

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 721 447**

51 Int. Cl.:

**G01R 21/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.12.2015** **E 15202521 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.02.2019** **EP 3056914**

54 Título: **Método para medir potencia eléctrica en un sistema HVDC**

30 Prioridad:

**11.02.2015 KR 20150021131**

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

**31.07.2019**

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 2 721 447 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 medir potencia eléctrica en un sistema HVDC

**Antecedentes de la invención**

1. Campo de la invención.

5 La presente invención se refiere a un sistema de corriente continua de alta tensión (abreviado como sistema "HVDC" de aquí en adelante) y más particularmente, a un método para calcular un valor de potencia eléctrica usando valores medidos a través de un sensor de tensión y un sensor de corriente eléctrica.

2. Descripción de la técnica convencional.

10 El sistema HVDC supone un sistema de transmisión de potencia eléctrica en que una estación de transmisión de potencia eléctrica convierte potencia eléctrica de corriente alterna (AC) generada por una estación de potencia eléctrica a una potencia eléctrica de corriente continua (DC) para transmitir la potencia eléctrica y luego una estación de recepción de potencia eléctrica reconvierte la potencia eléctrica DC a la potencia eléctrica AC para suministrar potencia eléctrica.

15 El sistema HVDC se aplica a transmisión de potencia eléctrica del cable submarino, transmisión de potencia eléctrica a larga distancia de gran capacidad, interconexión de red de AC, etc. Además, el sistema HVDC permite la interconexión de red de diferentes frecuencias e interconexión de asincronismo.

20 La estación de transmisión de potencia eléctrica convierte una potencia eléctrica AC a una potencia eléctrica DC. Es decir, dado que el estado en que la potencia eléctrica AC se transmite usando un cable submarino, etc. es muy peligroso, la estación de transmisión de potencia eléctrica convierte la potencia eléctrica AC a la potencia eléctrica DC y luego transmite la potencia eléctrica a la estación de recepción de potencia eléctrica.

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

25 El convertidor modular multinivel (MMC) es un dispositivo que convierte una potencia eléctrica AC en una potencia eléctrica DC usando una pluralidad de submódulos, y se opera controlando cada submódulo en un estado de carga, descarga y derivación.

Se han instalado transformadores de potencial en varios sitios del sistema HDVC con el fin de controlar y proteger el sistema.

30 No obstante, el transformador de potencial puede detectar un valor de medición diferente dependiendo de un intervalo de medición de tensión incluso con el mismo dispositivo y, por lo tanto, podrían ocurrir errores de medición, que se podrían reconocer como un fallo del sistema, por lo que la operación del sistema podría tener que ser detenida en una condición grave.

35 Es decir, los errores de medición de tensión de un único transformador de potencial deberían tener un margen entre 0.2% y 0.5%, en general. No obstante, el transformador de potencial instalado en el sistema HDVC tiene un margen muy grande de errores de medición cuando se mide una tensión muy alta, también en el caso donde una pluralidad de transformadores de potencial están instalados en varios sitios, el margen de errores causados por un error de medición de cada transformador de potencial no tendrá ninguna opción excepto ampliarse.

También, se puede usar un dispositivo de detección más preciso para resolver este problema, pero el uso de un dispositivo de detección más preciso provocará costes de instalación y algunos problemas técnicos.

40 El documento EP 2 597 746 describe un método de control de la potencia introducida a un enlace de transmisión HVDC. El documento US4263517 describe un método de control para un sistema HVDC.

**Compendio de la invención**

Por lo tanto, un objeto de la presente invención es proporcionar un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema HVDC que corrige la pérdida de medición de potencia eléctrica causada por errores de medición de sensores instalados en el sistema HDVC.

45 Otro objeto de la presente invención es un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema HVDC, en el que los errores de medición de corriente y de tensión se comparan entre sí usando valores de impedancia para calcular una potencia eléctrica usando un valor medido con un error pequeño.

50 Para lograr estos y otros objetos y según el propósito de la presente invención, como se incorpora y se describe ampliamente en la presente memoria, se proporciona un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema de corriente continua de alta tensión, como se expone en la reivindicación 1.

Según un aspecto de la invención, el grupo de sensores comprende un sensor de corriente que mide una corriente de la posición específica; y un sensor de tensión que mide una tensión de la posición específica.

Según otro aspecto de la invención, la impedancia de línea comprende una impedancia de una línea que conecta el sensor de corriente con el sensor de tensión.

- 5 Según otro aspecto más de la invención, el método según la invención comprende además el paso de determinar si una condición de operación de la estación de conversión de potencia eléctrica es una condición de operación de transmisión de potencia eléctrica o una condición de operación de recepción de potencia eléctrica,

10 en donde el paso de identificar una línea de impedancia de la posición donde se instala el grupo de sensores comprende el paso de identificación de una impedancia de línea correspondiente a la condición de operación identificada.

Según otro aspecto más de la invención, el paso de determinación del valor de potencia eléctrica real comprende los pasos de:

15 comparar el primer valor de potencia eléctrica, el segundo valor de potencia eléctrica y el tercer valor de potencia eléctrica entre sí e identificar un valor medido con un error de medición más pequeño entre un error de medición del valor de tensión y un error de medición del valor de corriente;

identificar un valor de potencia eléctrica calculado usando el valor medido identificado del segundo valor de potencia eléctrica y del tercer valor de potencia eléctrica; y

determinar el valor de potencia eléctrica calculado usando el valor medido identificado como el valor de potencia eléctrica real.

- 20 Según otro aspecto más de la invención, el método según la invención comprende además un paso de salida de una señal que solicita un cambio de un sensor que ha medido un valor medido con un error de medición mayor.

25 El alcance adicional de aplicabilidad de la presente solicitud llegará a ser más evidente a partir de la descripción detallada que se da de aquí en adelante. No obstante, se debería entender que la descripción detallada y los ejemplos específicos, aunque indican realizaciones preferidas de la invención, se dan a modo de ilustración solamente, dado que diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la invención llegarán a ser evidentes para los expertos en la técnica a partir de la descripción detallada.

### Breve descripción de los dibujos

30 Los dibujos que se acompañan, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la invención y se incorporan y constituyen una parte de esta especificación, ilustran realizaciones ejemplares y, junto con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

En los dibujos:

La FIG. 1 ilustra una configuración de sistema de un sistema HVDC según la presente invención de la presente invención;

35 La FIG. 2 ilustra una configuración de sistema de un sistema HVDC de tipo monopolar según una realización de la presente invención;

La FIG. 3 ilustra una configuración de sistema de un sistema HVDC de tipo bipolar según otra realización de la presente invención;

La FIG. 4 ilustra un cableado de un transformador y un puente de válvulas trifásico según una realización de la presente invención;

40 La FIG. 5 es un diagrama de bloques que ilustra un convertidor multinivel modular según una realización de la presente invención;

La FIG. 6 es un diagrama de bloques que ilustra un convertidor multinivel modular según otra realización de la presente invención;

La FIG. 7 ilustra una conexión de una pluralidad de submódulos según una realización de la presente invención;

45 La FIG. 8 es una vista ejemplar que ilustra una configuración de submódulos según una realización de la presente invención;

La FIG. 9 ilustra un modelo equivalente de submódulo según una realización de la presente invención;

Las FIG. 10 a 13 ilustran una operación de submódulos según una realización de la presente invención;

La FIG. 14 es un diagrama de bloques que ilustra una configuración de un dispositivo de corrección del valor de potencia eléctrica según una realización de la presente invención; y

Las FIG. 15 a 16 son diagramas de flujo que ilustran los pasos de un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema HVDC según una realización de la presente invención.

## 5 Descripción detallada de la invención

Ventajas y características de la presente invención, y métodos de implementación de la misma se clarificarán a través de las siguientes realizaciones descritas con referencia a los dibujos que se acompañan.

La presente invención, no obstante, se puede encarnar de diferentes formas y no se debería interpretar como limitada a las realizaciones expuestas en la presente memoria. Más bien, estas realizaciones se proporcionan de modo que esta descripción sea minuciosa y completa, y transmita completamente el alcance de la presente invención a los expertos en la técnica. Además, la presente invención está definida solamente por los alcances de las reivindicaciones. Siempre que sea posible, se usarán los mismos números de referencia en todos los dibujos para referirse a partes iguales o similares.

En la descripción de las realizaciones de la presente invención, cuando la descripción detallada de la función o configuración conocida relevante se determina que oscurece innecesariamente el punto importante de la presente invención, se omitirá la descripción detallada. Los términos usados de aquí en adelante se definen considerando sus funciones en las realizaciones de la presente invención, y se pueden modificar dependiendo de la intención de un experto en la técnica, las prácticas o similares. Por lo tanto, los términos usados en la presente memoria se deberían entender no simplemente por los términos reales usados, sino por el significado que se encuentra dentro y la descripción descrita en la presente memoria.

Las combinaciones de cada bloque y cada paso de un diagrama de flujo en los dibujos que se acompañan se pueden implementar mediante instrucciones de programa de ordenador. Dado que las instrucciones de programa de ordenador se pueden grabar en un ordenador de propósito general, un ordenador especial o un procesador de otro equipo de procesamiento de datos programable, las instrucciones realizadas a través de los ordenadores o el procesador del otro equipo de procesamiento de datos programable generan medios para implementar las funciones descritas en cada bloque de un dibujo o cada paso de un diagrama de flujo. Dado que las instrucciones de programa de ordenador se pueden almacenar en una memoria utilizable por ordenador o legible por ordenador que puede soportar el ordenador u otro equipo de procesamiento de datos programable para implementar funciones de una manera específica, las instrucciones almacenadas en la memoria utilizable por ordenador o legible por ordenador pueden generar elementos de producto que incluyen medios de instrucción para realizar las funciones descritas en cada bloque del dibujo o cada paso del diagrama de flujo. Dado que las instrucciones de programa de ordenador se pueden cargar en el ordenador u otro equipo de procesamiento de datos programable, se realizan una serie de pasos de operación en el ordenador o el otro equipo de procesamiento de datos programable para generar procesos implementados por el ordenador, por lo que las instrucciones para realizar el ordenador o el otro equipo de procesamiento de datos programable pueden proporcionar pasos para realizar las funciones descritas en cada bloque del dibujo o en cada paso del diagrama de flujo.

También, cada bloque o cada paso puede representar una parte de módulos, segmentos o códigos, que incluyen una o más instrucciones ejecutables para ejecutar una función o funciones lógicas específicas. En varias realizaciones de sustitución, se debería observar que las funciones mencionadas en los bloques o pasos se pueden generar apartándose del orden. Por ejemplo, dos bloques o pasos que se muestran continuamente se pueden realizar sustancialmente al mismo tiempo, o se pueden realizar en un orden inverso dependiendo de sus funciones.

La FIG. 1 ilustra un sistema HVDC según una realización de la presente invención.

Como se muestra en la FIG. 1, el sistema HVDC 100 según la realización de la presente invención incluye una parte de generación de potencia eléctrica 101, una parte de AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110, una parte de conversión de potencia eléctrica del lado de transmisión de potencia eléctrica 103, una parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140, una parte de conversión de potencia eléctrica del lado de recepción de potencia eléctrica 105, una parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170, una parte de recepción de potencia eléctrica 180 y una parte de control 190. La parte de conversión de potencia eléctrica del lado de transmisión de potencia eléctrica 103 incluye una parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120, y una parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130.

La parte de conversión de potencia eléctrica del lado de recepción de potencia eléctrica 105 incluye una parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150 y una parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica 160.

La parte de generación de potencia eléctrica 101 genera una potencia eléctrica AC trifásica.

La parte de generación de potencia eléctrica 101 puede incluir una pluralidad de estaciones de generación de potencia eléctrica.

La parte AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110 entrega la potencia eléctrica AC trifásica generada por la parte de generación de potencia eléctrica 101 a una estación de conversión de potencia eléctrica DC que incluye una parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120 y una parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130.

- 5 La parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120 aísla la parte de AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110 de la parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica y la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140.

10 La parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130 convierte una potencia eléctrica AC trifásica correspondiente a la salida de la parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120 en una potencia eléctrica DC.

La parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140 entrega la potencia eléctrica DC del lado de transmisión de potencia eléctrica al lado de recepción de potencia eléctrica.

La parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150, convierte la potencia eléctrica DC entregada por la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140 en la potencia eléctrica AC trifásica.

- 15 La parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica 160 aísla la parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170 de la parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150 y la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140.

20 La parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170 dota la parte de recepción de potencia eléctrica 180 con la potencia eléctrica AC trifásica correspondiente a la salida de la parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica 160.

25 La parte de control 190 controla al menos una de la parte de generación de potencia eléctrica 101, la parte de AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110, la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de transmisión de potencia eléctrica 103, la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140, la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de recepción de potencia eléctrica 105, la parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170, la parte de recepción de potencia eléctrica 180, la parte de convertidor de AC a DC de la estación de transmisión de potencia eléctrica 130, y la parte de inversor DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150.

30 En particular, la parte de control 190 puede controlar la temporización de encendido y la temporización de apagado de una pluralidad de válvulas dentro de la parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130 y la parte de inversor de DC-AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150. En este momento, la válvula puede comprender un tiristor o un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT).

La FIG. 2 ilustra un sistema HVDC de tipo monopolar según una realización de la presente invención.

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

- 35 La parte de AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110 incluye una línea de transmisión de potencia eléctrica AC 111 y un filtro AC 113.

La línea de transmisión de potencia eléctrica AC 111 entrega una potencia eléctrica AC trifásica generada por la parte de generación de potencia eléctrica 101 a la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de transmisión de potencia eléctrica 103.

- 40 El filtro AC 113 elimina el otro componente de frecuencia, excepto para el componente de frecuencia que se usa por la parte de conversión de potencia eléctrica 103 de la potencia eléctrica AC trifásica entregada.

45 La parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120 incluye uno o más transformadores 121 para el polo positivo. Para el polo positivo, la parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130 incluye un convertidor de AC a DC de polo positivo 131 para generar una potencia eléctrica DC de polo positivo, y el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 131a que corresponden respectivamente a los transformadores 121.

50 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 131a, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 6 pulsos usando la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 121 podrían tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 131a, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 12 pulsos usando de la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 121 podría tener un cableado de una

forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 121 podrían tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

5 Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 131a, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 18 pulsos usando la potencia eléctrica AC. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica DC de polo positivo, menor puede ser el coste del filtro.

La parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140 incluye un filtro DC de polo positivo del lado de transmisión de potencia eléctrica 141, una línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo 143, y un filtro DC de polo positivo del lado de recepción de potencia eléctrica 145.

10 El filtro DC de polo positivo del lado de transmisión de potencia eléctrica 141 incluye un inductor L1 y un condensador C1 y realiza el filtrado DC de una potencia eléctrica DC de polo positivo que se emite por el convertidor de AC a DC de polo positivo.

La línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo 143 tiene una línea DC para transmitir la potencia eléctrica DC de polo positivo y se puede usar una conexión a tierra como paso de realimentación de corriente. Se pueden disponer uno o más conmutadores en la línea DC.

15 El filtro DC de polo positivo del lado de recepción de potencia eléctrica 145 incluye un inductor L2 y un condensador C2 y realiza el filtrado DC de la potencia eléctrica DC de polo positivo que se entrega a través de la línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo 143.

20 La parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150 incluye un inversor de DC de polo positivo a AC 151, y el inversor de DC de polo positivo a AC 151 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 151a.

La parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica 160 incluye uno o más transformadores 161 que corresponden respectivamente a cada uno de los puentes de válvulas trifásicos 151a para el polo positivo.

25 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 151a, el inversor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 6 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 161 podrían tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

30 Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 151a, el inversor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 12 pulsos usando potencia eléctrica de DC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 161 podrían tener un cableado de una forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 161 podrían tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 151a, el inversor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 18 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo positivo. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica AC, menor puede ser el precio del filtro.

35 La parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170 incluye un filtro AC 171 y una línea de transmisión de potencia eléctrica AC 173.

El filtro AC 171 elimina el otro componente de frecuencia, excepto para el componente de frecuencia (por ejemplo, 60 Hz) que usa la parte de recepción de potencia eléctrica 180, de la potencia eléctrica AC que se genera por la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de recepción de potencia eléctrica 105.

40 La línea de transmisión de potencia eléctrica AC 173 entrega la potencia eléctrica AC filtrada a la parte de recepción de potencia eléctrica 180.

La FIG. 3 ilustra un sistema HVDC de tipo bipolar según una realización de la presente invención.

En particular, la FIG. 3 ilustra un sistema que transmite una potencia eléctrica DC 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.

45 La parte de AC del lado de transmisión de potencia eléctrica 110 incluye una línea de transmisión de potencia eléctrica AC 111 y un filtro AC 113.

La línea de transmisión de potencia eléctrica AC 111 entrega la potencia eléctrica AC trifásica generada por la parte de generación de potencia eléctrica 101 a la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de transmisión de potencia eléctrica 103.

50 El filtro AC 113 elimina el otro componente de frecuencia, excepto para el componente de frecuencia que se usa por la parte de conversión de potencia eléctrica 103 de la potencia eléctrica AC trifásica entregada.

- La parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica 120 incluye uno o más transformadores 121 para un polo positivo y uno o más transformadores 122 para un polo negativo. La parte de convertidor de AC a DC del lado de transmisión de potencia eléctrica 130 incluye un convertidor de AC a DC de polo positivo 131 para generar una potencia eléctrica DC de polo positivo y un convertidor de AC a DC de polo negativo 132 para generar una potencia eléctrica DC de polo negativo, y el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 131a que corresponden respectivamente a cada uno de uno o más transformadores 121 para el polo positivo, y el convertidor de AC a DC de polo negativo 132 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 132a que corresponden respectivamente a cada uno de uno o más transformadores 122 para el polo negativo.
- 5 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 131a para el polo positivo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 6 pulsos usando la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 121 podrían tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).
- 10 Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 131a para el polo positivo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 12 pulsos usando la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 121 podría tener un cableado de una forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 121 podría tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).
- 15 Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 131a para el polo positivo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 131 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 18 pulsos usando la potencia eléctrica AC. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica DC de polo positivo, menor puede ser el precio del filtro.
- 20 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 132a para el polo negativo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 132 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 6 pulsos usando la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 122 podría tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).
- 25 Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 132a para el polo negativo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 132 puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 12 pulsos usando la potencia eléctrica AC. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 122 podría tener un cableado de una forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 122 podría tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).
- 30 Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 132a para el polo negativo, el convertidor de AC a DC de polo positivo 132 positivo puede generar una potencia eléctrica DC de polo positivo con 18 pulsos usando la potencia eléctrica AC. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica DC de polo negativo, menor puede ser el precio del filtro.
- 35 La parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140 comprende un filtro DC de polo positivo del lado de transmisión de potencia eléctrica 141, un filtro DC de polo negativo del lado de transmisión de potencia eléctrica 142, una línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo 143, una línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo negativo 144, un filtro DC de polo positivo del lado de recepción de potencia eléctrica 145, y un filtro DC de polo negativo del lado de recepción de potencia eléctrica 146.
- 40 El filtro DC de polo positivo del lado de transmisión de potencia eléctrica 141 incluye un inductor L1 y un condensador C1 y realiza un filtrado DC de la potencia eléctrica DC de polo positivo que se emite por el convertidor de AC a DC de polo positivo 131.
- 45 El filtro DC de polo negativo del lado de transmisión de potencia eléctrica 142 incluye un inductor L3 y un condensador C3 y realiza el filtrado DC de la potencia eléctrica DC de polo negativo que se emite por el convertidor de AC a DC de polo negativo 132.
- La línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo 143 tiene una línea DC para transmitir la potencia eléctrica DC de polo positivo, y se puede usar una conexión a tierra como paso de realimentación de corriente. Se pueden instalar uno o más conmutadores en la línea DC.
- 50 La línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo negativo 144 tiene una línea DC para transmitir la potencia eléctrica DC de polo negativo, y se puede usar una conexión a tierra como un paso de realimentación de corriente. Se pueden disponer uno o más conmutadores en la línea DC.
- El filtro DC de polo positivo del lado de recepción de potencia eléctrica 145 incluye un inductor L2 y un condensador C2 y realiza el filtrado de DC de la potencia eléctrica DC de polo positivo que se entrega a través de la línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo positivo.

El filtro DC de polo negativo del lado de recepción de potencia eléctrica 146 incluye un inductor L4 y un condensador C4 y realiza el filtrado DC de la potencia eléctrica DC de polo negativo que se transmite a través de la línea de transmisión de potencia eléctrica DC de polo negativo 144.

5 La parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150 incluye un inversor de DC de polo positivo a AC 151 y un inversor de DC de polo negativo a AC 152, el inversor de DC de polo positivo a AC 151 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 151a, y el inversor de DC de polo negativo a AC 152 incluye uno o más puentes de válvulas trifásicos 152a.

10 La parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica 160 incluye uno o más transformadores 161 para el polo positivo, que corresponden respectivamente a cada uno de uno o más puentes de válvulas trifásicos 151a, e incluye uno o más transformadores 162 para el polo negativo, que corresponden respectivamente a cada uno de uno o más puentes de válvulas trifásicos 152a.

15 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 151a para el polo positivo, el convertidor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 6 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 161 podrían tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

20 Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 151a para el polo positivo, el convertidor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 12 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo positivo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 161 podría tener un cableado de una forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 161 podría tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 151a para el polo positivo, el convertidor de DC de polo positivo a AC 151 puede generar una potencia eléctrica AC con 18 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo positivo. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica AC, menor puede ser el precio del filtro.

25 Cuando se usa un puente de válvulas trifásico 152a para el polo negativo, el convertidor de DC de polo negativo a AC 152 puede generar una potencia eléctrica AC con 6 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo negativo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria del transformador 162 podría tener un cableado de una forma Y-Y o de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

30 Cuando se usan dos puentes de válvulas trifásicos 152a para el polo negativo, el convertidor de DC de polo negativo a AC 152 puede generar una potencia eléctrica AC con 12 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo negativo. En este caso, una bobina primaria y una bobina secundaria de uno de los transformadores 162 podría tener un cableado de una forma Y-Y, y una bobina primaria y una bobina secundaria del otro transformador 162 podría tener un cableado de una forma Y-delta ( $\Delta$ ).

35 Cuando se usan tres puentes de válvulas trifásicos 152a para el polo negativo, el convertidor de DC de polo negativo a AC152 puede generar una potencia eléctrica AC con 18 pulsos usando la potencia eléctrica DC de polo negativo. Cuantos más pulsos tenga la potencia eléctrica AC, menor puede ser el precio del filtro.

La parte de AC del lado de recepción de potencia eléctrica 170 incluye un filtro AC 171 y una línea de transmisión de potencia eléctrica AC 173.

40 El filtro AC 171 elimina un componente de frecuencia residual, excepto para el componente de frecuencia (por ejemplo, 60Hz) que usa la parte de recepción de potencia eléctrica 180, de la potencia eléctrica AC que se genera por la parte de conversión de potencia eléctrica del lado de recepción de potencia eléctrica 105.

La línea de transmisión de potencia eléctrica AC 173 entrega la potencia eléctrica AC filtrada a la parte de recepción de potencia eléctrica 180.

La FIG. 4 ilustra un cableado de un transformador y un puente de válvulas trifásico según una realización de la presente invención.

45 En particular, la FIG. 4 ilustra un cableado de dos transformadores 121 para el polo positivo y dos puentes de válvulas trifásicos 131a para el polo positivo. Dado que un cableado de dos transformadores 122 para el polo negativo y dos puentes de válvulas trifásicos 132a para el polo negativo, un cableado de dos transformadores 161 para el polo positivo y dos puentes de válvulas trifásicos 151a para el polo positivo, un cableado de dos transformadores 162 para el polo negativo y dos puentes de válvulas trifásicos 152a para el polo negativo, un cableado de un transformador 121 para el polo positivo y un puente de válvulas trifásico 131a para el polo positivo, un cableado de un transformador 161 para el polo positivo y un puente de válvulas trifásico 151a para el polo positivo, etc. se puede derivar fácilmente de la realización de la presente invención como se muestra en la FIG. 4, se omitirán esas figuras y descripciones.

50

- 5 En la FIG. 4, el transformador 121 que tiene un cableado de una forma Y-Y se denota como el transformador del lado superior, el transformador 121 que tiene un cableado de una forma Y-delta como el transformador del lado inferior, el puente de válvulas trifásico 131a conectado al transformador del lado superior como el puente de válvulas trifásico superior, y el puente de válvulas trifásico 131a conectado al transformador del lado inferior como el puente de válvulas trifásico inferior.
- El puente de válvulas trifásico superior y el puente de válvulas trifásico inferior tienen dos terminales de salida, el primer terminal de salida SALIDA1 y el segundo terminal de salida SALIDA2, que emiten una potencia eléctrica DC.
- El puente de válvulas trifásico superior incluye seis válvulas D1 a D6, y el puente de válvulas trifásico inferior incluye seis 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.
- 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.
- 15 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.
- 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.
- La válvula D6 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D3.
- 20 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.
- La válvula D8 tiene un cátodo conectado a un ánodo de la válvula D11 y un ánodo conectado al segundo terminal de salida SALIDA2.
- 25 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.
- 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.
- 30 La válvula D12 tiene un cátodo conectado al ánodo de la válvula D9 y un ánodo conectado al segundo terminal de salida SALIDA2.
- Mientras tanto, la parte de inversor de DC a AC del lado de recepción de potencia eléctrica 150 se puede configurar con un convertidor modular multinivel 200.
- 35 El convertidor modular multinivel 200 puede transformar una potencia eléctrica DC en una potencia eléctrica AC usando una pluralidad de submódulos 210.
- Una configuración del convertidor modular multinivel 200 se describirá con referencia a las FIG. 5 y 6.
- Las FIG. 5 y 6 son diagramas de bloques esquemáticos del convertidor modular multinivel 200.
- El convertidor modular multinivel 200 comprende un controlador central 250, una pluralidad de subcontroladores 230 y una pluralidad de submódulos 210.
- 40 El controlador central 250 controla la pluralidad de subcontroladores 230, cada uno de los cuales controla un submódulo correspondiente que está conectado a sí mismo.
- En ese momento, como se muestra en la FIG. 5, un subcontrolador 230 se conecta a un submódulo 210 y, por lo tanto, puede controlar una operación de conmutación del submódulo 210 que está conectado a sí mismo, en base a una señal de control que se transmite a través del controlador central 250.
- 45 También, por otra parte, un subcontrolador 230 está conectado a la pluralidad de submódulos 210 como se muestra en la FIG. 6 para identificar cada señal de control de la pluralidad de submódulos 210 que están conectados a los mismos, 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 base a las señales de control identificadas.

El controlador central 250 determina una condición de operación de la pluralidad de submódulos 210 y genera señales de control para controlar las operaciones de la pluralidad de submódulos 210 según la condición de operación determinada.

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

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

10 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 se asigna la dirección de '1'.

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

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

20 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 en base a la información de la condición de conmutación incluida en la señal de control.

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 condición de operación de conmutación en base a la señal de control recibida al submódulo 210.

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

De aquí en adelante, el submódulo 210, el subcontrolador 230 y el controlador de central 250 se describirán con más detalle.

30 El submódulo 210 recibe una entrada de una potencia eléctrica DC y puede realizar cualquiera de las operaciones de carga, descarga y derivación.

El submódulo 210 incluye un dispositivo de conmutación que incluye un diodo y, por lo tanto, como operación de conmutación y operación de rectificación del diodo, puede realizar una cualquiera de las operaciones de carga, descarga y derivación.

35 Cada uno de los subcontroladores 230 obtiene información sobre 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, en 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 una corriente eléctrica y una tensión del submódulo 210.

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

45 También, el subcontrolador 230 puede insertar información de referencia transmitida desde el controlador central 250 dentro de la información de dirección. La información de referencia puede incluir una tensión DC de referencia y una señal portadora de conmutación.

También, el subcontrolador 230 puede almacenar información de historial de conmutación del submódulo 210 en la información de dirección. La información de historial de conmutación significa la información de historial sobre la operación de carga, la operación de descarga y la operación de derivación que se realizan por el submódulo 210.

50 En otras palabras, el subcontrolador 230 identifica la información de conmutación actual sobre el submódulo 210 y la información de conmutación realizada previamente e inserta la información de conmutación identificada dentro de la información de dirección.

También, se asigna una dirección a cada uno de los subcontroladores 230 y, por lo tanto, la información de dirección puede incluir información de identificación correspondiente a la dirección asignada.

5 Y, cuando el controlador central 250 recibe una señal que solicita identificación de su propia dirección, 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 incluye no solamente la información de identificación descrita como anteriormente, sino también diversos tipos de información relacionada con el submódulo 210.

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.

10 También, el controlador central 250 puede controlar un estado de conmutación de la pluralidad de submódulos 210 sobre la base de la información de estado identificada.

15 Por ejemplo, se proporciona una pluralidad de submódulos 210, y por lo tanto un submódulo puede realizar solamente una operación de carga continua, y los otros submódulos pueden realizar solamente 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, los submódulos que realizan operaciones de carga y los submódulos que realizan operaciones de derivación en el momento actual, respectivamente.

20 También, el controlador central 250, usando información de tensión de carga incluida en la información de dirección, puede determinar el número de submódulos que deberían realizar las operaciones de descarga en base a la potencia eléctrica necesaria en el momento actual.

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

El controlador central 250 puede medir la corriente eléctrica y la tensión de las partes de AC 110 y 170 conectadas al mismo y la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140.

25 También, 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 potencia eléctrica AC de salida del convertidor modular multinivel 200.

30 El controlador central 250 puede calcular el valor de control total en base a una o más de la corriente y la tensión de las partes de AC 110 y 170 conectadas al convertidor modular multinivel 200 y la corriente y la tensión de la parte de transmisión de potencia eléctrica DC 140.

Mientras tanto, el controlador central 250 puede controlar la operación del convertidor modular multinivel 200 en base a una o más de una potencia eléctrica activa base, una potencia 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).

35 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 como anteriormente.

La conexión de la pluralidad de submódulos 210 incluidos en el convertidor modular multinivel 200 se describirá con referencia a la FIG. 7.

40 La FIG. 7 ilustra la conexión de la pluralidad de submódulos 210 incluidos en un convertidor modular multinivel 200 trifásico.

Con referencia a la FIG. 7, la pluralidad de submódulos 210 se pueden conectar en serie, y la pluralidad de submódulos 210 conectados al polo positivo o al polo negativo de una fase pueden formar un brazo.

En general, el convertidor modular multinivel 200 trifásico incluye 6 brazos, dado que cada una de las tres fases, A, B y C incluye el polo positivo y el polo negativo.

45 Por lo tanto, el convertidor multinivel modular 200 trifásico incluye un primer brazo 221 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de la fase A, un segundo brazo 222 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo de la fase A, un tercer brazo 223 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de la fase B, un cuarto brazo 224 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo de la fase B, un quinto brazo 225 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo positivo de la fase C, y un sexto brazo 226 configurado con una pluralidad de submódulos 210 para el polo negativo de la fase C.

50

Y, una pluralidad de submódulos 210 para una fase puede formar parte una etapa.

Por lo tanto, el convertidor multinivel modular 200 trifásico puede incluir una etapa 227A de la fase A que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase A, una etapa 228B de la fase B que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase B, y una etapa 229C de la fase de C que incluye una pluralidad de submódulos 210 para la fase C.

- 5 Por lo tanto, el primer brazo 221 al sexto brazo 226 se incluyen en la etapa 227A de la fase A, la etapa 228B de la fase B y etapa 229C de la fase C, respectivamente.

10 Con más detalle, el primer brazo 221 que es un brazo de polo positivo de la fase A y el segundo brazo 222 que es el brazo de polo negativo de la fase A se incluyen en la etapa 227A de la fase A, y el tercer brazo 223 que es el brazo de polo positivo de la fase B y el cuarto brazo 224 que es el brazo de polo negativo de la fase B se incluyen en la etapa 228B de la fase B. También, el quinto brazo 225 que es el brazo de polo positivo de la fase C y el sexto brazo 226 que es el brazo del polo negativo de la fase C se incluyen en la etapa 229C de la fase C.

También, la pluralidad de submódulos 210 puede incluir el brazo de polo positivo 227 y el brazo del polo negativo 228 dependiendo de la polaridad.

15 Con más detalle, con referencia a la FIG. 7, la pluralidad de submódulos 210 incluidos en el convertidor modular multinivel 200 se puede dividir en una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al polo positivo y una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al polo negativo en base a una línea neutra (n).

Por lo tanto, el convertidor modular multinivel 200 puede incluir el brazo de polo positivo 227 que incluye una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al brazo de polo positivo y de polo negativo 228 que incluye una pluralidad de submódulos 210 correspondientes al polo negativo.

- 20 Por lo tanto, el brazo de polo positivo puede incluir el primer brazo 221, el tercer brazo 223 y el quinto brazo 225, y el brazo de polo negativo puede incluir el segundo brazo 222, el cuarto brazo 224 y el sexto brazo 226.

A continuación, se describirá una configuración del submódulo 210 con referencia a la FIG. 8.

La FIG. 8 es una vista ejemplar que ilustra la configuración del submódulo 210.

25 Con referencia a la FIG. 8, el submódulo 210 incluye dos conmutadores y dos diodos, y un condensador. Este tipo de submódulo también se conoce como inversor de tipo de medio puente o de medio puente.

En este caso, un conmutador incluido en una parte de conmutación 217 puede incluir un semiconductor de potencia eléctrica, denominado semiconductor de potencia. El semiconductor de potencia es un elemento semiconductor para un dispositivo de potencia eléctrica y se puede optimizar para la conversión o el control de la potencia eléctrica. Y, el semiconductor de potencia también se conoce como válvula o válvula de tiristor.

30 Dado que el conmutador incluido en la parte de conmutación 217 puede incluir el semiconductor de potencia, puede incluir un Transistor Bipolar de Puerta Aislada (abreviado como IGBT), un Tiristor de Desactivado por Puerta (abreviado como GTO), un Tiristor Conmutado por Puerta Integrado (abreviado como IGCT), etc.

35 Una parte de almacenamiento 219 incluye un condensador y, de este modo, puede cargar o descargar energía eléctrica. Mientras tanto, el submódulo se puede representar como un modelo equivalente sobre la base de la configuración y la operación del submódulo 210.

La FIG. 9 ilustra un modelo equivalente del submódulo 210. Con referencia a la FIG. 9, el submódulo 210 se puede representar como un dispositivo de carga y descarga de potencia que incluye un conmutador y un condensador.

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

- 40 A continuación, se describirá la operación del submódulo 210 con referencia a las FIG. 10 a 13.

La parte de conmutación 217 del submódulo 210 en las FIG. 10 a 13 incluye una pluralidad de conmutadores T1 y T2, cada uno de los cuales está conectado a los diodos D1 y D2, respectivamente. La parte de almacenamiento 219 del submódulo 210 incluye un condensador C.

La operación de carga y descarga del submódulo 210 se describirá con referencia a las FIG. 10 y 11.

- 45 Las FIG. 10 y 11 ilustran la formación de una tensión de condensador  $V_{sm}$  del submódulo 210.

Con referencia a las FIG. 10 y 11, el conmutador T1 de la parte de conmutación 217 representa un estado encendido y el conmutador T2 representa un estado apagado. Por lo tanto, el submódulo 210 puede formar la tensión de condensador según la operación de cada conmutador.

Con más detalle, con referencia a la FIG. 10, una corriente que fluye dentro del submódulo 210 pasa a través del conmutador T1, se transfiere al condensador C y forma la tensión de condensador  $V_{sm}$ . Y la tensión de condensador  $V_{sm}$  formada puede cargar energía eléctrica en el condensador C.

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

- 5 Con más detalle, con referencia a la FIG. 11, la energía de almacenamiento del condensador C, que se carga en el submódulo 210 se emite a través del conmutador T1. Por lo tanto, el submódulo 210 puede descargar la energía eléctrica almacenada.

Se describirá una operación de derivación del submódulo 210 con referencia a las FIG. 12 y 13.

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

- 10 Con referencia a las FIG. 12 y 13, el conmutador T1 de la parte de conmutación 217 representa un estado apagado y el conmutador T2 representa un estado encendido. Dado que una corriente no fluye en el condensador C del submódulo 210, el submódulo 210 puede formar una tensión cero.

Con más detalle, con referencia a la FIG. 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.

- 15 Y, con referencia a la FIG. 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, dado que el submódulo 210 puede formar una tensión cero, puede realizar la operación de derivación que solo pasa a través de la corriente sin que fluya hacia el submódulo 210.

- 20 La FIG. 14 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un dispositivo de corrección del valor de potencia eléctrica según una realización de la presente invención.

Con referencia a la FIG. 14, el dispositivo de corrección del valor de potencia eléctrica en el sistema HDVC según la realización de la presente invención comprende una pluralidad de grupos de sensores 310 y una parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320.

- 25 Cada uno del grupo de sensores 310 incluye un sensor de corriente para medir la corriente y un sensor de tensión para medir la tensión y se puede instalar en cada posición de medición en el sistema HDVC.

- 30 Por ejemplo, la pluralidad del grupo de sensores 310 incluye un primer grupo de sensores, un segundo grupo de sensores y un tercer grupo de sensores, en donde el primer grupo de sensores se puede instalar en la parte de transformador del lado de recepción de potencia eléctrica o en la parte de transformador del lado de transmisión de potencia eléctrica, el segundo grupo de sensores se puede instalar en la parte de convertidor del lado de recepción de potencia eléctrica o en la parte de convertidor del lado de transmisión de potencia eléctrica, y el tercer grupo de sensores se puede instalar en la parte de transmisión de potencia eléctrica DC.

La parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula un valor de potencia eléctrica usando el valor de corriente y el valor de tensión medidos a través de la pluralidad de grupos de sensores 310, respectivamente.

- 35 En este caso, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el valor de potencia eléctrica usando la corriente y la tensión medidas a través de cada grupo de sensores 310 y la impedancia de línea de cada uno del grupo de sensores.

La impedancia de línea puede significar impedancia de la línea que conecta el sensor de corriente con el sensor de tensión, que se incluyen en cada grupo de sensores 310.

- 40 La impedancia de línea se establece en el momento del diseño del sistema y la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el valor de potencia eléctrica usando la impedancia de línea establecida en el momento del diseño del sistema.

También, por otra parte, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 puede medir y calcular un valor de impedancia de línea en el presente momento y calcular el valor de potencia eléctrica usando la impedancia de línea medida y calculada.

- 45 El valor de potencia eléctrica se puede calcular usando el siguiente método.

[Ecuación 1]

$$P_{-1} = V_{-1} \times I_{-1} \times t$$

donde  $P_1$  es un valor de potencia eléctrica,  $V_1$  es un valor de tensión medido a través del sensor de tensión del grupo de sensores,  $I_1$  es un valor de corriente medido a través del sensor de corriente del grupo de sensores, y  $t$  es un tiempo de transmisión de potencia eléctrica o de recepción de potencia eléctrica.

5 Es decir, según la Ecuación 1, el valor de potencia eléctrica de la estación de conversión de potencia eléctrica incluida en el sistema HVDC se calcula como un producto de valores de tensión y corriente dependientes del tiempo.

En este caso, el sistema HVDC incluye la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica, la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica y la línea de transmisión de potencia eléctrica que conecta las estaciones de conversión.

10 En este caso, si el grupo de sensores descrito anteriormente es el grupo de sensores instalado en la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula un valor de potencia eléctrica entregado desde la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica a la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica.

15 También, si el grupo de sensores es el grupo de sensores instalado en la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula un valor de potencia eléctrica recibido por la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica.

20 En este caso, dependiendo de una condición, la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica se puede operar como una estación de conversión de potencia eléctrica que recibe una potencia eléctrica transmitida desde la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica, y la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica se puede operar como una estación de conversión de potencia eléctrica que entrega una potencia eléctrica a la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica.

Y, la impedancia de línea varía dependiendo de si la estación de conversión de potencia eléctrica correspondiente se opera como la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica o la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica.

25 Por consiguiente, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica la impedancia de línea predeterminada que depende de una condición de operación de la estación de conversión de potencia eléctrica (la condición de transmisión de potencia eléctrica y la condición de recepción de potencia eléctrica) y calcula el valor de potencia eléctrica usando la impedancia correspondiente.

Mientras tanto, según la técnica convencional, un C&P (sistema de Control y Protección) se ha usado para calcular un valor de potencia eléctrica en base a la Ecuación 1 solamente.

30 No obstante, el sensor de tensión que mide la tensión tendrá un margen de errores de medición, y el sensor de corriente que mide la corriente también tendrá un margen de errores de medición. Por consiguiente, puede haber una diferencia en los valores de potencia eléctrica calculados debido a los errores de medición del sensor de tensión y del sensor de corriente, que miden la tensión y la corriente, respectivamente, y la diferencia se reconoce como una pérdida de potencia eléctrica en el sistema.

35 Por ejemplo, en el caso donde un error del sensor de tensión es de  $\pm 0.5\%$  y un error del sensor de corriente es de  $\pm 0.5\%$ , por consiguiente, un error de tensión medido es de  $+0.5\%$  y un error de corriente medido es de  $-0.5\%$ , el valor de potencia eléctrica se puede calcular de la siguiente manera.

$$P_2 = V_2 \times 0.005 \times I_2 \times (-0.005) \times t = -V_2 \times I_2 \times 0.000025 \times t$$

40 En este caso, dado que la potencia eléctrica operada en el sistema HVDC tiene un valor muy grande, el error medido llega a ser también muy grande.

Por lo tanto, en la realización de la presente invención, el valor de potencia eléctrica se calcula usando otras ecuaciones además de la Ecuación 1, por consiguiente se identifica qué error es mayor entre el error de medición de corriente y el error de medición de tensión.

45 Es decir, la corriente se puede expresar como el valor que dividió la tensión por la resistencia en la Ecuación 1 y la tensión se puede expresar como el producto de la corriente y la resistencia.

En este caso, dado que la resistencia significa la impedancia de línea, en la realización de la presente invención, el valor de potencia eléctrica se puede calcular usando uno cualquiera del valor de corriente medido y el valor de tensión medido, sin usar ambos de ellos.

[Ecuación 2]

50  $P_2 = I_1 \times I_1 \times Z_1 \times t,$

donde  $P_2$  es un valor de potencia eléctrica,  $I_1$  es un valor de corriente medido por el sensor de corriente del grupo de sensores,  $Z_1$  es una impedancia de línea ocurrida en la condición de operación correspondiente y  $t$  es un tiempo de transmisión de potencia eléctrica o de recepción de potencia eléctrica.

5 Es decir, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 puede calcular el valor de potencia eléctrica usando la Ecuación 2, de manera diferente de la Ecuación 1.

Respecto al valor de potencia eléctrica calculado según la Ecuación 2, no se ha usado el valor de tensión medido a través del sensor de tensión del grupo de sensores, sino que solamente se ha usado el valor de corriente medido a través del sensor de corriente y la impedancia de línea.

[Ecuación 3]

10  $P_3 = V_1 \times V_1 / Z_1 \times t,$

donde  $P_3$  es un valor de potencia eléctrica,  $V_1$  es un valor de tensión medido a través del sensor de tensión del grupo de sensores,  $Z_1$  es una impedancia de línea ocurrida en la condición de operación correspondiente y  $t$  es un tiempo de transmisión de potencia eléctrica o de recepción de potencia eléctrica.

15 También, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 puede calcular el valor de potencia eléctrica usando la Ecuación 3, de manera diferente de las Ecuaciones 1 y 2.

Con respecto al valor de potencia eléctrica calculado según la Ecuación 3, no se ha usado el valor de corriente medido a través del sensor de corriente del grupo de sensores, sino que solamente se ha usado el valor de tensión medido a través del sensor de tensión y la impedancia de línea.

20 A condición que el valor de potencia eléctrica calculado según la Ecuación 1 sea un primer valor de potencia eléctrica, el valor de potencia eléctrica calculado según la Ecuación 2 es un segundo valor de potencia eléctrica, y el valor de potencia eléctrica calculado según la Ecuación 3 es un tercer valor de potencia eléctrica, el primer al tercer valores de potencia eléctrica serán diferentes entre sí.

25 Esto es debido a que el error de medición del valor de corriente medido a través del sensor de corriente del grupo de sensores es diferente del error de medición del valor de tensión medido a través del sensor de tensión en la magnitud.

Por consiguiente, los dos valores de potencia eléctrica entre el primer al tercer valores de potencia eléctrica no son muy diferentes entre sí en la magnitud, y el otro valor de potencia eléctrica, excepto los dos valores de potencia eléctrica, es muy diferente de los dos valores de potencia eléctrica.

30 En otras palabras, en el caso donde están presentes el error de medición del valor de corriente y el error de medición del valor de tensión, respectivamente y el error de medición del valor de corriente sea mayor que el error de medición del valor de tensión, el segundo valor de potencia eléctrica calculado principalmente usando el valor de corriente con el mayor error de medición se representa que es muy diferente del primer y el tercer valores de potencia eléctrica.

35 Por otra parte, en el caso donde el error de medición del valor de tensión sea mayor que el error de medición del valor de corriente, el tercer valor de potencia eléctrica calculado principalmente usando el valor de tensión con el mayor error de medición se representa que es muy diferente del primer y el segundo valores de potencia eléctrica.

40 Por consiguiente, si se determina que el error de medición del valor de tensión es mayor que el error de medición del valor de corriente, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina el valor resultante de la Ecuación 2, calculando el valor de potencia eléctrica usando principalmente no el valor de tensión sino el valor de corriente, como el valor de potencia eléctrica real de la estación de conversión de potencia eléctrica correspondiente.

45 También, por el contrario, si se determina que el error de medición del valor de corriente es mayor que el error de medición del valor de tensión, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina el valor resultante de la Ecuación 3 calculando el valor de potencia eléctrica principalmente usando no el valor de corriente, sino el valor de tensión, como el valor de potencia eléctrica real de la estación de conversión de potencia eléctrica correspondiente.

También, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica un nivel de error para uno específico de los valores medidos anteriormente y, de este modo, genera una señal que solicita un cambio del sensor que ha medido el valor medido correspondiente o una corrección del valor medido.

50 También, si el nivel de error del valor medido específico está fuera de un intervalo de referencia, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 ignora el valor medido correspondiente y calcula un valor de potencia eléctrica usando otros valores medidos.

Es decir, en la realización de la presente invención, dado que el error de medición de tensión y el error de medición de corriente son diferentes, los métodos de cálculo de la Ecuación 2 y la Ecuación 3 pueden verificar mejor una causa de los errores en el cambio de operación de tensión y corriente que la Ecuación 1 y, en base a eso, puede reducir consecuentemente la pérdida de potencia eléctrica (pérdida que es debida a los errores de medición).

5 Es decir, si una pérdida de potencia eléctrica debida a errores de medición se debe en gran medida a errores de la corriente, el valor de potencia eléctrica real se puede corregir por el valor de potencia eléctrica calculado en base al valor de tensión medido y si una pérdida de potencia eléctrica debida a los errores de medición se debe en gran medida a los errores de la tensión, el valor de potencia eléctrica real se puede corregir por el valor de potencia eléctrica calculado en base al valor de corriente medido.

10 También, en la realización de la presente invención, dado que los métodos anteriores se usan comúnmente en la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica y en la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica, se puede corregir una pérdida debida a los errores de medición, por lo que se puede minimizar la pérdida de potencia eléctrica en la medición.

15 También, como se ha descrito anteriormente, se puede comparar la tendencia en los errores de medición del valor de corriente y del valor de tensión medidos en la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica y en la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica, por lo que se puede corregir la potencia eléctrica de una de la estación de conversión de transmisión de potencia eléctrica y la estación de conversión de recepción de potencia eléctrica, que tiene una frecuencia de aparición de error más alta.

20 También, dado que el sensor de corriente y el sensor de tensión realmente tienen márgenes de errores, la pérdida de potencia eléctrica se puede calcular mientras que se corrige o se ignora el valor medido fuera del margen de errores.

Las FIG. 15 a 16 son diagramas de flujo que ilustran los pasos de un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema HVDC según una realización de la presente invención.

25 Primero de todo, con referencia a la FIG. 15, el grupo de sensores está instalado en posiciones específicas del sistema HDVC y mide los valores de tensión y los valores de corriente en la posición correspondiente (Paso 110).

A continuación, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el primer valor de potencia eléctrica sustituyendo el valor de tensión medido y el valor de corriente medido para la Ecuación 1 (Paso 120).

30 También, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el segundo valor de potencia eléctrica sustituyendo el valor de corriente medido y la impedancia de línea entre el sensor de corriente y el sensor de tensión del grupo de sensores correspondiente para la Ecuación 2 (Paso 130).

En este caso, dado que la impedancia de línea tiene un valor diferente dependiendo de un modo de operación, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica el modo de operación actual e identifica la impedancia de línea del grupo de sensores según el modo de operación identificado.

35 Y, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el segundo valor de potencia eléctrica en base a la impedancia de línea identificada y el valor de corriente medido.

También, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 calcula el tercer valor de potencia eléctrica sustituyendo el valor de tensión y la impedancia de línea medidos para la Ecuación 3 (Paso 140).

40 A continuación, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 compara entre sí el primer al tercer valores de potencia eléctrica calculados e identifica el valor medido con el error de medición más pequeño entre el valor de corriente medido y el valor de tensión medido (Paso 150).

45 Es decir, uno específico del primer al tercer valores de potencia se representa que es muy diferente de los otros dos valores de potencia eléctrica. Esto es debido a que el valor de potencia eléctrica se calcula en base al valor medido específico con el mayor error de medición entre el valor de corriente y el valor de tensión. Es decir, uno del segundo valor de potencia eléctrica y del tercer valor de potencia eléctrica es muy diferente de los otros dos valores de potencia eléctrica.

Por consiguiente, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina el valor de potencia eléctrica calculado en base al valor medido con el error de medición más pequeño entre el segundo valor de potencia eléctrica y el tercer valor de potencia eléctrica como valor de potencia eléctrica final (Paso 160).

50 Es decir, en el caso donde el segundo valor de potencia eléctrica sea muy diferente del primer y el tercer valores de potencia eléctrica, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica que el error de medición del valor de corriente es mayor que el error de medición del valor de tensión medido y, por lo tanto, determina el tercer valor de potencia eléctrica calculado en base al valor de tensión con el error de medición más pequeño como el valor de potencia eléctrica final.

- 5 Por otra parte, en el caso donde el tercer valor de potencia eléctrica sea muy diferente del primer y del segundo valores de potencia eléctrica, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica que el error de medición del valor de tensión es mayor que el error de medición del valor de corriente medido y, por lo tanto, determina el segundo valor de potencia eléctrica calculado en base al valor de corriente con el error de medición más pequeño como el valor de potencia eléctrica final.
- De aquí en adelante, los pasos del proceso de identificación de un nivel del error de medición se describirán con más detalle.
- 10 Con referencia a la FIG. 16, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 compara el primer al tercer valores de potencia eléctrica calculados como anteriormente e identifica un valor de potencia eléctrica específico que es muy diferente de los otros dos valores de potencia eléctrica (Paso 210).
- Y, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 identifica un valor medido usado para calcular el valor de potencia eléctrica específico identificado (Paso 220).
- Como resultado de la identificación, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina si el valor medido es el valor de corriente (Paso 230).
- 15 Y, si el valor medido es el valor de corriente, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina que el error de medición del valor de corriente medido es mayor que el error de medición del valor de tensión (Paso 240).
- También, si el valor medido no es el valor de corriente sino el valor de tensión, la parte de corrección del valor de potencia eléctrica 320 determina que el error de medición del valor de tensión medido es mayor que el error de medición del valor de corriente (paso 250).
- 20 Según la realización de la presente invención, dado que la potencia eléctrica se calcula en base a diversos planteamientos, se comparan los cambios en los errores de medición de la tensión y de la corriente, y, por consiguiente, la pérdida de potencia eléctrica se calcula usando un valor medido con un error pequeño, por lo que se puede minimizar la pérdida de potencia eléctrica debida a errores de medición de tensión y de corriente en el sistema HVDC.
- 25 También, según la realización de la presente invención, dado que se corrigen los errores de pérdida de potencia eléctrica en la estación de conversión de potencia eléctrica debido a los errores de medición de la tensión y la corriente, se mejora la eficiencia del sistema HDVC, por lo que se pueden mejorar la precisión de la medición de potencia eléctrica y la fiabilidad de las operaciones.
- 30 Las realizaciones y ventajas precedentes son meramente ejemplares y no han de ser consideradas como que limitan la presente descripción. Las presentes enseñanzas se pueden aplicar fácilmente a otros tipos de aparatos. Esta descripción se pretende que sea ilustrativa, y no que limite el alcance de las reivindicaciones. Muchas alternativas, modificaciones y variaciones serán evidentes para los expertos en la técnica. Las características, estructuras, métodos y otras características de las realizaciones ejemplares descritas en la presente memoria se pueden combinar de varias formas para obtener realizaciones ejemplares adicionales y/o alternativas.
- 35 En la medida que las presentes características se pueden incorporar en varias formas sin apartarse de las características de las mismas, también se debería entender que las realizaciones descritas anteriormente no están limitadas por ninguno de los detalles de la descripción precedente, a menos que se especifique de otro modo, sino que más bien se deberían considerar de manera amplia dentro de su alcance como se define en las reivindicaciones adjuntas y por lo tanto todos los cambios y las modificaciones que caen dentro de las medida y límites de las
- 40 reivindicaciones, o equivalentes de tales medidas y límites, por lo tanto, se pretende que estén abarcados por las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para medir un valor de potencia eléctrica en un sistema DC de alta tensión, caracterizado por que el método comprende los pasos de:
- 5 recibir un valor de corriente y un valor de tensión, que se miden desde un grupo de sensores (310) instalados en una posición específica de una estación de conversión de potencia eléctrica;
- identificar una impedancia de línea de la posición donde está instalado el grupo de sensores (310);
- calcular (S120) un primer valor de potencia eléctrica de la estación de conversión de potencia eléctrica usando el valor de corriente y el valor de tensión;
- 10 calcular (S130) un segundo valor de potencia eléctrica de la estación de conversión de potencia eléctrica usando el valor de corriente y la impedancia de línea;
- calcular (S140) un tercer valor de potencia eléctrica de la estación de conversión de potencia eléctrica usando el valor de tensión y la impedancia de línea; y
- 15 determinar (S150) uno cualquiera del segundo y tercer valores de potencia eléctrica como un valor de potencia eléctrica real de la estación de conversión de potencia eléctrica comparando entre sí el primer valor de potencia eléctrica, el segundo valor de potencia eléctrica y el tercer valor de potencia eléctrica calculados.
2. El método según la reivindicación 1, en donde el grupo de sensores (310) comprende
- un sensor de corriente que mide una corriente de la posición específica; y
- un sensor de tensión que mide una tensión de la posición específica.
3. El método según la reivindicación 1, en donde la impedancia de línea comprende una impedancia de una línea que conecta el sensor de corriente con el sensor de tensión.
- 20 4. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que comprende además un paso de determinación de si una condición de operación de la estación de conversión de potencia eléctrica es una condición de operación de transmisión de potencia eléctrica o una condición de operación de recepción de potencia eléctrica,
- 25 en donde el paso de identificación de una impedancia de línea de la posición donde se instala el grupo de sensores comprende un paso de identificación de una impedancia de línea correspondiente a la condición de operación identificada.

FIG. 1

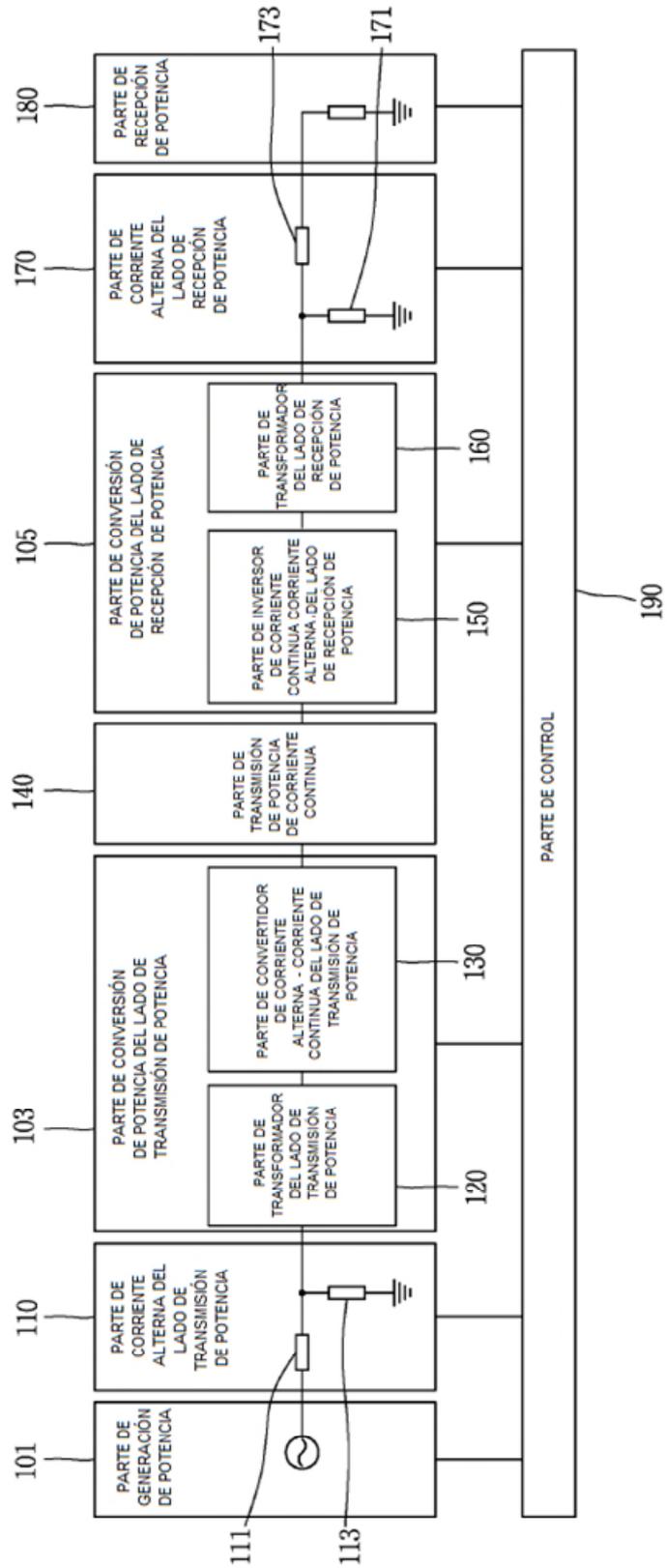


FIG. 2

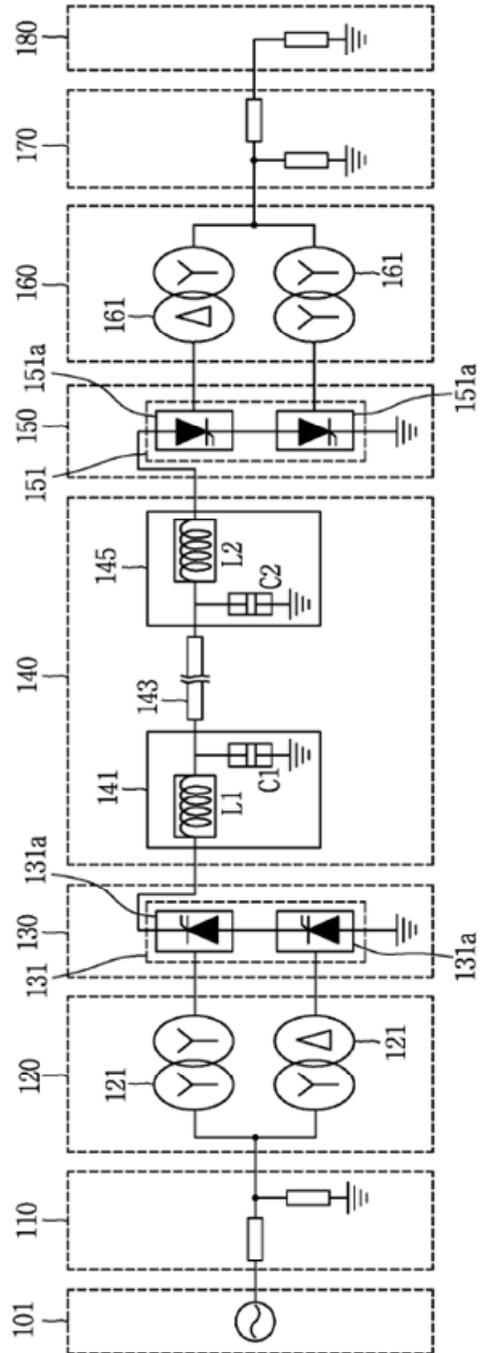


FIG. 3

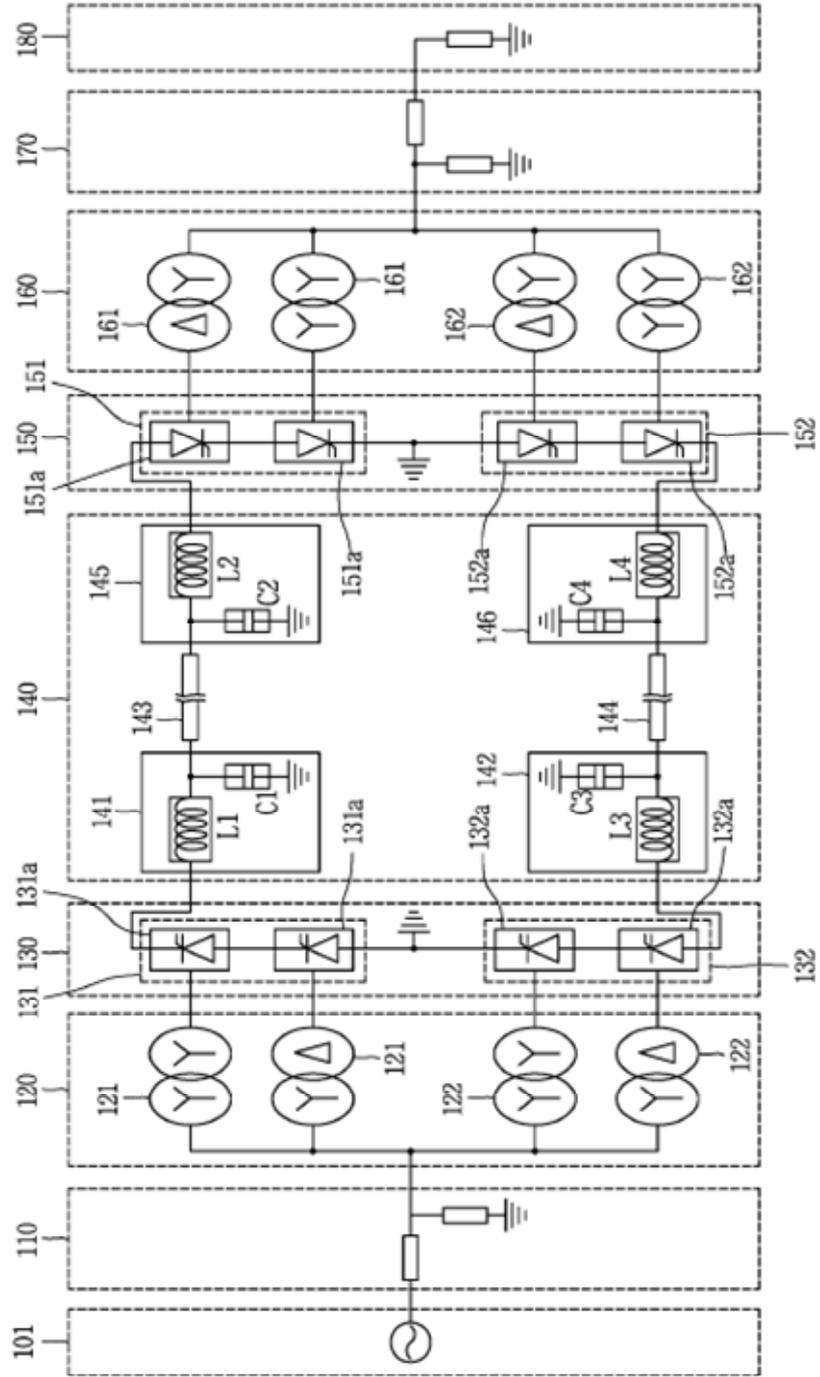
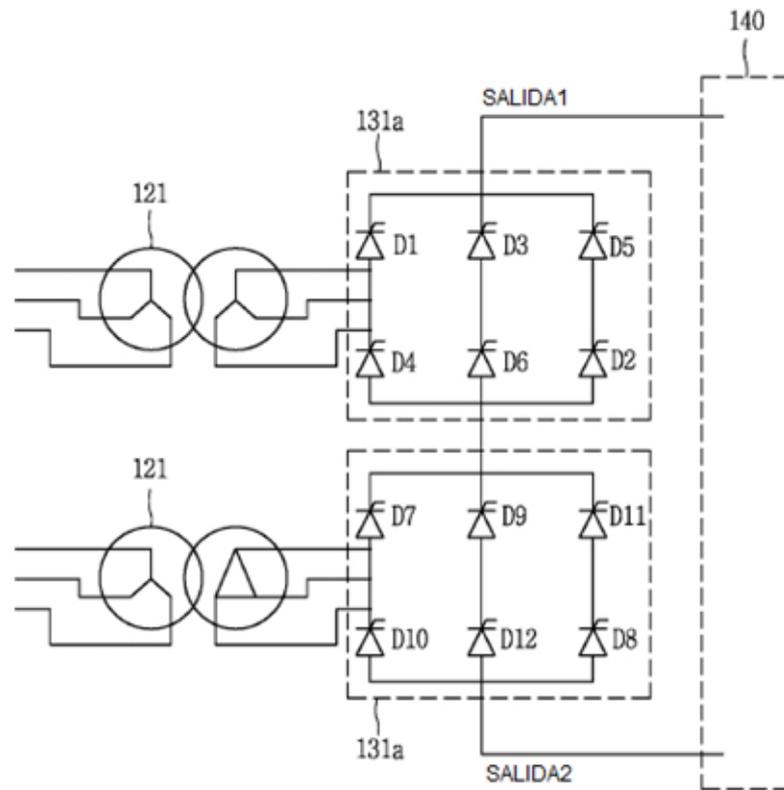


FIG. 4



**FIG. 5**

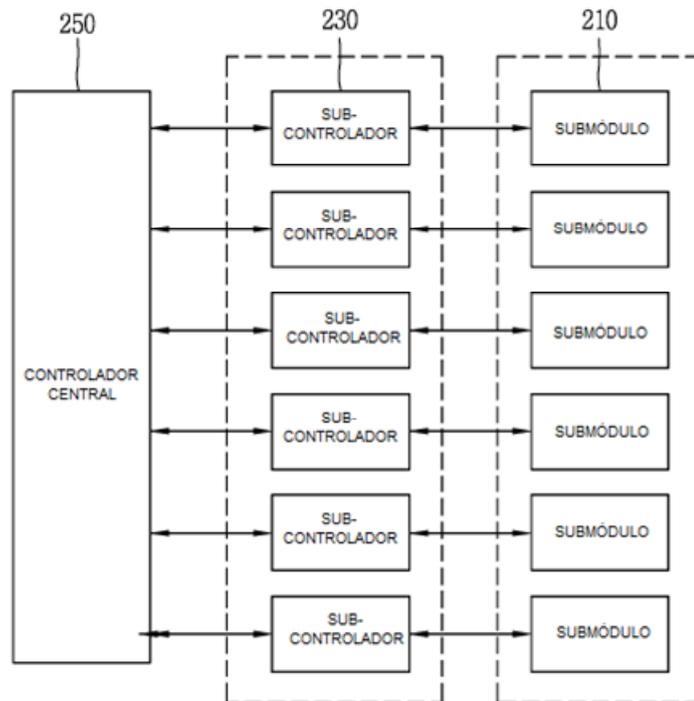


FIG. 6

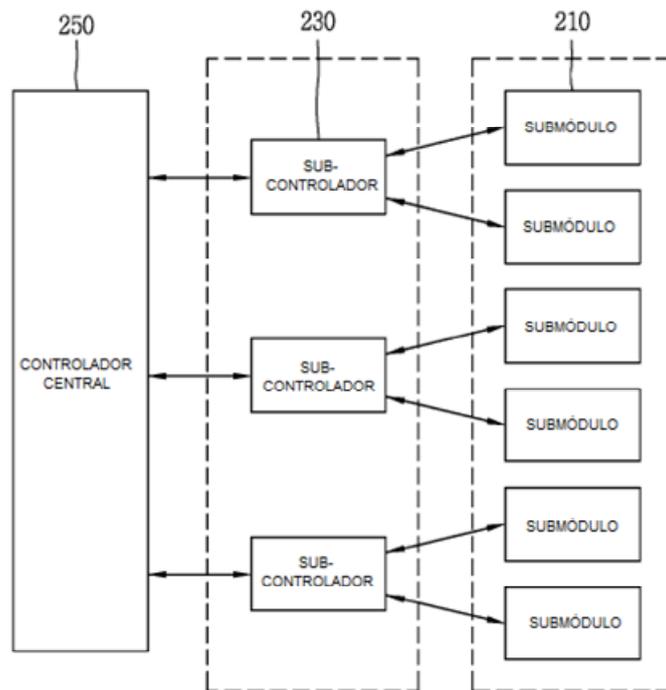
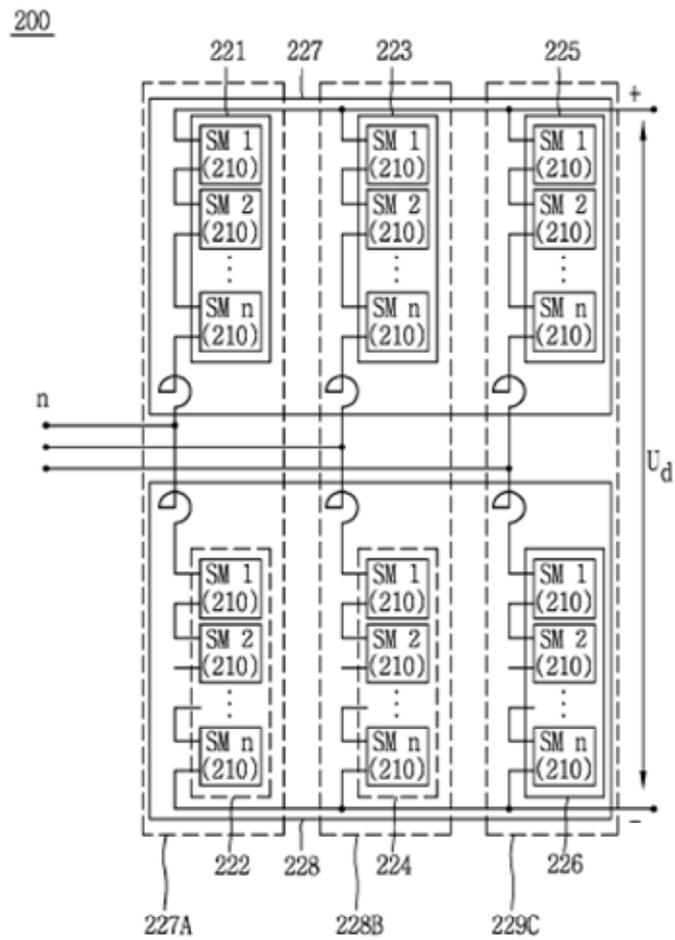
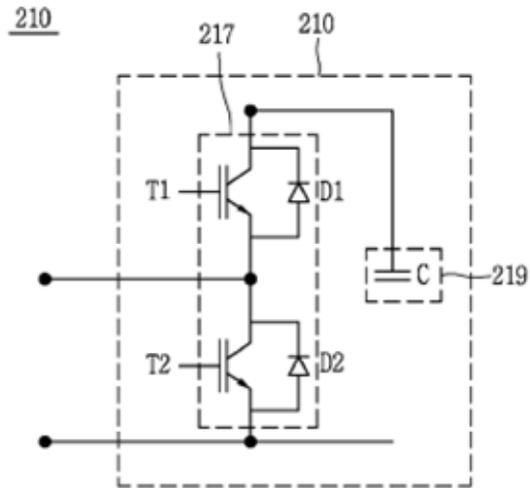


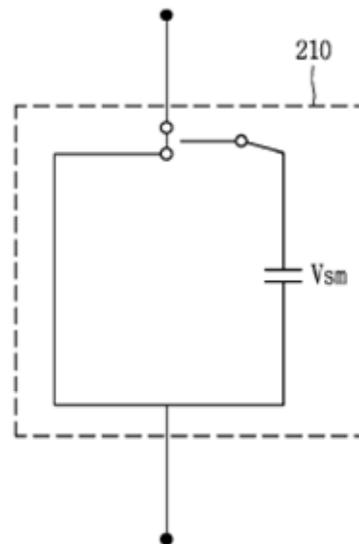
FIG. 7



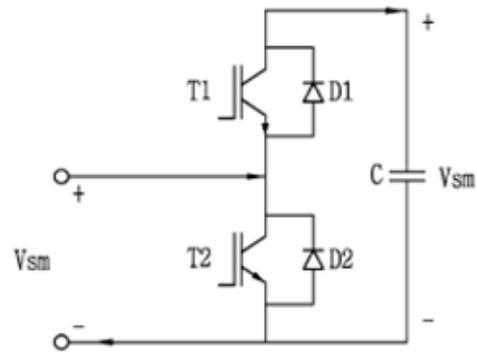
**FIG. 8**



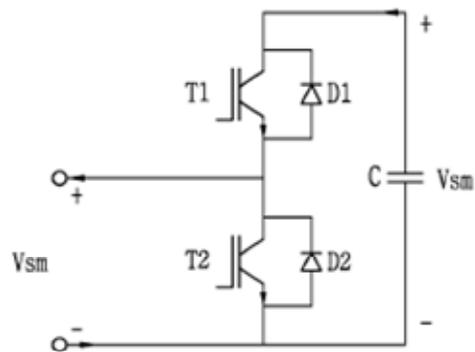
**FIG. 9**



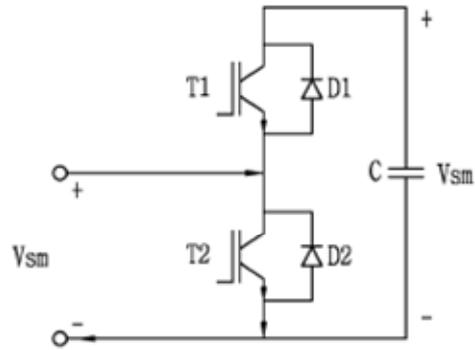
**FIG. 10**



**FIG. 11**



**FIG. 12**



**FIG. 13**

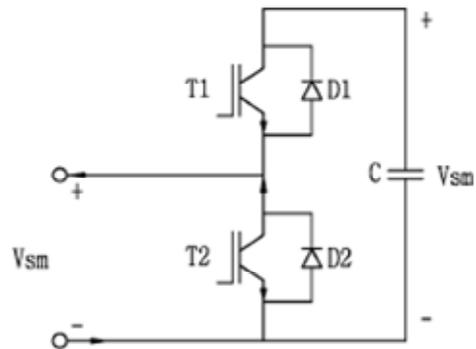


FIG. 14

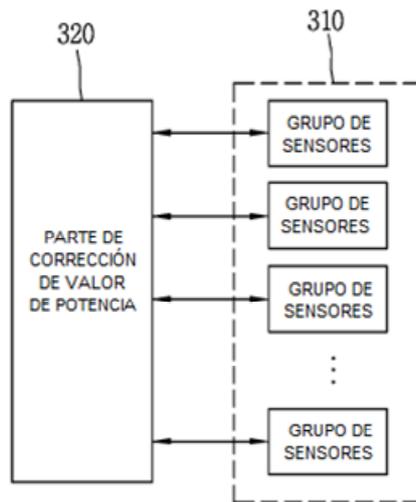


FIG. 15

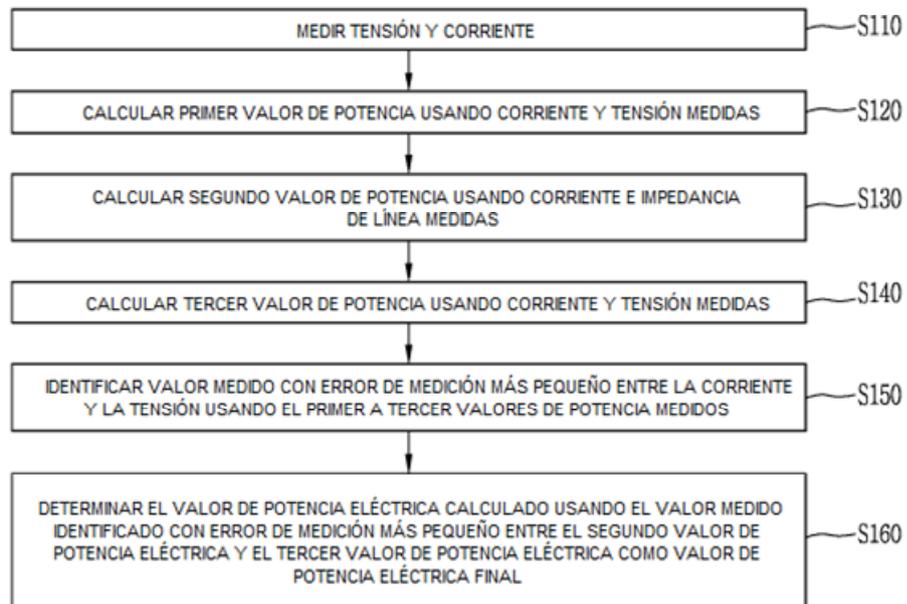


FIG. 16

