(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 767 178**

(51) Int. CI.:

H02M 5/42 (2006.01)
H02M 7/49 (2007.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2012 E 12180533 (7)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.11.2019 EP 2575249**

(54) Título: **Transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles**

(30) Prioridad:

28.09.2011 KR 20110097961

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.06.2020

(73) Titular/es:

LSIS CO., LTD. (100.0%)
1026-6, Hogye-Dong Dongan-gu, Anyang-si
Gyeonggi-do 431-080 , KR

(72) Inventor/es:

YOO, AN NO

(74) Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

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 cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles

Antecedentes de la descripción

Campo

La presente descripción se refiere a un transformador de cambio de fase, y más particularmente a un transformador de cambio de fase para uso en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles.

Antecedentes

En general, un inversor de medio voltaje de múltiples niveles es un inversor que tiene un valor cuadrático medio de un voltaje de línea a línea introducido que varía de 600v o más, y un voltaje de fase de salida de este es de múltiples niveles. El inversor de medio voltaje de múltiples niveles está configurado para accionar un motor con una capacidad de varios kW a varios MW en los campos, como un ventilador, una bomba, un compresor, un dispositivo de tracción, un polipasto y un transportador.

Un inversor de medio voltaje convencional puede requerir un transformador de cambio de fase en un terminal de entrada para proporcionar aislamiento galvánico, reducir armónicos y suministrar un voltaje de entrada a cada unidad de celda de potencia. El transformador de cambio de fase, como una de las partes constituyentes del inversor de medio voltaje, ocupa una gran parte del volumen y el peso en el inversor de medio voltaje, por lo que su diseño es muy importante.

Sin embargo, el transformador de cambio de fase convencional, que generalmente tiene una configuración integrada, presenta inconvenientes como la inexistencia en el grado de libertad en términos de diseño debido a la estructura integrada. Ahora, se describirá el transformador de cambio de fase convencional.

La Figura 1 es una vista estructural esquemática de un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con la técnica anterior.

Con referencia a la Figura 1, un inversor de medio voltaje de múltiples niveles convencional recibe una potencia de entrada desde una unidad de potencia de entrada (120) que emite un voltaje cuyo valor cuadrático medio de un voltaje de línea a línea introducido es de 600 volts o más, y convierte el voltaje en una carga de un motor trifásico (130).

Un devanado primario de un transformador de cambio de fase convencional (111) está compuesto por una conexión Y trifásica, y un devanado secundario está compuesto por un total de 12 devanados, cada uno de los cuales tiene una diferencia de fase de -15°, 0°, 15°, 30° con relación al devanado primario. La estructura del devanado secundario está determinada por el número de celdas de potencia unitarias (112). Se puede observar en la Figura 1 que el inversor (110) tiene dos celdas de potencia unitarias para cada fase del motor (130). Es decir, las salidas de las celdas de potencia A1 y A2 (112a, 112b) están conectadas en serie para emitir un voltaje de fase 'a' del motor trifásico (130), las celdas de potencia B1 y B2 (112c, 112d) emiten un voltaje de fase 'b', y las celdas de potencia C1 y C2 (112e, 112f) generan un voltaje de fase 'c'.

Las celdas de potencia A1, B1 y C1 (112a, 112c, 112e) están conectadas a una salida que tiene fases de 15° y 0°, y las celdas de potencia A2, B2 y C2 (112b, 112d, 12f) están conectadas a una salida que tiene 15° y 30° fases.

La Figura 2 es una vista de configuración de una celda de potencia en la Figura 1. Con referencia a la Figura 2, una unidad de rectificación (210) recibe dos potencias trifásicas del transformador de cambio de fase (111) y rectifica la potencia a un voltaje de CC. Para este fin, la unidad de rectificación (210) incluye dos rectificadores de diodos. Una salida de la unidad de rectificación (210) está conectada a capacitores de circuito intermedio de CC conectados en serie, y cada uno de los dos capacitores de circuito intermedio de CC de una unidad de CC (220) tiene la misma capacitancia. Una unidad inversora (230) sintetiza voltajes de salida de la unidad de CC (220) y un voltaje de línea a línea de salida es de 5 niveles.

Mientras tanto, el inversor de medio voltaje convencional de la Figura 1 puede configurarse como en la Figura 3. La Figura 3 es otra vista de configuración de la Figura 1, y tiene la misma configuración que en la Figura 1 excepto por la configuración de una celda de potencia (113).

La celda de potencia (113) de la Figura 3 puede sintetizar voltajes de salida de 5 niveles. Una celda de potencia D1 (113a) puede generar un voltaje de fase 'a' del motor (130), una celda de potencia E1 (113b) puede generar un voltaje de fase 'b' del motor (130) y una celda de potencia F1 (113c) puede emitir un voltaje de fase 'c' del motor (130).

La Figura 4 es una vista de configuración de una celda de potencia de la Figura 3. Con referencia a la Figura 4, una unidad de rectificación (410) incluye cuatro rectificadores de diodos, y el funcionamiento de una unidad inversora (430)

es el mismo que en la Figura 2. Sin embargo, las celdas de potencia unitarias en las Figuras 2 y 4 son diferentes en voltaje nominal y corriente nominal del dispositivo de potencia utilizado en respuesta a la salida requerida. Una salida del transformador de cambio de fase (111) se introduce en la unidad de rectificación (410), y una salida de la unidad de rectificación (410) se refleja en una unidad de CC (420).

En primer lugar, una operación de la unidad inversora (230) de la Figura 1 será descrito. Cada pata de la unidad inversora (230) en la Figura 2 incluye cuatro interruptores dispuestos en serie (230a, 230b, 230c, 230d), y un voltaje de salida se define por la operación de cada interruptor.

Las operaciones de conmutación de los interruptores de 230a y 230b son complementarias y las operaciones de conmutación de los interruptores de 230c y 230d también son complementarias. Por lo tanto, si cada voltaje de los capacitores de circuito intermedio de CC conectados en serie de la unidad de CC (220) se define como E, y si los interruptores de 230a y 230b están encendidos, los interruptores de 230c y 230d se apagan, y el voltaje de salida del polo es E. Además, si los interruptores de 230a y 230c están encendidos, los interruptores de 230b y 230d están apagados, y el voltaje del polo en este momento es cero. Del mismo modo, si los interruptores de 230a y 230b están apagados, los interruptores de 230c y 230d están encendidos, y el voltaje del polo en este momento es -E.

De acuerdo con los voltajes de polo así definidos, los voltajes de línea a línea emitidos por cada una de las celdas de potencia unitarias (112) de la Figura 1 son respectivamente 5 niveles de 2E, E, 0, -E y -2E. Debido a que los voltajes de línea a línea emitidos por cada celda de potencia (112) se definen como cinco niveles, los voltajes sintetizables por las celdas de potencia A1 y A2 (112a, 112b) de la Figura 1 son nueve niveles de 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E y -4E, y los voltajes de línea a línea emitidos al motor (130) son 17 niveles de 8E, 7E, 6E, 5E, 4E, 3E, 2E, E, 0, -E, -2E, -3E, -4E, -5E, -6E, -7E y -8E. Ahora, se describirá el funcionamiento del transformador de cambio de fase (111) de las Figuras 1 y 3.

El transformador de cambio de fase (111) aplica una potencia trifásica aislada eléctricamente a cada celda de potencia (112, 113) desde una potencia trifásica de entrada. Un devanado primario del transformador de cambio de fase (111) es una conexión Y o una conexión delta (Δ), y un devanado secundario genera una potencia con una fase desplazada y una magnitud adecuada al requerimiento de las celdas de potencia unitarias (112, 113).

En este momento, una cantidad de una salida del devanado secundario del transformador de cambio de fase (111) es igual a un número de rectificadores de diodos de unidades de rectificación (210, 410) en las celdas de potencia unitarias (112, 113), y se puede definir mediante la siguiente Ecuación 1.

【Equation 1】

$$N_{\sec} = 3N_{unit}N_{diode}$$

donde, N_{Sec} es el número de la salida del devanado secundario del transformador de cambio de fase (111), N_{unidad} es el número de celdas de potencia unitarias (112, 113) conectadas a cada fase del motor (130), y N_{diodo} es el número de rectificadores de diodos incluidos en una celda de potencia unitaria (112, 113).

Por ejemplo, porque N_{unidad} es 2 en configuraciones de las Figuras 1 y 2, y N_{diodo} es 2, N_{Sec} se convierte en 12, y porque N_{unidad} es 1, N_{diodo} es 4 en configuraciones de las Figuras 3 y 4, N_{sec} se convierte en 12.

La siguiente ecuación 2 puede obtener un ángulo de cambio de fase del devanado secundario del transformador de cambio de fase (111).

【Equation 2】

$$\alpha_{\sec} = \frac{360}{2N_{\sec}}[\deg ree]$$

donde, α_{Sec} es el ángulo de cambio de fase entre devanados secundarios. Por ejemplo, si N_{Sec} se convierte en 12 como en las Figuras 1 y 3, el ángulo de cambio de fase entre los devanados secundarios es de 15°.

Un voltaje de salida de cada devanado secundario desde el ángulo de cambio de fase entre los devanados secundarios así determinado es tal que una fase relativa a un voltaje de entrada en el devanado primario cambia tanto como el ángulo de cambio de fase.

Sin embargo, el inversor de medio voltaje de múltiples niveles convencional está configurado con un transformador de cambio de fase en una sola unidad. El transformador de cambio de fase estructurado con una sola unidad tiene la

desventaja de que, debido a que un transformador debe satisfacer la salida requerida, el tamaño y el peso del transformador aumentan. Otra desventaja es que no hay libertad de diseño disponible para aumentar un volumen completo del sistema y aumentar el peso también. Aún otra desventaja es que, si se produce un problema en el devanado primario en el transformador de cambio de fase convencional de una sola unidad, un sistema completo queda inoperativo.

El documento US 2010072824 A1 describe un sistema de la técnica anterior que tiene múltiples transformadores modulares, cada uno de los cuales incluye un devanado primario de fase desplazada acoplado a una fuente de potencia de entrada y devanados secundarios de fase desplazada cada uno acoplado a una celda de potencia. El sistema incluye además diferentes líneas de salida de fase acopladas a una carga.

Resumen de la descripción

Los aspectos ejemplares de la presente descripción son resolver sustancialmente al menos los problemas y/o desventajas anteriores y proporcionar al menos las ventajas a continuación. Por consiguiente, un aspecto de la presente descripción proporciona un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles configurado para modularizar una estructura, proporcionar libertad de diseño y reducir el volumen y el peso de un sistema completo.

Además, otro aspecto de la presente descripción proporciona un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles configurado para permitir una operación continua de un motor incluso si un módulo está en estado de falla.

En un aspecto general de la presente descripción, se proporciona un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles que incluye una pluralidad de celdas de potencia para accionar un motor, el transformador de cambio de fase que comprende: una pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados, en donde los devanados primarios de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados se cambian de fase entre sí en un ángulo predeterminado.

En algunas modalidades ilustrativas, los devanados secundarios de los transformadores de cambio de fase modularizados comprenden una pluralidad de primeras conexiones y una pluralidad de segundas conexiones, cada una de las cuales cambia de fase en un ángulo predeterminado.

En algunas modalidades ilustrativas, la primera conexión incluye la conexión Y y la segunda conexión incluye la conexión delta (Δ).

En algunas modalidades ilustrativas, cualquiera de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados suministra, como potencia de entrada, salidas de las primera y segunda conexiones a tres celdas de potencia, respectivamente, proporcionando un voltaje trifásico al motor en la pluralidad de celdas de potencia.

En algunas modalidades ilustrativas, los devanados secundarios de los transformadores de cambio de fase modularizados comprenden una pluralidad de conexiones, cada una de ellas con cambio de fase en un ángulo predeterminado.

En algunas modalidades ilustrativas, cualquiera de los transformadores de cambio de fase modularizados suministra una potencia de entrada a cualquier celda de potencia de la pluralidad de celdas de potencia.

En algunas modalidades ilustrativas, una entrada de cualquiera de las celdas de potencia es una salida de una cualquiera de la pluralidad de conexiones en los transformadores de cambio de fase modularizados.

En algunas modalidades ilustrativas, la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados suministra una potencia de entrada a cualquier celda de potencia de la pluralidad de celdas de potencia.

En algunas modalidades ilustrativas, una entrada de cualquiera de las celdas de potencia es una salida de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados.

De acuerdo con la invención, el ángulo predeterminado se determina mediante la siguiente ecuación: donde, N es el número de módulos del transformador de cambio de fase modularizado, $N_{sec__salida}$ es el número de salidas en un devanado secundario del transformador de cambio de fase modularizado, y $N_{diodo__pulso}$ es el número de pulsos de un diodo rectificador de la celda de potencia.

$$\alpha_{prim} = \frac{360}{N_{m_T}} \frac{1}{N_{Sec_salida}} \frac{1}{N_{diodo_pulso}} \text{ [grado]},$$

El transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con la presente descripción tiene un efecto ventajoso porque hay disponible una libertad de diseño para reducir el tamaño de todo el sistema, para aumentar la redundancia de todo el sistema, por lo que se puede mantener una operación estable incluso si el transformador de cambio de fase tiene fallas.

Otros aspectos ejemplares, ventajas y características sobresalientes de la descripción serán más evidentes para las personas con conocimientos ordinarios en la materia a partir de la siguiente descripción detallada, que, tomada junto con los dibujos anexos, describe modalidades ilustrativas de la invención.

Breve descripción de los dibujos

Los dibujos acompañantes, que se incluyen para proporcionar una comprensión adicional de la descripción y que se incorporan y constituyen una parte de esta solicitud, ilustran las modalidades ilustrativas de la descripción, y junto con la descripción sirven para explicar los principios de la descripción. En las Figuras:

la Figura 1 es una vista estructural esquemática de un inversor medio de múltiples niveles de acuerdo con la técnica anterior;
la Figura 2 es una vista estructural esquemática que ilustra una celda de potencia de la Figura 1;
la Figura 3 es otra vista estructural de la Figura 1;
la Figura 4 es una vista estructural esquemática que ilustra una celda de potencia de la Figura 3;
la Figura 5 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción;
la Figura 6 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con otra modalidad ilustrativa de la presente descripción;
la Figura 7 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con todavía otra modalidad ilustrativa de la presente descripción;
la Figura 8 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con todavía otra modalidad ilustrativa de la presente descripción; y
la Figura 9 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con todavía otra modalidad ilustrativa de la presente descripción.

Las ventajas, los objetos y las características adicionales de la descripción se expondrán en parte en la descripción que sigue y, en parte, serán evidentes para los expertos en la materia al examinar lo siguiente o se pueden aprender de la práctica de la descripción. Los objetivos y otras ventajas de la descripción pueden realizarse y lograrse mediante la estructura particularmente señalada en la descripción escrita y las reivindicaciones de esta, así como en los dibujos adjuntos.

Debe entenderse que tanto la descripción general anterior como la siguiente descripción detallada de la presente descripción son ejemplares y explicativas y están destinadas a proporcionar una explicación adicional de la descripción como se reivindica.

Descripción detallada

A continuación, se describirán en detalle modalidades ilustrativas de la presente descripción con referencia a los dibujos adjuntos.

Los sufijos 'módulo', 'unidad' y 'parte' pueden usarse para elementos con el fin de facilitar la descripción. No se pueden dar significados o roles significativos a los sufijos mismos y se entiende que el 'módulo', la 'unidad' y la 'parte' pueden usarse juntos o de manera intercambiable.

Como se usa en el presente documento, "ilustrativo" significa simplemente un ejemplo, más que el mejor. También se debe apreciar que las características, capas y/o elementos representados en la presente descripción se ilustran con dimensiones y/u orientaciones particulares entre sí por motivos de simplicidad y facilidad de comprensión, y que las dimensiones y/u orientaciones reales pueden diferir sustancialmente de las ilustradas. Es decir, en los dibujos, el tamaño y los tamaños relativos de las capas, regiones y/u otros elementos pueden ser exagerados o reducidos para mayor claridad. Los números similares se refieren a elementos similares a lo largo de y las explicaciones que se duplican entre sí se omitirán.

Se entenderá que cuando se hace referencia a un elemento como "conectado" o "acoplado" a otro elemento, este puede conectarse directamente o acoplarse al otro elemento o pueden estar presentes elementos intermedios. Por el contrario, cuando se hace referencia a un elemento como que está "conectado directamente" o "acoplado directamente" a otro elemento, no hay elementos intermedios presentes.

Se entenderá que, aunque los términos primero, segundo, etc. pueden usarse en la presente descripción para describir varios elementos, estos elementos no deben limitarse por estos términos. Estos términos se usan solamente para distinguir un elemento de otro. Por ejemplo, una primera región/capa puede denominarse una segunda región/capa, y, de manera similar, una segunda región/capa puede denominarse una primera región/capa sin apartarse de las enseñanzas de la descripción.

La terminología usada en la presente descripción es solamente para el propósito de describir las modalidades particulares y no pretende limitar el concepto inventivo general. Como se usa en la presente descripción, las formas en singular "un", "una" y "el/la" pretenden incluir también las formas en plural, a menos que el contexto indique claramente lo contrario.

Además, los términos "-er", "-or", "parte" y "módulo" descritos en la descripción significan unidades para procesar al menos una función y operación, y pueden implementarse mediante componentes de hardware o componentes de software, y sus combinaciones.

Al describir la presente descripción, se pueden omitir descripciones detalladas de construcciones o procesos conocidos en la técnica para evitar oscurecer la invención por parte de un experto en la materia con detalles innecesarios con respecto a tales construcciones y funciones conocidas. En consecuencia, el significado de términos o palabras específicos utilizados en la descripción y las reivindicaciones no debe limitarse al sentido literal o comúnmente empleado, sino que debe interpretarse o puede ser diferente de acuerdo con la intención de un usuario o un operador y los usos habituales. Por lo tanto, la definición de los términos o palabras específicos debe basarse en los contenidos de la descripción.

La Figura 5 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con una modalidad ilustrativa de la presente descripción.

Con referencia a la Figura 5, un transformador de cambio de fase (51) de acuerdo con la presente descripción se incluye en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1), donde el inversor (1) convierte una potencia trifásica, cuyo valor cuadrático medio de voltaje de línea a línea desde una unidad de potencia de entrada trifásica (2) es más de 600v, a un voltaje trifásico que acciona un motor trifásico (3).

El transformador de cambio de fase (51) de acuerdo con la presente descripción incluye dos transformadores de cambio de fase modularizados (primer módulo 51a, segundo módulo 51b). Un devanado primario del primer módulo (51a) incluye una conexión Y trifásica, y un devanado secundario incluye una conexión Y y una conexión delta (A), cada una desplazada en fase a 0° y 30°.

El devanado primario del segundo módulo (51b) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase, y la estructura de un devanado secundario del segundo módulo (51b) puede ser idéntica a la del primer módulo (51a).

En las modalidades ilustrativas de la presente descripción, un voltaje de salida de una celda de potencia unitaria (52) es de 5 niveles, y aunque el motor (3) está formado con dos celdas de potencia unitarias para cada fase, debería ser evidente para los expertos en la técnica de que el número de celdas de potencia unitarias puede extenderse de acuerdo con lo exijan las demandas.

Las salidas de las celdas de potencia A1 y A2 (52a, 52b) están conectadas en serie para generar un voltaje de fase 'a' para el motor (3), las celdas de potencia B1 y B2 (52c, 52d) emiten un voltaje de fase 'b' y C1 y las celdas de potencia C2 (52e, 52f) emiten un voltaje de fase 'c'.

Las celdas de potencia A1, B1 y C1 (52a, 52c, 52e) en la Figura 5 reciben una salida del primer módulo (51a), y las celdas de potencia A2, B2 y C2 (52b, 52d, 52f) en la Figura 5 recibir una salida del segundo módulo (51b). La configuración de la celda de potencia (52) en la Figura 5 es la misma que la de la Figura 2, y se omite la explicación detallada a la misma. Aunque la Figura 5 ha ejemplificado el devanado primario del primer módulo (51a) como conexión Y y el devanado primario del segundo módulo (51b) como conexión Z, la presente descripción no está limitada al mismo. Además, la configuración del devanado secundario tampoco está limitada a la de la Figura 5.

La Figura 6 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con otra modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde un transformador de cambio de fase (61) está incluido dentro del inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1). El inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1) convierte una potencia trifásica, cuyo valor cuadrático medio del voltaje de línea a línea de una unidad de potencia de entrada trifásica (2) es más de 600v, a un voltaje trifásico que

acciona un motor trifásico (3).

Con referencia a la Figura 6, el transformador de cambio de fase (61) de acuerdo con la presente descripción incluye tres transformadores de cambio de fase modularizados (primer módulo 61a, segundo módulo 61b y tercer módulo 61c).

Un devanado primario del primer módulo (61a) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de 5°, y un devanado secundario incluye conexiones con desplazamiento de fase de -15°, 0°, 15° y 30°.

Un devanado primario del primer módulo (61a) incluye una conexión Y con desplazamiento de fase de 0°, y un devanado secundario puede ser idéntico al del primer módulo (61a). El devanado primario del tercer módulo (61c) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de 5°, y la estructura de un devanado secundario del tercer módulo (61c) puede ser idéntica a la del primer módulo (61a).

Una celda de potencia (62) puede combinar un voltaje de salida de 5 niveles. Una celda de potencia D1 (62a) genera un voltaje de fase 'a' para el motor (3), una celda de potencia E1 (62b) genera un voltaje de fase 'b' y una celda de potencia F1 (62c) genera un voltaje de fase 'c'. La celda de potencia (62) de la Figura 6 tiene preferiblemente la misma configuración que la de la Figura 4, de modo que se omite la explicación detallada a la misma.

Aunque la Figura 6 ha ejemplificado los devanados primarios del primer módulo (61a) y el tercer módulo (61c) como conexión Z y el devanado primario del segundo módulo (61b) como conexión Y, la presente descripción no se limita a los mismos. Además, la configuración del devanado secundario tampoco está limitada a la de la Figura 6.

La Figura 7 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con otra modalidad ilustrativa más de la presente descripción, donde se incluye un transformador de cambio de fase (71) dentro del inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1). El inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1) convierte una potencia trifásica, cuyo valor cuadrático medio del voltaje de línea a línea de una unidad de potencia de entrada trifásica (2) es más de 600v, a un voltaje trifásico que acciona un motor trifásico (3).

Con referencia a la Figura 6, el transformador de cambio de fase (71) de acuerdo con la presente descripción incluye tres transformadores de cambio de fase modularizados (primer módulo 71a, segundo módulo 71b y tercer módulo 71c).

La modalidad ilustrativa de la Figura 7 es diferente de la Figura 6 en términos de conexión entre el transformador de cambio de fase y las celdas de potencia, donde en el caso de la celda de potencia G1 (72a), se reciben dos potencias de entrada en cuatro potencias de entrada del primer módulo (71a), se recibe una potencia de entrada desde el segundo módulo (71b), y la balanza se recibe desde el tercer módulo (71c).

En el caso de la celda de potencia H1 (72b), se reciben dos potencias de entrada en cuatro potencias de entrada desde el primer módulo (71b), se recibe una potencia de entrada desde el segundo módulo (71a), y la balanza se recibe desde el tercer módulo (71c). Del mismo modo, en el caso de la celda de potencia I1 (72c), se reciben dos potencias de entrada en cuatro potencias de entrada desde el tercer módulo (71c), se recibe una potencia de entrada desde el primer módulo (71a), y la otra se recibe desde el tercer módulo (71b).

Aunque la Figura 7 ha ejemplificado los devanados primarios del primer módulo (71a) y el tercer módulo (71c) como conexión Z y el devanado primario del segundo módulo (71b) como conexión Y, la presente descripción no se limita a los mismos. Además, la configuración del devanado secundario tampoco está limitada a la de la Figura 6.

La Figura 8 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con otra modalidad ilustrativa más de la presente descripción, donde se incluye un transformador de cambio de fase (81) dentro del inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1). El inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1) convierte una potencia trifásica, cuyo valor cuadrático medio del voltaje de línea a línea de una unidad de potencia de entrada trifásica (2) es más de 600v, a un voltaje trifásico que acciona un motor trifásico (3).

Con referencia a la Figura 8, el transformador de cambio de fase (81) de acuerdo con la presente descripción incluye tres transformadores de cambio de fase modularizados (primer módulo 81a, segundo módulo 81b y tercer módulo 81c).

Un devanado primario del primer módulo (81a) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de -3,3°, y un devanado secundario incluye conexiones con desplazamiento de fase de 0° y 30°.

Un devanado primario del segundo módulo (81b) incluye una conexión Y con desplazamiento de fase de 0°, y un devanado secundario puede ser idéntico al del primer módulo (81a). El devanado primario del tercer módulo (81c) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de 3,3°, y la estructura de un devanado secundario del tercer

módulo (81c) puede ser idéntica a la del primer módulo (81a).

Una celda de potencia (82) puede combinar un voltaje de salida de 5 niveles. Las celdas de potencia A1, A2 y A3 (82a ~ 82c) emiten un voltaje de fase 'a' para el motor (3), las celdas de potencia B1, B2, B3 (82d ~ 82f) emiten un voltaje de fase 'b', y C1, las celdas de potencia C2 y C3 (82g ~ 82i) emiten un voltaje de fase 'c'. La celda de potencia (82) de la Figura 8 tiene preferiblemente la misma configuración que la de la Figura 2, de modo que se omite la explicación detallada a la misma.

Aunque la Figura 8 ha ejemplificado los devanados primarios del primer módulo (81a) y el tercer módulo (81c) como conexión Z y el devanado primario del segundo módulo (81b) como conexión Y, la presente descripción no se limita a los mismos. Además, la configuración del devanado secundario tampoco está limitada a la de la Figura 8.

La Figura 9 es una vista estructural esquemática de un transformador de cambio de fase en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con todavía otra modalidad ilustrativa de la presente descripción, donde se incluye un transformador de cambio de fase (91) dentro del inversor de medio voltaje de múltiples niveles. (1) y se utiliza una celda de potencia de 5 niveles para cada fase de salida. El inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1) convierte una potencia trifásica, cuyo valor cuadrático medio del voltaje de línea a línea de una unidad de potencia de entrada trifásica (2) es más de 600v, a un voltaje trifásico que acciona un motor trifásico (3).

Con referencia a la Figura 9, el transformador de cambio de fase (91) de acuerdo con la presente descripción incluye cinco transformadores de cambio de fase modularizados (primer módulo 91a, segundo módulo 91b, tercer módulo 91c, cuarto módulo 91d y quinto módulo 91e).

Un devanado primario del primer módulo (91a) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de -4°, y un devanado secundario incluye conexiones con desplazamiento de fase de 0° y 30°.

Un devanado primario del segundo módulo (91b) incluye una conexión Y con desplazamiento de fase de -2°, y un devanado secundario puede ser idéntico al del primer módulo (91a). El devanado primario del tercer módulo (91c) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de 0°, y la estructura de un devanado secundario del tercer módulo (91c) puede ser idéntica a la del primer módulo (91a).

Un devanado primario del cuarto módulo (91d) incluye una conexión Y con desplazamiento de fase de 2°, y un devanado secundario puede ser idéntico al del primer módulo (91a). El devanado primario del quinto módulo (91e) incluye una conexión Z con desplazamiento de fase de 4°, y la estructura de un devanado secundario del quinto módulo (91e) puede ser idéntica a la del primer módulo (91a).

Una celda de potencia (92) puede combinar un voltaje de salida de 5 niveles. Las celdas de potencia A1, A2, A3, A4 y A5 (92a ~ 92e) emiten un voltaje de fase 'a' para el motor (3), las celdas de potencia B1, B2, B3, B4 y B5 (92f ~ 92j) emiten un voltaje de fase 'b', y las celdas de potencia C1, C2, C3, C4 y C5 (92k ~ 92o) generan un voltaje de fase 'c'. Cada celda de potencia (92) de la Figura 9 tiene preferiblemente la misma configuración que la de la Figura 2, de modo que se omite la explicación detallada a la misma.

Aunque la Figura 9 ha ejemplificado los devanados primarios del primer módulo (91a), el tercer módulo (91c) y el quinto módulo (91e) como conexión Z, y los devanados primarios del segundo módulo (91b) y el cuarto módulo (91d) como conexión Y, la presente descripción no está limitada a la misma. Además, la configuración del devanado secundario tampoco está limitada a la de la Figura 9.

La presente descripción es tal que un transformador de cambio de fase convencional configurado en una sola unidad se modulariza y se usa en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles que incluye las celdas de potencia mostradas en la Figura 2 o la Figura 4.

Las celdas de potencia utilizadas en la presente descripción incluyen dos o cuatro rectificadores de diodos en un terminal de entrada como se muestra en la Figura 2 o la Figura 4, y cada terminal de salida del rectificador de diodos está formado con capacitores de circuito intermedio de CC, donde los capacitores de circuito intermedio de CC están conectado en serie para incluir una unidad de CC (220 o 420).

En un caso, cada voltaje del capacitor de circuito intermedio de CC se define como E, los voltajes de enlace a enlace emitidos por las celdas de potencia unitarias son respectivamente 2E, E, 0, -E y -2E. Como se ilustra en las figuras 5 a 9, las celdas de potencia están conectadas en serie para combinar los voltajes de fase de salida, donde el nivel entre el voltaje de fase de salida y el voltaje de línea a línea puede determinarse mediante las siguientes ecuaciones.

[Ecuación 3]

$$m = 4H + 1$$

[Ecuación 4]

$$p = 2m - 1 = 8H + 1,$$

donde, m es el número de niveles de voltajes de fase de salida, H es el número de celdas de potencia unitarias instaladas para cada fase del motor, y p es el número de niveles de voltajes de línea a línea de salida.

Las Ecuaciones 1 y 2 determinan un ángulo de cambio de fase del devanado secundario del transformador de cambio de fase de acuerdo con la presente descripción. Además, la Ecuación 5 determina un ángulo de cambio de fase del devanado primario del transformador de cambio de fase de acuerdo con la presente invención.

[Ecuación 5]

$$\alpha_{Prim} = \frac{360}{N_{m_T}} \frac{1}{N_{sec_salid}} \frac{1}{N_{diodo_pulso}} \quad [grado],$$

donde, N_{m_T} es el número de módulos del transformador de cambio de fase, $N_{sec__salida}$ es el número de salidas en el devanado secundario de un transformador de cambio monofásico, y $N_{diodo__pulso}$ es el número de pulsos de diodo rectificador.

Por ejemplo, en el caso de la Figura 5, Nm T es 2, N_{sec} salida es 6 y N_{diodo} pulso es 6, por lo que α_{prim} es 5°.

Es preferible que, basándose en que el devanado primario del transformador de cambio de fase sea 0°, el cambio de fase se realice en forma de múltiplo de 6 α_{prim}. La capacidad del transformador de cambio de fase modularizado de acuerdo con la presente descripción tiene una relación con la capacidad del transformador de cambio de fase de tipo de unidad única convencional de la siguiente manera de la Ecuación 6.

[Ecuación 6]

$$S_{m_T} = \frac{S_{Conv}}{N_{m_T}},$$

donde, S_{m_T} es una potencia aparente de cada transformador de cambio de fase modularizado de acuerdo con la presente descripción, y S_{conv} es una potencia aparente del transformador de cambio de fase de tipo de unidad única convencional.

El transformador de cambio de fase modularizado es ventajoso sobre el transformador de cambio de fase de tipo de unidad única convencional en que la capacidad es pequeña para reducir una ventana de devanado y reducir un tamaño y peso completos. Como resultado, el tamaño y el peso del transformador de cambio de fase se reducen para reducir el tamaño y el peso de un sistema completo.

Además, el transformador de cambio de fase modularizado de acuerdo con la presente descripción tiene un transformador tan pequeño como N_{m_T}, dando como resultado una libertad de diseño para todo un sistema y flexibilidad en el diseño.

Por último, aunque el transformador de cambio de fase de tipo de unidad única convencional no funciona en un sistema completo si el devanado primario falla, el transformador de cambio de fase modularizado de acuerdo con la presente descripción es ventajoso porque si un devanado primario de un módulo en el transformador de cambio de fase modularizado falla, una celda de potencia conectada al módulo con falla se desvía para permitir una operación continua bajo una salida reducida.

Sin embargo, aunque es imposible una operación continua, en un caso un devanado primario de un módulo en el transformador de cambio de fase de la Figura 6 presenta una falla, pero si la estructura se cambia como se muestra en la Figura 7, una salida del transformador de cambio de fase indicado normal se conecta a todas las celdas de energía para permitir una operación continua bajo un estado de salida reducido, incluso si un devanado primario de un módulo

en el transformador de cambio de fase está defectuoso.

Por lo tanto, el transformador de cambio de fase modularizado en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles de acuerdo con la presente descripción tiene una aplicabilidad industrial en que la redundancia de un sistema completo puede mejorarse debido a las características estructurales así descritas.

REIVINDICACIONES

1. Un transformador de cambio de fase (51) en un inversor de medio voltaje de múltiples niveles (1) que incluye una pluralidad de celdas de potencia (52a ~ 52f); para accionar un motor (3), el transformador de cambio de fase (51) comprende: una pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b), en donde los devanados primarios de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b) cambian de fase entre sí en un ángulo predeterminado; caracterizado porque el ángulo predeterminado se determina mediante la siguiente ecuación:

$$\alpha_{prim} = \frac{360}{N_{m_T}} \frac{1}{N_{Sec_salida}} \frac{1}{N_{diodo_pulso}} \ [grado],$$

dónde, N_{m_T} es el número de módulos (51a, 51b) del transformador de cambio de fase modularizado (51), N_{sec_salida} es el número de salidas en un devanado secundario del transformador de cambio de fase modularizado (51a, 51b), y N_{diodo_pulso} es el número de pulsos de un diodo rectificador de la celda de potencia (52).

2. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 1, en donde los devanados secundarios de los transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b) comprenden una pluralidad de primeras conexiones y una pluralidad de segundas conexiones, cada una de ellas con cambio de fase en un ángulo predeterminado.

3. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 2, en donde la primera conexión incluye la conexión Y y la segunda conexión incluye la conexión delta (Δ).

4. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 2 o 3, en donde cualquiera de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b) suministra, como potencia de entrada, salidas de las primera y segunda conexiones a tres celdas de potencia, respectivamente, proporcionando un voltaje trifásico al motor (3) en la pluralidad de celdas de potencia (52a ~ 52f).

5. El transformador de cambio de fase (51) de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde los devanados secundarios de los transformadores de cambio de fase modularizados comprenden una pluralidad de conexiones, cada una de las cuales se cambia de fase en un ángulo predeterminado.

6. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 5, en donde cualquiera de los transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b) suministra una potencia de entrada a cualquier celda de potencia de la pluralidad de celdas de potencia (52a ~ 52f).

7. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 6, en donde una entrada de cualquiera de las celdas de potencia (52a ~ 52f) es una salida de cualquiera de la pluralidad de conexiones en los transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b).

8. El transformador de cambio de fase (51) de cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b) suministra una potencia de entrada a cualquier celda de potencia de la pluralidad de celdas de potencia (52a ~ 52f).

9. El transformador de cambio de fase (51) de la reivindicación 8, en donde una entrada de cualquiera de las celdas de potencia (52a ~ 52f) es una salida de la pluralidad de transformadores de cambio de fase modularizados (51a, 51b).

Figura 1

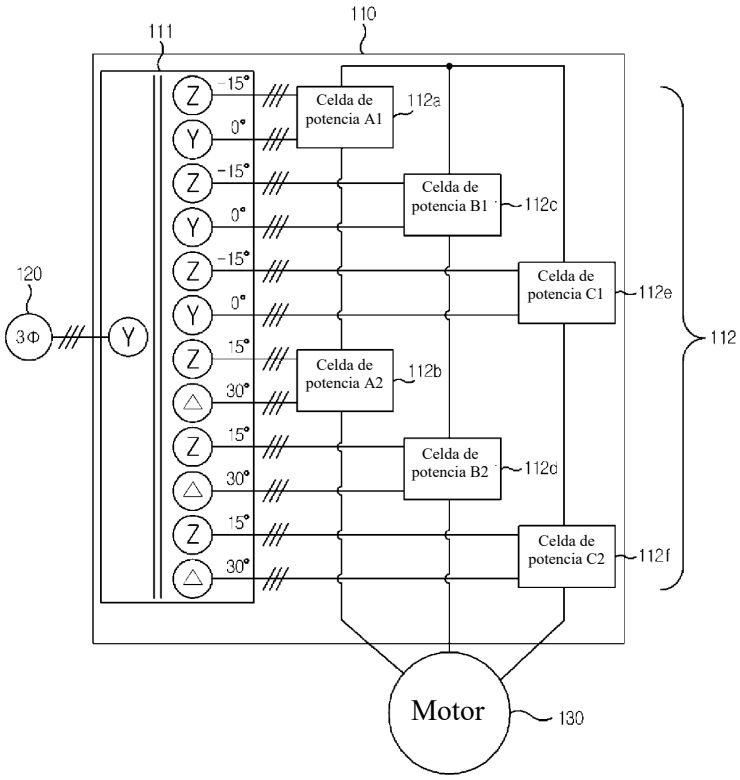

110
111
120
3Φ
Y
Z
Y
Z
Y
Z
△
Z
△
Z
△
-15°
0°
-15°
0°
-15°
0°
15°
30°
15°
30°
15°
30°
Celda de potencia A1
112a
Celda de potencia B1
112c
Celda de potencia C1
112e
Celda de potencia A2
112b
Celda de potencia B2
112d
Celda de potencia C2
112f
112
Motor
130

Figura 2

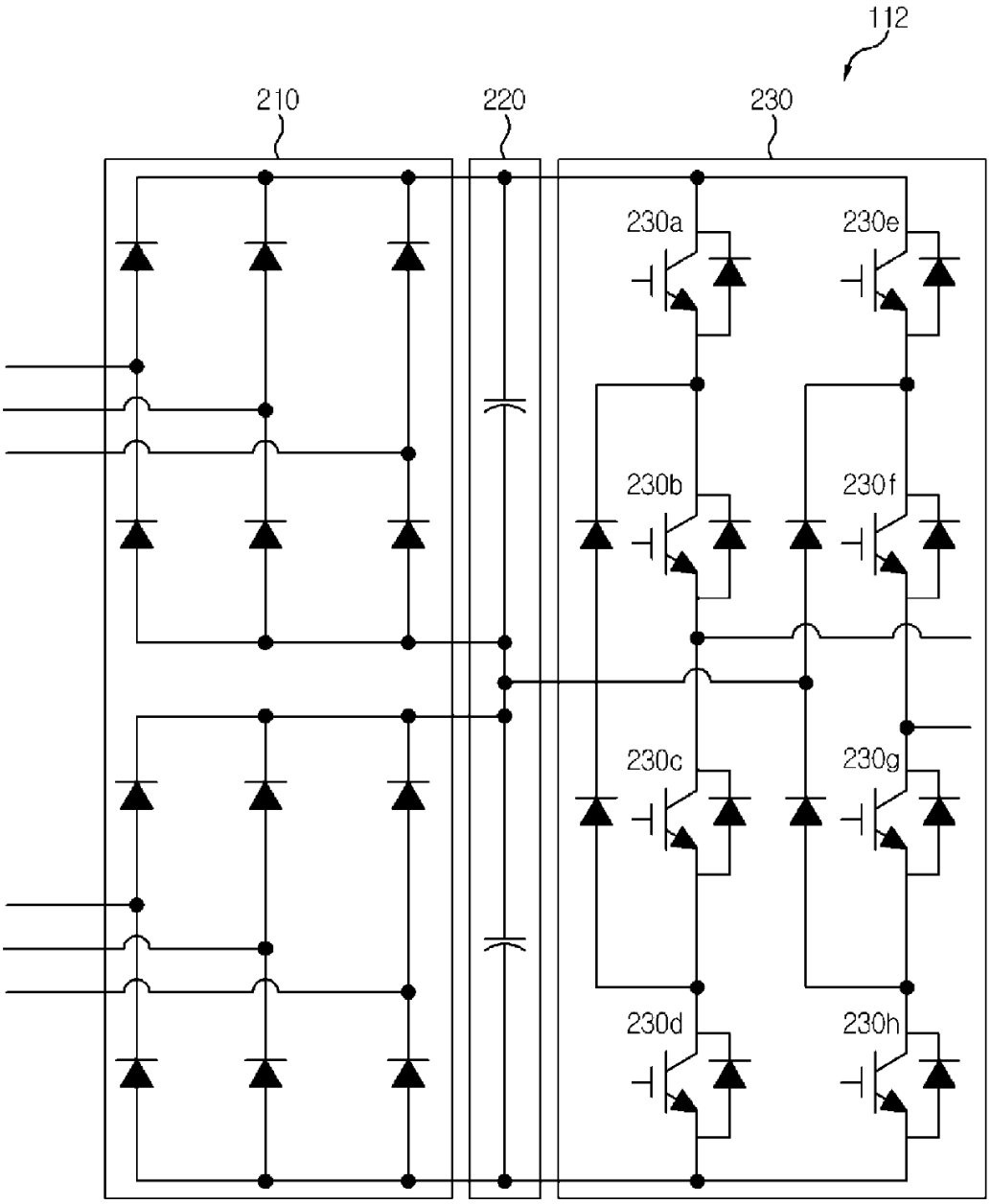


Figura 3

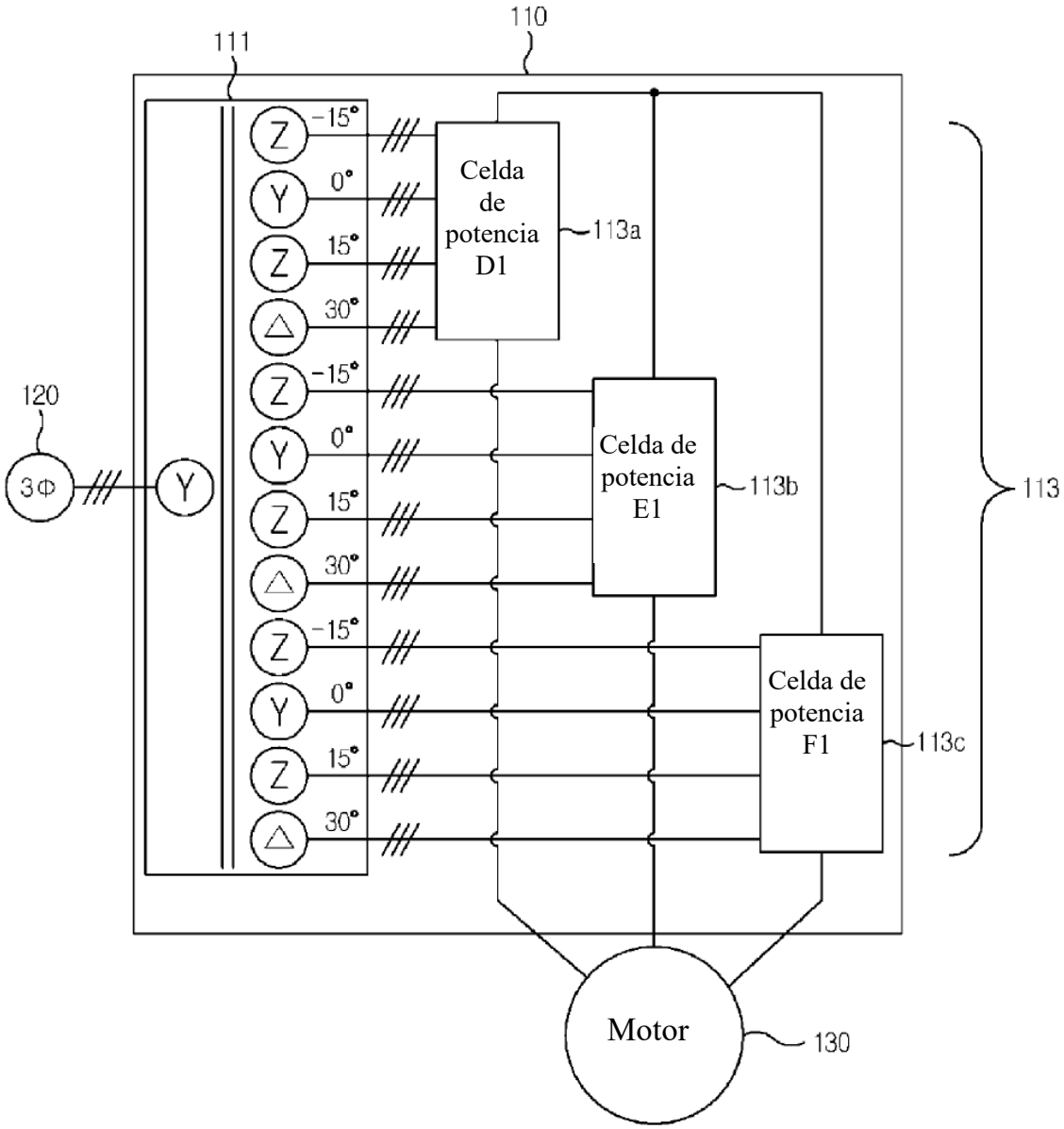

110
111
120
3Φ
Y
Z
Y
Z
△
Z
Y
Z
△
Z
Y
Z
△
−15°
0°
15°
30°
−15°
0°
15°
30°
−15°
0°
15°
30°
Celda de potencia D1
113a
Celda de potencia E1
113b
Celda de potencia F1
113c
113
Motor
130

Figura 4

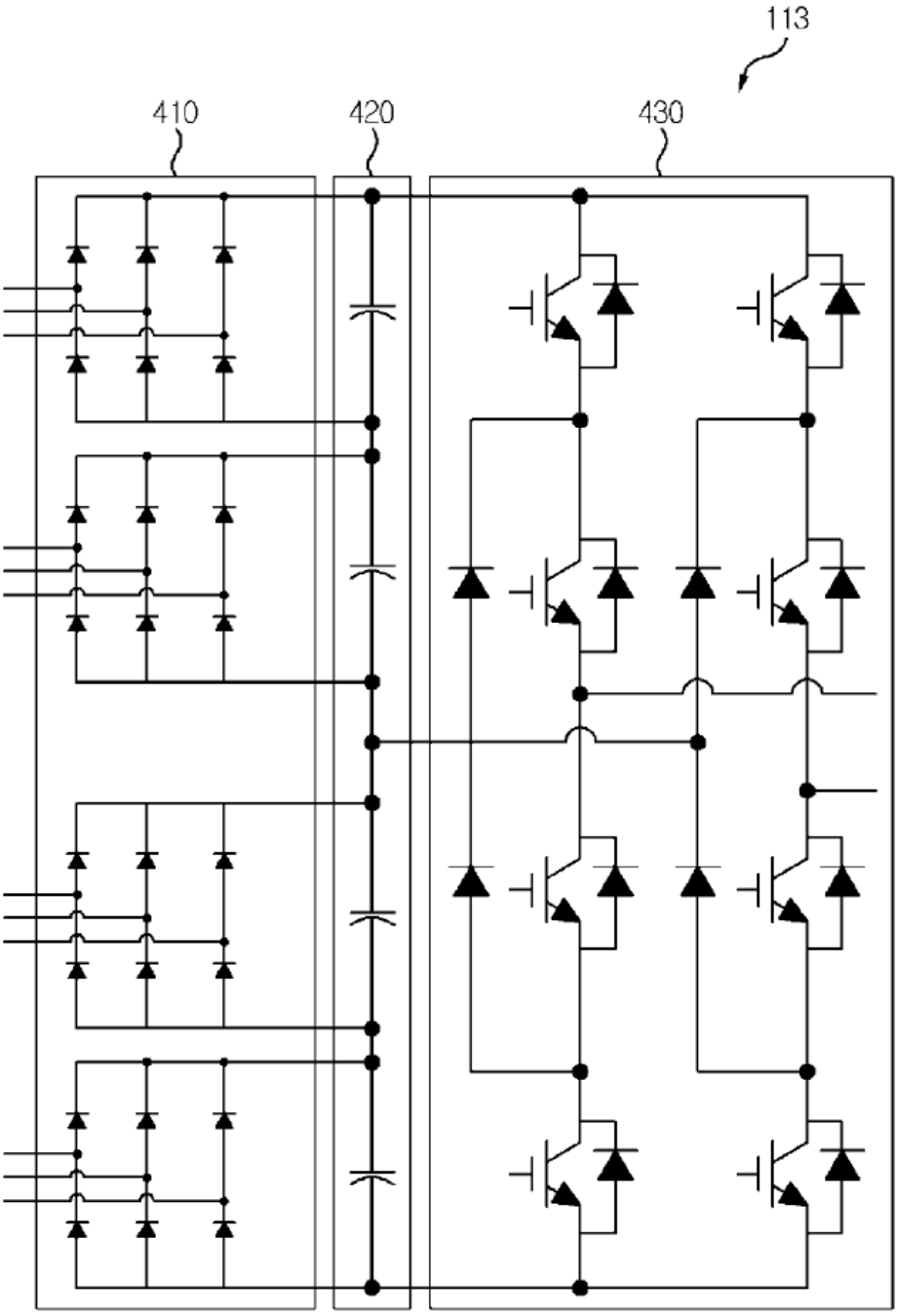


Figura 5

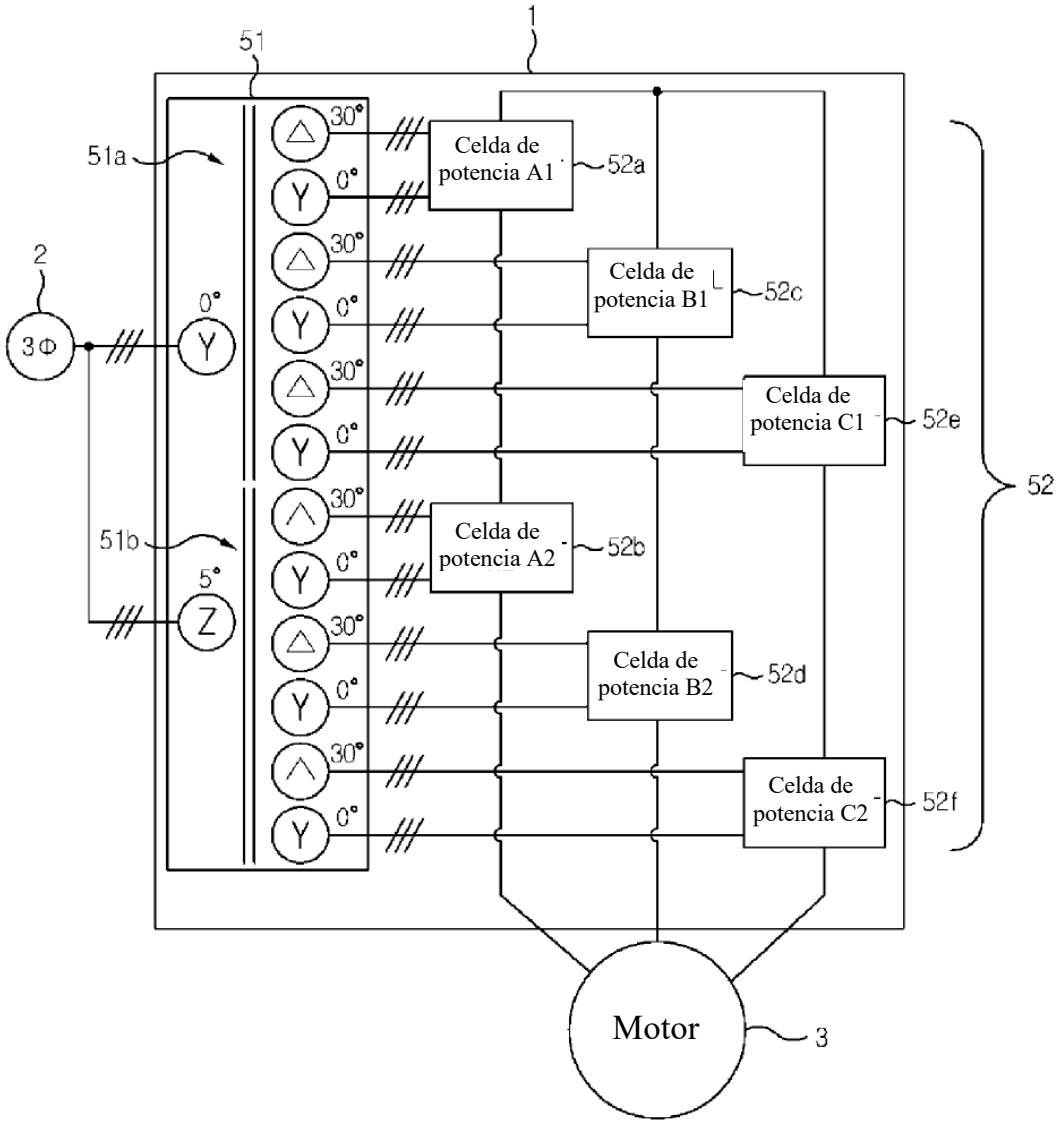

1
51
51a
51b
2
3Φ
30°
0°
5°
Y
Z
Celda de potencia A1
52a
Celda de potencia B1
52c
Celda de potencia C1
52e
Celda de potencia A2
52b
Celda de potencia B2
52d
Celda de potencia C2
52f
52
Motor
3

Figura 6

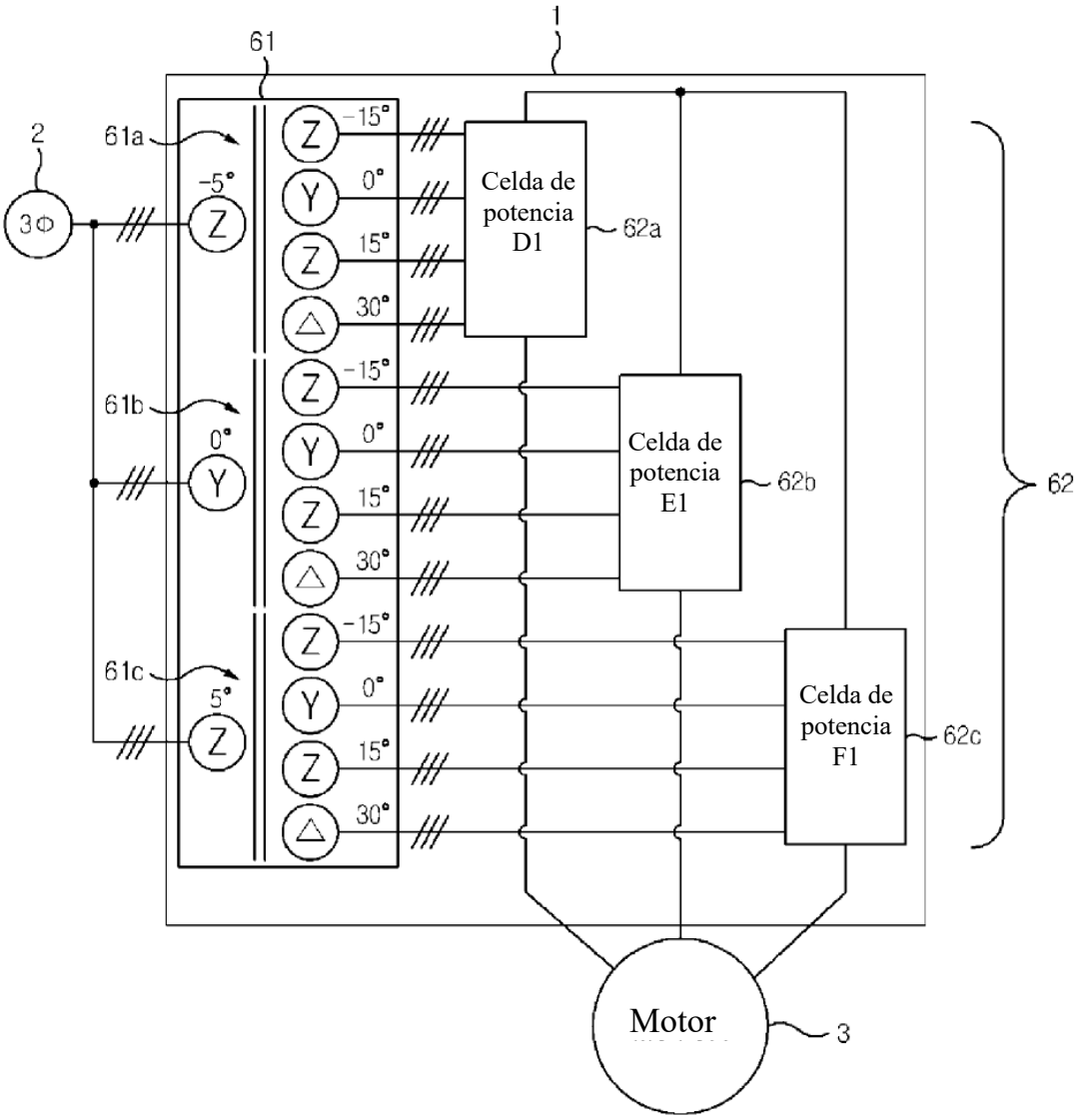

1
61
2
61a
-5°
3Φ
Z
61b
0°
Y
61c
5°
Z
-15°
0°
15°
30°
Celda de potencia D1
62a
Celda de potencia E1
62b
Celda de potencia F1
62c
62
Motor
3

Figura 7

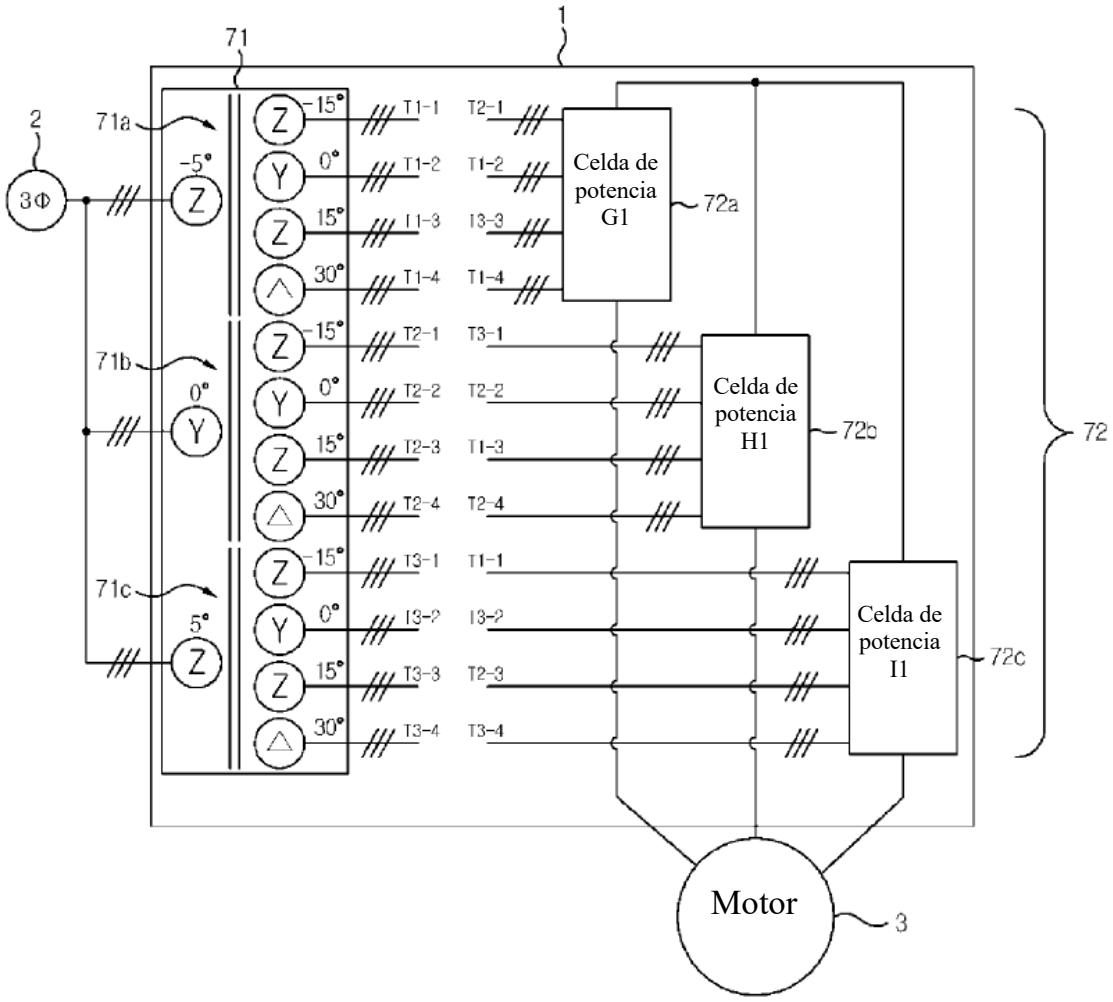

1
71
2
71a
3Φ
-5°
Z
71b
0°
Y
71c
5°
Z
-15°
0°
15°
30°
T1-1
T1-2
T1-3
T1-4
T2-1
T2-2
T2-3
T2-4
T3-1
T3-2
T3-3
T3-4
T2-1
T1-2
I3-3
T1-4
Celda de potencia G1
72a
T3-1
T2-2
T1-3
T2-4
Celda de potencia H1
72b
T1-1
I3-2
T2-3
T3-4
Celda de potencia I1
72c
72
Motor
3

Figura 8

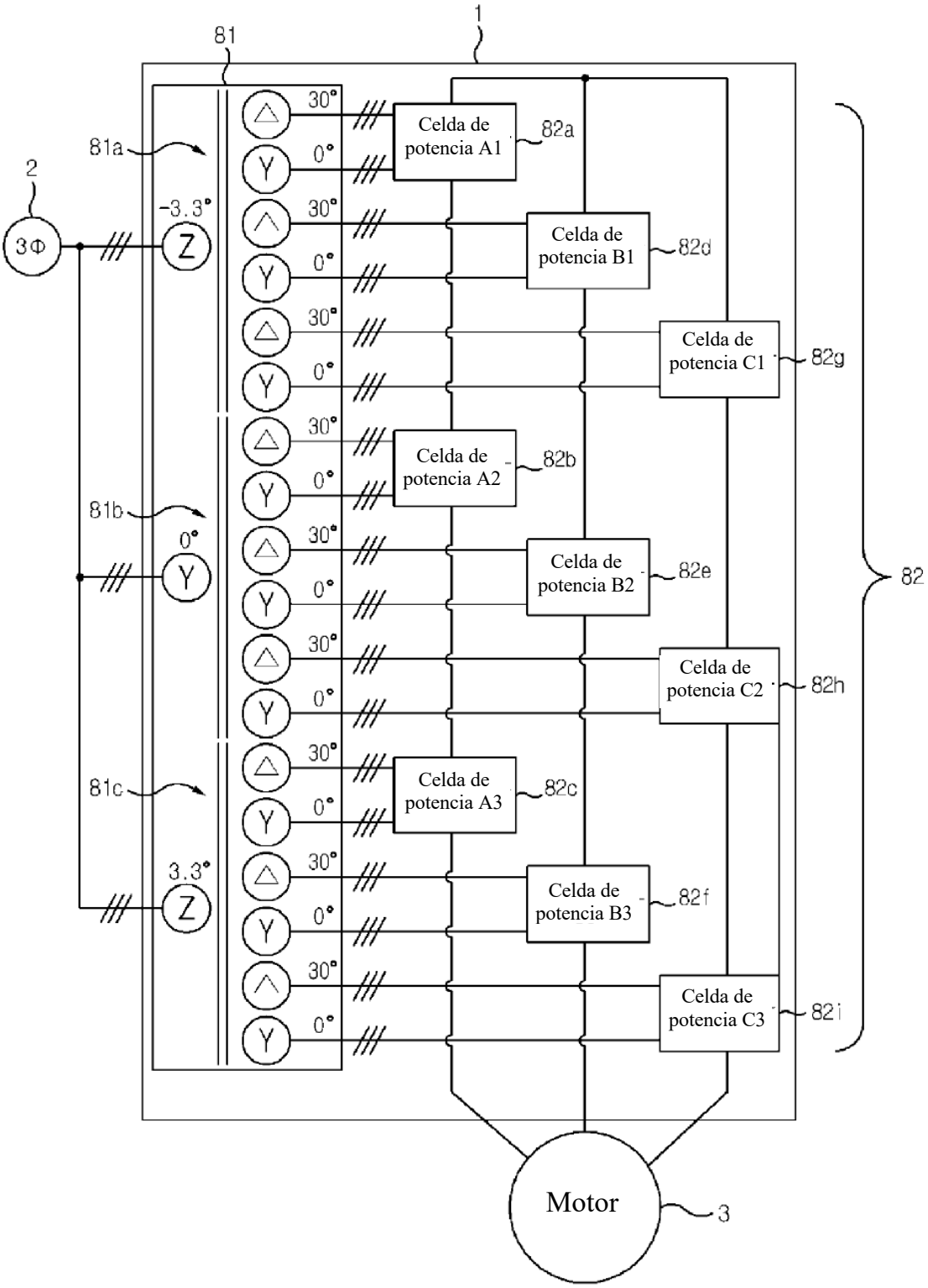
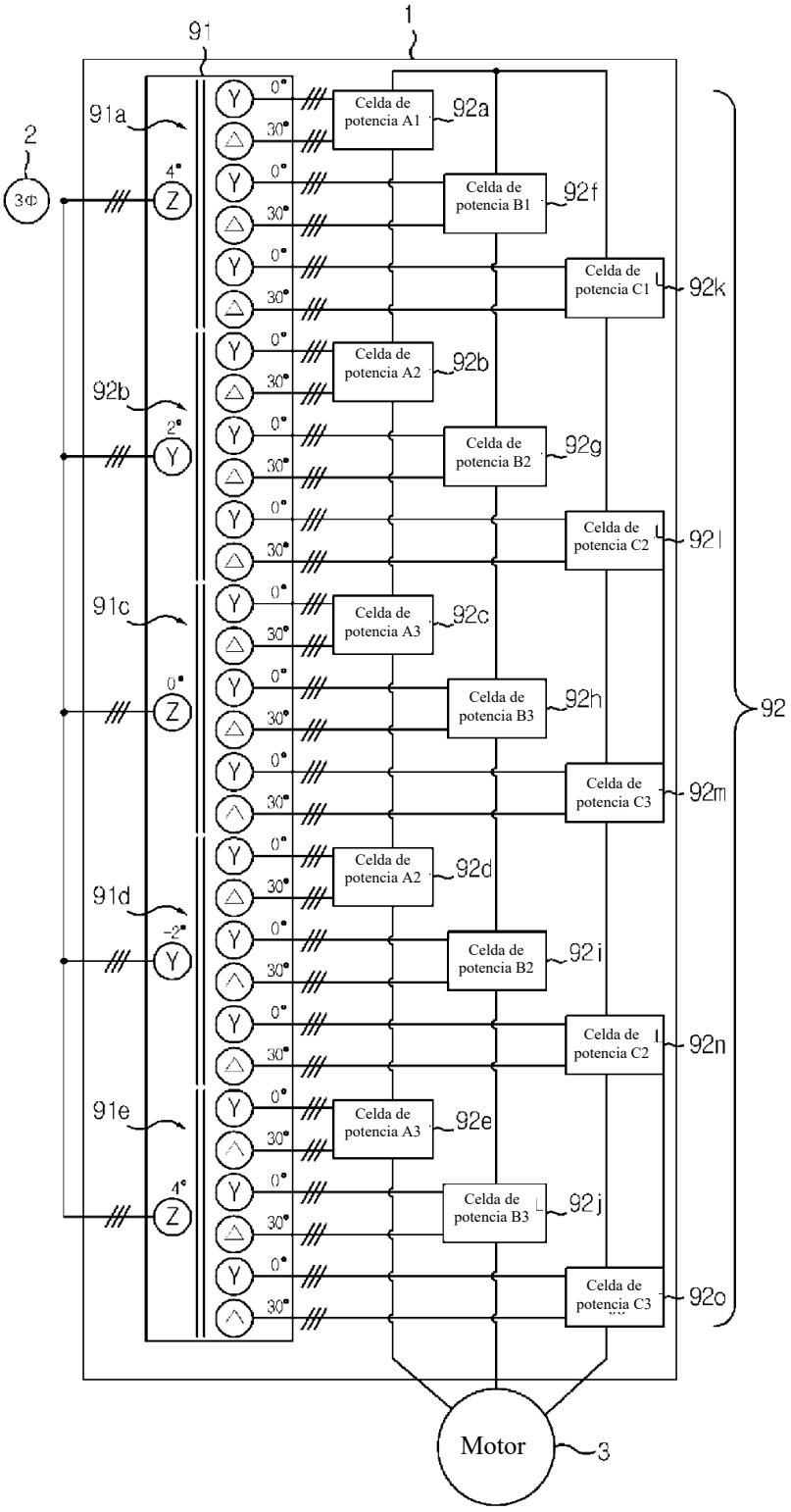

1
81
81a
81b
81c
2
3Φ
-3.3°
0°
3.3°
Z
Y
30°
0°
Celda de potencia A1
82a
Celda de potencia B1
82d
Celda de potencia C1
82g
Celda de potencia A2
82b
Celda de potencia B2
82e
Celda de potencia C2
82h
Celda de potencia A3
82c
Celda de potencia B3
82f
Celda de potencia C3
82i
82
Motor
3

Figura 9


91
1
91a
2
3Φ
4°
Z
92b
2°
Y
91c
0°
Z
91d
-2°
Y
91e
4°
Z
0°
30°
Celda de potencia A1
92a
Celda de potencia B1
92f
Celda de potencia C1
92k
Celda de potencia A2
92b
Celda de potencia B2
92g
Celda de potencia C2
92l
Celda de potencia A3
92c
Celda de potencia B3
92h
Celda de potencia C3
92m
Celda de potencia A2
92d
Celda de potencia B2
92i
Celda de potencia C2
92n
Celda de potencia A3
92e
Celda de potencia B3
92j
Celda de potencia C3
92o
92
Motor
3