

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 988 522**

51 Int. Cl.:

H01F 27/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.09.2019** **E 19198461 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2024** **EP 3706149**

54 Título: **Transformador de aislamiento reforzado y método de diseño del mismo**

30 Prioridad:

07.03.2019 KR 20190026117

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

20.11.2024

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**LIM, DEOK YOUNG y
YANG, CHUN SUK**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 988 522 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

Transformador de aislamiento reforzado y método de diseño del mismo

Referencia cruzada a la solicitud relacionada

5 Esta solicitud reivindica la prioridad y el beneficio de la Solicitud de Patente Coreana Nº 10-2019-0026117, presentada el 7 de marzo de 2019.

Campo de la invención

10 La presente descripción se refiere a un transformador de aislamiento reforzado y a un método de diseño del mismo y, más en particular, a un transformador capaz de implementar una estructura de aislamiento reforzado entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria con un volumen mínimo, y a un método de diseño del mismo.

Antecedentes de la invención

15 Diversos dispositivos o aparatos electrónicos requieren diversos tipos de potencia. Por consiguiente, cada uno de los dispositivos o aparatos electrónicos está dotado con una alimentación eléctrica que convierte la potencia de corriente alterna (AC) suministrada desde el exterior en potencia requerida por el dispositivo o aparato electrónico correspondiente.

Ejemplos de tal alimentación eléctrica incluyen un método de regulador en serie y un método de modo de conmutación.

20 El método de regulador en serie es un método de conversión de potencia de AC usando un transformador y se usa principalmente para un receptor de TV, un monitor de tubo de rayos catódicos (CRT) y similares. Tal método de regulador en serie tiene un circuito periférico simple y es económico, pero tiene la desventaja de que se genera una gran transacción de calor, la eficiencia energética es baja y el volumen del mismo es grande.

25 El método de modo de conmutación es un método de conversión de potencia de AC que usa un elemento de conmutación y tiene la ventaja de que se genera poco calor, la eficiencia energética es alta y el volumen del mismo es pequeño en comparación con el método de regulador en serie. Se hace referencia típicamente a una alimentación eléctrica de tal método de modo de conmutación como alimentación eléctrica de modo de conmutación (SMPS). En particular, la SMPS es de alta eficiencia, duradera y ventajosa en miniaturización y siendo de peso ligero, y de este modo se usa como alimentación eléctrica para la mayoría de dispositivos electrónicos, equipos y sistemas para comunicaciones, propósitos industriales, ordenadores personales (PC), equipos de automatización de oficinas (OA) y electrodomésticos.

30 La SMPS está dotada básicamente con un transformador. En este caso, el transformador para una SMPS incluye un núcleo que es un cuerpo magnético, una bobina que es un marco para aislar y enrollar, y devanados primario y secundario que están enrollados en la bobina y transfieren potencia primaria y potencia secundaria, respectivamente. Por consiguiente, la SMPS puede convertir potencia usando el fenómeno de inducción electromagnética que se genera en los devanados primario y secundario.

35 Mientras tanto, un inversor es un dispositivo para convertir corriente continua (DC) en AC y genera un voltaje de AC conmutando un voltaje de DC usando un elemento de conmutación, que se enciende/apaga según una señal de modulación por ancho de pulso (PWM), y emite el voltaje de AC generado a las cargas. La SMPS se proporciona para suministrar potencia a un controlador y otros dispositivos periféricos del inversor. Es decir, en el inversor, la potencia de bajo voltaje generada por la SMPS se procesa y se usa con el propósito de operación, protección y control.

40 En la SMPS del inversor, cada fuente de potencia (o cada devanado) está aislada eléctricamente una de otra (a lo que se hace referencia de aquí en adelante como "aislamiento"). En este caso, entre fuentes de potencia (por ejemplo, entre fuentes de potencia primaria, entre las fuentes de potencia secundaria o entre la fuente de potencia primaria y la fuente de potencia secundaria), se determina una clase de aislamiento de la fuente de potencia según la posición de uso de cada fuente de potencia. En este caso, la clase de aislamiento es un criterio de aislamiento para seguridad y se puede clasificar en tres tipos de aislamiento funcional, aislamiento básico y aislamiento reforzado.

45 En particular, cuando la fuente de potencia secundaria es una fuente de potencia situada externamente (por ejemplo, una fuente de potencia de I/O) que puede estar en contacto directo con un usuario, se debería implementar necesariamente el aislamiento reforzado. No obstante, el método convencional para implementar el aislamiento reforzado propone meramente aumentar simplemente una distancia de aislamiento entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria. Por consiguiente, cuando se aplica el método convencional, existe el problema de que el volumen de un transformador para una SMPS de inversor aumenta debido a un aumento de la distancia de aislamiento.

El documento EP 0 944 099 A1 se refiere a un hilo aislado multicapa y a un transformador que usa el hilo aislado multicapa. El hilo aislado multicapa se aplica a un transformador en el que se enrollan alternativamente un devanado primario y un devanado secundario. El transformador usa el hilo aislado que tiene capas aislantes extruidas de tres capas. El transformador comprende barreras de aislamiento para asegurar una distancia de deslizamiento, un devanado primario entre las barreras aislantes, una cinta aislante y un devanado secundario.

Compendio de la invención

La presente descripción está dirigida a proporcionar un transformador capaz de implementar una estructura de aislamiento reforzada entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria con un volumen mínimo, y un método de diseño del mismo.

No obstante, los objetivos a ser alcanzados por las reivindicaciones de la presente descripción no se limitan al objetivo descrito anteriormente, y otros objetivos, que no se describieron anteriormente, se pueden entender claramente por los expertos en la técnica a través de la siguiente especificación.

Según un aspecto de la presente descripción, se proporciona una alimentación eléctrica según la reivindicación 1.

Según otro aspecto de la presente descripción, se proporciona un método de diseño de un dispositivo de alimentación eléctrica según la reivindicación 5.

Breve descripción de los dibujos

Los anteriores y otros objetos, características y ventajas de la presente descripción llegarán a ser más evidentes para aquellos con conocimientos ordinarios en la técnica describiendo realizaciones ejemplares de la misma en detalle con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la FIG. 1 ilustra un diagrama de configuración de bloques de una alimentación eléctrica de modo de conmutación (SMPS) general;

la FIG. 2 ilustra una vista frontal de un transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción;

la FIG. 3 ilustra una vista en un caso en el que se elimina una capa de aislamiento de superficie en la FIG. 2;

la FIG. 4 ilustra una vista en perspectiva del transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción;

la FIG. 5 ilustra una configuración del transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción, que se ilustra con referencia a la FIG. 4;

la FIG. 6 ilustra un ejemplo de un núcleo (100), un devanado primario (310), un devanado secundario (320) y una capa de aislamiento (400);

la FIG. 7 ilustra una parte de una sección transversal de la FIG. 5;

la FIG. 8 ilustra un estado en el que las partes de salida (311 y 321) están conectadas a clavijas (500) en un transformador convencional;

la FIG. 9 ilustra un estado en el que las partes de salida (311 y 321) están conectadas a clavijas (500) en el transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción; y

la FIG. 10 ilustra un diagrama de flujo de un método de diseño del transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción.

Descripción detallada de la invención

Los objetos y medios descritos anteriormente de la presente descripción y los efectos asociados con los mismos llegarán a ser más evidentes a través de la siguiente descripción detallada junto con los dibujos que se acompañan. Por consiguiente, los expertos en la técnica a la que pertenece la presente descripción pueden implementar fácilmente el espíritu técnico de la presente descripción. Además, cuando se determine que las descripciones detalladas de funciones bien conocidas relacionadas oscurecen innecesariamente la esencia de la presente descripción durante la descripción de la presente divulgación, se omitirán las descripciones detalladas.

Los términos usados en la presente memoria tienen el propósito de describir realizaciones solamente y no se pretende que limiten la presente descripción. En la presente especificación, las formas singulares "un", "una", "el" y "la" se pretende que incluyan también las formas plurales en algunos casos, a menos que el contexto indique claramente lo contrario. En la presente especificación, términos tales como "comprende", "que comprende", "incluye", "que incluye", "tiene" y/o "que tiene" no excluyen la presencia o adición de uno o más de otros componentes distintos de los componentes mencionados.

En la presente especificación, términos tales como “o”, “al menos uno” y similares pueden representar una de las palabras enumeradas juntas o pueden representar una combinación de dos o más. Por ejemplo, “A o B” y “al menos uno de A y B” pueden incluir solamente uno de A o B, y pueden incluir tanto A como B.

5 En la presente especificación, las descripciones que siguen a “por ejemplo” pueden no coincidir exactamente con la información presentada, tal como las características, variables o valores citados, y las realizaciones de la descripción según diversas realizaciones de la presente descripción no se deberían limitar por efectos tales como modificaciones que incluyen límites de tolerancias, errores de medición y precisión de medición, y otros factores conocidos comúnmente.

10 En la presente especificación, cuando se describe que un componente está “conectado” o “unido” a otro componente, se debería entender que el componente puede estar conectado o unido directamente a otro componente, pero un componente adicional puede estar presente entre los mismos. No obstante, cuando se describe un componente como que está “conectado directamente” o “acoplado directamente” a otro componente, se debería entender que el componente adicional puede estar ausente entre el componente y otro componente.

15 En la presente especificación, cuando un componente se describe como que está “sobre” o “mirando a” otro componente, se debería entender que el componente puede estar directamente en contacto con o conectado a otro componente, pero un componente adicional puede estar presente entre el componente y otro componente. No obstante, cuando se describe un componente como que está “directamente sobre” o “en contacto directo con” otro componente, se debería entender que no hay ningún componente adicional entre el componente y otro componente. Otras expresiones que describen la relación entre componentes, tales como “entre ~”, “directamente entre ~” y similares, se deberían interpretar de la misma forma.

20 En la presente especificación, términos tales como “primero” y “segundo” se pueden usar para describir diversos componentes, pero los componentes no se deberían limitar por los términos anteriores. Además, los términos anteriores no se deberían interpretar como limitantes del orden de cada componente, sino que se pueden usar con el propósito de distinguir un componente de otro. Por ejemplo, un “primer elemento” se podría denominar “segundo elemento” y, de manera similar, un “segundo elemento” también se podría denominar “primer elemento”.

A menos que se defina de otro modo, todos los términos usados en la presente memoria se pueden usar en un sentido comúnmente entendido por los expertos en la técnica a la que pertenece la presente descripción. Además, se debería entender que términos, tales como los definidos en diccionarios usados comúnmente, no se interpretarán en un sentido idealizado o excesivamente formal a menos que así se definan expresamente en la presente memoria.

30 De aquí en adelante, se describirá en detalle una realización ejemplar de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

La FIG. 1 ilustra un diagrama de configuración de bloques de una alimentación eléctrica de modo conmutado (SMPS) general.

35 La SMPS es un dispositivo que convierte la potencia de corriente alterna (AC) usando un elemento de conmutación y, como se muestra en la FIG. 1, puede incluir un filtro de ruido 10, un circuito de filtrado de rectificación de entrada 20, un convertidor 30, un circuito de control 40 y un circuito de filtrado de rectificación de salida 50. No obstante, la FIG. 1 es un ejemplo de una configuración de una SMPS y no se limita a una SMPS para un inversor.

40 El filtro de ruido 10 es un componente que elimina el ruido de una potencia de AC P1 que se introduce a través de un terminal de entrada. Es decir, el filtro de ruido 10 puede evitar que el ruido en el terminal de entrada dañe los elementos del circuito interno y puede minimizar un fenómeno en el que una corriente ha fluctuado irregularmente. No obstante, el filtro de ruido 10 es un componente para una función auxiliar, tal como evitar que el ruido de potencia generado en la SMPS fluya hacia un sistema de entrada y, de este modo, puede no ser un componente esencial de la SMPS para un inversor.

45 El circuito de filtrado de rectificación de entrada 20 es un componente que realiza funciones de rectificación y filtrado de la potencia de entrada y puede incluir un circuito de rectificación de entrada y un circuito de filtrado de entrada. En este caso, el circuito de rectificación de entrada puede generar una potencia rectificada P2 convirtiendo la potencia de AC que ha pasado a través del filtro de ruido 10 o similar. Por ejemplo, el circuito de rectificación de entrada puede incluir un circuito de puente de diodos o similar, pero la presente descripción no se limita al mismo. Además, el circuito de filtrado de entrada puede generar una potencia filtrada P3 convirtiendo la potencia rectificada P2 que tiene una corriente de ondulación que ha pasado a través del circuito de rectificación de entrada. Es decir, el circuito de filtrado de entrada puede hacer que se emita algún voltaje constante reduciendo un voltaje alto y elevando un voltaje bajo. Por ejemplo, el circuito de filtrado de entrada puede incluir un condensador o un inductor, pero la presente descripción no se limita a ello.

50 El convertidor 30 es un componente que convierte la potencia filtrada P3 en una potencia P4 de una magnitud deseada. Es decir, el convertidor 30 puede ajustar la magnitud de la potencia de corriente continua (DC) de salida final según un tiempo de encendido/apagado del elemento de conmutación. Por ejemplo, el elemento de conmutación puede estar formado por transistores tales como un tiristor desactivado por puerta (GTO), un transistor

de unión bipolar (BJT), un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT), un transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido metálico (MOSFET), o similar, pero la presente descripción no se limita a los mismos.

5 En particular, el convertidor 30 es la pieza principal responsable de la conversión de potencia y se puede clasificar en muchos tipos de convertidores según la magnitud de una relación de cambio de entrada/salida y una configuración de circuito. Por ejemplo, el convertidor 30 se puede dividir principalmente en un tipo no aislado y un tipo aislado dependiendo de la presencia o ausencia de un transformador de alta frecuencia. En este caso, el tipo no aislado puede incluir un tipo reductor, un tipo elevador, un tipo reductor-elevador, un tipo C'uk y similares, y el tipo aislado puede incluir un tipo de transferencia inversa, un tipo directo, un tipo de puente completo, un tipo de medio puente y similares, pero la presente descripción no se limita a los mismos.

10 El circuito de control 40 es un componente que controla el convertidor 30. Es decir, el circuito de control 40 puede controlar el tiempo de encendido/apagado del elemento de conmutación. Por ejemplo, se puede usar un método de modulación por ancho de pulso (PWM) o un método de modulación por frecuencia de pulso (PFM) como el método de control, pero la presente descripción no se limita a ello. Además, el circuito de control 40 puede ser un circuito de control de realimentación para estabilizar el voltaje de DC de salida final o puede incluir además el circuito de control de realimentación.

15 El circuito de filtrado de rectificación de salida 50 es un componente que realiza las funciones de rectificación y filtrado sobre la potencia P4, que se convierte por el convertidor 30, para generar la potencia final y puede incluir un circuito de rectificación de salida y un circuito de filtrado de salida. Es decir, el circuito de rectificación de salida puede realizar además una función de rectificación sobre la potencia que se convierte por el convertidor 30. Por ejemplo, el circuito de rectificación de salida puede incluir un diodo o similar, pero la presente descripción no se limita a ello. Además, el circuito de filtrado de salida puede generar una potencia final filtrada P5 convirtiendo la potencia que ha pasado a través del circuito de rectificación de salida. Es decir, el circuito de filtrado de salida puede hacer que se emita algún voltaje constante reduciendo un voltaje alto y elevando un voltaje bajo. Por ejemplo, el circuito de filtrado de salida puede incluir un condensador o un inductor, pero la presente descripción no se limita a ello.

Las FIGS. 2 y 4 ilustran una vista frontal y una vista en perspectiva de un transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción, respectivamente, y la FIG. 3 ilustra una vista en un caso en el que se elimina una capa de aislamiento superficial 400' en la FIG. 2.

30 El transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción usa un fenómeno de inducción electromagnética para emitir potencia secundaria en la que se reduce la magnitud de potencia primaria. Por ejemplo, el transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción es un componente que se incluye en una SMPS, especialmente una SMPS para un inversor, y se puede proporcionar entre el circuito de filtrado de rectificación de entrada 20 y el convertidor 30, o entre el convertidor 30 y el circuito de filtrado de rectificación de salida 50.

35 Es decir, el transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción recibe una potencia filtrada P3 como potencia primaria y emite potencia secundaria, en la que la magnitud de la potencia primaria se reduce según un fenómeno de inducción electromagnética, para transmitir la potencia secundaria al convertidor 30. Además, el transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción recibe una potencia P4, que se convierte por el convertidor 30, como potencia primaria, y emite potencia secundaria, en la que la magnitud de la potencia primaria se reduce según un fenómeno de inducción electromagnética, para transmitir la potencia secundaria al circuito de filtrado de rectificación de salida 50. No obstante, la presente descripción no se limita a ser usada solamente como una configuración de conversión de potencia de la SMPS descrita anteriormente y también se puede usar como una configuración de conversión de potencia de otros diversos dispositivos y aparatos electrónicos.

45 La FIG. 5 ilustra una configuración del transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción, que se ilustra con referencia a la FIG. 4, y la FIG. 6 ilustra un ejemplo de un núcleo 100, un devanado primario 310, un devanado secundario 320 y una capa de aislamiento 400. Además, la FIG. 7 ilustra una parte de una sección transversal de la FIG. 5. Es decir, la FIG. 7 ilustra una parte de una superficie de corte entre A y A' vista desde la dirección B en la FIG. 5.

50 Haciendo referencia a las FIGS. 5 a 7, el transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción puede incluir un núcleo 100, una bobina 200, un devanado 300, una capa de aislamiento 400, clavijas 500 y barreras 600.

55 El núcleo 100 es un componente que incluye un material magnético y puede estar centrado cuando se enrolla el devanado 300. Es decir, el núcleo 100 puede ser un componente para filtrar la transferencia de energía desde un lado primario hasta un lado secundario.

La bobina 200 es un componente para soportar o alojar los componentes restantes de la presente descripción, tales como el núcleo 100, el devanado 300, la capa de aislamiento 400 y la clavija 500. En este caso, la bobina 200 puede incluir una parte de clavija 210, una parte central 220 y una parte superior 230. Es decir, la parte de clavija 210 es

una parte que soporta la clavija 500. La parte central 220 es una parte que soporta el núcleo 100, el devanado 300, la capa de aislamiento 400, las barreras 600 y similares, y corresponde a una parte de una pieza hueca en la que se asientan el núcleo 100, el devanado 300, la capa de aislamiento 400, la barrera 600 y similares. Además, la parte superior 230 es una parte que se proporciona en el lado opuesto de la parte de clavija 210 con respecto a la parte central 220.

El devanado 300 es un componente que está enrollado y en el que se genera un fenómeno de inducción electromagnética. En este caso, el devanado 300 puede incluir un devanado primario 310 al que se transmite potencia primaria y un devanado secundario 320 al que se transmite potencia secundaria. Es decir, la potencia primaria puede incluir potencia de alto voltaje, tal como 200 V y 400 V. Además, la potencia secundaria puede incluir potencia de bajo voltaje, tal como 12 V, y puede ser una fuente de potencia con la que un usuario puede entrar en contacto directo.

Un principio de conversión de potencia por el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 es como se describe a continuación. Es decir, cuando se aplica potencia de AC al devanado primario 310, se genera un flujo magnético por la corriente de la potencia correspondiente. En este caso, se puede inducir una fuerza electromotriz en el devanado secundario 320 en una dirección en la que se altera un cambio en el flujo magnético generado.

El devanado primario 310 y el devanado secundario 320 están compuestos por hilos de conducción 310a y 320a, que están hechos de un material conductor, y partes recubiertas que rodean los hilos de conducción 310a y 320a, respectivamente. Es decir, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 pueden incluir capas exteriores de aislamiento 310b y 320b, respectivamente, que están hechas de un material aislante tal como esmalte.

Haciendo referencia a la FIG. 6, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 pueden tener una estructura apilada uno sobre el otro y separada (de aquí en adelante, se hace referencia a una distancia separada de tal manera como "distancia de separación vertical") uno de otro, y la capa de aislamiento 400 se puede proporcionar entre los mismos. Es decir, después de que el devanado primario 310 se enrolla sobre el núcleo 100, la capa de aislamiento 400 cubre el devanado primario 310. A partir de entonces, el devanado secundario 320 se enrolla de nuevo sobre la capa de aislamiento 400, y la capa de aislamiento 400 puede cubrir de nuevo el devanado secundario 320. No obstante, a diferencia de lo anterior, se puede omitir la capa de aislamiento 400, que se proporciona en el espacio de la distancia de separación vertical entre el devanado primario 310 y el devanado secundario 320.

Mientras tanto, aunque las FIGS. 6 y 7 ilustran que se proporcionan un devanado primario 310 y un devanado secundario 320, la presente descripción no se limita a ello. Es decir, una pluralidad de devanados primarios 310 y una pluralidad de devanados secundarios 320 se pueden apilar además. En particular, la pluralidad de devanados primarios 310 pueden estar conectados entre sí, o la pluralidad de devanados secundarios 320 pueden estar conectados entre sí, y en este caso, puede ocurrir el efecto de aumentar el número de vueltas del devanado primario 310 o del devanado secundario 320.

A medida que el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 se apilan uno sobre otro, ocurre un fenómeno de inducción electromagnética en el devanado primario 310 y el devanado secundario 320. Como resultado, la potencia primaria de alto voltaje, que se transmite al devanado primario 310, puede ser inducida a la potencia secundaria de bajo voltaje en el devanado secundario 320 por el fenómeno de inducción electromagnética. En este caso, la magnitud de la potencia secundaria que se induce sobre el devanado secundario 320 se puede ver afectada por la magnitud de la potencia primaria, el número de vueltas de cada uno de los devanados 310 y 320, y la distancia de separación entre los devanados 310 y 320.

En particular, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 tienen cada uno dos extremos, y cada extremo del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 puede estar conectado a la clavija 500. En este caso, la clavija 500 es un componente que está conectado a cada uno de los devanados 310 y 320 para transferir una entrada/salida de una fuente de potencia y se puede conectar a otros terminales, elementos o dispositivos.

Partes específicas del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 pueden estar expuestas al exterior de la bobina 200, a las que se hace referencia como "partes de salida 311 y 321". Es decir, entre los devanados 310 y 320, las partes de salida 311 y 321 son partes adyacentes a las clavijas 500 y pueden corresponder a partes entre los extremos de los devanados 310 y 320 y partes de devanado de los devanados 310 y 320, respectivamente, y pueden estar expuestas en la parte de terminal 210 de la bobina 200.

Mientras tanto, las partes de devanado del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 y la capa de aislamiento 400 que cubre las partes de devanado se pueden situar en la parte central 220 de la bobina 200. En este caso, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 se pueden enrollar en un espacio entre las barreras 600.

Las barreras 600 son paredes que se forman en ambos lados de la parte de devanado de cada uno de los devanados 310 y 320 y aseguran la distancia de separación (es decir, una distancia de aislamiento) entre el devanado primario 310 y el devanado secundario 320. Es decir, el devanado primario 310 incluye una parte de devanado en un espacio entre las barreras 600 (a la que se hace referencia de aquí en adelante como "primera

barrera”) proporcionadas en ambos lados de la capa del mismo, y el devanado secundario 320 incluye una parte de devanado en un espacio entre las barreras 600 (a la que se hace referencia de aquí en adelante como “segunda barrera”) proporcionadas en ambos lados de la capa del mismo. Por consiguiente, el extremo de la parte de devanado del devanado primario 310 y el extremo de la parte de devanado del devanado secundario 320 tienen el efecto de estar separados uno de otro por el espacio que está ocupado por la primera barrera y la segunda barrera. En particular, la barrera 600 es más alta que la región de la parte de devanado de cada uno de los devanados 310 y 320. Es decir, cada uno de los devanados 310 y 320 está enrollado solamente en un espacio (al que se hace referencia de aquí en adelante como “espacio de devanado”) que está a una altura inferior y entre dos barreras 600 proporcionadas en ambos lados de la parte de devanado del devanado primario 310 o del devanado secundario 320. Por consiguiente, cuanto mayor sea el espacio ocupado por la barrera 600 (la longitud de una flecha en un número de referencia ‘600’ en la FIG. 7) (al que se hace referencia de aquí en adelante como “distancia de barrera”), más estrecho será el espacio de devanado para cada uno de los devanados 310 y 320. No obstante, en cada una de las barreras 600, las distancias de barrera pueden no ser las mismas.

De aquí en adelante, se describirá un método de diseño según la presente descripción para satisfacer el aislamiento reforzado en una clase de aislamiento.

Cada fuente de potencia (o cada devanado) está aislada una de otra y, en este caso, se determina un criterio de aislamiento por seguridad, es decir, la “clase de aislamiento”, entre cada fuente de potencia (por ejemplo, entre fuentes de potencia primaria, entre fuentes de potencia secundaria o entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria) dependiendo de dónde se use cada fuente de potencia (interna o externa).

En este caso, los términos “interno” y “externo” se refieren a las posiciones en las que se usa la fuente de potencia correspondiente y están relacionados con si el usuario está en contacto directo con la fuente de potencia correspondiente. Es decir, una fuente de potencia interna es una fuente de potencia primaria o una fuente de potencia secundaria que no está en contacto directo con el usuario y significa una fuente de potencia que se usa solamente en el interior del dispositivo o aparato. Por el contrario, una fuente de potencia externa es una fuente de potencia secundaria que puede contactar directamente con el usuario y significa una fuente de potencia que se puede exponer al exterior del dispositivo o aparato.

[Tabla 1]

Clase de aislamiento	Fuente de potencia de destino	(Fuente de potencia primaria para el inversor) Distancia de separación mínima a 200 V	(Fuente de potencia primaria para el inversor) Distancia de separación mínima a 400 V
Aislamiento funcional	- Entre fuentes de potencia primaria - Entre fuentes de potencia secundaria internas - Entre fuentes de potencia secundaria externas	1,5 mm	3 mm
Aislamiento básico	- Entre fuente de potencia primaria y fuente de potencia secundaria interna	3 mm	5,5 mm
Aislamiento reforzado	- Entre fuente de potencia primaria y fuente de potencia secundaria externa - Entre fuente de potencia secundaria interna y fuente de potencia secundaria externa	5,5 mm	8 mm

Haciendo referencia a la Tabla 1, la clase de aislamiento se puede clasificar en tres tipos, que son aislamiento funcional, aislamiento básico y aislamiento reforzado, y el aislamiento reforzado es el criterio de aislamiento más alto

entre ellos. Es decir, se puede ver que el grado de criterio de aislamiento aumenta desde el aislamiento funcional hasta el aislamiento reforzado.

5 El aislamiento funcional es un criterio entre fuentes de potencia primaria, entre fuentes de potencia secundaria internas o entre fuentes de potencia secundaria externas. Por ejemplo, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 200 V, con el fin de satisfacer el aislamiento funcional, las fuentes de potencia correspondientes deben estar separadas al menos 1,5 mm unas de otras. Además, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 400 V, con el fin de satisfacer el aislamiento funcional, las fuentes de alimentación correspondientes deben estar separadas al menos 3 mm unas de otras.

10 El aislamiento básico es un criterio entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria interna. Por ejemplo, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 200 V, con el fin de satisfacer el aislamiento básico, las fuentes de potencia correspondientes deben estar separadas al menos 3 mm unas de otras. Además, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 400 V, con el fin de satisfacer el aislamiento básico, las fuentes de potencia correspondientes deben estar separadas al menos 5,5 mm unas de otras.

15 El aislamiento reforzado es un criterio entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria externa, o entre una fuente de potencia secundaria interna y una fuente de potencia secundaria externa. Por ejemplo, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 200 V, con el fin de satisfacer el aislamiento reforzado, las fuentes de potencia correspondientes deben estar separadas al menos 5,5 mm unas de otras. Además, para un inversor, cuando la fuente de potencia primaria es de 400 V, con el fin de satisfacer el aislamiento reforzado, las fuentes de potencia correspondientes deben estar separadas al menos 8 mm unas de otras.

20 La presente descripción propone un método de diseño del transformador que satisface el aislamiento reforzado. Es decir, según la realización de la presente descripción, se proporciona un transformador en el que la clase de aislamiento entre la fuente de potencia primaria y la fuente de potencia secundaria o entre las fuentes de potencia secundarias (es decir, entre el devanado primario 310 y los devanados secundarios 320 o entre los devanados secundarios 320) satisface el criterio de aislamiento reforzado.

25 Mientras tanto, en el transformador, la distancia de separación entre el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 debería satisfacer la distancia de separación mínima que se presenta por el criterio de aislamiento correspondiente. Con este fin, la distancia de separación vertical en la parte apilada del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 está diseñada para satisfacer la distancia de separación mínima correspondiente. Además, la distancia de barrera total del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 también está
30 diseñada para satisfacer el criterio de distancia de separación mínima correspondiente.

En este caso, la distancia de barrera total significa una suma entre la distancia de barrera de la primera barrera, que se proporciona en un lado de la parte de devanado del devanado primario 310, y la distancia de barrera de la segunda barrera que se proporciona en un lado de la parte de devanado del devanado secundario 320 adyacente al devanado primario 310. Es decir, la distancia de barrera total es la suma de las distancias de barrera de la primera
35 barrera que se sitúa en un lado inferior y la segunda barrera que se sitúa en un lado superior.

No obstante, en un transformador convencional, con el fin de satisfacer el criterio de aislamiento reforzado, la distancia de separación descrita anteriormente se debe aumentar, de manera que surge el problema de que el volumen del transformador llega a ser grande.

40 Mientras tanto, incluso cuando no satisfacen los criterios para la distancia de separación mínima, la clase de aislamiento correspondiente también se puede aplicar cuando una línea eléctrica (primer devanado o segundo devanado), que transmite la potencia correspondiente, satisface los criterios para un voltaje no disruptivo. En este caso, el voltaje no disruptivo se ve afectado por el grado de superposiciones de una capa exterior de aislamiento del devanado o el espesor de la capa exterior de aislamiento. Es decir, a medida que la capa exterior de aislamiento se compone por una pluralidad de capas y aumenta el número de capas superpuestas, o el espesor de la capa exterior de aislamiento llega a ser más grueso, el voltaje no disruptivo aumenta y la clase de aislamiento también se puede
45 aumentar.

No obstante, incluso en este caso, el volumen del transformador se debería minimizar y, de este modo, puede ser más deseable que la capa exterior de aislamiento 320b del devanado secundario 320, más que el devanado primario 310, satisfaga la condición descrita anteriormente. Esto se debe a que el número de vueltas del devanado secundario 320 es menor que el del devanado primario 310, de manera que incluso cuando se adoptan las condiciones descritas anteriormente, un aumento de volumen debido a la adopción puede ser pequeño. Por consiguiente, la presente descripción propone una mejora de la clase de aislamiento que se obtiene mediante un aumento del voltaje no disruptivo (al que se hace referencia de aquí en adelante como "primera propuesta") mediante el diseño de la capa exterior de aislamiento 320b del devanado secundario 320 para que tenga un mayor
50 número de superposiciones o sea más gruesa que la capa exterior de aislamiento 310a del devanado primario 310.

55 Cuando el devanado secundario 320 está diseñado con una línea eléctrica que satisface el voltaje no disruptivo de una clase de aislamiento predeterminada o más según la primera propuesta, no tiene que ser satisfecha la distancia

de separación mínima para la clase de aislamiento correspondiente. Como resultado, la distancia de barrera total para cada uno del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 puede ser menor que antes.

La FIG. 8 ilustra un estado en el que las partes de salida 311 y 321 están conectadas a las clavijas 500 en el transformador convencional, y la FIG. 9 ilustra un estado en el que las partes de salida 311 y 321 están conectadas a las clavijas 500 en el transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción.

Mientras tanto, las partes de salida 311 y 321 son partes que están expuestas al exterior entre el devanado primario 310 y el devanado secundario 320. En este caso, cuando la periferia de las partes de salida 311 y 321 está rodeada además por un tubo de aislamiento 700, se puede aumentar el voltaje no disruptivo o la distancia de separación mínima en la región correspondiente, y como resultado, se puede aumentar la clase de aislamiento. Por consiguiente, la presente descripción propone además una mejora de la clase de aislamiento que se obtiene diseñando las partes de salida 311 y 321 para que estén rodeadas además por el tubo de aislamiento 700 (al que se hace referencia de aquí en adelante como "segunda propuesta").

En este caso, el tubo de aislamiento 700 es un tubo hecho de un material aislante. El tubo de aislamiento 700 es un tubo de teflón que se adhiere fácilmente a la periferia de las partes de salida 311 y 321 mediante calentamiento.

Haciendo referencia a la FIG. 8, en el transformador convencional, las partes de salida 311 y 321 no están rodeadas además por el tubo de aislamiento 700. No obstante, en el transformador convencional, puede haber un caso en el que la parte de salida 311 del devanado primario 310 esté rodeada por el tubo de aislamiento 700, pero no se realizó el procesamiento correspondiente para la parte de salida 321 del devanado secundario 320.

Mientras tanto, en el transformador, cuando hay más de dos casos que satisfacen el aislamiento básico (al que se hace referencia de aquí en adelante como "condición de aislamiento reforzado adicional"), se puede apreciar que entre las fuentes de potencia correspondientes se satisface el aislamiento reforzado según el estándar de la clase de aislamiento. Es decir, cuando cada una de la primera propuesta y la segunda propuesta satisface el criterio de aislamiento básico para la condición de aislamiento reforzado adicional, las fuentes de potencia del transformador pueden satisfacer el aislamiento reforzado.

Por consiguiente, cuando el devanado secundario 320 está diseñado con una línea de eléctrica que satisface el voltaje no disruptivo o más del aislamiento básico según la primera propuesta, y cuando está diseñado de manera que la parte de salida 321 del devanado secundario 320, además de la parte de salida 311 del devanado primario 310, también está rodeada por el tubo de aislamiento 700 según la segunda propuesta para satisfacer el aislamiento básico o más, el transformador correspondiente puede satisfacer el criterio de aislamiento básico dos veces o más. Como resultado, es posible implementar el aislamiento reforzado para el transformador correspondiente. En este caso, en el transformador correspondiente, la distancia de barrera total de cada uno del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 puede llegar a ser más pequeña que la distancia de separación mínima para el aislamiento reforzado.

Es decir, implementando el aislamiento reforzado a través de satisfacer el criterio de aislamiento básico dos veces como se describió anteriormente, la presente descripción puede reducir la distancia de aislamiento (es decir, la distancia de barrera total) entre la fuente de potencia primaria y la fuente de potencia secundaria, que se ha aumentado en la implementación convencional del aislamiento reforzado, de modo que se pueda reducir el tamaño de la barrera 600. Como resultado, la presente descripción puede aumentar la parte de devanado de cada uno del devanado primario 310 y del devanado secundario 320, es decir, un área de ventana de devanado.

La distancia de barrera total de cada uno del devanado primario 310 y del devanado secundario 320 necesita satisfacer solamente la distancia de separación mínima del criterio de aislamiento básico (por ejemplo, 3 mm cuando la fuente de potencia primaria es de 200 V, 5,5 mm cuando la fuente de potencia primaria es de 400 V). Por consiguiente, cada distancia de barrera total puede ser menor que la distancia de separación mínima del criterio de aislamiento reforzado (por ejemplo, 5,5 mm cuando la fuente de potencia primaria es de 200 V, 8 mm cuando la fuente de potencia primaria es de 400 V). Como resultado, la presente descripción puede minimizar un aumento de volumen que ha ocurrido de manera convencional, es decir, un aumento de volumen para satisfacer la distancia de barrera total en el aislamiento reforzado.

No obstante, en relación con la primera propuesta, diseñar y fabricar la línea eléctrica directamente para cambiar el voltaje no disruptivo para satisfacer una clase de aislamiento específica en el diseño del transformador puede aumentar los costes de fabricación y, de este modo, puede no ser fácil en condiciones de fabricación. Por otra parte, el voltaje no disruptivo para cada clase de aislamiento se puede proporcionar como una especificación de la línea eléctrica en sí misma. Por consiguiente, la presente descripción propone usar, como el devanado secundario 320, un tipo específico de línea eléctrica que satisface el voltaje no disruptivo del aislamiento básico entre las diversas líneas eléctricas en el mercado que están diseñadas, fabricadas y proporcionadas.

Es decir, tal tipo específico de línea eléctrica puede satisfacer el voltaje no disruptivo del criterio de aislamiento básico formando la capa exterior de aislamiento de la línea eléctrica en una pluralidad de números superpuestos. En particular, como se muestra en la FIG. 7, en el tipo específico de línea eléctrica, la capa exterior de aislamiento de la línea eléctrica puede tener una triple capa. Esto se debe a que cuando el número de capas superpuestas de la capa

exterior de aislamiento de la línea eléctrica es menor que 3, el voltaje no disruptivo del criterio de aislamiento básico puede no ser satisfecho, y cuando el número de capas superpuestas de la capa exterior de aislamiento de la línea eléctrica es mayor que 3, el devanado secundario 320 puede llegar a ser demasiado grueso de manera que se pueda aumentar el volumen ocupado por la parte de devanado del devanado secundario 320.

5 La FIG. 10 ilustra un diagrama de flujo de un método de diseño de un transformador de aislamiento reforzado según una realización de la presente descripción.

En resumen, como se muestra en la FIG. 10, el método de diseño del transformador de aislamiento reforzado según la realización de la presente descripción puede incluir la formación de un devanado primario (S100), la formación de un devanado secundario (S200) y el procesamiento de una parte de salida (S300).

10 En S100, se forma un devanado primario 310 enrollando. En este caso, el devanado primario 310 se puede enrollar alrededor de un núcleo 100, pero la presente descripción no se limita a ello.

En S200, se forma un devanado secundario 320 enrollando sobre el devanado primario 310 con una distancia de separación vertical entre los mismos. En este caso, se puede formar una capa de aislamiento 400 en una región de la distancia de separación vertical entre el devanado primario 310 y el devanado secundario 320, pero la presente descripción no se limita a ello. En particular, en S200, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 pueden satisfacer los contenidos de la primera propuesta, la condición de aislamiento reforzado adicional y similares.

En S300, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 están rodeados por un tubo de aislamiento 700 para cada una de las partes de salida 311 y 321 del devanado primario 310 y del devanado secundario 320. Es decir, en S300, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 pueden satisfacer los contenidos de la segunda propuesta, la condición de aislamiento reforzado adicional y similares.

20 No obstante, en S100 a S300, cada componente del transformador, en particular, el devanado primario 310 y el devanado secundario 320 pueden incluir los contenidos descritos anteriormente con referencia a las FIGS. 1 a 9.

La presente descripción configurada como se describió anteriormente tiene la ventaja de que una estructura de aislamiento reforzado entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria se puede implementar con un volumen mínimo.

En particular, la presente descripción puede reducir una distancia de aislamiento entre una fuente de potencia primaria y una fuente de potencia secundaria, que se ha aumentado en una implementación convencional de aislamiento reforzado, implementando el aislamiento reforzado a través de la satisfacción de un criterio de aislamiento básico dos veces de modo que se pueda reducir el tamaño de una barrera, y como resultado, se pueda aumentar una parte de devanado de cada uno de un devanado primario y un devanado secundario, es decir, un área de ventana de devanado.

30 No obstante, los efectos a ser logrados por las realizaciones de la presente descripción no se limitan a los efectos descritos anteriormente, y otros efectos, que no se describieron anteriormente, pueden ser claramente comprendidos por los expertos en la técnica a través de la siguiente especificación.

Si bien se han descrito realizaciones específicas en la descripción detallada de la presente descripción, se pueden hacer diversas modificaciones sin apartarse del alcance de la presente descripción. Por lo tanto, el alcance de la presente descripción no está definido por la realización descrita sino por las reivindicaciones adjuntas y abarca equivalentes que caen dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

40

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de alimentación eléctrica que comprende:
- un circuito de filtrado de rectificación de entrada (20) configurado para realizar funciones de rectificación y filtrado para una potencia de entrada,
- 5 un convertidor (30) configurado para convertir la potencia filtrada,
- un circuito de filtrado de rectificación de salida (50) configurado para generar potencia final realizando funciones de rectificación y filtrado sobre la potencia convertida por el convertidor (30), y
- un transformador de aislamiento reforzado configurado para:
- 10 recibir la potencia filtrada por el circuito de filtrado de rectificación de entrada (20) como potencia primaria, convertir la potencia primaria en potencia secundaria y transmitir la potencia secundaria al convertidor (30), o
- recibir la potencia convertida por el convertidor (30) como potencia primaria, convertir la potencia primaria en potencia secundaria y transmitir la potencia secundaria al circuito de filtrado de rectificación de salida (50),
- 15 en donde el transformador de aislamiento reforzado comprende un devanado primario (310) al que se entrega la potencia primaria, y un devanado secundario (320) que está enrollado en el devanado primario (310) para inducir la potencia secundaria, en donde el devanado primario (310) y el devanado secundario (320) tienen una estructura apilada y están separados uno de otro,
- en donde un criterio de aislamiento básico es una primera distancia entre el devanado primario y el devanado secundario a un nivel de voltaje predeterminado, y
- 20 en donde un criterio de aislamiento reforzado es una segunda distancia entre el devanado primario y el devanado secundario al nivel de voltaje predeterminado, en donde el criterio de aislamiento reforzado se satisface cuando el criterio de aislamiento básico se satisface dos veces o más, en donde cada uno del devanado primario (310) y el devanado secundario (320) incluye un hilo de conducción (310a, 320a) y una capa exterior de aislamiento (310b, 320b) que rodea el hilo de conducción (310a, 320a), y la capa exterior de aislamiento (320b) del devanado secundario (320) tiene más capas o un mayor espesor que la capa exterior de aislamiento (310b) del devanado primario (310),
- 25 en donde el devanado secundario (320) incluye la capa exterior de aislamiento (320b) que está compuesta por una pluralidad de capas para satisfacer un voltaje no disruptivo del criterio de aislamiento básico,
- en donde una parte de salida (311, 321) de cada uno del devanado primario (310) y del devanado secundario (320) está rodeada por un tubo de aislamiento (700) hecho de teflón, y la parte de salida (311, 321) está conectada a una clavija (500),
- 30 en donde el transformador de aislamiento reforzado comprende además una barrera (600) proporcionada en ambos lados de la parte de bobinado del devanado primario (310) y del devanado secundario (320) para funcionar como una pared para la parte de bobinado,
- 35 en donde la barrera (600) incluye una primera barrera proporcionada en ambos lados de la parte de bobinado del devanado primario (310) y una segunda barrera proporcionada en ambos lados de la parte de bobinado del devanado secundario (320),
- en donde una distancia de barrera total es la suma de la distancia ocupada por la primera barrera y la distancia ocupada por la segunda barrera en la dirección axial de los devanados, de manera que la distancia de barrera total sea menor que una distancia de separación para satisfacer el criterio de aislamiento reforzado,
- 40 y de manera que la distancia de barrera total esté dentro de un rango de distancias de separación que satisfacen el criterio de aislamiento básico.
2. El dispositivo de alimentación eléctrica según la reivindicación 1, en donde la capa exterior de aislamiento (320b) del devanado secundario (320) tiene una triple capa.
3. El dispositivo de alimentación eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en donde el transformador de aislamiento reforzado está incluido como una configuración de una alimentación eléctrica para un inversor.
- 45 4. El dispositivo de alimentación eléctrica según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde la capa exterior de aislamiento (320b) del devanado secundario (320) tiene más capas que la capa exterior de aislamiento (310b) del devanado primario (310).
5. Un método de configuración de un dispositivo de alimentación eléctrica que comprende:

ES 2 988 522 T3

un circuito de filtrado de rectificación de entrada (20) que realiza funciones de rectificación y filtrado para una potencia de entrada, un convertidor (30) que convierte la potencia filtrada, y

un circuito de filtrado de rectificación de salida (50) que genera potencia final realizando funciones de rectificación y filtrado sobre la potencia convertida por el convertidor (30); y

- 5 un transformador de aislamiento reforzado que comprende un devanado primario (310) al que se entrega la potencia primaria, y un devanado secundario (320) que se enrolla sobre el devanado primario (310) para inducir la potencia secundaria, en donde el devanado primario (310) y el devanado secundario (320) tienen una estructura apilada y están separados uno de otro,

- 10 proporcionar el transformador de aislamiento reforzado entre el circuito de filtrado de rectificación de entrada (20) y el convertidor (30), o entre el convertidor (30) y el circuito de filtrado de rectificación de salida (50),

el método que comprende además:

formar el devanado primario (310) enrollando; y

formar el devanado secundario (320) enrollando sobre el devanado primario (310),

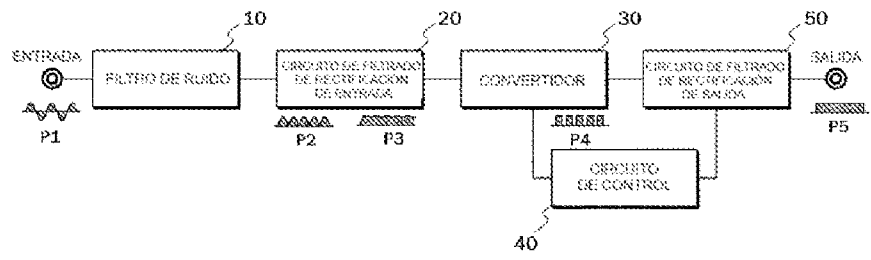
- 15 en donde cada uno del devanado primario (310) y del devanado secundario (320) incluye un hilo de conducción (310a, 320a) y una capa exterior de aislamiento (310b, 320b) que rodea el hilo de conducción (310a, 320a), y la capa exterior de aislamiento (310b, 320b) del devanado secundario (320) tiene más capas o un espesor mayor que la capa exterior de aislamiento (310b) del devanado primario (310), en donde una parte de salida (311, 321) de cada uno del devanado primario (310) y del devanado secundario (320) está rodeada por un tubo de aislamiento (700) hecho de teflón, y la parte de salida (311, 321) está conectada a una clavija (500),

- 20 en donde un criterio de aislamiento básico es una primera distancia entre el devanado primario y el devanado secundario a un nivel de voltaje predeterminado, y

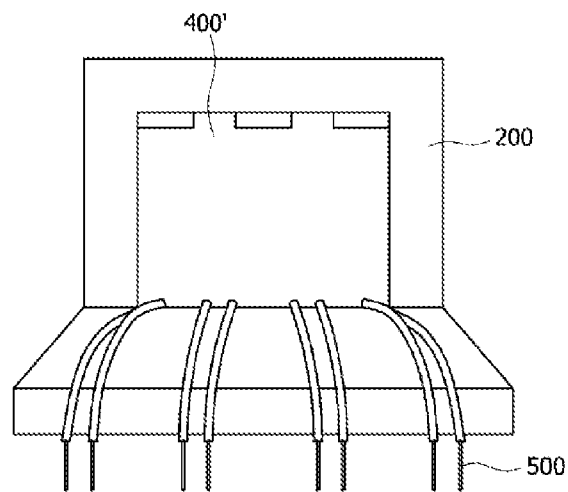
en donde un criterio de aislamiento reforzado es una segunda distancia entre el devanado primario y el devanado secundario al nivel de voltaje predeterminado;

- 25 en donde el criterio de aislamiento reforzado se satisface cuando el criterio de aislamiento básico se satisface dos veces o más.

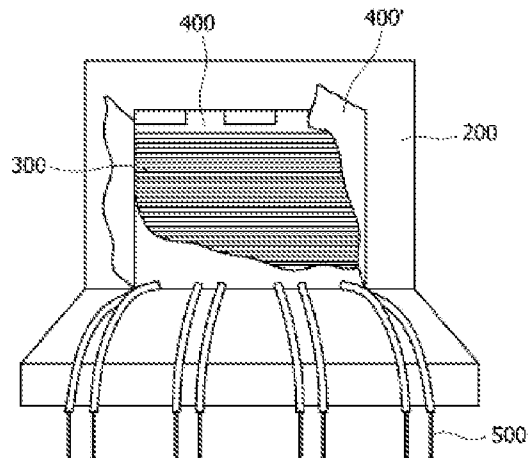
[Fig. 1]



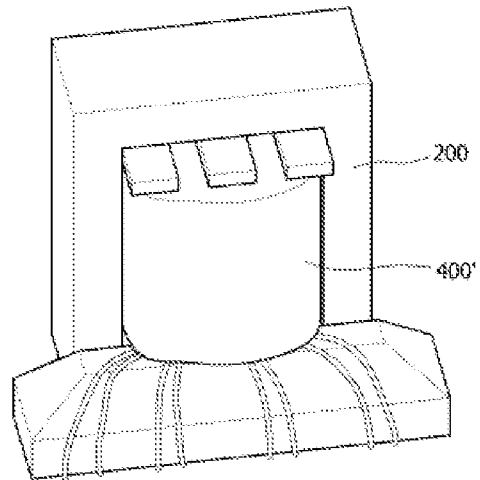
[Fig. 2]



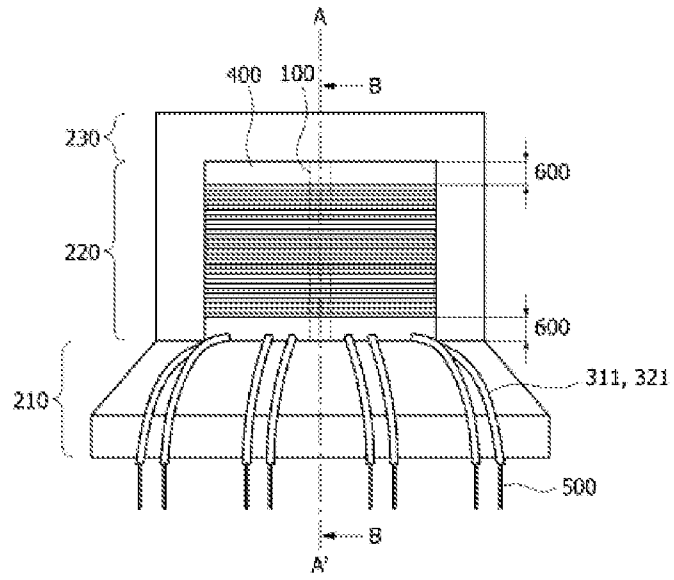
[Fig. 3]



[Fig. 4]

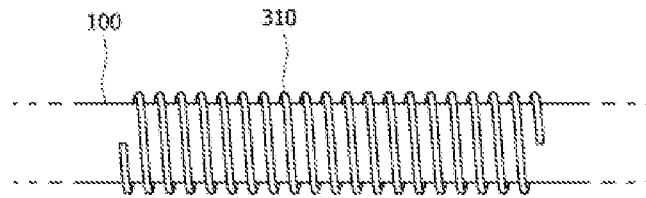


[Fig. 5]

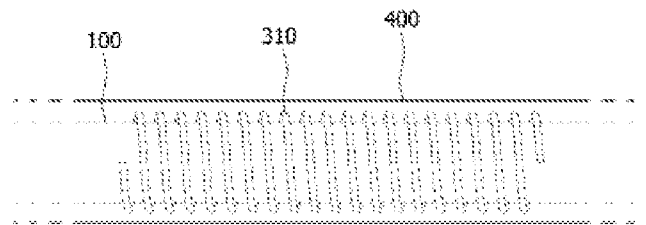


200 : 210, 220, 230
300 : 310, 311, 320, 321

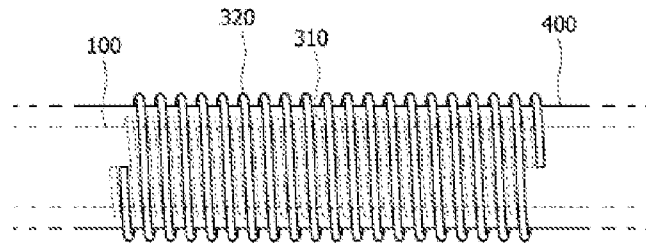
[Fig. 6]



(a)

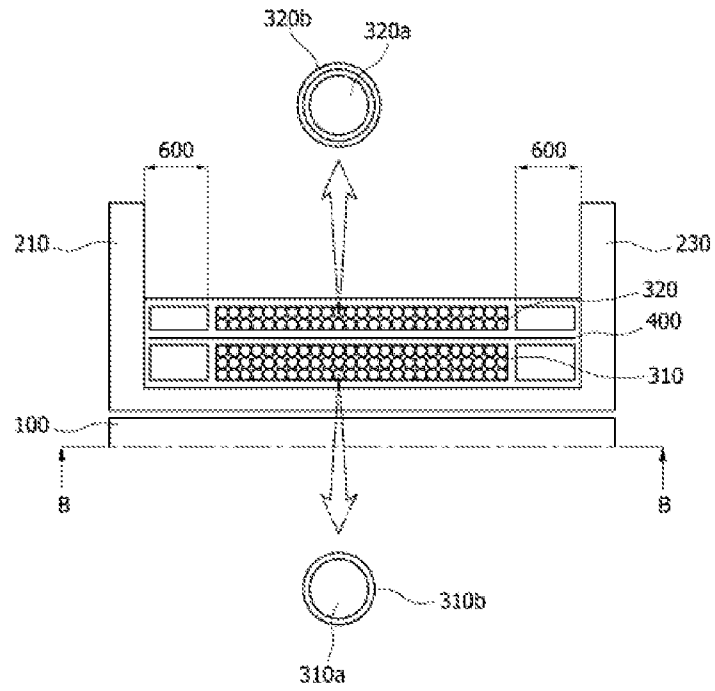


(b)

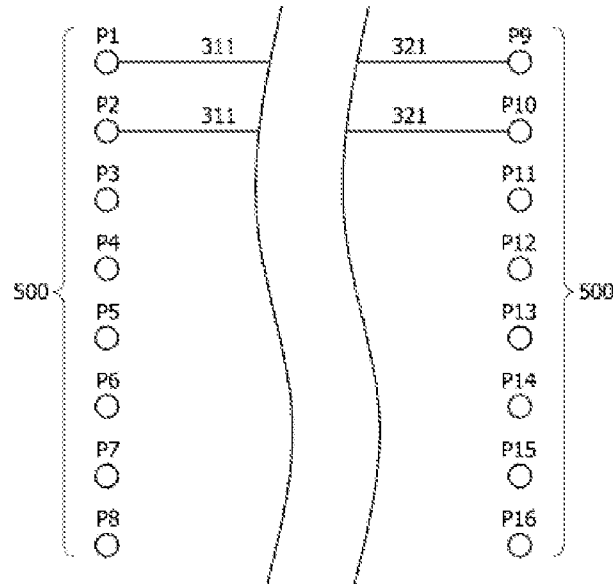


(c)

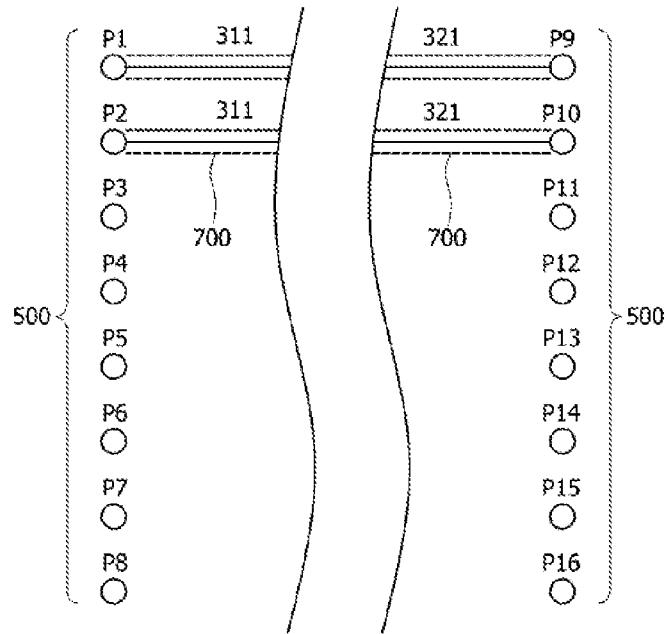
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]

