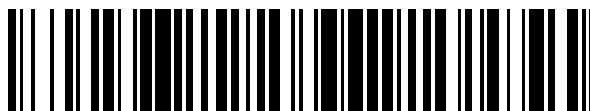


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 752 948**

51 Int. Cl.:

H02J 3/18 (2006.01)

H02M 7/49 (2007.01)

H02M 7/483 (2007.01)

H02M 1/32 (2007.01)

H02M 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2017 E 17179557 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 3334001**

54 Título: **Aparato de compensación de potencia reactiva y método de control del mismo**

30 Prioridad:

06.12.2016 KR 20160164802

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

06.04.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**CHUNG, YONG HO y
SON, GUM TAE**

74 Agente/Representante:

SÁNCHEZ SILVA, Jesús Eladio

ES 2 752 948 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

Aparato de compensación de potencia reactiva y método de control del mismo

5 Antecedentes

La descripción se refiere a un aparato de compensación de potencia reactiva y a un método de control del mismo.

10 A medida que se desarrollan las industrias y aumenta la población, la demanda de energía aumenta rápidamente. Por otro lado, hay un límite para la producción de energía.

En consecuencia, los sistemas de potencia para una potencia estable generada desde las áreas de producción hasta las áreas de demanda sin pérdida gradualmente se vuelven importantes.

15 Existe la necesidad de un sistema de transmisión de CA flexible (FACTS) para mejorar el flujo de energía, el voltaje del sistema de potencia y la estabilidad. En los FACTS, un compensador estático síncrono (STATCOM) que es uno de los aparatos de compensación de potencia reactiva de tercera generación se sincroniza con un sistema de potencia para compensar la potencia reactiva requerida por el sistema de potencia.

20 La Figura 1 ilustra un sistema de potencia general.

Como se muestra en la Figura 1, el sistema de potencia general 10 puede incluir una fuente de generación de potencia 20, un sistema de potencia 30, una carga 40 y una pluralidad de aparatos de compensación de potencia reactiva 50.

25 La fuente de generación de potencia 20 se refiere a un lugar o instalación que genera potencia, y puede entenderse como un productor que genera potencia.

30 El sistema de potencia 30 puede referirse a una instalación integrada que incluye líneas eléctricas, torres de transmisión de acero, descargadores, aisladores y similares, que permiten que la potencia generada desde la fuente de generación de potencia 20 se transmita a la carga 40.

La carga 40 se refiere a un lugar o instalación que consume potencia generada desde la fuente de generación de potencia 20, y puede entenderse como un consumidor que consume potencia.

35 El aparato de compensación de potencia reactiva 50 es un STATCOM, y está asociado con el sistema de potencia 30 para compensar la potencia reactiva que fluye a través del sistema de potencia 30 cuando la potencia reactiva es insuficiente.

40 El aparato de compensación de potencia reactiva 50 incluye un convertidor capaz de convertir la potencia de CA en potencia de CC o convertir la potencia de CC en potencia de CA.

El convertidor incluye un grupo que incluye una pluralidad de celdas conectadas en serie para cada una de las tres fases.

45 La Figura 2A es un diagrama de circuito de un convertidor que tiene una topología de conexión en estrella, y la Figura 2B es un diagrama de circuito de un convertidor que tiene una topología de conexión delta.

Como se muestra en las Figuras 2A y 2B, cada convertidor tiene una estructura en la que una pluralidad de celdas 54 están conectadas en serie en cada uno de los grupos trifásicos 52.

50 Cada celda cuenta con un interruptor de derivación, de modo que, aunque una celda correspondiente está defectuosa, el interruptor de derivación puentea la celda correspondiente. Por lo tanto, las celdas restantes, excepto la celda defectuosa, están normalmente disponibles y, en consecuencia, el convertidor puede funcionar normalmente.

55 Como se muestra en la Figura 3A, cuando el número de celdas incluidas en las fases respectivas son iguales entre sí, los voltajes de las fases respectivas, es decir, los voltajes totales de las celdas incluidas en las fases respectivas son iguales entre sí, y así los voltajes de las fases respectivas se equilibran. Por lo tanto, los voltajes de las fases respectivas se pueden controlar por igual.

60 Sin embargo, como se muestra en la Figura 3B, cuando algunas celdas entre las celdas incluidas en una fase específica, por ejemplo, la fase están defectuosas o se eliminan, el voltaje total de las celdas incluidas en la fase c se vuelve más pequeño que el de las celdas incluidas en la fase a o b. Por lo tanto, los voltajes de las fases respectivas están desequilibrados y, por lo tanto, es difícil controlar por igual los voltajes de las fases respectivas.

65 El documento US 5 986 909 describe un método para operar una fuente de alimentación multifásica que tiene una pluralidad de celdas convertidoras conectadas en serie en cada una de una pluralidad de patas.

Resumen

En consecuencia, un objeto de la descripción es abordar los problemas mencionados anteriormente y otros.

5 Otro objeto de la descripción es proporcionar un aparato de compensación de potencia reactiva y un método de control del mismo, que permita que los voltajes de las fases respectivas se controlen igualmente incluso cuando una celda específica incluida en cada grupo de fases está defectuosa.

10 Otro objeto de la descripción es proporcionar un aparato de compensación de potencia reactiva y un método de control del mismo, que puede reducir la pérdida de conmutación de las celdas incluidas en cada grupo de fases.

La invención se define en las reivindicaciones independientes adjuntas. Las modalidades preferidas se abordan en las reivindicaciones dependientes adjuntas.

15 En una modalidad, se proporciona un aparato de compensación de potencia reactiva que incluye: uno o más grupos de fases que comprenden cada uno una pluralidad de celdas; y un controlador configurado para controlar uno o más grupos de fases, en donde, cuando al menos una celda en un grupo de fases específico entre uno o más grupos de fases está defectuosa, el controlador controla el voltaje de cada celda en cada uno de los grupos de fases restantes excepto para el grupo de fases específico que se ajustará, utilizando un índice de modulación.

20 En otra modalidad, se proporciona un método para controlar un aparato de compensación de potencia reactiva, el método incluye: cuando al menos una celda en un grupo de fases específico entre uno o más grupos de fases, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de celdas, está defectuosa, controlar un voltaje de cada celda en cada uno de los grupos de fases restantes, excepto el grupo de fases específico, utilizando un índice de modulación; y
25 generar una señal de control para controlar el uno o más grupos de fases, usando el voltaje de cada celda en el grupo de fases específico y el voltaje controlado de cada celda en cada uno de los grupos restantes.

El aparato de compensación de potencia reactiva y el método de control del mismo de acuerdo con la descripción tienen las siguientes ventajas.

30 De acuerdo con al menos una de las modalidades, se proporcionan celdas de reserva en cada grupo de fases, de modo que, aunque las celdas tienen tantas fallas como el número de celdas de reserva, se puede mantener el equilibrio de voltaje entre los grupos de fases respectivos, mejorando así la fiabilidad de un producto.

35 De acuerdo con al menos una de las modalidades, la pérdida de conmutación de celdas incluidas en cada grupo de fases se minimiza, de modo que la vida útil de los grupos de fases se puede extender.

El alcance adicional de la aplicabilidad de la descripción se hará evidente a partir de la descripción detallada dada a continuación. Sin embargo, debe entenderse que la descripción detallada y los ejemplos específicos, si bien indican modalidades preferidas de la descripción, se dan solo a modo ilustrativo, ya que diversos cambios y modificaciones dentro del alcance de la descripción resultarán evidentes para los expertos en la materia a partir de esta descripción detallada.

Breve descripción de los dibujos

45 La Figura 1 ilustra un sistema de potencia general.
La Figura 2 es un diagrama de circuito que ilustra la conexión Y y la conexión delta del aparato de compensación de potencia reactiva general.
La Figura 3 es una vista que ilustra una relación entre los voltajes de las fases respectivas.
50 La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato de compensación de potencia reactiva de acuerdo con una modalidad.
La Figura 5 es un diagrama de circuito que tiene una topología de conexión delta del aparato de compensación de potencia reactiva de acuerdo con una modalidad.
La Figura 6 es un diagrama de circuito que ilustra un primer grupo de fases.
55 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control del aparato de compensación de potencia reactiva de acuerdo con una modalidad.
La Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra en detalle S140 de la Figura 7.
La Figura 9 es un diagrama de flujo que ilustra en detalle S170 de la Figura 7.
Descripción detallada de las realizaciones

60 Ahora se dará una descripción detallada de acuerdo con modalidades ilustrativas descritas en este documento, con referencia a los dibujos adjuntos. En aras de una breve descripción con referencia a los dibujos, los mismos componentes o componentes equivalentes pueden proporcionarse con los mismos números de referencia, y su descripción no se repetirá. En general, se puede utilizar un sufijo como "módulo" y "unidad" para referirse a elementos o componentes. El uso de dicho sufijo en el presente documento tiene la única intención de facilitar la descripción, y el sufijo en sí mismo no tiene la intención de dar ningún significado o función especial. En la descripción, lo que es bien

conocido por un experto en la técnica relevante generalmente se ha omitido en aras de la brevedad. Los dibujos adjuntos se utilizan para ayudar a comprender fácilmente diversas características técnicas y debe entenderse que las modalidades no están limitadas por los dibujos adjuntos. Como tal, la descripción debe interpretarse para extenderse a cualquier alteración, equivalentes y sustitutos además de los que se exponen particularmente en los dibujos adjuntos.

La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra un aparato de compensación de potencia reactiva de acuerdo con una modalidad.

Con referencia a la Figura 4, el aparato de compensación de potencia reactiva 100 de acuerdo con la modalidad puede incluir un controlador 110, primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124, y primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134.

Los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 se describirán con referencia a las Figuras 5 y 6.

El primer grupo de fases 130 puede incluir de la primera a la $(n+2)$ ésima celdas a_1 a $a_{(n+2)}$. El segundo grupo de fases 132 puede incluir de la primera a la $(n+2)$ ésima celdas b_1 a $b_{(n+2)}$. El tercer grupo de fases 134 puede incluir de la primera a la $(n+2)$ ésima celdas c_1 a $c_{(n+2)}$.

El número de celdas incluidas en cada uno de los grupos de fases 130, 132 y 134 puede ser $(n+2)$.

Aunque la Figura 6 ilustra el primer grupo de fases 130 por conveniencia de la descripción, otros grupos de fases, es decir, el segundo grupo de fases 132 y el tercer grupo de fases 134 tienen la misma estructura que el primer grupo de fases 130 mostrado en la Figura 1.

Como se muestra en la Figura 6, el primer grupo de fases 130 puede incluir una pluralidad de celdas a_1 a $a_{(n+2)}$ conectadas en serie.

Cada una de las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$ puede incluir cuatro interruptores S_{LT} , S_{LB} , S_{RT} y S_{RB} , cuatro diodos D_{LT} , D_{LB} , D_{RT} y D_{RB} y un capacitor C_{celda} .

Del primer al cuarto interruptores S_{LT} , S_{LB} , S_{RT} y S_{RB} pueden ser transistores bipolares de puerta aislada (IG-BT), pero las modalidades no están limitadas a los mismos.

Del primer al cuarto interruptores S_{LT} , S_{LB} , S_{RT} y S_{RB} pueden configurarse de un tipo de puente completo, pero las modalidades no están limitadas a los mismos.

Específicamente, el primer y segundo interruptores S_{LT} y S_{LB} puede estar conectado en serie entre un primer nodo n_1 y un cuarto nodo n_4 . Es decir, el primer interruptor S_{LT} puede estar conectado entre el primer nodo n_1 y un segundo nodo n_2 , y el segundo interruptor S_{LB} puede estar conectado entre el segundo nodo n_2 y el cuarto nodo n_4 . De manera similar, un primer diodo D_{LT} puede estar conectado entre el primer nodo n_1 y el segundo nodo n_2 , y un segundo diodo D_{LB} puede estar conectado entre el segundo nodo n_2 y el cuarto nodo n_4 .

Además, el tercer y cuarto interruptores S_{RT} y S_{RB} pueden estar conectados en serie entre el primer nodo n_1 y el cuarto nodo n_4 . Es decir, el tercer interruptor S_{RT} puede estar conectado entre el primer nodo n_1 y un tercer nodo n_3 , y el cuarto interruptor S_{RB} puede estar conectado entre el tercer nodo n_3 y el cuarto nodo n_4 . De manera similar, un tercer diodo D_{RT} puede estar conectado entre el primer nodo n_1 y el tercer nodo n_3 , y un cuarto diodo D_{RB} puede estar conectado entre el tercer nodo n_3 y el cuarto nodo n_4 .

Un primer par de interruptores configurado con el primer y segundo interruptores S_{LT} y S_{LB} y un segundo par de interruptores configurado con el tercer y cuarto interruptores S_{RT} y S_{RB} pueden estar conectados en paralelo entre el primer nodo n_1 y el cuarto nodo n_4 .

El capacitor C_{celda} puede proporcionarse entre el primer nodo n_1 y el cuarto nodo n_4 . Es decir, un extremo del capacitor C_{celda} puede estar conectado al primer nodo n_1 y al otro extremo del capacitor C_{celda} puede estar conectado al cuarto nodo n_4 . El capacitor C_{celda} también se puede conectar en paralelo al primer par de interruptores y/o al segundo par de interruptores.

Una primera línea LS_1 conectada al segundo nodo n_2 puede estar conectada a un tercer nodo n_3 de una celda anterior, y una segunda línea LS_2 conectada al tercer nodo n_3 puede estar conectada a un segundo nodo n_2 de una celda siguiente.

Se puede proporcionar un interruptor de derivación 136_1 a $136_{(n+2)}$ entre la primera línea LS_1 y la segunda línea LS_2 . Es decir, un extremo del interruptor de derivación 136_1 a $136_{(n+2)}$ puede estar conectado a una área de la primera línea LS_1 , y el otro extremo del interruptor de derivación 136_1 a $136_{(n+2)}$ puede estar conectado a una área de la segunda línea LS_2 .

La estructura de las celdas a1 a a(n+2) del primer grupo de fases 130 puede aplicarse idénticamente a la de las celdas b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada una del segundo grupo de fases 132 y del tercer grupo de fases 134.

Por lo tanto, la potencia reactiva de un sistema de potencia se puede compensar cambiando el control de las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) y c1 a c(n+2) de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134. Es decir, para compensar la potencia reactiva del sistema de potencia, cuando la potencia reactiva del sistema de potencia es potencia reactiva adelantada en la que la fase de corriente se adelanta a la fase de voltaje, las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) y c1 a c(n+2) de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 pueden controlarse por conmutación, de modo que la fase de corriente se retrase. Cuando la potencia reactiva del sistema de potencia es la potencia reactiva retrasada en la que la fase de corriente se atrasa a la fase de voltaje, las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) y c1 a c(n+2) de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 pueden ser controlados por conmutación de modo que se presente la fase de corriente.

Del primero al cuarto diodos D_{LT} , D_{LB} , D_{RT} y D_{RB} pueden evitar que la corriente inversa fluya a través de los respectivos primer al cuarto interruptores S_{LT} , S_{LB} , S_{RT} y S_{RB} .

Alternativamente, del primer al cuarto diodos D_{LT} , D_{LB} , D_{RT} y D_{RB} pueden permitir que un voltaje de un capacitor C_{celda} de una celda específica no se use para formar una trayectoria de la corriente que no pase a través del capacitor C_{celda} . Es decir, del primer al cuarto diodos D_{LT} , D_{LB} , D_{RT} y D_{RB} puede permitir que no se use la celda específica. Por ejemplo, cuando solo el tercer interruptor S_{RT} de la primera celda a1 se enciende, se puede formar una trayectoria de la corriente formada por la primera línea LS1, el primer diodo D_{LT} , el tercer interruptor S_{RT} , y la segunda línea SL2. En este caso, el voltaje del capacitor C_{celda} no se usa para generar un voltaje de salida del primer grupo de fases 130.

El capacitor C_{celda} puede permitir que un voltaje correspondiente a una capacidad definida como carga máxima. Por lo tanto, una capacidad correspondiente C_{celda} puede cargarse hacia un voltaje máximo o descargarse hacia 0V.

Cuando una celda correspondiente está defectuosa, el interruptor de derivación 136_1 a 136_(n+2) puede permitir que no se use la celda correspondiente. Por ejemplo, cuando la primera celda a1 está defectuosa, el interruptor de derivación 136_1 a 136_(n+2) conectado entre la primera línea LS1 y la segunda línea LS2 puede activarse, de modo que la primera línea LS1 y la segunda línea LS2 estén conectadas para cortocircuitarse. Por lo tanto, la corriente que fluye en la primera línea LS1 no fluye a través de los elementos de la primera celda a1, es decir, los interruptores, los diodos y el capacitor, sino que fluye en la segunda celda a2 a través de la segunda línea LS2. Cuando una celda específica de un grupo de fases correspondiente está defectuosa de tal manera, el interruptor de derivación 136_1 a 136_(n+2) provistos en una celda correspondiente pueden activarse de tal manera que el flujo de corriente se desvíe de una celda anterior a una siguiente celda.

Los primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124 pueden controlar los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134, respectivamente.

Los primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124 pueden generar de la primera a tercera señales de conmutación para controlar cada una de las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) y c1 a c(n+2) en los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134, respectivamente.

Específicamente, el primer controlador de grupo de fases 120 puede generar una primera señal de conmutación para controlar cada una de las celdas a1 a a(n+2) en el primer grupo de fases 130. El segundo controlador de grupo de fases 122 puede generar una segunda señal de conmutación para controlar cada una de las celdas b1 a b(n+2) en el segundo grupo de fases 132. El tercer controlador de grupo de fases 124 puede generar una tercera señal de conmutación para controlar cada una de las celdas c1 a c(n+2) en el tercer grupo de fases 134.

Los primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124 pueden generar las primera a tercera señales de conmutación, en base a un valor de comando y/o una señal de control, proporcionada desde el controlador 110.

El controlador 110 puede controlar los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124.

Específicamente, el controlador 110 puede generar un valor de comando y/o una señal de control, en base a la información de la situación de potencia adquirida del sistema de potencia y/o la información de estado de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 y la información de estado de las celdas respectivas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 o 134, y transmiten el valor de comando y/o señal de control generada al primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124.

La información de la situación de potencia puede ser información de voltaje y/o corriente.

La información de estado de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 y la información de estado de las celdas respectivas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 o 134 pueden proporcionarse desde cada grupo de fases 130, 132 y 134 y/o las celdas a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) en cada grupo de fases 130, 132 y 134 a través de comunicación por cable o inalámbrica.

La comunicación por cable o inalámbrica puede realizarse entre el controlador 110 y el primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124.

5 Los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124 y los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 pueden realizar la comunicación por cable o inalámbrica, pero las modalidades no están limitadas a los mismos.

El controlador 110 puede incluir un controlador superior 113, un controlador inferior 116 y un generador de señales de control 119.

10 El controlador superior 113 puede referirse como un primer controlador, y el controlador inferior 116 puede denominarse como un segundo controlador. Alternativamente, el controlador inferior 116 puede referirse como un primer controlador, y el controlador superior 113 puede denominarse como un segundo controlador.

15 Por ejemplo, el controlador superior 113 puede generar una señal de control de equilibrio de voltaje del grupo para controlar el equilibrio de voltaje entre los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134. La señal de control de equilibrio de voltaje del grupo puede controlar el equilibrio de voltaje entre los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134. En otras palabras, un voltaje del primer grupo de fases 130, un voltaje del segundo grupo de fases 132 y un voltaje del tercer grupo de fases 134 pueden equilibrarse mediante la señal de control de equilibrio de voltaje del grupo.

20 La señal de control de equilibrio de voltaje del grupo puede denominarse señal de referencia.

Por ejemplo, el controlador inferior 116 puede generar una señal de control de equilibrio de voltaje de la celda para controlar el equilibrio de voltaje entre las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$, b_1 a $b_{(n+2)}$ y c_1 a $c_{(n+2)}$ de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134.

25 La señal de control de equilibrio de voltaje de la celda puede incluir las primera a tercera señales de control de equilibrio de voltaje de la celda correspondientes a los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134, pero las modalidades no están limitadas a los mismos.

30 Por ejemplo, la primera señal de control de equilibrio de voltaje de la celda puede controlar el equilibrio de voltaje entre las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$ en el primer grupo de fases 130. En otras palabras, los voltajes entre las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$ en el primer grupo de fases 130 pueden equilibrarse mediante la primera señal de control de equilibrio de voltaje de la celda.

35 Por ejemplo, la segunda señal de control de equilibrio de voltaje de la celda puede controlar el equilibrio de voltaje entre las celdas b_1 a $b_{(n+2)}$ en el segundo grupo de fases 132. En otras palabras, los voltajes entre las celdas b_1 a $b_{(n+2)}$ en el segundo grupo de fases 132 pueden equilibrarse mediante la segunda señal de control de equilibrio de voltaje de la celda.

40 Por ejemplo, la tercera señal de control de equilibrio de voltaje de la celda puede controlar el equilibrio de voltaje entre las celdas c_1 a $c_{(n+2)}$ en el tercer grupo de fases 134. En otras palabras, los voltajes entre las celdas c_1 a $c_{(n+2)}$ en el tercer grupo de fases 134 pueden equilibrarse mediante la tercera señal de control de equilibrio de voltaje de la celda.

45 El generador de señales de control 119 puede generar un valor de comando o señal de control, en base a la entrada de señal de control de equilibrio de voltaje del grupo desde el controlador superior 113 y la primera a la tercera señales de control de equilibrio de voltaje de la celda desde el controlador inferior 116. El valor de comando o la señal de control pueden transmitirse a los primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124, de modo que las primera a tercera señales de conmutación para controlar el primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 son generadas por el primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124, respectivamente. Se pueden transmitir diferentes valores de comando o señales de control desde el generador de señales de control 119 a los primer a tercer controladores de grupo de fases 120, 122 y 124, pero las modalidades no están limitadas a los mismos.

50 La descripción puede proporcionar un espíritu técnico en donde se proporcionan celdas de repuesto en cada grupo de fases 130, 132 u 134, de modo que, aunque tantas celdas como el número de celdas de repuesto, estén defectuosas, el equilibrio de voltaje entre los grupos de fases respectivos 130, 132 y 134 se pueden mantener, mejorando así la confiabilidad de un producto.

55 Además, la descripción puede proporcionar un espíritu técnico en donde se minimiza la pérdida de conmutación de las celdas incluidas en cada grupo de fases 130, 132 o 134, de modo que se puede extender la vida útil de los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134.

60 En el aparato de compensación de potencia reactiva 100 de la descripción, se pueden requerir n celdas a_1 a a_n , b_1 a b_n , o c_1 a c_n por cada grupo de fases 130, 132 o 134 para generar un valor pico (V_{ac} de la siguiente Ecuación 2) de un voltaje de CA operable.

65 Sin embargo, en la descripción, las celdas de repuesto que exceden las n celdas a_1 a a_n , b_1 a b_n , o c_1 a c_n por cada

grupo de fases 130, 132 o 134 pueden proporcionarse adicionalmente para prepararse para una falla de las celdas.

Cuando las celdas de repuesto que exceden las n celdas a_1 a a_n , b_1 a b_n , o c_1 a c_n se designan como a , un número N_{celda} total por cada grupo de fases 130, 132 o 134, puede representarse por la siguiente ecuación.

[Ecuación 1]

$$N_{\text{celda}} = n + \alpha$$

De aquí en adelante, como un ejemplo relacionado con la descripción, se supone que n es 8, α es 2, el voltaje máximo de cada celda es 1V, y el valor máximo de un voltaje de CA es 8V.

El voltaje máximo de cada celda puede ser un voltaje máximo cargado en el capacitor de cada celda.

Aquí, dos celdas de repuesto a pueden significar que, aunque un máximo de 2 celdas están defectuosas, cada grupo de fases 130, 132 o 134 se puede controlar por conmutación en el estado en que el equilibrio de voltaje entre los grupos de fases respectivos 130, 132, y 134 se mantiene. Si tres celdas están defectuosas, cada grupo de fases 130, 132 u 134 ya no está controlado por conmutación y, por lo tanto, el aparato de compensación de potencia reactiva 100 no puede realizar su función original.

Si se predice que dos o más celdas estarán defectuosas, se puede diseñar que a sea 2 o más.

En un momento normal, es decir, cuando cualquier celda no está defectuosa en cada grupo de fases 130, 132 u 134, la forma de onda de un voltaje de CA que varía de +8V a -8V puede generarse periódicamente utilizando 10 celdas.

El controlador 110 controla un voltaje de salida de cada grupo de fases 130, 132 o 134 detectando un voltaje cargado en el capacitor C_{celda} de cada celda y determinando las celdas que se encenderán/apagarán según el voltaje detectado.

Aquí, la celda que se enciende puede referirse a una celda en la que se usa un voltaje cargado en el capacitor de la celda correspondiente para generar un voltaje de salida de un grupo de fases 130, 132 o 134 correspondiente.

La celda que se apaga puede referirse a una celda en la cual un voltaje cargado en el capacitor de la celda correspondiente no se usa para generar un voltaje de salida de un grupo de fases 130, 132 u 134 correspondiente.

Por ejemplo, si 10 celdas están cargadas con 1V cuando se va a generar un voltaje de salida de 8V, el voltaje de salida puede controlarse de manera que, entre las 10 celdas, se enciendan 8 celdas y se apaguen 2 celdas. Por tanto, el voltaje de salida de 8V puede ser generado por las 8 celdas a encender.

Por ejemplo, si cada una de las 10 celdas se carga con 0,8V cuando se va a generar un voltaje de salida de 4V, el voltaje de salida puede controlarse de manera que, entre las 10 celdas, se enciendan 5 celdas y se apaguen 5 celdas. Por lo tanto, el voltaje de salida de 4V puede ser generado por las 5 celdas a encender.

Los ejemplos se derivan del supuesto de que todas las 10 celdas tienen el mismo voltaje. Sin embargo, dado que los voltajes de las celdas respectivas cambian continuamente y son diferentes entre sí, es necesario controlar con precisión las celdas que se encenderán/apagarán.

En este caso, cuando no se seleccionan las 10 celdas, por ejemplo, cuando se seleccionan 5 celdas, las 5 celdas correspondientes no se seleccionan por igual, pero pueden seleccionarse de forma variable.

Aquí, la selección de una celda puede significar que la celda correspondiente opera para activarse, y la no selección de una celda puede significar que la celda correspondiente opera para apagarse.

Por ejemplo, cuando se seleccionan cinco celdas de 10 celdas en cada fase, las primera a quinta celdas pueden seleccionarse en algunos casos, y las segunda, cuarta, sexta, octava y décima celdas pueden seleccionarse en algunos casos.

Por lo tanto, en el momento normal, se puede generar un voltaje de CA utilizando el mismo número de celdas entre las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$, b_1 a $b_{(n+2)}$ o c_1 a $c_{(n+2)}$ incluidas en cada grupo de fases 130, 132 o 134 para cada fase, es decir, 10 celdas por cada grupo de fases 130, 132 u 134. Por lo tanto, el control de equilibrio de voltaje se puede realizar bajo la misma condición para cada fase.

El tiempo normal puede ser un momento en que cualquier celda en cada grupo de fases 130, 132 o 134 no está defectuosa. Si una celda entre las celdas incluidas en una fase específica, por ejemplo, el segundo grupo de fases 132 está defectuosa, $(n+1)$ las celdas b_1 a $b_{(n+1)}$ incluidas en el segundo grupo de fases 132 pueden usarse para generar un voltaje de CA. Por otro lado, las celdas $(n+2)$ a_1 a $a_{(n+2)}$ o c_1 a $c_{(n+2)}$ incluidas en el primer grupo de fases 130 o

el tercer grupo de fases 134 pueden usarse para generar un voltaje de CA.

Por ejemplo, cuando la tercera celda b3 incluida en el segundo grupo de fases 132 está defectuosa, la tercera celda b3 del segundo grupo de fases 132 ya no se usa. En consecuencia, el interruptor de derivación 136_3 conectado a la tercera celda b3 se enciende de modo que la tercera celda b3 se puentea. En este caso, solo se pueden usar 9 celdas b1, b2 y b4 a b9 en el segundo grupo de fases 132. Por otro lado, se pueden usar 10 celdas a1 a a10 o c1 a c10 en el primer grupo de fases 130 o el tercer grupo de fases 134.

Por lo tanto, el voltaje de salida del segundo grupo de fases 132 puede generarse usando las nueve celdas b1, b2 y b4 a b9. Por otro lado, el voltaje de salida del primer grupo de fases 130 o del tercer grupo de fases 134 puede generarse usando las 10 celdas a1 a a10 o c1 a c10.

En la descripción, un índice de modulación de un grupo de fases en donde no se produce ningún fallo, por ejemplo, el primer grupo de fases 130 o el tercer grupo de fases 134 se controla para que sea igual al de un grupo de fases en donde se produce un fallo, por ejemplo, el segundo grupo de fases 132, utilizando un índice de modulación (MI), reduciendo así la pérdida de conmutación de cada célula.

El índice de modulación puede calcularse mediante la siguiente ecuación en el controlador 110.

[Ecuación 2]

$$MI = V_{ac} / V_{dc}$$

V_{ac} es un voltaje pico operable en el aparato de compensación de potencia reactiva 100, y puede depender de un voltaje del sistema de potencia. Es decir, un voltaje pico máximo operable en el aparato de compensación de potencia reactiva 100 puede calcularse considerando el voltaje del sistema de potencia y varias celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 o 134 pueden determinarse para generar un voltaje mayor que el voltaje pico máximo. Por lo tanto, el encendido/apagado de cada una de las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) y c1 a c(n+2) puede controlarse para generar un voltaje de salida dentro del voltaje pico máximo que usa el número determinado de celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 o 134.

Por ejemplo, cuando V_{ac} es de 8V y el voltaje máximo por celda incluido en cada grupo de fases 130, 132 u 134 es de 1V, se pueden proporcionar 8 o más celdas en cada grupo de fases 130, 132 u 134. En la Figura 5, cuando n es 8 (a1 a a8, b1 a b8 o c1 a c8), el número total de celdas incluidas en cada grupo de fases 130, 132 u 134, incluyendo 2 celdas de reserva, puede ser 10 a1 a a10, b1 a b10, o c1 a c10.

V_{dc} puede ser una suma de los voltajes máximos de las celdas disponibles entre las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) incluidas en cada grupo de fases 130, 132, o 134. Una celda cuyo fallo no ocurre puede definirse como una celda disponible, y una celda cuyo fallo ocurre puede definirse como una celda no disponible. La celda de la cual ocurre la falla puede ser anulada a medida que se activa el interruptor de derivación 136_1 a 136_(n+2).

Por ejemplo, si el voltaje máximo por celda incluido en cada grupo de fases 130, 132 o 134 es 1V, cuando se proporcionan 10 celdas en cada grupo de fases 130, 132 o 134 y todas las celdas son celdas disponibles, V_{dc} puede ser 10V. En el tiempo normal, 10 celdas a1 a a10, b1 a b10 o c1 a c10 están disponibles para cada grupo de fases 130, 132 u 134. Por lo tanto, cada uno de los primer a tercer índices de modulación MI_a, MI_b y MI_c es 8/10 = 0,8, y los primer a tercer índices de modulación MI_a, MI_b y MI_c de los respectivos grupos de fases 130, 132 y 134 pueden ser iguales a unos y otros.

El primer índice de modulación puede ser un valor calculado con respecto al primer grupo de fases 130, y el segundo índice de modulación puede ser un valor calculado con respecto al segundo grupo de fases 132, y el tercer índice de modulación puede ser un valor calculado con respecto al tercer grupo de fases 134.

Por otro lado, en un momento anormal, es decir, cuando al menos una celda específica entre las celdas incluidas en un grupo de fases específico es defectuosa, un índice de modulación del grupo de fases específico es diferente del grupo de fases específico en el momento normal.

Por ejemplo, cuando la tercera celda en el segundo grupo de fases 132 está defectuosa, y cualquier celda no está defectuosa tanto en el primer grupo de fases 130 como en el tercer grupo de fases 134, cada uno del primer índice de modulación MI_a y del tercer índice de modulación MI_c puede ser 0,8 (= 8/10), y del segundo índice de modulación MI_b puede ser 0,89 (= 8/9).

Por lo tanto, el segundo índice de modulación del segundo grupo de fases 132 se incrementa en comparación con los primer y tercer índices de modulación de los primer y tercer grupo de fases 130 y 134.

Que el índice de modulación se incremente puede significar que la estabilidad de control de un sistema se vuelve pobre. En este caso, el controlador 110 puede controlar los voltajes de celda del primer grupo de fases 130 y el tercer

grupo de fases 134 de modo que el primer índice de modulación del primer grupo de fases 130 y el tercer índice de modulación del tercer grupo de fases 134 pueden ser iguales a el segundo índice de modulación del segundo grupo de fases 132 del cual el índice de modulación se cambia porque la celda es defectuosa.

5 El controlador 110 puede controlar un voltaje de cada una de las celdas disponibles de un grupo de fases, de las cuales no ocurre falla, para ser menor que el voltaje de cada una de las celdas disponibles de un grupo de fases, de las cuales ocurre una falla, usando el primer a tercer índice de modulación.

10 Es decir, el índice de modulación del segundo grupo de fases 132 es mayor entre los índices de modulación de los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134. En este caso, hay nueve celdas disponibles entre las 10 celdas del segundo grupo de fases 132 en las que una celda está defectuosa. Por otro lado, todas las 10 celdas están disponibles en otro grupo de fases, es decir, cada uno de los primer grupo de fases 130 y tercer grupo de fases 134.

15 Por lo tanto, como el tiempo normal, el voltaje de cada una de las celdas incluidas en el segundo grupo de fases 132 está disponible como 1V que es un primer voltaje. Sin embargo, el voltaje de cada una de las celdas incluidas en el primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134 puede disminuirse como un segundo voltaje menor que el primer voltaje.

20 El segundo grupo de fases 132 genera el valor máximo de un voltaje de CA usando las celdas que tienen el primer voltaje, y cada uno de los primer grupo de fases 130 y tercer grupo de fases 134 genera el valor máximo de un voltaje de CA usando las celdas que tienen el segundo voltaje, de modo que los voltajes entre los respectivos grupos de fases 130, 132 y 134 puedan hacer el equilibrio.

25 En resumen, cuando una celda específica incluida en el segundo grupo de fases 132 está defectuosa, un voltaje de cada una de las celdas (n+2) a1 a a(n+2) y c1 a c(n+2) incluidas en la primer y tercer grupo de fases 130 y 134 respectivos pueden controlarse para que sean más pequeños que un voltaje preestablecido. El valor máximo, es decir, el valor máximo del voltaje de CA, que puede generarse mediante (n+1) celdas b1 a b(n+1) incluidas en el segundo grupo de fases 132, puede generarse utilizando el (n+2) celdas a1 a a(n+2) y c1 a c(n+2) incluidas en los respectivos primer a tercer grupos de fases 130 y 134, que controlaron el voltaje como se describió anteriormente. Aquí, el voltaje preestablecido puede ser el primer voltaje de cada una de las (n+2) celdas a1 a a(n+2) y c1 a c(n+2) incluidas en los respectivos primer a tercer grupos de fases 130 y 134 en el tiempo normal.

30 Un ancho de caída de voltaje con respecto a la cantidad de voltaje de cada una de las celdas (n+2) a1 a a(n+2) y c1 a c(n+2) incluidas en los respectivos primer a tercer grupos de fases 130 y 134 disminuye cuando una celda en el segundo grupo de fases 132 está defectuosa, puede determinarse en función de cuántas celdas incluidas en el segundo grupo de fases 132 están defectuosas. Por ejemplo, cuando un número mayor de celdas incluidas en el segundo grupo de fases 132 están defectuosas, el voltaje de cada una de las celdas (n+2) incluidas en cada uno de los primer a tercer grupo de fases 130 y 134 puede hacerse más pequeño.

40 Como se describió anteriormente, en la descripción, cuando una celda en un grupo específico está defectuosa, se ajusta el voltaje de una celda en un grupo de fases, del cual no se produce la falla, de modo que se pueda mantener el equilibrio de voltaje entre los grupos de fases respectivos, mejorando así la fiabilidad de un producto.

45 Además, en la descripción, el voltaje de una celda en un grupo de fases, del cual no se produce falla, se controla para disminuir aún más, de modo que la pérdida de conmutación de la celda correspondiente se puede reducir, extendiendo así la vida útil del grupos de fases correspondiente.

A continuación, se describirá un método para controlar el aparato de compensación de potencia reactiva 100 configurado como se describe anteriormente.

50 La Figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método de control del aparato de compensación de potencia reactiva de acuerdo con una modalidad.

55 Con referencia a las Figuras 4 y 7, el controlador 110, específicamente, el controlador superior 113 puede calcular un índice de modulación (S140).

El índice de modulación puede calcularse considerando un número de celdas cuya falla ocurre entre las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) incluidas en cada fase grupo 130, 132 o 134.

60 Como se muestra en la Figura 8, el controlador superior 113 puede recibir, desde los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134, la información de estado de los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 respectivos e información de estado de las celdas respectivas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S142).

65 El controlador superior 113 puede verificar si alguna celda en un grupo de fases específico ha estado defectuosa, en base a la información de estado de los respectivos primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 y la información de

estado de las celdas respectivas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) de cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S144).

El controlador superior 113 puede calcular un índice de modulación para cada grupo de fases 130, 132 o 134, en función de si alguna celda en el grupo de fases específico ha fallado (S146).

El índice de modulación puede calcularse mediante la ecuación 2.

Por ejemplo, se supone que el número total N_{celda} de celdas por cada grupo de fases 130, 132 o 134 es 10, el número de celdas de repuesto es 2, el voltaje máximo de cada celda es 1V, y el valor máximo de un voltaje de CA es 8V.

En este caso, cuando dos celdas entre las celdas b1 a b10 del segundo grupo de fases 132 están defectuosas, el índice de modulación puede calcularse como se muestra en la siguiente Tabla 1.

Tabla 1

Índice de modulación	Índice de modulación
M _{1a}	8/10=0,8
M _{1b}	8/8=1
M _{1c}	8/10=0,8

Con referencia de nuevo a la Figura 7, si se calculan los índices de modulación de los grupos de fases respectivos 130, 132 y 134, el controlador superior 113 puede determinar si los índices de modulación de los respectivos grupos de fases 130, 132 y 134 son iguales entre sí (S150).

Si los índices de modulación de los respectivos grupos de fases 130, 132 y 134 son iguales entre sí ($M_{1a}=M_{1b}=M_{1c}$), la potencia reactiva del sistema de potencia puede compensarse por el uso de una pluralidad de celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), o c1 a c(n+2) incluidos en cada grupo de fases 130, 132 o 134.

Es decir, cuando los índices de modulación de los grupos de fases respectivos 130, 132 y 134 son iguales entre sí, el controlador superior 113 puede generar una señal de control de equilibrio de voltaje del grupo, es decir, una señal de referencia, basada en una suma de voltajes de las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2) o c1 a c(n+2) incluidas en cada grupo de fases 130, 132 u 134. Además, el controlador inferior 116 puede generar una señal de control de equilibrio de voltaje de la celda en cada grupo de fases 130, 132 u 134 bajo el control del controlador superior 113.

El generador de señales de control 119 puede generar un valor de comando y/o una señal de control, en base a la señal de control de equilibrio de voltaje del grupo y las primera a tercera señal de control de equilibrio de voltaje de la celda. El valor de comando y/o la señal de control pueden transmitirse a los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124, de modo que las primera a tercera señales de conmutación para los primer a tercer controladores de grupos de fases 130, 132 y 134 son generadas por los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124, respectivamente.

Por lo tanto, las celdas en cada grupo de fases 130, 132 o 134 pueden conmutarse de acuerdo con las primera a tercera señales de conmutación, de modo que la potencia reactiva del sistema de potencia pueda compensarse (S160).

Mientras tanto, cuando los índices de modulación de los grupos de fases respectivos 130, 132 y 134 no son iguales entre sí, el controlador superior 113 puede calcular un valor de compensación de cada una de las celdas a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), o c1 a c(n+2) para cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S170).

Como se muestra en la Figura 9, el controlador superior 113 puede verificar una cantidad de celdas disponibles para cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S171).

Aquí, la celda disponible puede definirse como una celda disponible cuya falla no ocurre. En referencia a la Tabla 1, dado que ninguna celda no está defectuosa en el primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134, 10 celdas a1 a a10 o c1 a c10 son todas las celdas disponibles en cada una del primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134.

Por otro lado, dado que dos celdas entre las celdas b1 a b(n+2) incluidas en el segundo grupo de fases 132 están defectuosas, 8 celdas en el segundo grupo de fases 132 son celdas disponibles, y dos celdas en el segundo grupo de fases 132 son celdas no disponibles.

Después de verificar el número de celdas disponibles, el controlador superior 113 puede verificar un grupo de fases en donde el número de celdas disponibles es mínimo (S173).

Por lo tanto, el segundo grupo de fases 132 puede ser el grupo de fases en donde el número de celdas disponibles es mínimo. En este caso, el número mínimo de celdas disponibles puede ser 8.

5 El controlador superior 113 puede restar el número mínimo de celdas disponibles de un número de celdas disponibles para cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S175).

Por lo tanto, $10-8=2$ en cada uno del primer grupo de fases 130 y del tercer grupo de fases 134 pueden ser, y $8-8=0$ en el segundo grupo de fases 132.

10 El controlador superior 113 puede dividir el resultado restado por un número total de celdas incluidas en cada grupo de fases 130, 132 u 134 (S177).

Por lo tanto, $2/10=0,2$ en cada uno del primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 132, y $0/10=0$ en el segundo grupo de fases 132.

15 El controlador superior 113 puede calcular un valor de compensación para cada grupo de fases 130, 132 o 134 multiplicando el resultado dividido y un voltaje de cada celda (S179).

20 Por lo tanto, se puede calcular un valor de compensación de $0,2*1=0,2V$ en cada uno del primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134, y se puede calcular un valor de compensación de $0*1=0V$ en el segundo grupo de fases 132.

Con referencia de nuevo a la Figura 7, el controlador superior 113 puede transmitir el valor de compensación calculado al controlador inferior 116.

25 El controlador inferior 116 puede reflejar el valor de compensación a un voltaje de cada celda en un grupo de fases en donde cualquier celda no está defectuosa (S180).

30 Como resultado de la reflexión, el controlador inferior 116 puede ajustar el voltaje de cada celda incluida en cada uno del primer grupo de fases 130 y del tercer grupo de fases 134 como un valor de voltaje obtenido restando el valor de compensación del voltaje de celda del grupos de fases en donde cualquier celda no está defectuosa, por ejemplo, cada uno del primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134.

35 Por ejemplo, dado que el valor de compensación de cada uno del primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134 es $0,2V$, el voltaje de las celdas del primer grupo de fases respectiva 130 y el tercer grupo de fases 134 puede ajustarse como $1V-0,2V=0,8V$. Dado que el valor de compensación de un grupo de fases en donde una celda es defectuosa, es decir, el segundo grupo de fases 132 es 0, el voltaje de las celdas del segundo grupo de fases 132 puede mantenerse como el valor de voltaje existente, es decir, $1V$.

40 El controlador inferior 116 puede generar la primera y tercera señales de control de equilibrio de los primer a tercer grupos de fases 130 y 134 respectivos, en base al voltaje controlado de cada celda, es decir, $0,8V$. El controlador inferior 116 puede generar una segunda señal de control de equilibrio de celda del segundo grupo de fases 132, en base al valor de voltaje existente, es decir, $1V$.

45 Mientras tanto, el controlador inferior 116 puede calcular la energía de cada grupo de fases 130, 132 u 134, que se utiliza para el controlador superior 113 para generar la señal de control de equilibrio del grupo, es decir, la señal de referencia, y transmitir la energía calculada al superior controlador 113.

La potencia promedio puede estar representada por la siguiente Ecuación 3.

50 Ecuación 3

$$P_{prom} = \sum (V_{celda} [i] + V_{compensa})^2$$

55 P_{prom} denota la energía que es la potencia promedio de cada grupo de fases 130, 132 u 134, V_{celda} denota un voltaje de cada celda, y $V_{compensación}$ denota un valor de compensación.

60 El controlador superior 113 puede generar la señal de referencia, basada en la energía de cada grupo de fases 130, 132 o 134, transmitida desde el controlador inferior 116.

En este momento, dado que el valor de compensación se convierte en 0 en el segundo grupo de fases 132, la energía del segundo grupo de fases 132 es igual a la de antes de que la celda esté defectuosa en el segundo grupo de fases 132.

65 Por otro lado, dado que el valor de compensación de $0,2V$ existe en cada uno de los grupos 130 de la primera fase y el

tercer grupo de fases 134, la energía de cada primer grupo de fases 130 y el tercer grupo de fases 134 es mayor que antes de la celda esté defectuosa en el segundo grupo de fases 132.

5 A medida que aumenta la energía de cada uno del primer grupo de fases 130 y del tercer grupo de fases 134, el controlador superior 113 puede generar la señal de referencia, en base a dicho incremento de la energía.

10 En consecuencia, cuando una celda está defectuosa en un grupo específico, por ejemplo, el segundo grupo de fases 132, se puede calcular un valor de compensación utilizando el índice de modulación y el voltaje de cada una de las celdas a_1 a $a_{(n+2)}$ o c_1 a $c_{(n+2)}$ de cada uno del primer grupo de fases 130 y del tercer grupo de fases 134 se puede ajustar para que se reduzca aún más considerando el valor de compensación (S183).

15 El generador de señales de control 119 puede generar un valor de comando y/o una señal de control, en base a las primera a la tercera señales de control de equilibrio de celda transmitidas desde el controlador inferior 116 y la señal de control de equilibrio del grupo, es decir, la señal de referencia transmitida desde el controlador superior 113, y transmite el valor de comando generado y/o la señal de control a los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124. Los primer a tercer controladores de grupos de fases 120, 122 y 124 pueden generar primera a tercera señales de conmutación, en base al valor de comando y/o señal de control transmitida desde el controlador 110, y transmitir las primera a tercera señales de conmutación a los primer a tercer grupos de fases respectivos 130, 132 y 134. Los primer a tercer grupos 130, 132 y 134 pueden ser controlados por conmutación por las primera a tercera señales de conmutación, respectivamente.

20 En resumen, después de ajustar el voltaje de cada celda del grupo de fases en donde cualquier celda no está defectuosa se compensa mediante el control de conmutación de los primer a tercer grupos de fases 130, 132 y 134 de acuerdo con el valor del comando y/o señal de control generada en función de los voltajes controlados como se describe anteriormente (S186).

25

REIVINDICACIONES

1. Un aparato de compensación de potencia reactiva (100) asociado con un sistema de potencia para compensar la potencia reactiva del sistema de potencia, el aparato de compensación de potencia reactiva (100) que comprende:
una pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) que comprenden cada uno una pluralidad de celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) conectadas en serie; y un controlador (110) configurado para controlar la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), en donde, cuando se determina que al menos una celda en un grupo de fases específico entre la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) es defectuosa, el controlador (110) se configura para controlar el ajuste de un voltaje de cada celda en cada uno de los grupos de fases restantes, excepto el grupo de fases específico que se ajustará, en función de los índices de modulación (Mla, Mlb, Mlc) de la pluralidad de fases grupos (130, 132, 134), en donde el controlador (110) se configura para calcular cada uno de los índices de modulación (Mla, Mlb, Mlc), en donde cada uno de los índices de modulación (Mla, Mlb, Mlc) se calcula por la siguiente manera ecuación:

$$MI = V_{ac}/V_{dc}$$
en donde Vac denota un voltaje pico operable en el aparato de compensación de potencia reactiva (100), y Vdc denota una suma de voltajes máximos de celdas disponibles entre las celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluidas en cada una de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), en donde, cuando los índices de modulación calculados (Mla, Mlb, Mlc) no son iguales, el controlador (110) se configura para calcular un valor de compensación para cada uno de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), y para controlar el voltaje de cada celda de cada uno de los grupos de fases restantes (130, 132, 134) que disminuye, utilizando el valor de compensación calculado, en donde el controlador (110) se configura para calcular el valor de compensación mediante:
determinar un grupo de fases en donde un número de celdas disponibles es mínimo en función del número de celdas disponibles de la respectiva de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134),
restar el número mínimo de celdas del grupo de fases determinado del número de celdas disponibles en cada uno de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134);
dividir el resultado restado por un número total de las celdas incluidas en cada uno de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134); y
calcular el valor de compensación en cada una de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) multiplicando el resultado dividido y el voltaje de cada celda.
2. El aparato de compensación de potencia reactiva (100) de la reivindicación 1, en donde la pluralidad de celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluyen n celdas y celdas de repuesto, las n celdas son capaces de generar el voltaje máximo operable en el aparato de compensación de potencia reactiva (100) y las celdas de repuesto proporcionadas al considerar que una celda es defectuosa, y en donde, aunque las celdas están defectuosas, el número de celdas de repuesto, el controlador (110) se configura para controlar el equilibrio de voltaje entre la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) a mantener.
3. El aparato de compensación de potencia reactiva (100) de cualquiera de las reivindicaciones 1-2 cuando los índices de modulación calculados (Mla, Mlb, Mlc) son iguales, para controlar la potencia reactiva del sistema de potencia a compensar, utilizando las celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluidas en la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134).
4. El aparato de compensación de potencia reactiva (100) de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el controlador (110) se configura para generar una señal de referencia para controlar la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), usando el valor de compensación calculado. y para generar una señal de control, basada en la señal de referencia, en la que el controlador (110) incluye además los primer a tercer controladores de grupos de fases que se configuran para generar respectivamente la primera a tercera señales de conmutación para controlar la respectiva de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), basado en la señal de control.
5. Un método para controlar un aparato de compensación de potencia reactiva (100) asociado con un sistema de potencia para compensar la potencia reactiva del sistema de potencia, el método que comprende:
cuando al menos una celda en un grupo de fases específico entre una pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) está defectuosa, controlar el ajuste de voltaje de cada celda en cada uno de los grupos de fases restantes, excepto el grupo de fases específico entre 5 de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) basados en índices de modulación calculados (Mla, Mlb, Mlc), la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) que comprenden cada uno una pluralidad de celdas (a1 a a(n+2) , b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) conectadas en serie;
cuando los índices de modulación calculados (Mla, Mlb, Mlc) no son iguales, determinar un grupo de fases en el que una cantidad de celdas disponibles es mínima en función del número de celdas disponibles de la respectiva de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134); calcular un valor de compensación para cada una de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), en base al número mínimo de celdas del grupo de fases determinado; y controlar el voltaje de cada celda de cada uno de los grupos de fases restantes que se reducirán, usando el valor de compensación calculado que genera una señal de control para controlar la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), usando el voltaje de cada celda en el grupo de fases específico

- 5 y el voltaje de cada celda en cada uno de los grupos restantes, en donde los índices de modulación (Mla, Mlb, Mlc) se calculan en base a un voltaje pico operable en el aparato de compensación de potencia reactiva (100) y una suma de voltajes máximos de celdas disponibles entre las celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluidas en la pluralidad de 35 grupos de fases (130, 132, 134), en donde la generación de la señal de control comprende
- 10 generar una señal de referencia para controlar la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), utilizando el valor de compensación calculado; generar la señal de control, basada en la señal de referencia; y generar la primera a tercera señales de conmutación para controlar la respectiva de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134), en base a la señal de control,
- 15 en donde el cálculo del valor de compensación incluye:
restar el número mínimo de celdas del grupo de fases determinado del número de celdas disponibles en cada uno de los grupos de fases de pluralidad (130, 132, 134);
dividir el resultado restado por un número total de las celdas incluidas en cada uno de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134); y calcular el valor de compensación en cada una de la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) multiplicando el resultado dividido y el voltaje de cada celda.
- 20 6. El método de la reivindicación 5, en donde la pluralidad de celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluyen n celdas y celdas de repuesto, las n celdas son capaces de generar el voltaje pico operable en el aparato de compensación de potencia reactiva (100) y las celdas de repuesto proporcionadas al considerar que una celda está defectuosa, y que además comprende, aunque tantas celdas están defectuosas, aunque tantas celdas como el número de celdas de repuesto, estén defectuosas, el control del equilibrio de voltaje entre la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134) se mantendrá.
- 25 7. El método de la reivindicación 5 o 6, que comprende además: cuando los índices de modulación calculados (Mla, Mlb, Mlc) son iguales, controlar la potencia reactiva del sistema de potencia a compensar, utilizando las celdas (a1 a a(n+2), b1 a b(n+2), c1 a c(n+2)) incluidas en la pluralidad de grupos de fases (130, 132, 134).

Figura 1

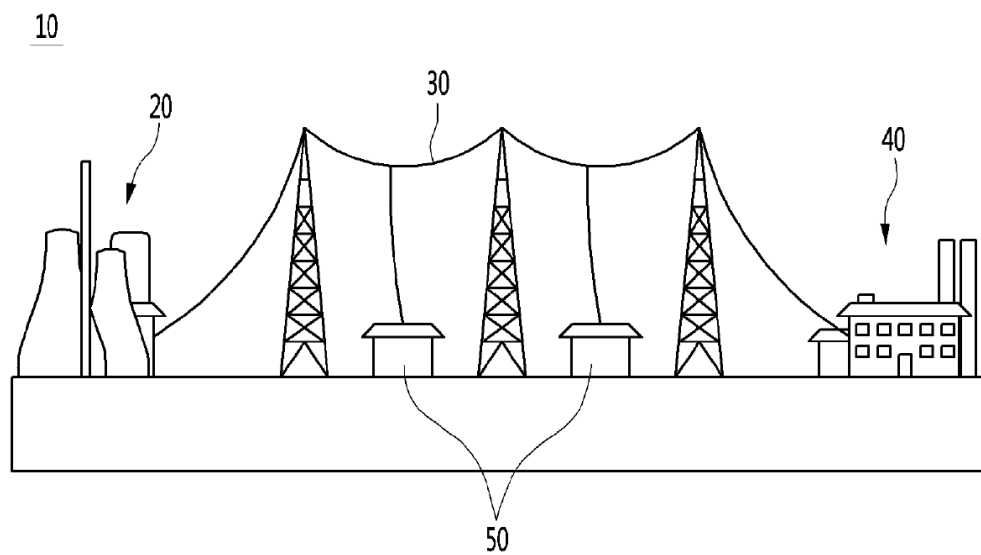


Figura 2A

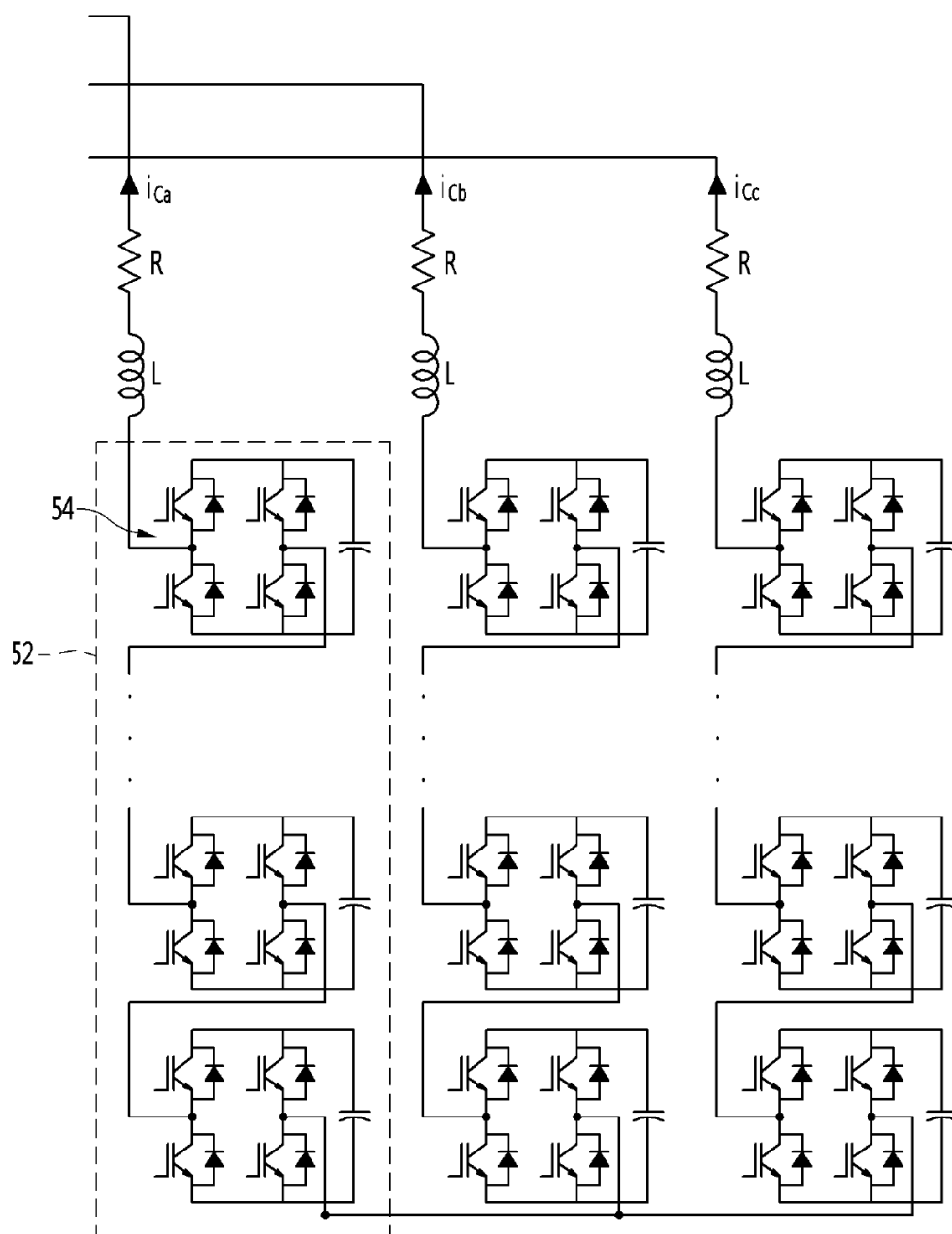


Figura 2B

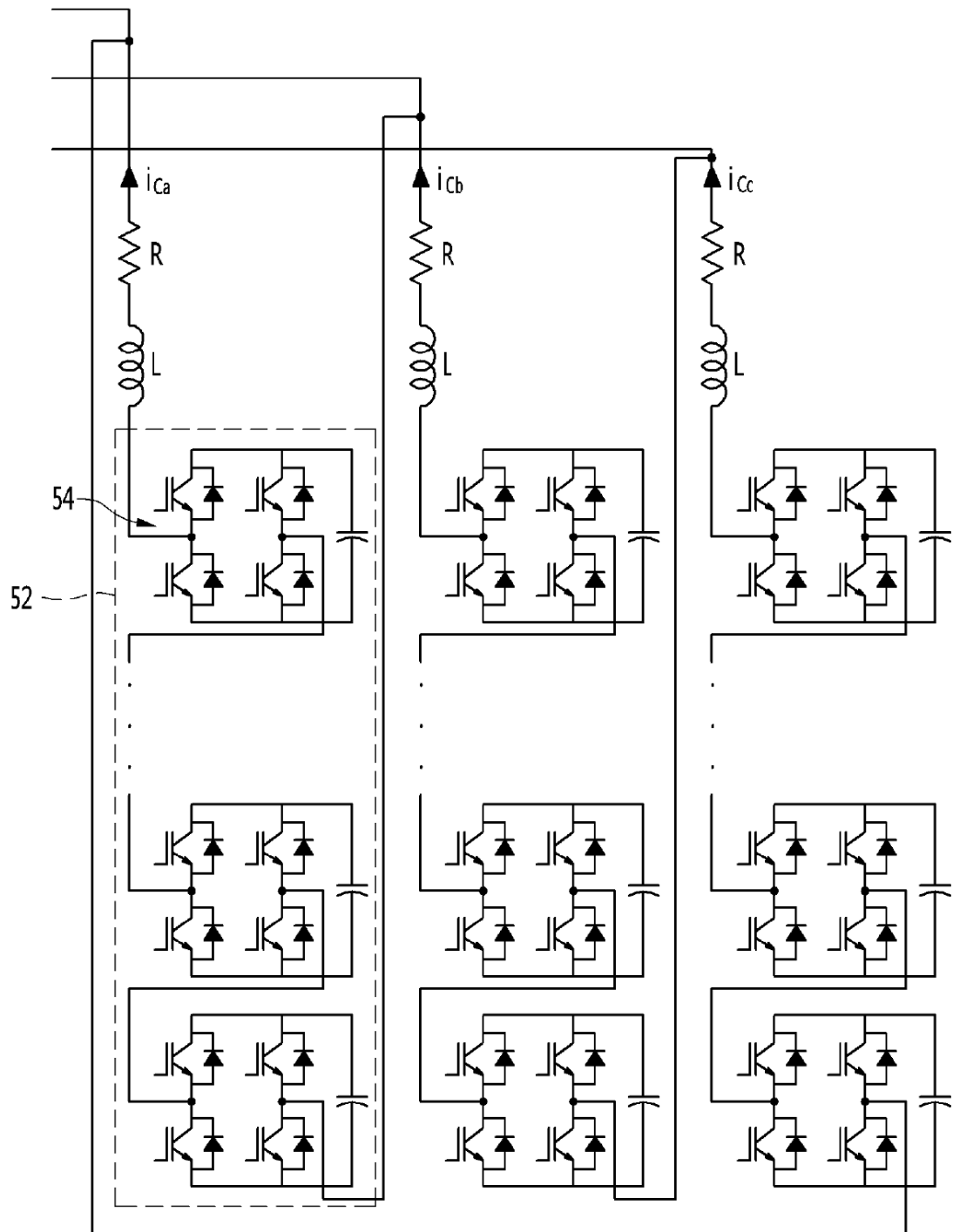


Figura 3A

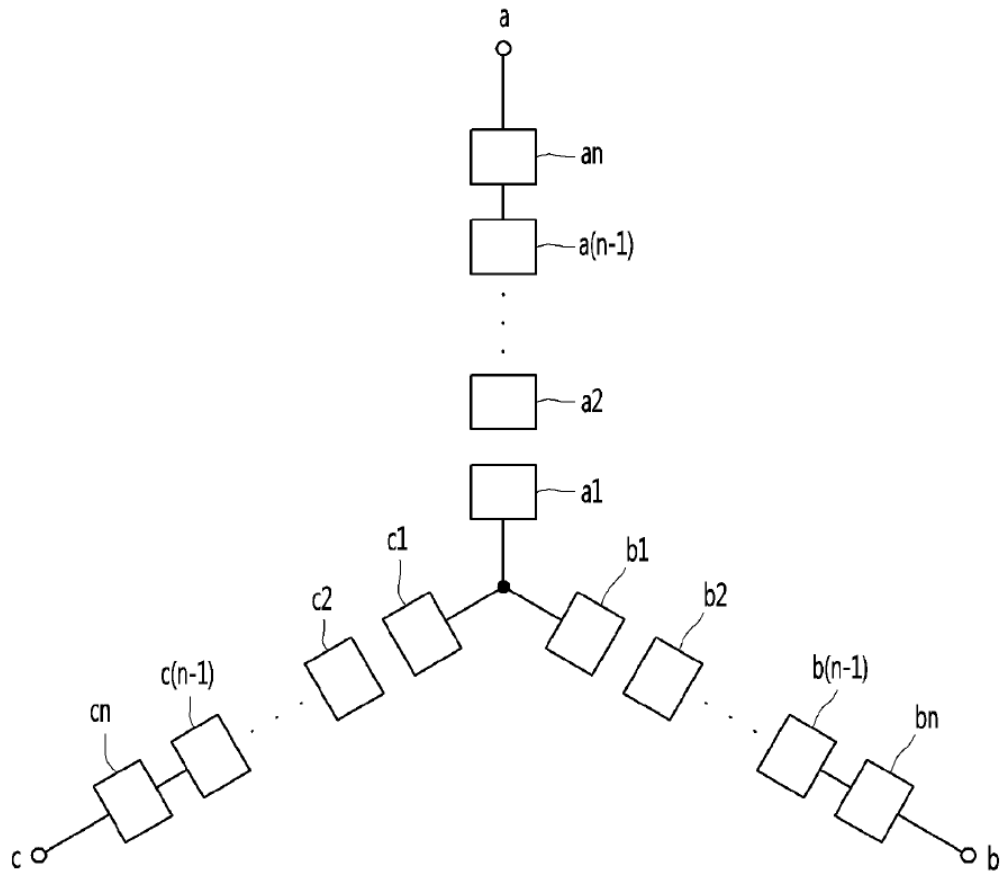


Figura 3B

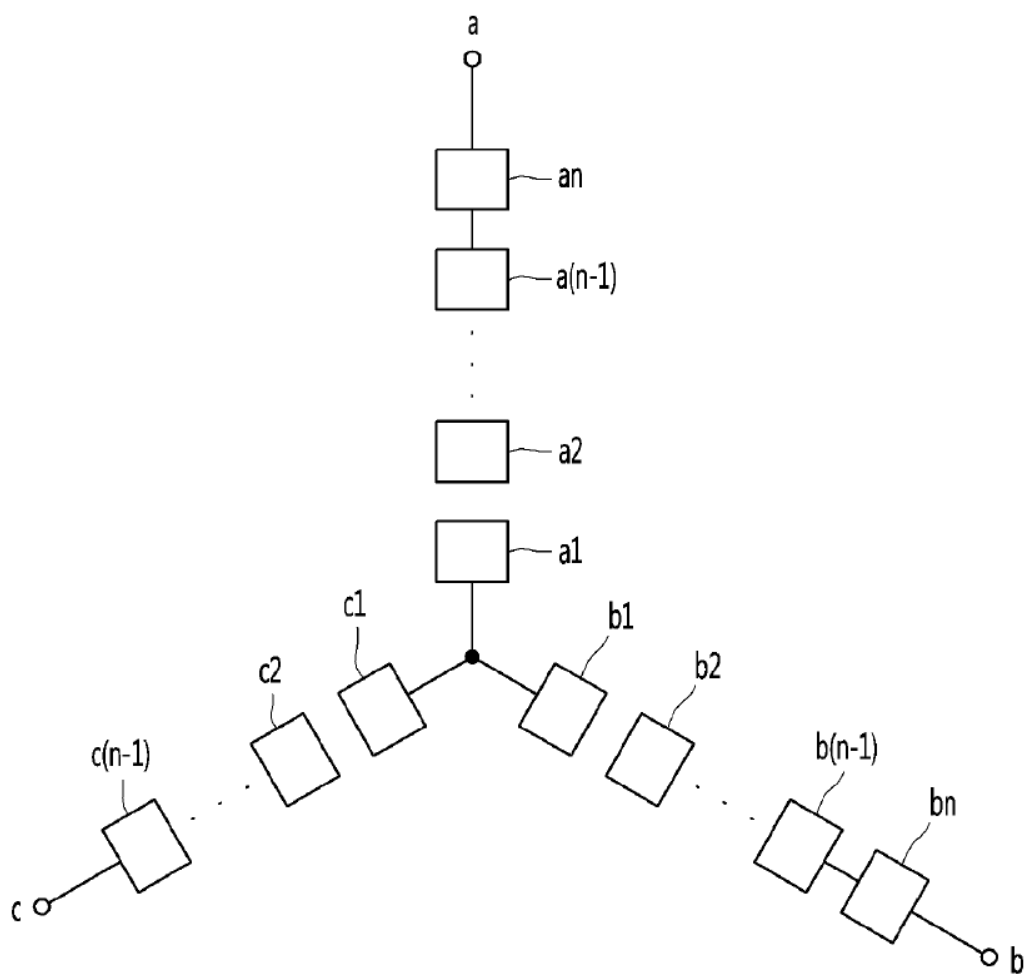


Figura 4

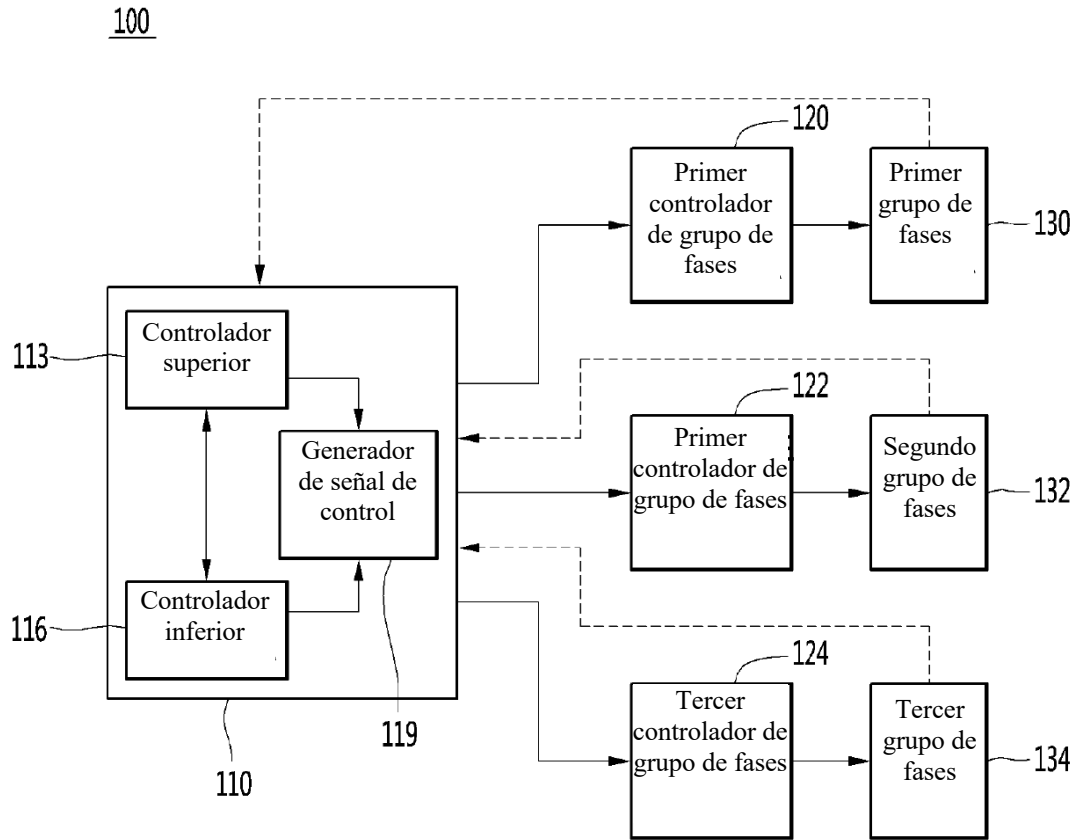


Figura 5

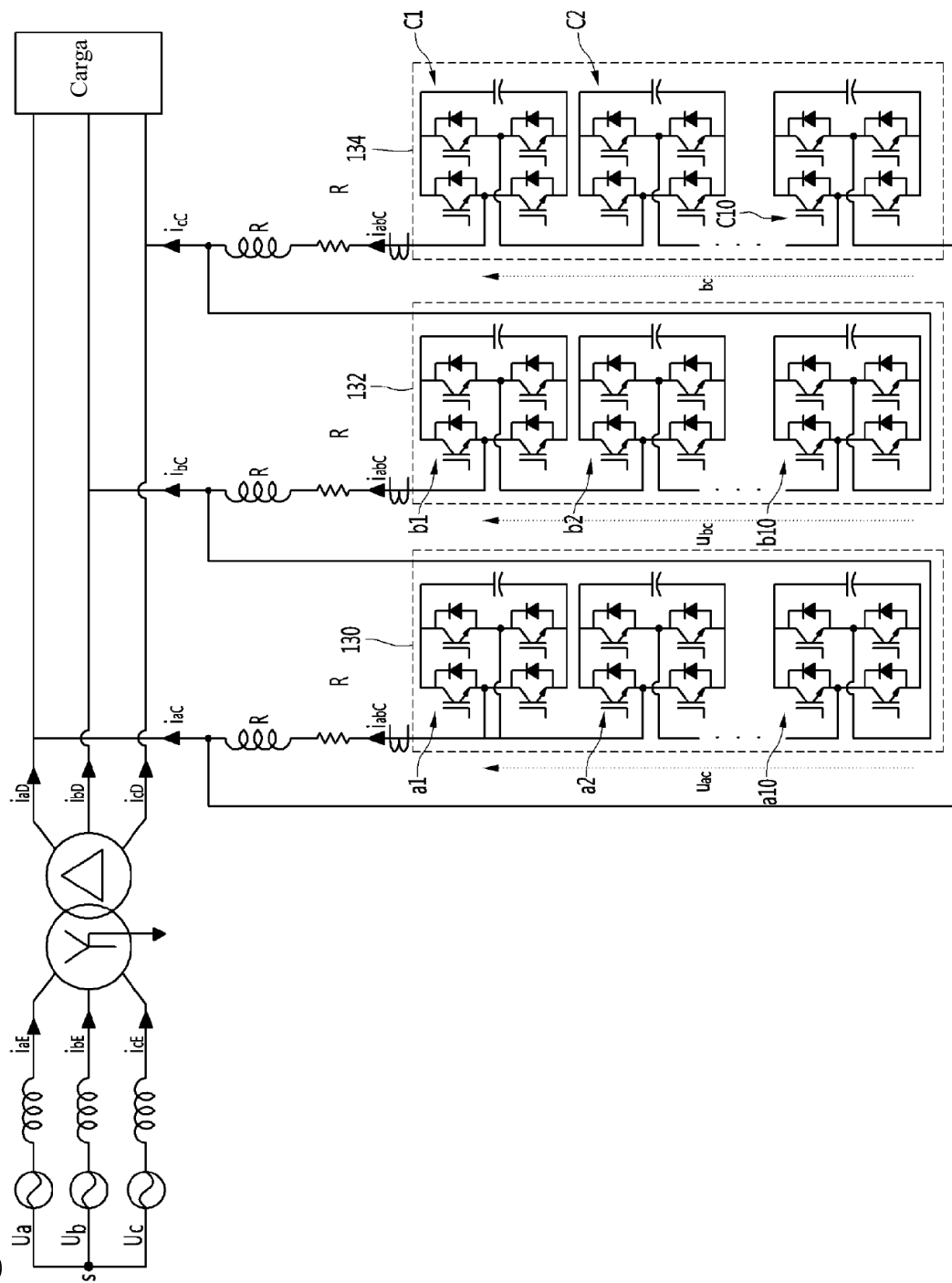


Figura 6

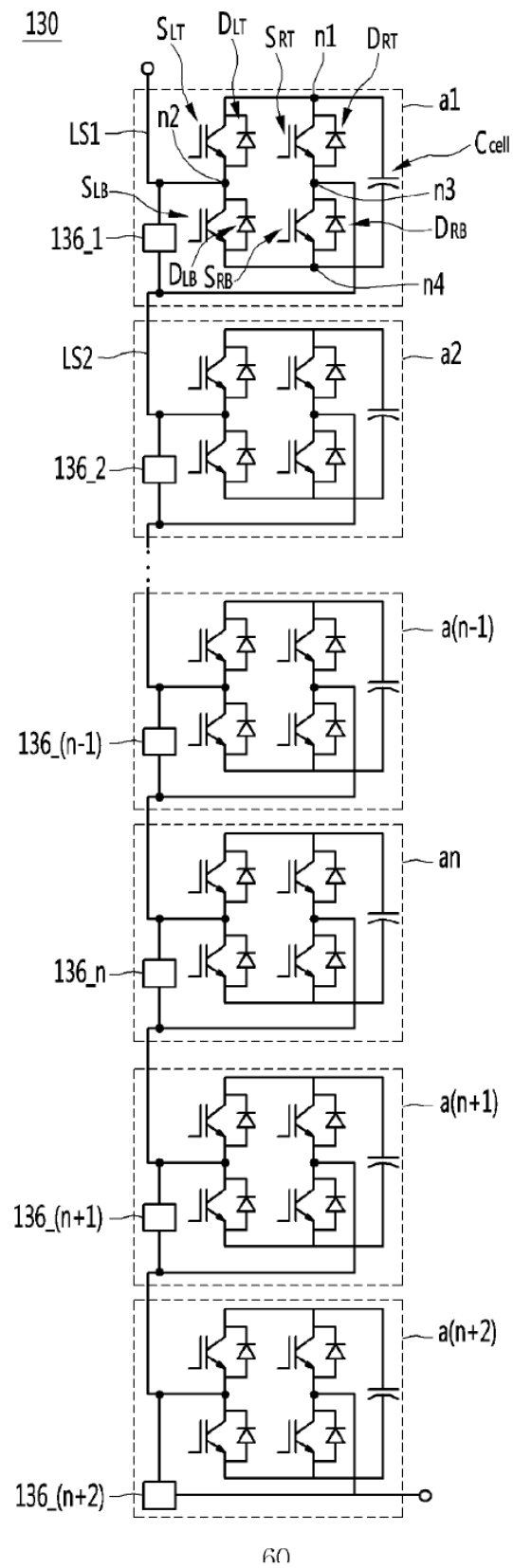


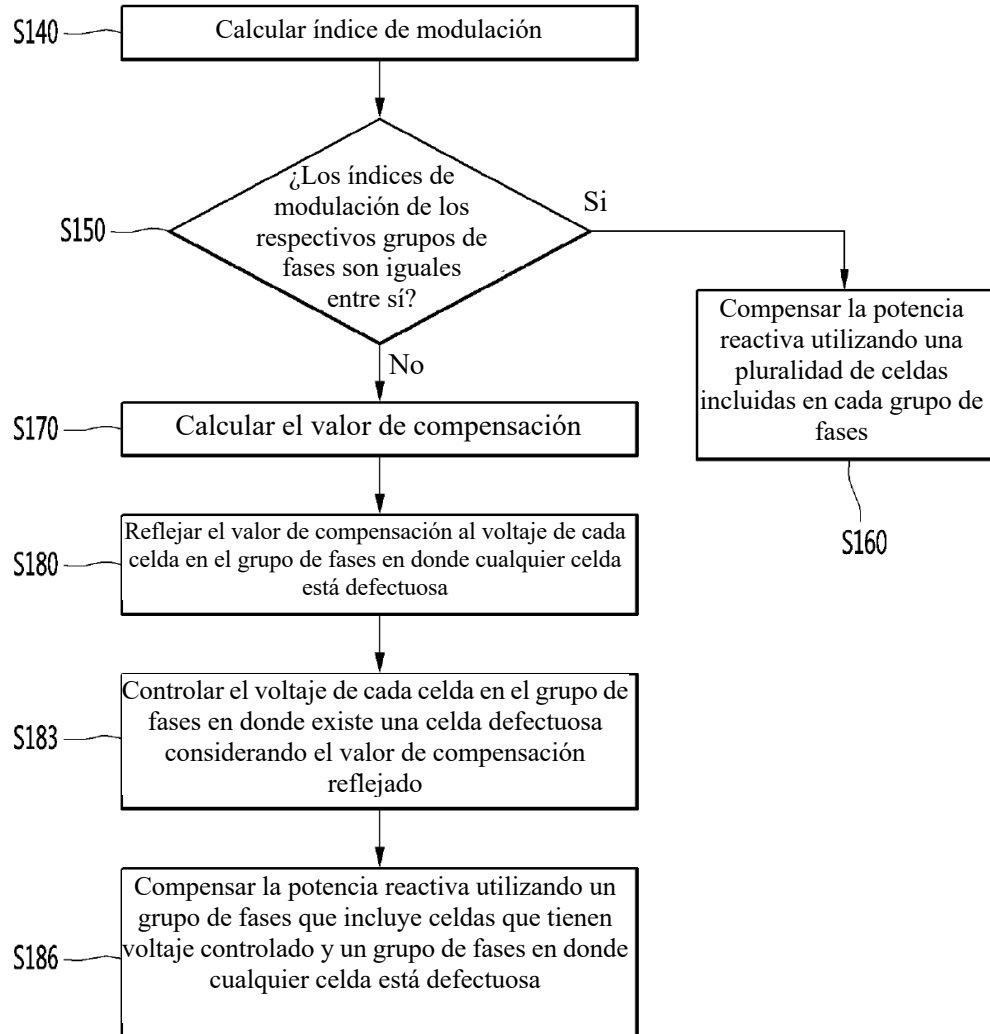
Figura 7

Figura 8

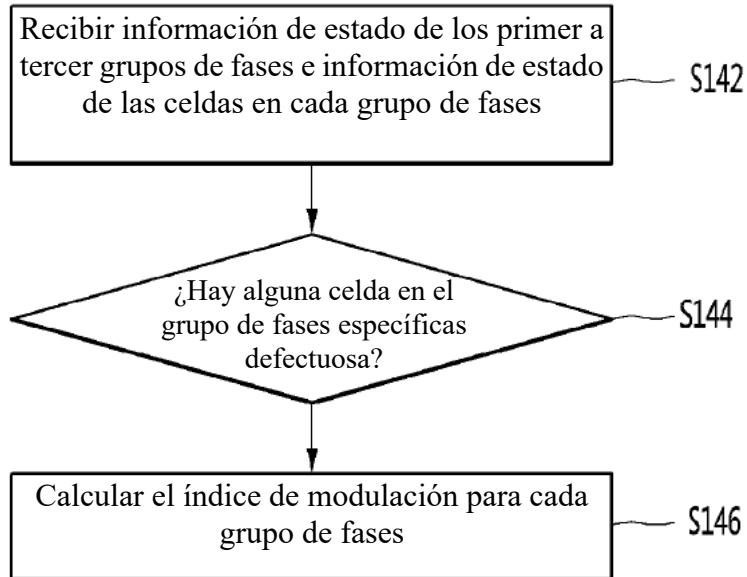


Figura 9

