de pérdida generada en una línea de transmisión de energía eléctrica que conecta la primera estación de conversión con la segunda estación de conversión.

60 De acuerdo con otro aspecto más de esta invención, el valor de corrección comprende un valor de desviación para medir la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica como el mismo valor que la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

65 De acuerdo con otro aspecto más de esta invención, la cantidad de energía eléctrica de transmisión es la cantidad de energía eléctrica en la primera estación de conversión o la segunda estación de conversión, en función de una dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión, y la cantidad de energía eléctrica recibida es la cantidad de energía eléctrica en la segunda estación de conversión o la primera estación de conversión, en función de la dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión.

De acuerdo con otro aspecto más de esta invención, el valor de desviación es un valor de corrección para corregir un valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica.

5 De acuerdo con otro aspecto más de esta invención, los valores de corrección se determinan como valores diferentes en función de la dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión, y la dirección de operación comprende una primera dirección de operación que opera la primera estación de conversión como una estación de transmisión de energía eléctrica y la segunda estación de conversión como una estación de recepción de energía eléctrica y una segunda dirección de operación que opera la primera estación de conversión como una estación de recepción de energía eléctrica y la segunda estación de conversión como una estación de transmisión de energía eléctrica.

15 De acuerdo con otro aspecto más de esta invención, los valores de corrección se determinan como valores diferentes en función de la cantidad de energía eléctrica de operación que se transmite desde la estación de transmisión de energía eléctrica a la estación de recepción de energía eléctrica.

El alcance adicional de aplicabilidad de la presente solicitud será más aparente a partir de la descripción detallada proporcionada en lo sucesivo en el presente documento. Sin embargo, debería entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican las realizaciones preferidas de la invención, se proporcionan a modo de ilustración solamente, ya que serán evidentes diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención para los expertos en la materia a partir de la descripción detallada.

### Breve descripción de los dibujos

25 Los dibujos adjuntos, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran las realizaciones a modo de ejemplo y, junto con la descripción sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

30 la figura 1 ilustra una configuración de un sistema de HVDC de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 la figura 2 ilustra una configuración de un sistema de HVDC de tipo monopolar de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 35 la figura 3 ilustra una configuración de un sistema de HVDC de tipo bipolar de acuerdo con otra realización de la presente invención;  
 la figura 4 ilustra un cableado de un transformador y un puente de válvula de 3 fases de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 la figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un convertidor multinivel modular de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 40 la figura 6 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un convertidor multinivel modular de acuerdo con otra realización de la presente invención;  
 la figura 7 ilustra la conexión de una pluralidad de submódulos de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 la figura 8 es una vista a modo de ejemplo que ilustra una configuración de unos submódulos de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 45 la figura 9 ilustra un modelo equivalente de submódulos de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 las figuras 10 a 13 ilustran una operación de submódulos de acuerdo con una realización de la presente invención;  
 la figura 14 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un sistema de corrección de pérdida de energía eléctrica de acuerdo con la realización de la presente invención; y  
 50 las figuras 15 a 17 son diagramas de flujo que ilustran un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de HVDC de acuerdo con la realización de la presente invención.

### Descripción detallada de la invención

55 Las ventajas y las características de la presente invención, y los métodos de aplicación de las mismas se aclararán a través de las siguientes realizaciones descritas haciendo referencia a los dibujos adjuntos.

60 La presente invención puede, sin embargo, realizarse de diferentes formas y no debería interpretarse como limitada a las realizaciones expuestas en el presente documento. Por el contrario, estas realizaciones se proporcionan de tal manera que esta divulgación sea minuciosa y completa, y transmita completamente el alcance de la presente invención a los expertos en la materia. Además, la presente invención solo está definida por los alcances de las reivindicaciones. Siempre que sea posible, se usarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a las mismas partes o similares.

65 En la descripción de las realizaciones de la presente invención, cuando se determine que la descripción detallada de

la función o configuración conocida relevante oscurece innecesariamente el punto importante de la presente invención, se omitirá la descripción detallada. Los términos usados en lo sucesivo en el presente documento se definen teniendo en cuenta sus funciones en las realizaciones de la presente invención, y pueden modificarse en función de la intención, las prácticas o similares de un experto en la materia. Por lo tanto, los términos utilizados en el presente documento deberían entenderse no simplemente por los términos reales utilizados sino por el significado que se encuentra dentro y la descripción desvelada en el presente documento.

Las combinaciones de cada bloque y de cada etapa de un diagrama de flujo en los dibujos adjuntos pueden implementarse por unas instrucciones de programa informático. Ya que las instrucciones de programa informático pueden grabarse en un ordenador de fin general, un ordenador especial o un procesador de otro equipo programable de procesamiento de datos, las instrucciones realizadas a través de los ordenadores o el procesador del otro equipo programable de procesamiento de datos generan medios para implementar las funciones descritas en cada bloque de un dibujo o de cada etapa de un diagrama de flujo. Ya que las instrucciones de programa informático pueden almacenarse en un ordenador utilizable o en una memoria legible por ordenador que puede soportar el ordenador u otro equipo programable de procesamiento de datos para implementar las funciones de una manera específica, las instrucciones almacenadas en el ordenador utilizable o en una memoria legible por ordenador pueden generar artículos de producto que incluyen unos medios de instrucción para realizar las funciones descritas en cada bloque del dibujo o cada etapa del diagrama de flujo. Ya que las instrucciones de programa informático pueden cargarse en el ordenador u otro equipo programable de procesamiento de datos, se realizan una serie de etapas de operación en el ordenador o en el otro equipo programable de procesamiento de datos para generar procesos implementados por el ordenador, en el que las instrucciones a realizar por el ordenador o el otro equipo programable de procesamiento de datos pueden proporcionar etapas para realizar las funciones descritas en cada bloque del dibujo o en cada etapa del diagrama de flujo.

Además, cada bloque o cada etapa pueden representar una parte de los módulos, segmentos o códigos, que incluyen una o más instrucciones ejecutables para ejecutar la una función(s) lógica especificada. En varias realizaciones de reemplazo, debería observarse que las funciones mencionadas en los bloques o las etapas pueden generarse partiendo de la orden. Por ejemplo, dos bloques o etapas que se muestran continuamente pueden realizarse sustancialmente al mismo tiempo, o pueden realizarse en orden inverso dependiendo de sus funciones.

La figura 1 ilustra un sistema de transmisión de corriente continua de alta tensión (HVDC) de acuerdo con una realización de la presente invención.

Como se muestra en la figura 1, el sistema de HVDC 100 de acuerdo con la realización de la presente invención comprende una parte de generación de energía eléctrica 101, una parte de corriente alterna de lado de transmisión de energía eléctrica 110, una parte de conversión de energía eléctrica de lado de transmisión de energía eléctrica 103, una parte de transmisión de energía eléctrica de corriente continua 140, una parte de conversión de energía eléctrica de lado de recepción de energía eléctrica, una parte de corriente alterna de lado de recepción de energía eléctrica 170, una parte de recepción de energía eléctrica 180 y una parte de control 190. La parte de conversión de energía eléctrica de lado de transmisión de energía eléctrica 103 comprende una parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120, y una parte de convertidor de corriente alterna (abreviada como "CA" en lo sucesivo en el presente documento) a corriente continua (abreviada como "CC" en lo sucesivo en el presente documento) de lado de transmisión de energía eléctrica 130.

La parte de conversión de energía eléctrica de lado de recepción de energía eléctrica 105 comprende una parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 y una parte de transformador de lado de recepción de energía eléctrica 160.

La parte de generación de energía eléctrica 101 entrega una energía eléctrica de CA de 3 fases. La parte de generación de energía eléctrica 101 puede comprender una pluralidad de estaciones de generación de energía eléctrica.

La parte de CA de lado de transmisión de energía eléctrica 110 proporciona la energía eléctrica de CA de 3 fases generada por la parte de generación de energía eléctrica 101 para una estación de conversión de corriente continua que comprende una parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120 y una parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130.

La parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120 aísla la parte de CA de lado de transmisión de energía eléctrica 110 de la parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130 y de la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140.

La parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130 convierte la energía eléctrica de CA de 3 fases correspondiente a la salida de la parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120 en una energía eléctrica de CC.

La parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140 entrega la energía eléctrica de CC del lado de transmisión

de energía eléctrica al lado de recepción de energía eléctrica.

La parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 convierte la energía eléctrica de CC entregada por la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140 en la energía eléctrica de CA de 3 fases.

5 La parte de transformador de lado de recepción de energía eléctrica 160 aísla la parte de CA de lado de recepción de energía eléctrica 170 de la parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 y de la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140.

10 La parte de CA de lado de recepción de energía eléctrica 170 proporciona la parte de recepción de energía eléctrica 180 con la energía eléctrica de CA de 3 fases correspondiente a la salida de la parte de transformador de lado de recepción de energía eléctrica 160.

15 La parte de control 190 controla al menos una de entre la parte de generación de energía eléctrica 101, la parte de CA de lado de transmisión de energía eléctrica 110, la parte de conversión de energía eléctrica de lado de transmisión de energía eléctrica 103, la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140, la parte de conversión de energía eléctrica de lado de recepción de energía eléctrica 105, la parte de CA de lado de recepción de energía eléctrica 170, la parte de recepción de energía eléctrica 180, la parte de control 190, la parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130, y la parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150. Específicamente, la parte de control 190 puede controlar la temporización de encendido y la temporización de apagado de una pluralidad de válvulas (en otras palabras, unas "válvulas de tiristores") dentro de la parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130 y de la parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150. En este caso, las válvulas pueden comprender unos tiristores o un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT).

25 La figura 2 ilustra un sistema de HVDC de tipo monopolar de acuerdo con una realización de la presente invención.

En particular, la figura 2 ilustra un sistema que transmite una energía eléctrica de CC de un único polo. Se supone que el polo único es, pero no se limita a, un polo positivo en la siguiente descripción.

30 La parte de CA de lado de transmisión de energía eléctrica 110 comprende una línea de transmisión de energía eléctrica de CA 111 y un filtro de CA 113.

35 La línea de transmisión de energía eléctrica de CA 111 entrega una energía eléctrica de CA de 3 fases generada por la parte de generación de energía eléctrica 101 a la parte de conversión de energía eléctrica de lado de transmisión de energía eléctrica 103.

El filtro de CA 113 elimina un componente de frecuencia residual que no se usa por la parte de conversión de energía eléctrica 103 de la energía eléctrica de CA de 3 fases entregada.

40 La parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120 comprende uno o más transformadores 121 para el polo positivo. Para el polo positivo, la parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130 comprende un convertidor de CA a CC de polo positivo 131 para generar una energía eléctrica de CC de polo positivo, y el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 comprende uno o más puentes de válvula de 3 fases 131a que corresponden respectivamente a los transformadores 121.

45 Cuando se usa un puente de válvula de 3 fases 131a, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 121 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

50 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 131a, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 121 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 121 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

55 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 131a, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CA. Cuantos más pulsos tenga la energía eléctrica de CC de polo positivo, menor será el coste del filtro (en otras palabras, "menor será el precio de compra del filtro").

60 La parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140 comprende un filtro de CC de polo positivo de lado de transmisión de energía eléctrica 141, una línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143, y un filtro de CC de polo positivo de lado de recepción de energía eléctrica 145.

65

El filtro de CC de polo positivo de lado de transmisión de energía eléctrica 141 comprende un inductor L1 y un condensador C1 y realiza el filtrado de CC de una energía eléctrica de CC de polo positivo que se emite por el convertidor de CA a CC de polo positivo 131.

5 La línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143 tiene una línea de CC para transmitir la energía eléctrica de CC de polo positivo y puede usarse una toma de tierra como un camino de realimentación de corriente. Uno o más conmutadores pueden disponerse en la línea de CC.

10 El filtro de CC de polo positivo de lado de recepción de energía eléctrica 145 comprende un inductor L2 y un condensador C2 y realiza el filtrado de CC de la energía eléctrica de CC de polo positivo que se entrega a través de la línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143.

15 La parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 comprende un inversor de CC a CA de polo positivo 151, y el inversor de CC a CA de polo positivo 151 comprende uno o más puentes de válvula de 3 fases 151a.

La parte de transformador de lado de recepción de energía eléctrica 160 comprende uno o más transformadores 161 que corresponden respectivamente a los puentes de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo.

20 Cuando se usa un puente de válvula de 3 fases 151a, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 161 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

25 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 151a, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 161 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 161 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

30 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 151a, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. Cuantos más pulsos tiene la energía eléctrica de CA, menor puede ser el coste del filtro.

35 La parte de CA de lado de recepción de energía eléctrica 170 comprende un filtro de CA 171 y una línea de transmisión de energía eléctrica de CA 173.

40 El filtro de CA 171 elimina un componente de frecuencia residual a excepción de la componente de frecuencia (por ejemplo, la componente de 60 Hz de CA) que usa la parte de recepción de energía eléctrica 180, de la energía eléctrica en CA que se genera por la parte de conversión de energía eléctrica de lado de recepción de energía eléctrica 105.

45 La línea de transmisión de energía eléctrica de CA 173 entrega la energía eléctrica de CA filtrada a la parte de recepción de energía eléctrica 180.

La figura 3 ilustra un sistema de HVDC de tipo bipolar de acuerdo con otra realización de la presente invención.

50 En particular, la figura 3 ilustra un sistema que transmite una energía eléctrica de CC de dos polos. Se supone que los dos polos son, pero no se limitan a, un polo positivo (+) y un polo negativo (-) en la siguiente descripción.

La parte de CA de lado de transmisión de energía eléctrica 110 comprende una línea de transmisión de energía eléctrica de CA 111 y un filtro de CA 113.

55 La línea de transmisión de energía eléctrica de CA 111 entrega la energía eléctrica de CA de 3 fases generada por la parte de generación de energía eléctrica 101 a la parte de conversión de energía eléctrica de lado de transmisión de energía eléctrica 103.

60 El filtro de CA 113 elimina un componente de frecuencia residual que no se usa por la parte de conversión de energía eléctrica 103 de la energía eléctrica de CA de 3 fases.

65 La parte de transformador de lado de transmisión de energía eléctrica 120 comprende uno o más transformadores 121 para un polo positivo y uno o más transformadores 122 para un polo negativo. La parte de convertidor de CA a CC de lado de transmisión de energía eléctrica 130 comprende un convertidor de CA a CC de polo positivo 131 para generar una energía eléctrica de CC de polo positivo y un convertidor de CA a CC de polo negativo 132 para generar una energía eléctrica de CC de polo negativo. El convertidor de CA a CC de polo positivo 131 comprende uno o más puentes de válvula de 3 fases 131a que corresponden respectivamente a uno o más transformadores 121

para el polo positivo, y el convertidor de CA a CC de polo negativo 132 comprende uno o más puentes de válvula de 3 fases 132a que corresponden respectivamente a uno o más transformadores 122 para el polo negativo.

- 5 Cuando se usa un puente de válvula de 3 fases 131a para el polo positivo, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 121 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).
- 10 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 131a para el polo positivo, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 121 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 121 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).
- 15 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 131a para el polo positivo, el convertidor de CA a CC de polo positivo 131 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CA. Cuantos más pulsos tenga la energía eléctrica de CC de polo positivo, menor será el coste del filtro (en otras palabras, "menor puede ser el precio de compra del filtro").
- 20 Cuando se usa uno puente de válvula de 3 fases 132a para el polo negativo, el convertidor de CA a CC de polo negativo 132 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 122 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).
- 25 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 132a para el polo negativo, el convertidor de CA a CC de polo negativo 132 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CA. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 122 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 122 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).
- 30 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 132a para el polo negativo, el convertidor de CA a CC de polo negativo 132 puede generar una energía eléctrica de CC de polo positivo con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CA. Cuantos más pulsos tenga la energía eléctrica de CC de polo negativo, menor puede ser el precio del filtro.
- 35 La parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140 comprende un filtro de CC de polo positivo de lado de transmisión de energía eléctrica 141, un filtro de CC de polo negativo de lado de transmisión de energía eléctrica 142, una línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143, una línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo negativo 144, un filtro de CC de polo positivo de lado de recepción de energía eléctrica 145, y un filtro de CC de polo negativo de lado de recepción de energía eléctrica 146.
- 40 El filtro de CC de polo positivo de lado de transmisión de energía eléctrica 141 comprende un inductor L1 y un condensador C1 y realiza el filtrado de CC de la energía eléctrica de CC de polo positivo que se emite desde el convertidor de CA a CC de polo positivo 131.
- 45 El filtro de CC de polo negativo de lado de transmisión de energía eléctrica 142 comprende un inductor L3 y un condensador C3 y realiza el filtrado de CC de la energía eléctrica de CC de polo negativo que se emite desde el convertidor de CA a CC de polo negativo 132.
- 50 La línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143 tiene una línea de CC para transmitir la energía eléctrica de CC de polo positivo, y puede usarse una toma de tierra como un camino de realimentación de corriente. Uno o más conmutadores pueden disponerse en la línea de CC.
- 55 La línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo negativo 144 tiene una línea de CC para transmitir la energía eléctrica de CC de polo negativo, y puede usarse una toma de tierra como un paso de realimentación de corriente. Uno o más conmutadores pueden disponerse en la línea de CC.
- 60 El filtro de CC de polo positivo de lado de recepción de energía eléctrica 145 comprende un inductor L2 y un condensador C2 y realiza el filtrado de CC de la energía eléctrica de CC de polo positivo que se entrega a través de la línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo positivo 143.
- 65 El filtro de CC de polo negativo de lado de recepción de energía eléctrica 146 comprende un inductor L4 y un condensador C4 y realiza el filtrado de CC de la energía eléctrica de CC de polo negativo que se entrega a través de la línea de transmisión de energía eléctrica de CC de polo negativo 144.
- 65 La parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 comprende un inversor de CC a CA de polo positivo 151 y un inversor de CC a CA de polo negativo 152, el inversor de CC a CA de polo positivo 151



comprende uno o más puentes de válvula de 3 fases 151a, y el inversor de CC a CA de polo negativo 152 comprende también uno o más puentes de válvula de 3 fases 152a.

5 La parte de transformador de lado de recepción de energía eléctrica 160 comprende uno o más transformadores 161 para el polo positivo, que corresponden, respectivamente, a uno o más puentes de válvula de 3 fases 151a, y comprende uno o más transformadores 162 para el polo negativo, que corresponden, respectivamente, a uno o más puentes de válvula de 3 fases 152a.

10 Cuando se usa un puente de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 161 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

15 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 161 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 161 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

20 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo, el inversor de CC a CA de polo positivo 151 puede generar una energía eléctrica de CA con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo positivo. Cuantos más pulsos tiene la energía eléctrica de CA, menor puede ser el precio del filtro.

25 Cuando se usa un puente de válvula de 3 fases 152a para el polo negativo, el inversor de CC a CA de polo negativo 152 puede generar una energía eléctrica de CA con 6 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo negativo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 162 podrían tener un cableado en forma de Y-Y o en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

30 Cuando se usan dos puentes de válvula de 3 fases 152a para el polo negativo, el inversor de CC a CA de polo negativo 152 puede generar una energía eléctrica de CA con 12 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo negativo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 162 podrían tener un cableado en forma de Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 162 podrían tener un cableado en forma de Y-delta ( $\Delta$ ).

35 Cuando se usan tres puentes de válvula de 3 fases 152a para el polo negativo, el inversor de CC a CA de polo negativo 152 puede generar una energía eléctrica de CA con 18 pulsos usando la energía eléctrica de CC de polo negativo. Cuantos más pulsos tiene la energía eléctrica de CA, menor puede ser el precio de compra del filtro.

40 La parte de CA de lado de recepción de energía eléctrica 170 comprende un filtro de CA 171 y una línea de transmisión de energía eléctrica de CA 173.

45 El filtro de CA 171 elimina un componente de frecuencia residual a excepción de la componente de frecuencia (por ejemplo, la componente de 60 Hz de CA) que usa la parte de recepción de energía eléctrica 180, de la energía eléctrica en CA que se genera por la parte de conversión de energía eléctrica de lado de recepción de energía eléctrica 105.

La línea de transmisión de energía eléctrica de CA 173 entrega la energía eléctrica de CA filtrada a la parte de recepción de energía eléctrica 180.

50 La figura 4 ilustra un cableado de un transformador y un puente de válvula de 3 fases de acuerdo con una realización de la presente invención.

55 En particular, la figura 4 ilustra un cableado de dos transformadores 121 para el polo positivo y dos puentes de válvula de 3 fases 131a para el polo positivo. Ya que un cableado de dos transformadores 122 para el polo negativo y dos puentes de válvula de 3 fases 132a para el polo negativo, un cableado de dos transformadores 161 para el polo positivo y dos puentes de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo, un cableado de dos transformadores 162 para el polo negativo y dos puentes de válvula de 3 fases 152a para el polo negativo, un cableado de un transformador 121 para el polo positivo y un puente de válvula de 3 fases 131a para el polo positivo, un cableado de un transformador 161 para el polo positivo y un puente de válvula de 3 fases 151a para el polo positivo, etc. pueden obtenerse fácilmente a partir de la realización de la presente invención como se muestra en la figura 4, se omitirán esas figuras y descripciones.

60

65 En la figura 4, el transformador 121 que tiene un cableado en forma de Y-Y se denomina como el transformador lateral superior, el transformador 121 que tiene un cableado en forma de Y-delta como el transformador lateral inferior, el puente de válvula de 3 fases 131a conectado al transformador lateral superior como el puente de válvula de 3 fases superior, y el puente de válvula de 3 fases 131a conectado al transformador lateral inferior como el

punto de válvula de 3 fases inferior.

5 El punto de válvula de 3 fases superior y el punto de válvula de 3 fases inferior tienen dos terminales de salida, el primer terminal de salida SALIDA1 y el segundo terminal de salida SALIDA2, que emiten una energía eléctrica de CC.

El punto de válvula de 3 fases superior comprende 6 válvulas D1 a D6, y el punto de válvula de 3 fases inferior comprende 6 válvulas D7 a D12.

10 La válvula D1 tiene un cátodo conectado al primer terminal de salida SALIDA1 y un ánodo conectado a un primer terminal de una bobina secundaria del transformador superior.

15 La válvula D2 tiene un cátodo conectado a un ánodo de la válvula D5 y un ánodo conectado a un ánodo de la válvula D6.

La válvula D3 tiene un cátodo conectado al primer terminal de salida SALIDA1 y un ánodo conectado a un segundo terminal de la bobina secundaria del transformador superior.

20 La válvula D4 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D1 y un ánodo conectado al ánodo de la válvula D6.

La válvula D5 tiene un cátodo conectado al primer terminal de salida SALIDA1 y un ánodo conectado a un tercer terminal de la bobina secundaria del transformador superior.

25 La válvula D6 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D3.

La válvula D7 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D6 y un ánodo conectado a un primer terminal de una bobina secundaria del transformador inferior.

30 La válvula D8 tiene un cátodo conectado a un ánodo de la válvula D11 y un ánodo conectado al segundo terminal de salida SALIDA2.

La válvula D9 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D6 y un ánodo conectado a un segundo terminal de la bobina secundaria del transformador inferior.

35 La válvula D10 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D7 y un ánodo conectado al segundo terminal de salida SALIDA2.

La válvula D11 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D6 y un ánodo conectado a un tercer terminal de la bobina secundaria del transformador inferior.

40 La válvula D12 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D9 y un ánodo conectado al segundo terminal de salida SALIDA2.

45 Mientras tanto, la parte de convertidor de CC a CA de lado de recepción de energía eléctrica 150 puede configurarse mediante un inversor multinivel modular 200.

El inversor multinivel modular 200 puede transformar una energía eléctrica de CC en una energía eléctrica de CA usando una pluralidad de submódulos 210.

50 Se describirá una configuración del inversor multinivel modular 200 haciendo referencia a las figuras 5 y 6.

Las figuras 5 y 6 son diagramas de bloques esquemáticos del inversor multinivel modular 200.

55 El inversor multinivel modular 200 comprende un controlador central 250, una pluralidad de subcontroladores 230, y una pluralidad de submódulos 210.

El controlador central 250 controla la pluralidad de subcontroladores 230, cada uno de los cuales controla un submódulo correspondiente que está conectado a cada subcontrolador 230.

60 En ese momento, como se muestra en la figura 5, un subcontrolador 230 está conectado a un submódulo 210 y por lo tanto puede controlar una operación de conmutación del submódulo 210 que está conectado a sí mismo, basándose en una señal de control que se transmite desde el controlador central 250.

65 Además, por otro lado, un subcontrolador 230 está conectado a la pluralidad de submódulos 210 como se muestra en la figura 6 para identificar cada señal de control de la pluralidad de submódulos 210 que están conectados al mismo, usando una pluralidad de señales de control que se transmiten desde el controlador central 250, y por lo

tanto controlan la pluralidad de submódulos 210, respectivamente, en función de las señales de control identificadas.

5 El controlador central 250 determina una condición de operación de la pluralidad de submódulos 210 y genera unas señales de control para controlar las operaciones de la pluralidad de submódulos 210 de acuerdo con el estado de operación determinado.

Y, cuando se genera la señal de control, el controlador central 250 entrega la señal de control generada al subcontrolador 230.

10 En este momento, se asigna una dirección a cada uno de los submódulos 210, por lo que el controlador central 250 genera una señal de control para cada submódulo 210 y entrega la señal de control generada al subcontrolador 230 sobre la base de la dirección asignada.

15 Por ejemplo, el primer submódulo 210 y el primer subcontrolador 230 están conectados entre sí, por lo que el control de conmutación del primer submódulo 210 se realiza a través del primer subcontrolador 230, y si la información de dirección asignada al primer submódulo 210 es '1', el controlador central 250 transmite la señal de control correspondiente al primer submódulo 210 al que está asignada la dirección de '1'.

20 Y, el primer subcontrolador 230 recibe la señal de control transmitida desde el controlador central 250 y controla el submódulo 210 conectado al mismo de acuerdo con la señal de control recibida.

25 En este momento, la señal de control transmitida desde el controlador central 250 al subcontrolador 230 puede comprender información de condición de conmutación del submódulo 210 e información de identificación que indica a qué submódulo 210 se aplica la información de condición de conmutación.

30 Por lo tanto, usando la información de identificación incluida en la señal de control, el subcontrolador 230 identifica si la señal de control transmitida desde el controlador central 250 es la señal de control correspondiente al submódulo conectado al mismo y por lo tanto puede controlar una conmutación del submódulo basándose en la información de condición de conmutación incluida en la señal de control.

35 En este momento, si la información de identificación incluida en la señal de control recibida no corresponde al submódulo 210 conectado al subcontrolador 230, el subcontrolador 230 no aplica la operación de conmutación basada en la señal de control recibida en el submódulo 210.

Y, el subcontrolador 230 entrega la señal de control recibida a otro subcontrolador que controla el submódulo correspondiente a la información de identificación incluida en la señal de control.

40 En lo sucesivo en el presente documento, el submódulo 210, el subcontrolador 230 y el controlador central 250 se describirán con más detalle.

El submódulo 210 recibe una entrada de una energía eléctrica de CC y puede realizar una cualquiera de entre las operaciones de carga, descarga y derivación.

45 El submódulo 210 comprende un dispositivo de conmutación, un diodo y un condensador, por lo tanto, como operación de conmutación y operación de rectificación del diodo, se puede realizar una cualquiera de entre las operaciones de carga, descarga, y derivación.

50 Cada uno de los subcontroladores 230 obtiene información en el submódulo 210 e inserta la información obtenida en la información de dirección. Y, cada uno de los subcontroladores 230 transmite la información de dirección, a la que se inserta la información obtenida, al controlador central 250 en respuesta a una solicitud del controlador central 250.

Con este fin, cada uno de los subcontroladores 230 puede tener al menos un sensor. El sensor incluido en el subcontrolador 230 puede medir al menos una de entre una corriente y una tensión del submódulo 210.

55 El subcontrolador 230 puede insertar al menos una información de la información de la corriente y la tensión medidas del submódulo 210 en la información de dirección. En este momento, la información medida puede ser información de tensión cargada en el submódulo 210.

60 Además, el subcontrolador 230 puede insertar información de referencia transmitida desde el controlador central 250 en la información de dirección. La información de referencia puede comprender una tensión de CC de referencia y una señal de portadora de conmutación.

65 Además, el subcontrolador 230 puede almacenar información de historial de conmutación del submódulo 210 en la información de dirección. La información de historial de conmutación representa la información de historial sobre la operación de carga, la operación de descarga y la operación de derivación que realiza el submódulo 210.

En otras palabras, el subcontrolador 230 identifica la información de conmutación de corriente en el submódulo 210 y la información de conmutación realizada anteriormente e inserta la información de conmutación identificada en la información de dirección.

5 Además, se asigna una dirección a cada uno de los submódulos 210 y, por lo tanto, la información de dirección puede comprender información de identificación correspondiente a la dirección asignada.

10 Y, cuando el subcontrolador 230 recibe una señal que solicita la identificación de su propia dirección desde el controlador central 250, el subcontrolador 230 transmite la información de dirección al controlador central 250 en respuesta a la señal de solicitud recibida.

En este momento, la información de dirección transmitida comprende no solo la información de identificación descrita anteriormente sino también diversos tipos de información relacionada con el submódulo 210.

15 El controlador central 250, solo con la identificación de la dirección, puede incluso identificar la información de estado del submódulo 210 controlado por el subcontrolador 230.

20 Por ejemplo, se proporciona una pluralidad de submódulos 210, y por lo tanto, algunos de los submódulos 210 solo pueden realizar una operación de carga continua, y los otros submódulos 210 solo pueden realizar una operación de descarga o una operación de derivación. Por lo tanto, el controlador central 250, usando la información de historial de conmutación incluida en la información de dirección identificada, determina los submódulos que realizan operaciones de descarga en el momento actual, los submódulos que realizan operaciones de carga y los submódulos que realizan operaciones de derivación, respectivamente.

25 Además, el controlador central 250, usando la información de tensión cargada incluida en la información de dirección, puede determinar el número de submódulos 210 que realizan operaciones de descarga basándose en la energía eléctrica necesaria en el momento actual.

30 En otras palabras, el controlador central 250 puede controlar las operaciones generales del inversor multinivel modular 200.

El controlador central 250 puede medir la corriente y la tensión de las partes de CA 110 y 170 asociadas al mismo y la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140.

35 Además, el controlador central 250 puede calcular un valor de control total. En este caso, el valor de control total puede ser un valor objetivo de una tensión, una corriente y un tamaño de frecuencia de una energía eléctrica de CA de salida del inversor multinivel modular 200.

40 El controlador central 250 puede calcular el valor de control total basándose en uno o más de la corriente y la tensión de las partes de CA 110 y 170 asociadas al inversor multinivel modular 200 y la corriente y la tensión de la parte de transmisión de energía eléctrica de CC 140.

45 Mientras tanto, el controlador central 250 puede controlar la operación del inversor multinivel modular 200 basándose en una o más de una energía eléctrica activa base, una energía eléctrica reactiva base, una corriente de referencia y una tensión de referencia, que se reciben desde un controlador de supervisión (no mostrado) a través de un dispositivo de comunicación (no mostrado).

50 El controlador central 250 puede transmitir y recibir datos hacia y desde el subcontrolador 230 y, por lo tanto, puede recibir la información de dirección descrita anteriormente.

La conexión de la pluralidad de submódulos 210 incluidos en el inversor multinivel modular 200 se describirá haciendo referencia a la figura 7.

55 La figura 7 ilustra la conexión de la pluralidad de submódulos 210 incluidos en un inversor multinivel modular de 3 fases 200.

Haciendo referencia a la figura 7, la pluralidad de submódulos 210 pueden conectarse en serie, y la pluralidad de submódulos 210 conectados al polo positivo o al polo negativo para una fase, pueden formar un brazo.

60 En general, el inversor multinivel modular de 3 fases 200 comprende 6 brazos, ya que cada una de las 3 fases, A, B y C comprende el polo positivo y el polo negativo.

65 Por lo tanto, el inversor multinivel modular de 3 fases 200 comprende un primer brazo 221 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de fase A, un segundo brazo 222 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo de fase A, un tercer brazo 223 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de fase B, un cuarto brazo 224 configurado con una pluralidad de submódulos

210 para el polo negativo de fase B, un quinto brazo 225 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de fase C, y un sexto brazo 226 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo de fase C.

5 Y, una pluralidad de submódulos 210 para una fase puede formar una pata.

Por lo tanto, el inversor modular multinivel de tres fases 200 puede comprender una pata de la fase A 227A que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase A, una pata de la fase B 228B que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase B, y una pata de la fase C 229C que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase C.

Por lo tanto, el primer brazo 221 al sexto brazo 226 están incluidos en la pata de la fase A 227A, la pata de la fase B 228B y la pata de la fase C 229C, respectivamente.

15 Con más detalle, el primer brazo 221 que es un brazo de polo positivo para la fase A y el segundo brazo 222 que es el brazo de polo negativo para la fase A están incluidos en la pata de la fase A 227A, y el tercer brazo 223 que es el brazo de polo positivo para la fase B y el cuarto brazo 224 que es el brazo de polo negativo para la fase B están incluidos en la pata de la fase B 228B. Además, el quinto brazo 225 que es el brazo de polo positivo para la fase C y el sexto brazo 226 que es el brazo de polo negativo para la fase C están incluidos en la pata 229C de fase C.

20 Además, la pluralidad de submódulos 210 puede formar el brazo de polo positivo 227 y el brazo de polo negativo 228 en función de la polaridad.

25 Con más detalle, haciendo referencia a la figura 7, la pluralidad de los submódulos 210 incluidos en el inversor multinivel modular 200 pueden dividirse en una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al polo positivo y una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al polo negativo basándose en una línea neutra (n).

30 Por lo tanto, el inversor multinivel modular 200 puede comprender el brazo de polo positivo 227 que incluye una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo y el brazo de polo negativo 228 que incluye una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo.

35 Por lo tanto, el brazo de polo positivo 227 puede comprender el primer brazo 221, el tercer brazo 223 y el quinto brazo 225, y el brazo de polo negativo 228 puede comprender el segundo brazo 222, el cuarto brazo 224 y el sexto brazo 226.

A continuación, se describirá una configuración del submódulo 210 haciendo referencia a la figura 8.

La figura 8 es una vista a modo de ejemplo que ilustra la configuración del submódulo 210.

40 Haciendo referencia a la figura 8, el submódulo 210 comprende dos conmutadores T1 y T2 y dos diodos D1 y D2 en una parte de conmutación 217 y en una parte de almacenamiento 219. Este tipo de submódulo también se conoce como tipo de medio puente o inversor de medio puente.

45 En este caso, los conmutadores T1 y T2 incluidos en la parte de conmutación 217 pueden comprender un semiconductor de energía eléctrica. El semiconductor de energía eléctrica es un dispositivo semiconductor para un dispositivo de energía eléctrica, tal como un inversor, y puede optimizarse para la conversión o el control de la energía eléctrica. Y, el semiconductor de energía eléctrica también se conoce como un dispositivo de válvula.

50 Ya que cada uno de los conmutadores T1 y T2 incluidos en la parte de conmutación 217 puede comprender el semiconductor de energía eléctrica, puede configurarse con un transistor bipolar de puerta aislada (abreviado como IGBT), un tiristor de desconexión de puerta (abreviado como GTO), un tiristor conmutado de puerta integrada (abreviado como IGCT), etc.

55 La parte de almacenamiento 219 comprende un condensador y, por lo tanto, carga o descarga energía eléctrica. Mientras tanto, el submódulo puede representarse como un modelo equivalente sobre la base de la configuración y la operación del submódulo 210.

60 La figura 9 ilustra un modelo equivalente del submódulo 210. Haciendo referencia a la figura 9, el submódulo 210 puede representarse como un dispositivo de carga y descarga de energía eléctrica que comprende un conmutador y un condensador.

Por lo tanto, se observa que el submódulo 210 es el mismo que el dispositivo de carga y descarga de energía eléctrica cuya tensión de salida es  $V_{sm}$ .

65 A continuación, se describirá la operación del submódulo 210 haciendo referencia a las figuras 10 a 13.

La parte de conmutación 217 del submódulo 210 en las figuras 10 a 13 comprende una pluralidad de conmutadores T1 y T2, cada uno de los cuales está conectado a los diodos D1 y D2, respectivamente. Una parte de almacenamiento del submódulo 210 comprende un condensador C.

5 La operación de carga y descarga del submódulo 210 se describirá haciendo referencia a las figuras 10 y 11.

Las figuras 10 y 11 ilustra la formación de una tensión de condensador  $V_{sm}$  del submódulo 210.

10 Haciendo referencia a la figura 10, los dos conmutadores T1 y T2 de la parte de conmutación 217 representan un estado de apagado. Y haciendo referencia a la figura 11, el conmutador T1 de la parte de conmutación 217 representa un estado de encendido y el conmutador T2 representa un estado de apagado. Por lo tanto, el submódulo 210 puede formar la tensión de condensador de acuerdo con la operación de cada conmutador.

15 Más detalladamente, haciendo referencia a la figura 10, una corriente que fluye hacia el submódulo 210 pasa a través del diodo D1, se entrega al condensador C, y forma la tensión del condensador (que es  $V_{sm}$ ). Y la tensión de condensador formada puede cargar energía eléctrica en el condensador C.

Y, el submódulo 210 puede realizar una operación de descarga para descargar la energía cargada.

20 Más detalladamente, haciendo referencia a la figura 11, la energía de almacenamiento del condensador, que se carga en el submódulo 210 se emite a través del conmutador T1. Por lo tanto, el submódulo 210 puede descargar la energía almacenada.

25 Se describirá una operación de derivación del submódulo 210 haciendo referencia a las figuras 12 y 13.

Las figuras 12 y 13 ilustran una formación de una tensión cero del submódulo 210.

30 Haciendo referencia a la figura 12, el conmutador T1 de la parte de conmutación 217 representa un estado de apagado y el conmutador T2 representa un estado de encendido. Y haciendo referencia a la figura 13, ambos conmutadores T1 y T2 de la parte de conmutación 217 representan el estado de apagado.

Ya que la corriente no fluye en el condensador C del submódulo 210, el submódulo 210 puede formar una tensión cero.

35 Con más detalle, haciendo referencia a la figura 12, la corriente que fluye hacia el submódulo 210 se emite a través del conmutador T2, por lo que el submódulo 210 puede formar una tensión cero.

40 Y, haciendo referencia a la figura 13, la corriente que fluye hacia el submódulo 210 se emite a través del diodo D2, por lo que el submódulo 210 puede formar una tensión cero.

Como se ha descrito anteriormente, ya que el submódulo 210 puede formar una tensión cero, puede realizar la operación de derivación que simplemente pasa a través de la corriente sin fluir hacia el submódulo 210.

45 La figura 14 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra una configuración de un sistema de corrección de pérdida de energía eléctrica de acuerdo con la realización de la presente invención.

Haciendo referencia a la figura 14, un sistema de corrección de pérdida de energía eléctrica comprende un sistema de HVDC 300 y un dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400.

50 Ya que el sistema de HDVC 300 se ha descrito como anteriormente, se omitirá su descripción detallada.

Como se ha descrito anteriormente, el sistema de HDVC 300 comprende una primera estación de conversión 310, una segunda estación de conversión 320, y una línea de transmisión de energía eléctrica 330.

55 La primera estación de conversión 310 y la segunda estación de conversión 320 se operan como, o una estación de transmisión de energía eléctrica o una estación de recepción de energía eléctrica, en función de las condiciones de operación. Por ejemplo, en el caso donde la primera estación de conversión 310 se opere como la estación de transmisión de energía eléctrica, la segunda estación de conversión 320 se opera como la estación de recepción de energía eléctrica que recibe una energía eléctrica transmitida desde la primera estación de conversión 310. Por el contrario, en el caso donde la segunda estación de conversión 320 se opere como la estación de transmisión de energía eléctrica, la primera estación de conversión 310 se opera como la estación de recepción de energía eléctrica que recibe una energía eléctrica transmitida desde la segunda estación de conversión 320.

65 La línea de transmisión de energía eléctrica 300 está dispuesta entre la primera estación de conversión 310 y la segunda estación de conversión 320, por lo que la línea de transmisión de energía eléctrica 300 puede transmitir la energía eléctrica generada por la primera estación de conversión 310 a la segunda estación de conversión 320 y por

el contrario, puede transmitir la energía eléctrica generada por la segunda estación de conversión 320 a la primera estación de conversión 310.

5 El dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 puede instalarse en la primera estación de conversión 310 o en la segunda estación de conversión 320 o en un tercer lugar. El dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en la primera estación de conversión 310, en la segunda estación de conversión 320 y en la línea de transmisión de energía eléctrica 330, respectivamente, verifica la cantidad calculada de pérdida de energía eléctrica en función de un valor de impedancia, y corrige la cantidad calculada de pérdida de energía eléctrica de acuerdo con el resultado de la verificación.

15 Tal corrección de la cantidad de pérdida de energía eléctrica puede realizarse para la primera estación de conversión 310, la segunda estación de conversión 320 y la línea de transmisión de energía eléctrica 330, respectivamente. Además, la corrección de la cantidad de pérdida de energía eléctrica puede conseguirse por separado en función del modo de operación y la cantidad necesaria de energía eléctrica para la primera estación de conversión 310, la segunda estación de conversión 320 y la línea de transmisión de energía eléctrica 330.

20 Por ejemplo, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 corrige por separado la cantidad de pérdida de energía eléctrica en función de la cantidad necesaria de energía eléctrica en la condición donde la primera estación de conversión 310 se opera como la estación de transmisión de energía eléctrica y la segunda estación de conversión 320 se opera como la estación de recepción de energía eléctrica para la cantidad de energía eléctrica necesaria. Además, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 corrige por separado la cantidad de pérdida de energía eléctrica en función de la cantidad necesaria de energía eléctrica en la condición donde la primera estación de conversión 310 se opera como la estación de recepción de energía eléctrica y la segunda estación de conversión 320 se opera como la estación de transmisión de energía eléctrica.

30 El método de cálculo convencional para la cantidad de pérdida de energía eléctrica usa un valor de diferencia restando la cantidad de energía eléctrica de recepción (un valor medido de un sensor de tensión instalado en la estación de recepción de energía eléctrica x un valor medido de un sensor de corriente instalado en la estación de recepción de energía eléctrica) de la cantidad de energía eléctrica de transmisión (un valor medido de un sensor de tensión instalado en la estación de transmisión de energía eléctrica x un valor medido de un sensor de corriente instalado en la estación de transmisión de energía eléctrica).

35 Sin embargo, el sistema de HDVD real comprende una válvula para realizar la conversión de energía eléctrica, un transformador, un filtro y un controlador, y por lo tanto se generan pérdidas de conmutación y de ruido armónico.

40 Ya que el sistema de HVDC debe realizar una supresión armónica, un suavizado de corriente y tensión y un control de fase, comprende un filtro armónico que incluye una bobina y un condensador, un reactor de suavizado, un condensador de línea neutra y un reactor de saturación.

45 Tales dispositivos pasivos que realizan funciones de filtrado, como anteriormente, tienen un valor de impedancia (resistencia de la parte de número imaginario) en función de la frecuencia, que se cambia constantemente. La impedancia se cambia constantemente cuando se mide la cantidad de pérdida de energía eléctrica.

Impedancia significa resistencia y comprende una parte de número real y una parte de número imaginario. Estrictamente hablando, una parte de impedancia real sin cambiar se llama resistencia. Y, la parte imaginaria de número significa resistencia que cambia principalmente en función de la frecuencia.

50 La descripción más detallada sobre la impedancia es la siguiente.

55 Impedancia significa resistencia combinada de un circuito de CA donde una resistencia, bobinas y un condensador están conectados en serie. La impedancia es la cantidad de vector que indica no solo una relación de tensión a corriente sino también una fase. Y, un número complejo de la impedancia  $Z$  se expresa como  $R + ix$  ( $i$  es una unidad imaginaria), donde una parte de número real  $R$  es un valor de resistencia y una parte de número imaginario  $x$  es la reactancia.

60 En este caso, la resistencia eléctrica es una relación de tensión a corriente en un circuito de CC. Sin embargo, ya que se cambia una fase de la tensión y la corriente debido a las bobinas y al condensador en un circuito de CA, los valores de resistencia y de fase se expresan usando una impedancia compleja.

65 La corriente que pasa a través de la resistencia está en la misma fase que la de la tensión. La fase de la tensión está adelantada en comparación con la de la corriente 90 grados ( $1/4$  ciclo) cuando la corriente fluye en las bobinas. Y la tensión está retrasada respecto a la corriente 90 grados en el condensador. Por lo tanto, una fase  $\delta$  después de pasar a través de una resistencia, las bobinas y un condensador puede expresarse de la siguiente manera: se convierte en un ángulo de una impedancia compleja.

$$\tan \delta = \frac{|V_L + V_C|}{|V_R|} = \frac{(X_L + X_C)}{R}$$

Y, la impedancia Z es un valor de resistencia en una CC y su tamaño se calcula como se muestra a continuación.

$$Z = \sqrt{(R^2 + X^2)} = \sqrt{(R^2 + (X_L - X_C)^2)}$$

5

En este caso, R es una resistencia y  $X = X_L - X_C$  es una reactancia total.

X es un valor positivo para la reactancia inductiva y X es un valor negativo para la reactancia capacitiva.

10 Y, la impedancia de un circuito conectado en serie es una suma de cada componente y un recíproco de la impedancia de un circuito conectado en paralelo es una suma de un recíproco de cada impedancia.

$$Z_{\text{serie}} = Z_1 + Z_2 = (R_1 + R_2) + i(X_1 + X_2)$$

$$(Z_{\text{paralelo}})^{-1} = Z_1^{-1} + Z_2^{-1}$$

15 Con respecto a una corriente alterna, ya que su valor de impedancia se cambia en función del tiempo, se usan valores efectivos de la corriente y la tensión. Por lo tanto, si un valor efectivo de un tensión de CA es  $V_e$ , un valor efectivo de la corriente ( $I_e$ ) es igual a  $V_e/Z$ :  $I_e = V_e/Z$ .

20 Por lo tanto, cuando se supone que la transmisión de energía eléctrica es constante y no se genera armónico, un valor de impedancia anteriormente establecido en el momento del diseño del sistema se convierte en un valor fijo.

25 Sin embargo, en el sistema de HVDC, se realiza una conversión de energía eléctrica constante para CA a CC o CC a CA, el armónico se genera constantemente debido a un medio de conmutación llamado válvula (en otras palabras, una "válvula de tiristor") y el armónico se introduce en el sistema de HVDC de acuerdo con la condicionalidad de la red eléctrica, y hay un filtro armónico para deshacerse de dicho armónico. Por lo tanto, el valor de impedancia cambia constantemente cuando se calcula la pérdida de energía eléctrica y la cantidad de pérdida de energía eléctrica se cambia constantemente, en consecuencia.

30 Por lo tanto, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica de 400 calcula los valores de impedancia de la primera estación de conversión 310, la segunda estación de conversión 320 y la línea de transmisión de energía eléctrica 330, verifica y corrige la cantidad de pérdida de energía eléctrica que se genera en cada una de las posiciones cuando se opera el sistema de HDVC. Para dicho cálculo, verificación y corrección, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica de 400 puede comprender al menos un microprocesador o un microordenador.

35 Con este fin, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula una primera cantidad de pérdida de energía eléctrica.

40 La primera cantidad de pérdida de energía eléctrica se calcula simplemente usando el método convencional para el cálculo de la cantidad de pérdida de energía eléctrica.

En otras palabras, la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica puede calcularse de la siguiente manera.

45 La primera cantidad de pérdida de energía eléctrica = la cantidad de energía eléctrica de transmisión ( $V_{1\_1} \times I_{1\_1}$ ) - la cantidad de energía eléctrica recibida ( $V_{2\_2} \times I_{2\_2}$ ), donde  $V_{1\_1}$  e  $I_{1\_1}$  son los valores de tensión y corriente, respectivamente, obtenidos por el sensor de tensión y el sensor de corriente instalados en la estación de conversión que opera como una estación de transmisión de energía eléctrica,  $V_{2\_2}$  e  $I_{2\_2}$  son los valores de tensión y corriente, respectivamente, obtenidos por el sensor de tensión y el sensor de corriente instalados en la estación de conversión operada como una estación de recepción de energía eléctrica.

50 Tales valores de tensión y corriente pueden transmitirse desde las estaciones de conversión al dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 a través de unos medios de comunicación que incluyen medios de comunicación por cable o medios de comunicación inalámbrica o medios de comunicación móvil.

55 Una vez que se calcula la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 verifica si la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica calculada es un valor exacto, y corrige su error si la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica no es un valor exacto.

60 Para la verificación, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la cantidad de pérdida generada en la primera estación de conversión 310, la cantidad de pérdida generada en la segunda estación de conversión 320 y la cantidad de pérdida generada en la línea de transmisión de energía eléctrica 330,



respectivamente, y, basándose en las mismas, calcula una segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

En otras palabras, la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica puede calcularse usando la siguiente ecuación.

5 La segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica = la cantidad de pérdida en la primera estación de conversión + la cantidad de pérdida en la segunda estación de conversión + la cantidad de pérdida en la línea de transmisión de energía eléctrica, donde la cantidad de pérdida en la primera estación de conversión se calcula mediante  $I_1 \times I_1 \times Z1$  y  $Z1$  es un valor de impedancia de la primera estación de conversión.

10 Además, la cantidad de pérdida en la segunda estación de conversión se calcula mediante  $I_2 \times I_2 \times Z2$  y  $Z2$  es un valor de impedancia de la segunda estación de conversión.

15 Además, la cantidad de pérdida en la línea de transmisión de energía eléctrica se calcula por  $I_3 \times I_3 \times Z3$ , la  $I_3$  es un valor de corriente de la línea de transmisión de energía eléctrica y  $Z3$  es un valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica.

20 En base a los cálculos, puede lograrse la cantidad de pérdida generada en cada equipo (primera estación de conversión, segunda estación de conversión y línea de transmisión de energía eléctrica).

La segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica puede ser la cantidad de pérdida de energía eléctrica real generada en el sistema de HVDC. Más específicamente, la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica puede ser la cantidad de pérdida precisa medida en el sistema de HVDC.

25 En este momento, sería ideal si la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica fuese sustancialmente la misma que la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica. Sin embargo, como se ha descrito anteriormente, ya que la cantidad de pérdida cambia constantemente debido a pérdida de conmutación, pérdida de calor, pérdida de armónicos en el momento de la conversión de energía eléctrica, sería difícil que la primera pérdida de energía eléctrica fuese la misma que la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

30 Por lo tanto, en la realización de la presente invención, se realiza constantemente un proceso de corrección para corregir un error entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

35 Es decir, como se ha descrito anteriormente, sería ideal si la diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica fuese cero, sin embargo, este es raramente el caso. Por lo tanto, cuando la diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica es  $x$ , la corrección puede realizarse como el valor  $x$  para la cantidad de energía eléctrica de la estación de recepción de energía eléctrica.

40 Por ejemplo, en el caso donde la energía eléctrica se transmite desde la primera estación de conversión a la segunda estación de conversión (en el caso donde la primera estación de conversión se opera como una estación de transmisión de energía eléctrica y la segunda estación de conversión se opera como una estación de recepción de energía eléctrica) bajo una condición de operación de 30 megavatios (MW), si el valor resultante de restar la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica de la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica es igual a 1 MW, el valor de diferencia de 1 MW puede corregirse para la energía eléctrica medida en la estación de recepción de energía eléctrica como un valor de desviación (en otras palabras, un valor de compensación), por lo que puede realizarse la corrección. Por ejemplo, si la cantidad de energía eléctrica medida en la segunda estación de conversión, que es la estación de recepción de energía eléctrica, es 28 MW, la cantidad de energía eléctrica en la segunda estación de conversión puede reconocerse como 29 MW aplicando el valor de desviación.

50 Sin embargo, incluso si el sistema de HVDC se opera nuevamente en la misma condición y se calcula la cantidad de pérdida usando el mismo método de cálculo, el valor resultante no será el mismo. Por lo tanto, simplemente aplicando el valor de compensación a la cantidad de energía eléctrica en la estación de recepción de energía eléctrica puede que no se logre una corrección precisa.

55 Por lo tanto, en la realización de la presente invención, el valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica 330 se corrige en función de una condición para corregir la diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

60 Por ejemplo, si un valor de impedancia inicial (valor establecido durante el diseño) de la línea de transmisión de energía eléctrica es igual a 10, un valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica puede corregirse como 9 aplicando el valor de desviación.

65 Mientras tanto, dicha corrección se realiza en función de la dirección de operación y la cantidad de energía eléctrica de operación. En otras palabras, la primera estación de conversión se opera como una estación de transmisión de

energía eléctrica y la segunda estación de conversión se opera como una estación de recepción de energía eléctrica y, en función de la cantidad de energía eléctrica de operación transmitida desde la primera estación de conversión a la segunda estación de conversión, se determina un valor de corrección para corregir la impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica.

5 Además, la primera estación de conversión se opera como una estación de recepción de energía eléctrica y la segunda estación de conversión se opera como una estación de transmisión de energía eléctrica y en función de la cantidad de energía eléctrica de operación transmitida desde la segunda estación de conversión a la primera estación de conversión, se determina un valor de corrección para corregir la impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica.

10 Como se ha descrito anteriormente, de acuerdo con la realización de la presente invención, la cantidad de pérdida de energía eléctrica en las estaciones de conversión se calcula y se compara con la cantidad real de pérdida de energía eléctrica, y en base al resultado de la comparación, se corrige el error de la cantidad calculada de pérdida de energía eléctrica, por lo que puede minimizarse un error de pérdida de energía eléctrica en las estaciones de conversión.

15 Además, de acuerdo con la realización de la presente invención, se refleja el cambio de impedancia debido a la energía eléctrica transmitida de la línea de transmisión de energía eléctrica que conecta una pluralidad de estaciones de conversión para medir la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada entre la pluralidad de estaciones de conversión, por lo que una pérdida de la energía eléctrica transmitida puede minimizarse de manera simple y al mismo tiempo puede corregirse un error.

20 Las figuras 15 a 17 son diagramas de flujo que ilustran un método para medir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de HVDC de acuerdo con la realización de la presente invención.

25 Haciendo referencia a la figura 15, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 mide la cantidad de energía eléctrica de transmisión (etapa 110). En el caso donde la primera estación de conversión se opera como una estación de transmisión de energía eléctrica, la cantidad de energía eléctrica de transmisión puede ser la cantidad de energía eléctrica en la primera estación de conversión, y en el caso donde la segunda estación de conversión se opera como una estación de transmisión de energía eléctrica, puede ser la cantidad de energía eléctrica en la segunda estación de conversión.

30 A continuación, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 mide la cantidad de energía eléctrica de recepción (etapa 120). En el caso donde la primera estación de conversión se opera como una estación de recepción de energía eléctrica, la cantidad de energía eléctrica de recepción puede ser la cantidad de energía eléctrica en la primera estación de conversión, y en el caso donde la segunda estación de conversión se opera como una estación de recepción de energía eléctrica, puede ser la cantidad de energía eléctrica en la segunda estación de conversión.

35 Posteriormente, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de diferencia entre la cantidad de energía eléctrica de transmisión y la cantidad de energía eléctrica de recepción (etapa 130).

40 Y, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de impedancia en cada posición (etapa 140).

45 A continuación, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 determina un valor de compensación para corregir la cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en el valor de diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica (etapa 150).

50 Haciendo referencia a la figura 16, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la cantidad de pérdida generada por la estación de transmisión de energía eléctrica basándose en el valor de impedancia de la estación de transmisión de energía eléctrica (etapa 210).

55 A continuación, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la cantidad de pérdida generada por la estación de recepción de energía eléctrica basándose en el valor de impedancia de la estación de recepción de energía eléctrica (etapa 220).

60 Además, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula la cantidad de pérdida generada por la línea de transmisión de energía eléctrica basándose en el valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica que conecta la estación de transmisión de energía eléctrica con la estación de recepción de energía eléctrica (etapa 230).

65 A continuación, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 determina la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica como una suma total de las cantidades de pérdidas en la estación de

transmisión de energía eléctrica, la estación de recepción de energía eléctrica y la línea de transmisión de energía eléctrica (etapa 240).

5 Además, haciendo referencia a la figura 17, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 calcula un valor de diferencia entre la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica (etapa 310).

10 Y, se identifican una dirección de operación y la cantidad de energía eléctrica de operación del sistema de HVDC (etapa 320).

Además, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 determina un valor de corrección para corregir el valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica usando el valor de diferencia calculado (etapa 330).

15 Y, el dispositivo de corrección de cantidad de pérdida de energía eléctrica 400 determina el valor de corrección determinado como un valor de corrección basándose en la dirección de operación y la energía eléctrica de operación identificadas (etapa 340).

20 De acuerdo con la realización de la presente invención, se calcula la cantidad de pérdida de energía eléctrica en la estación de conversión y se compara con la cantidad real de la pérdida de energía eléctrica, y en base al resultado de la comparación, se corrige el error de la cantidad calculada de la pérdida de energía eléctrica, por lo que puede minimizarse un error de pérdida de energía eléctrica en las estaciones de conversión.

25 Además, de acuerdo con la realización de la presente invención, se refleja el cambio de impedancia debido a la energía eléctrica transmitida de la línea de transmisión de energía eléctrica que conecta una pluralidad de estaciones de conversión para corregir la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada entre la pluralidad de estaciones de conversión, por lo que la pérdida de la energía eléctrica transmitida puede minimizarse de manera simple y al mismo tiempo puede corregirse un error.

30 Las realizaciones y ventajas anteriores son simplemente a modo de ejemplo y no deben considerarse como limitativas de la presente divulgación. Las presentes enseñanzas pueden aplicarse fácilmente a otros tipos de aparatos. Esta descripción pretende ser ilustrativa y no limitar el alcance de las reivindicaciones. Muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Las funciones, estructuras, métodos y otras características de las realizaciones a modo de ejemplo descritas en el presente documento pueden combinarse de varias maneras para obtener realizaciones a modo de ejemplo adicionales y/o  
35 alternativas. Las variaciones y modificaciones son posibles dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un método para corregir la pérdida de energía eléctrica de un sistema de corriente continua de alta tensión, en el que el método comprende las etapas de:

5  
 medir la cantidad de energía eléctrica de transmisión en una estación de transmisión (310) y la cantidad de energía eléctrica de recepción en una estación de recepción (320);  
 calcular una primera cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de diferencia entre la cantidad medida de la energía eléctrica de transmisión y la cantidad medida de la energía eléctrica de recepción;  
 10  
 calcular la cantidad de pérdida generada en cada una de las posiciones en el sistema de corriente continua de alta tensión basándose en un valor de impedancia y en un valor de corriente medido de cada una de las posiciones, en el que las posiciones incluyen la primera estación de conversión (310) con impedancia Z1, una corriente  $I_1$  y una pérdida  $I_1 \times I_1 \times Z1$ , la segunda estación de conversión (320) con impedancia Z2, una corriente  $I_2$  y una pérdida  $I_2 \times I_2 \times Z2$  y una línea de transmisión de energía eléctrica (330) con impedancia Z3, una corriente  $I_3$  y una pérdida  $I_3 \times I_3 \times Z3$ ;  
 15  
 calcular una segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica basándose en un valor de suma de las cantidades de pérdida calculadas; y  
 determinar un valor de compensación para corregir la cantidad de pérdida de energía eléctrica generada en el sistema de corriente continua de alta tensión basándose en un valor de diferencia entre la primera cantidad de  
 20  
 pérdida de energía eléctrica y la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

2. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la etapa de calcular la cantidad de pérdida generada en cada posición comprende:

25  
 calcular la cantidad de pérdida generada en la primera estación de conversión (310);  
 calcular la cantidad de pérdida generada en la segunda estación de conversión (320); y  
 calcular la cantidad de pérdida generada en la línea de transmisión de energía eléctrica (300) que conecta la primera estación de conversión (310) con la segunda estación de conversión (320).

30  
 3. El método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el valor de corrección comprende un valor de desviación para medir la primera cantidad de pérdida de energía eléctrica como el mismo valor que la segunda cantidad de pérdida de energía eléctrica.

35  
 4. El método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la cantidad de energía eléctrica de transmisión es la cantidad de energía eléctrica en la primera estación de conversión (310) o en la segunda estación de conversión (320), en función de una dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión, y la cantidad de energía eléctrica de recepción es la cantidad de energía eléctrica en la segunda estación de conversión (320) o en la primera estación de conversión (310), en función de la dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión.

40  
 5. El método de acuerdo con la reivindicación 3, en el que el valor de desviación es un valor de corrección para corregir un valor de impedancia de la línea de transmisión de energía eléctrica (300).

45  
 6. El método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que los valores de corrección se determinan como valores diferentes en función de la dirección de operación del sistema de corriente continua de alta tensión, y la dirección de operación comprende una primera dirección de operación que opera la primera estación de conversión (310) como una estación de transmisión de energía eléctrica y la segunda estación de conversión (320) como una estación de recepción de energía eléctrica y una segunda dirección de operación que opera la primera estación de conversión (310) como una estación de recepción de energía eléctrica y la segunda estación de conversión (320) como una  
 50  
 estación de transmisión de energía eléctrica.

7. El método de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los valores de corrección se determinan como valores diferentes en función de la cantidad de energía eléctrica de operación que se transmite desde la estación de transmisión de energía eléctrica a la estación de recepción de energía eléctrica.

55

FIG. 1

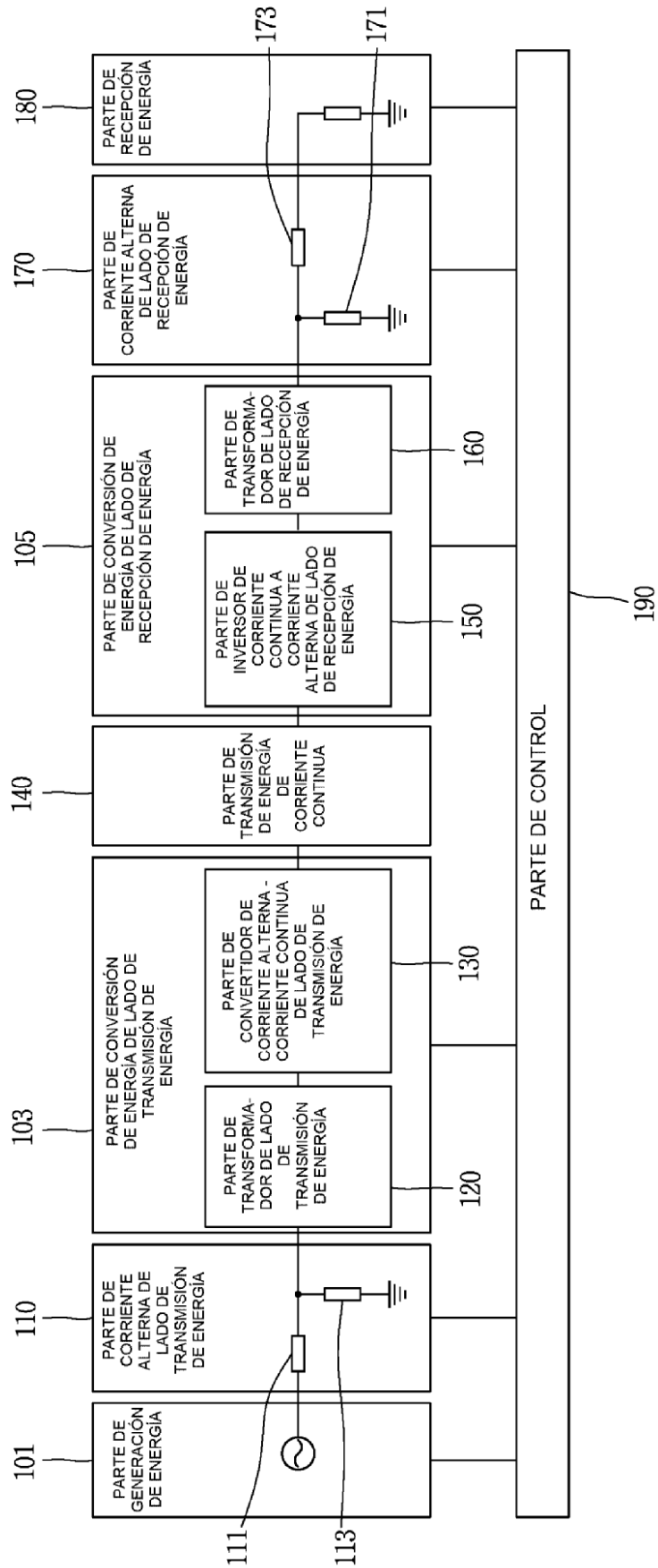


FIG. 2

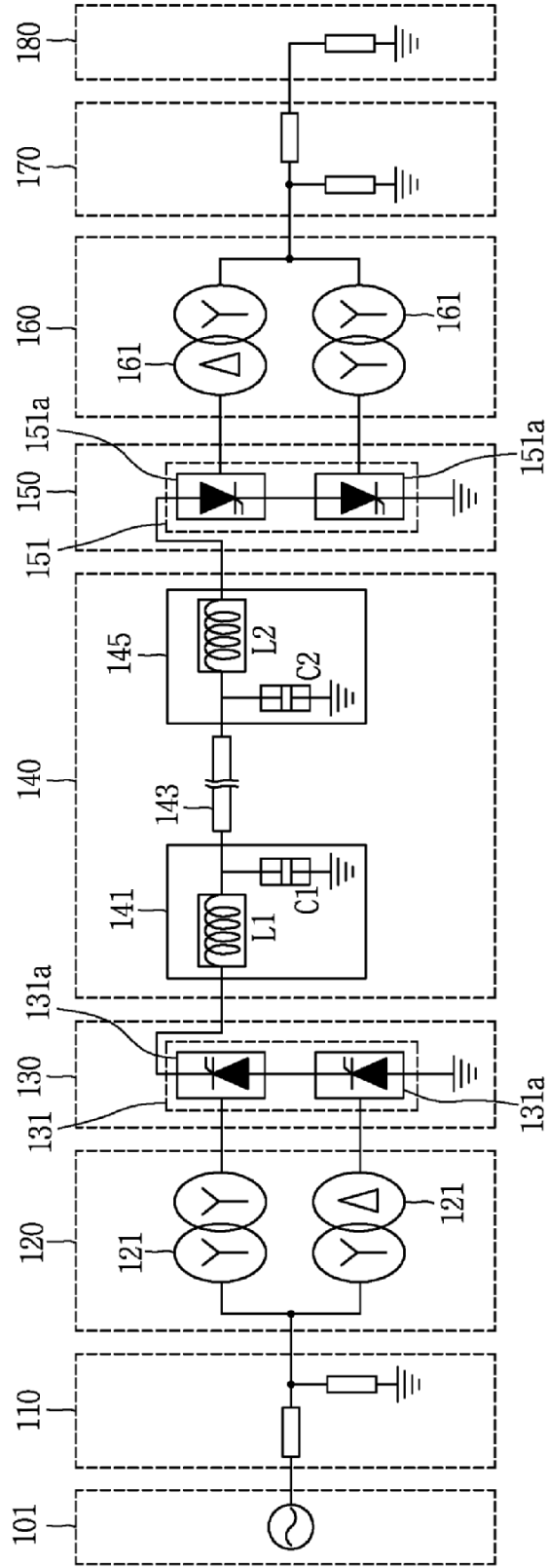
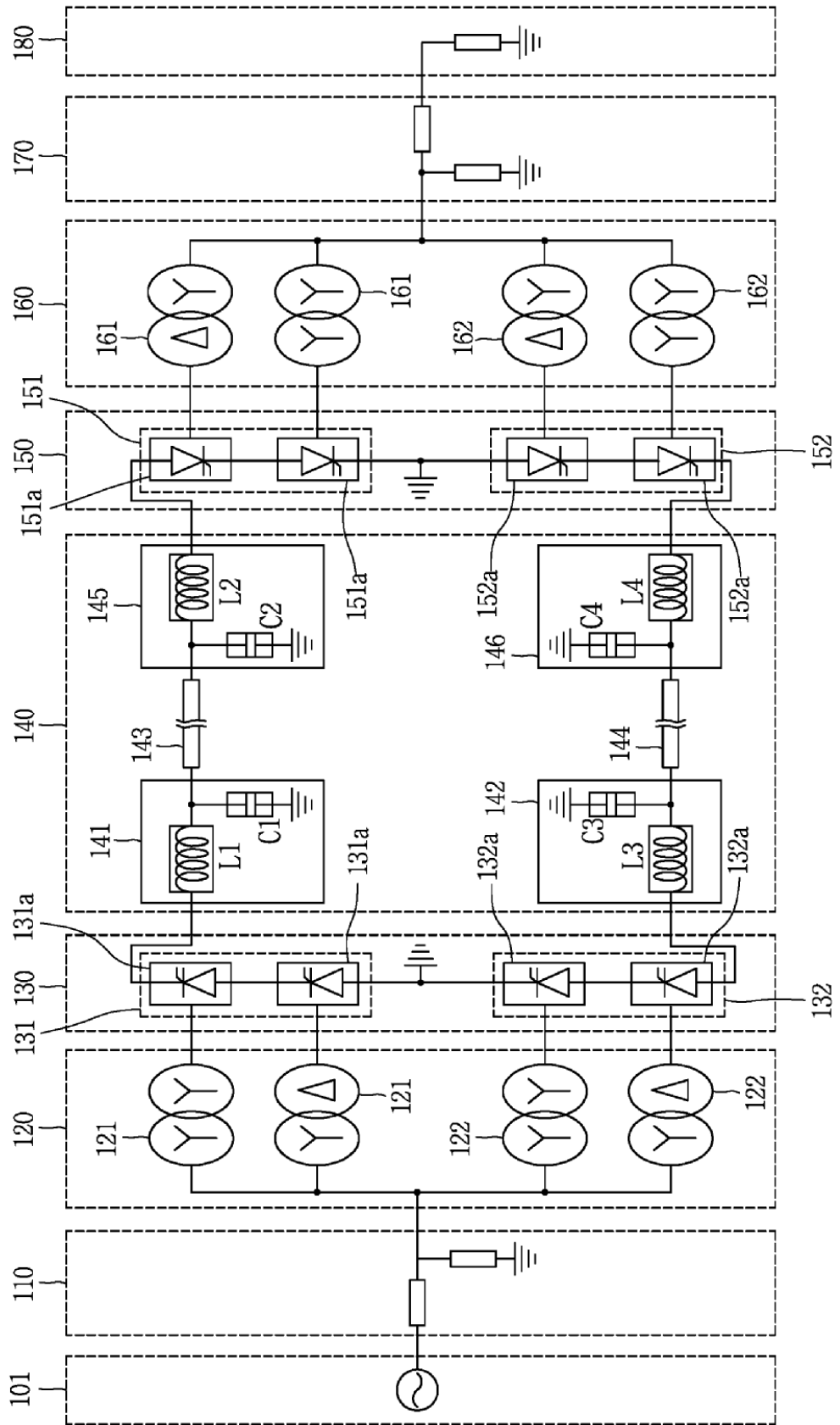
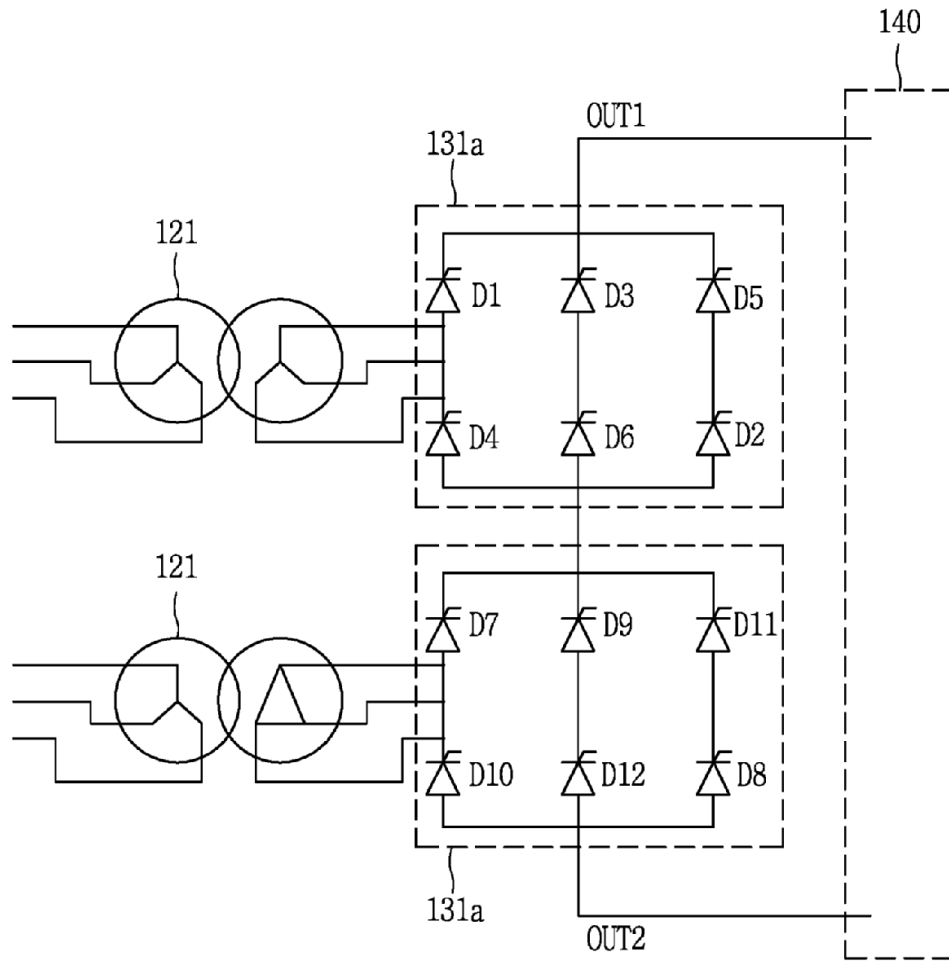


FIG. 3

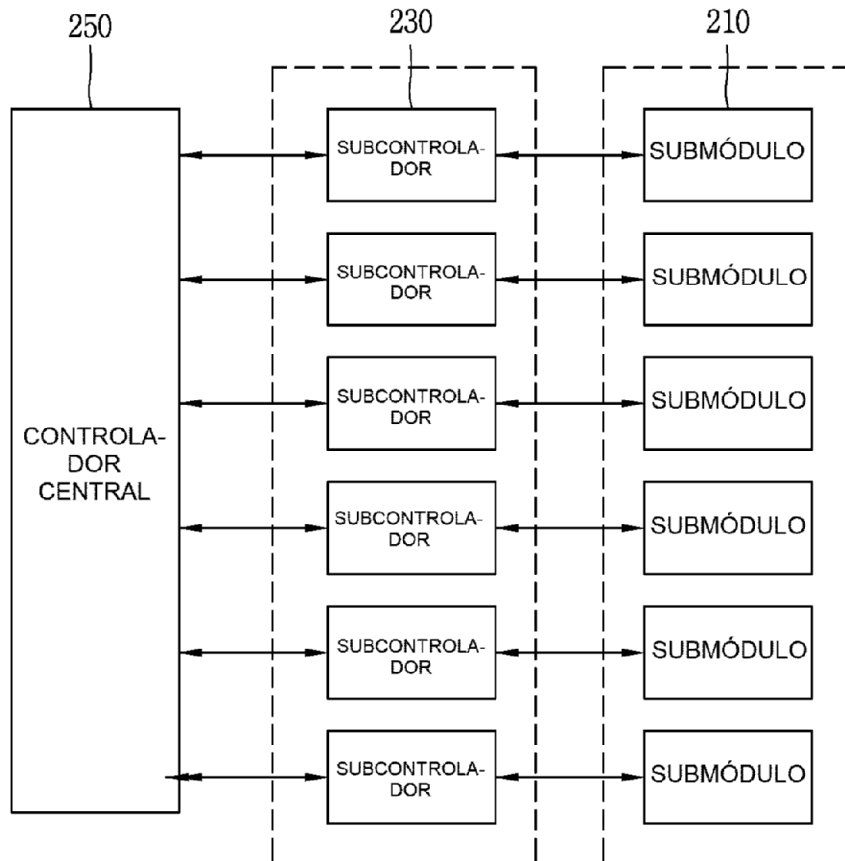


**FIG. 4**

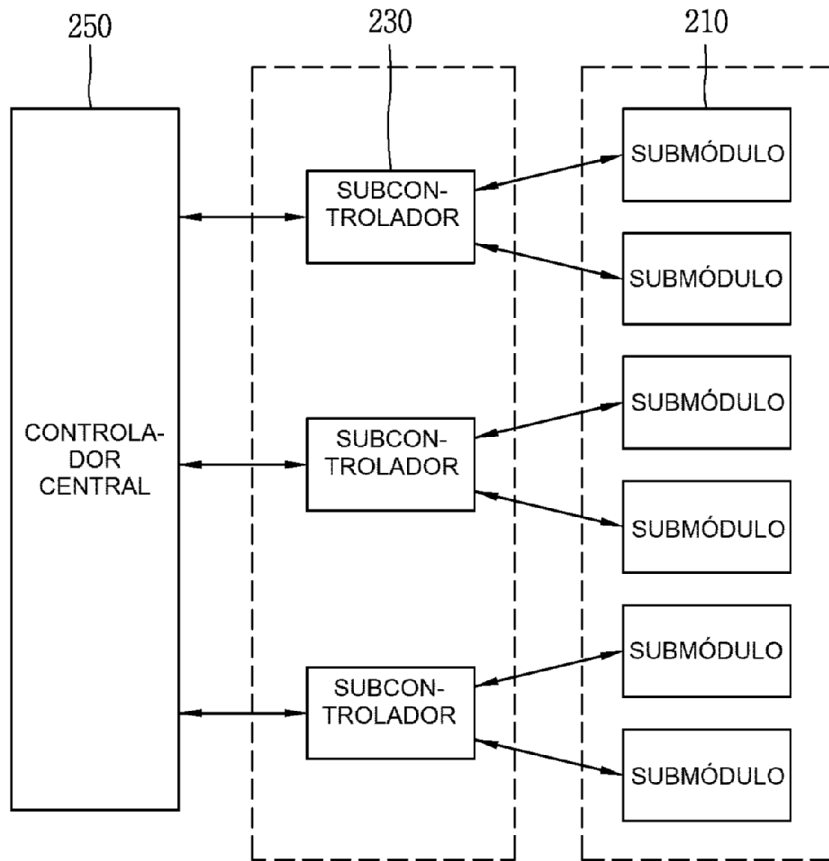




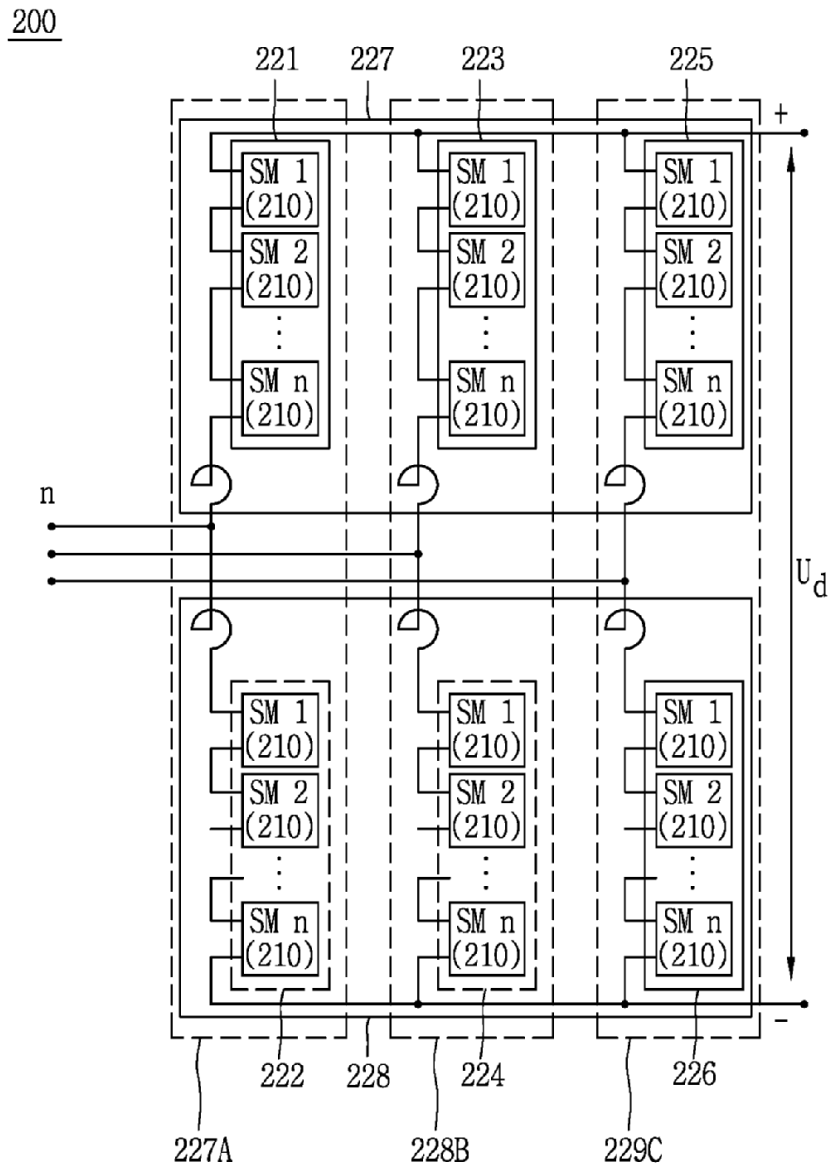
**FIG. 5**



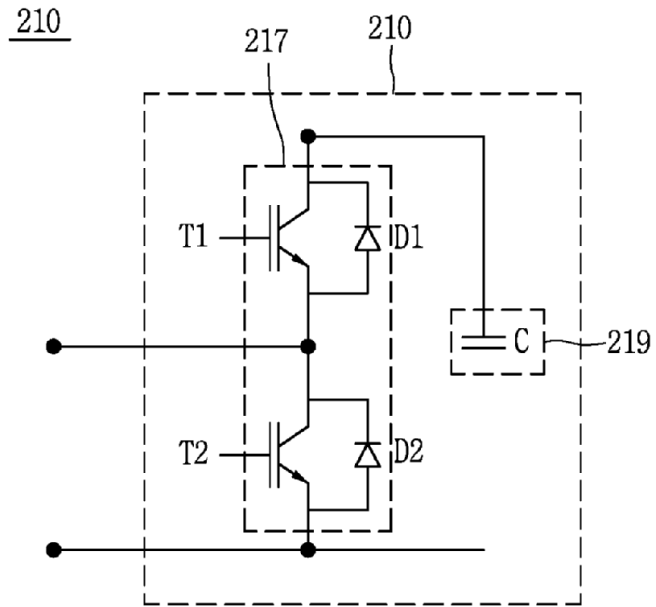
**FIG. 6**



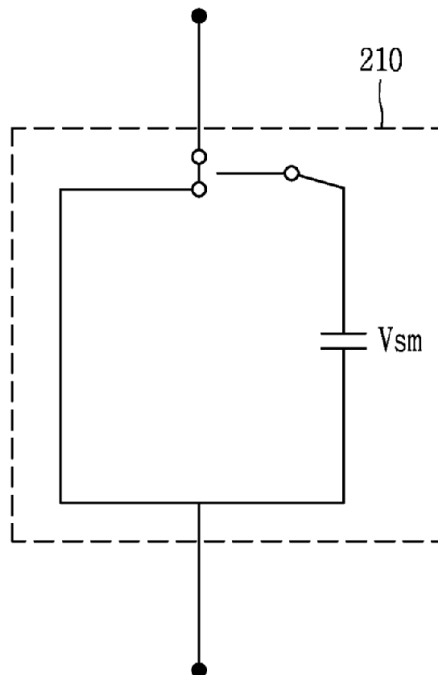
**FIG. 7**



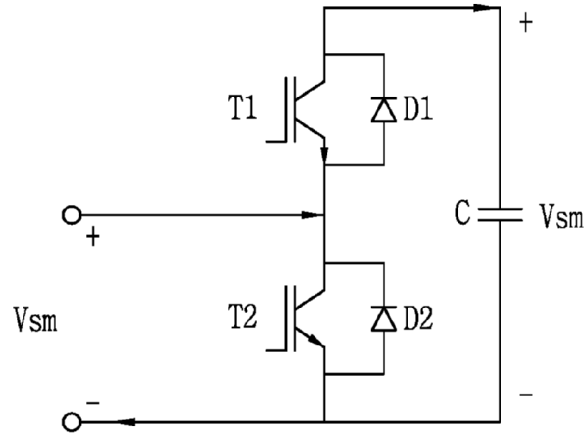
**FIG. 8**



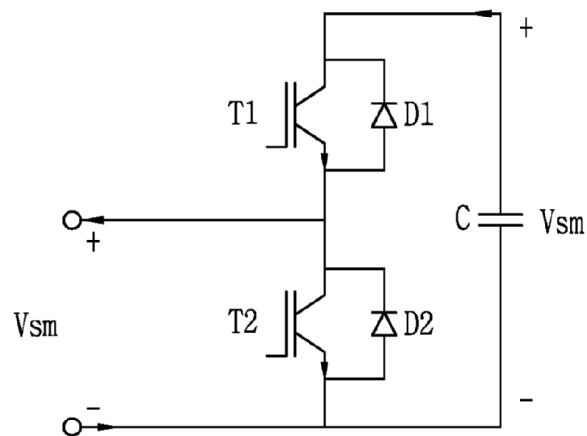
**FIG. 9**



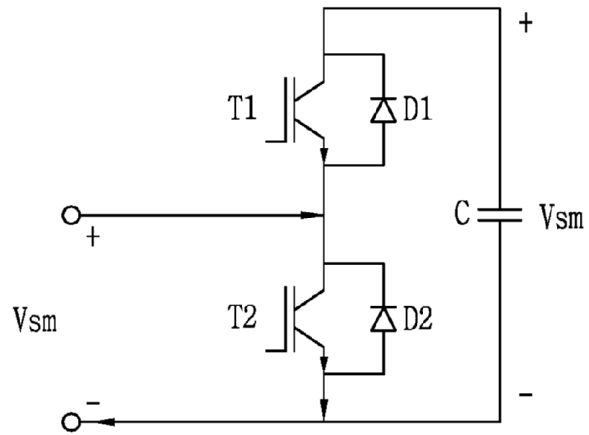
**FIG. 10**



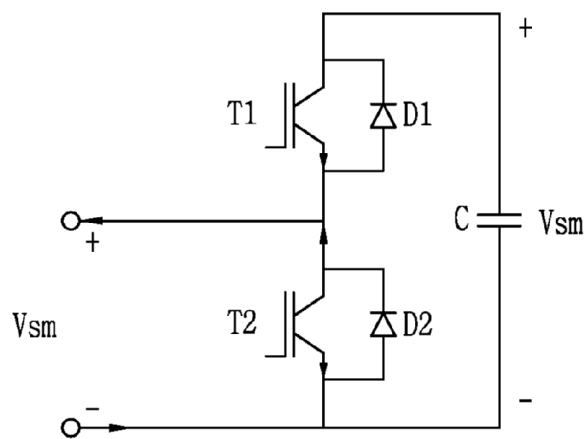
**FIG. 11**



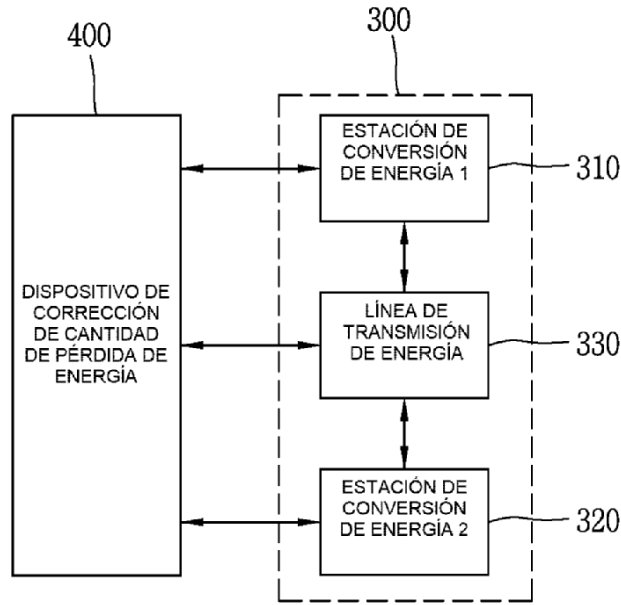
**FIG. 12**



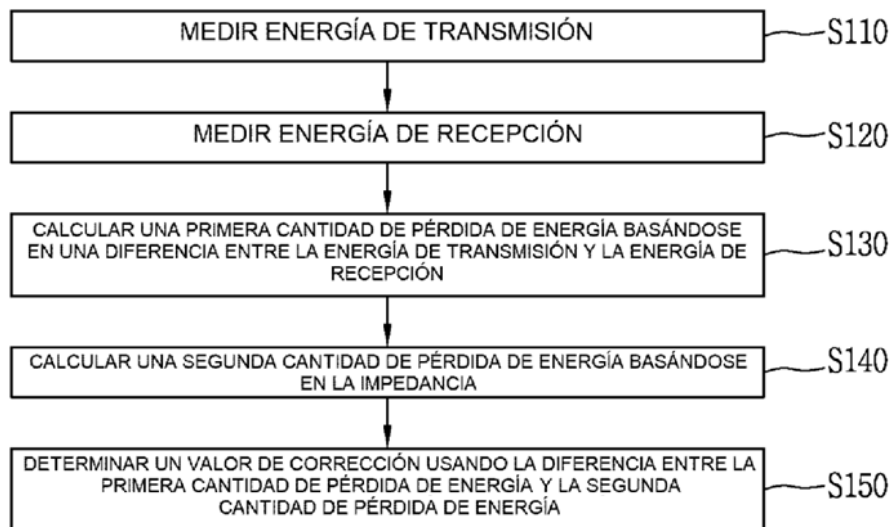
**FIG. 13**



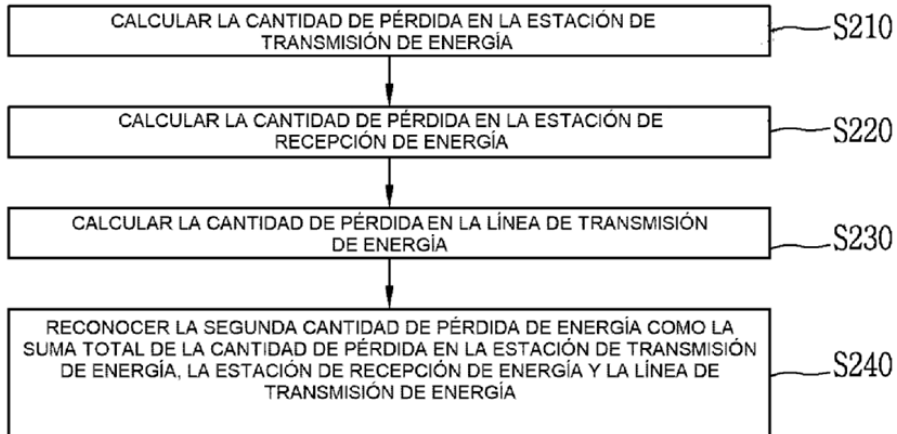
**FIG. 14**



**FIG. 15**



**FIG. 16**



**FIG. 17**

