(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 882 660**

(51) Int. CI.:

H02H 7/26 (2006.01)
H02J 1/10 (2006.01)
H03K 17/08 (2006.01)
G01R 31/08 (2010.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.05.2016 E 16172122 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.05.2021 EP 3101748**

(54) Título: **Sistema de distribución y protección de energía en corriente continua**

(30) Prioridad:

05.06.2015 US 201514732220

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
02.12.2021

(73) Titular/es:

ABB SCHWEIZ AG (100.0%)
Bruggerstrasse 66
5400 Baden, CH

(72) Inventor/es:

KOLHATKAR, YASHOMANI Y;
NAIK, RAJENDRA;
KANAKASABAI, VISWANATHAN y
REDDY, RAGHOTHAMA

(74) Agente/Representante:

GONZÁLEZ PECES, Gustavo Adolfo

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

Sistema de distribución y protección de energía en corriente continua

Antecedentes

El campo de la divulgación se refiere en general a los sistemas de distribución de energía eléctrica y, más particularmente, a los sistemas de distribución de corriente continua (CC) y a los sistemas de protección de CC.

Algunos sistemas de distribución de energía conocidos suministran energía de CC a una o más cargas. Las cargas incluyen, por ejemplo, y sin limitación, una carga de CC, una carga de corriente alterna (CA) o una combinación de cargas de CA y CC. Los sistemas de distribución de energía utilizan varios dispositivos de protección para proteger los equipos y las personas en caso de fallo. Los dispositivos de protección incluyen, por ejemplo, y sin limitación, disyuntores y fusibles. Por lo general, cuando se produce un fallo, se desconecta la alimentación de la carga hasta que se elimina el fallo.

Algunos sistemas de distribución de corriente continua conocidos tienen cargas críticas que no pueden tolerar pérdidas de potencia. Los sistemas de distribución de energía de CC están diseñados para ser tan robustos y fiables como se pueda conseguir razonablemente para una instalación determinada, lo que varía, por ejemplo, y sin limitación, con el coste, el tamaño, el peso y la capacidad. Uno de los retos a la hora de proporcionar una energía fiable y de calidad es la disponibilidad de la fuente de alimentación. Cuando se produce un fallo, la fuente de alimentación suele quedar fuera de servicio, lo que provoca una pérdida de energía. Para superar el problema de la disponibilidad, los sistemas de distribución de corriente continua se diseñan para múltiples fuentes de alimentación de corriente continua, lo que plantea nuevos retos en cuanto al aislamiento de los fallos.

El documento WO 2012/123015 divulga un sistema de distribución de energía de CC, que incluye una pluralidad de fuentes de alimentación de CC, un bus de anillo, una pluralidad de conjuntos de conmutación y una pluralidad de conjuntos de protección pasiva. Cada fuente de alimentación de CC de la pluralidad de fuentes de alimentación de CC está acoplada al bus de anillo por un conjunto de conmutación respectivo de la pluralidad de conjuntos de conmutación, y un conjunto de protección pasiva respectivo de la pluralidad de conjuntos de protección pasiva.

El documento EP 2091123 divulga un sistema de distribución de energía con varias fuentes de corriente continua, cada una de las cuales incluye un conjunto de conmutación y un conjunto de protección pasiva.

El documento EP 1538645, en el que se basa el preámbulo de la reivindicación 1, divulga un sistema de protección adecuado para una conexión entre una fuente de alimentación y un bus de anillo de corriente continua (CC) que incluye: un conjunto de protección pasiva que comprende una primera rama que comprende un primer extremo y un segundo extremo, dicha primera rama comprende un inductor acoplado entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha primera rama; una segunda rama comprende un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo dicha segunda rama un diodo en serie con una resistencia acoplada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha segunda rama; una tercera rama tiene un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo dicha tercera rama un diodo en serie con una resistencia acoplada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha tercera rama, estando dichos primeros extremos de dicha primera rama, dicha segunda rama y dicha tercera rama acoplados entre sí y dichos segundos extremos de dicha primera rama, dicha segunda rama y tercera rama acoplados entre sí; y un conjunto de conmutación acoplado al conjunto de protección pasiva.

La invención se define por el objeto de la reivindicación independiente 1.

Dibujos

Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente divulgación se entenderán mejor cuando la siguiente descripción detallada se lea con referencia a los dibujos adjuntos en los que los caracteres similares representan partes similares en todos los dibujos, en los que:

La FIG. 1 es un diagrama de bloques de un sistema de distribución de energía de CC;
La FIG. 2 es un diagrama esquemático de una conexión de protección para su uso en el sistema de distribución de energía de CC mostrado en la FIG. 1, que no está de acuerdo con la invención tal como se reivindica actualmente;
La FIG. 3 es un diagrama esquemático de un conjunto de conmutación ejemplar para su uso en el sistema de distribución de energía de CC mostrado en la FIG. 1 y la conexión de protección mostrada en la FIG. 2; y
La FIG. 4 es un diagrama esquemático de una fuente de alimentación ejemplar para su uso en el sistema de distribución de energía de CC mostrado en la FIG. 1.

A menos que se indique lo contrario, los dibujos proporcionados en este documento pretenden ilustrar las características de las realizaciones de esta divulgación. Se cree que estas características son aplicables en una amplia variedad de sistemas que comprenden una o más realizaciones de esta divulgación. Como tal, los dibujos no

pretenden incluir todas las características convencionales conocidas por los expertos en la técnica que se requieren para la práctica de las realizaciones divulgadas en este documento.

Descripción detallada

Las realizaciones de la presente divulgación se refieren a sistemas de distribución de energía eléctrica. Los sistemas de distribución de energía en corriente continua (CC) descritos en el presente documento facilitan el reparto de energía entre múltiples fuentes de alimentación y, más concretamente, una arquitectura de bus en anillo de CC con un mejor aislamiento de fallos. Los sistemas de protección de CC descritos en el presente documento proporcionan una protección contra fallos de los componentes pasivos que proporciona una mayor fiabilidad al sistema de distribución de energía de CC en su conjunto. Más concretamente, los sistemas de protección de CC utilizan conmutadores semiconductores y componentes pasivos en combinación para limitar la corriente y reducir la tensión de alta tensión en el circuito. La mayor disponibilidad de energía y la fiabilidad del bus de anillo de CC y los sistemas de protección de CC reducen los costes del ciclo de vida del sistema de distribución de energía de CC.

La FIG. 1 es un diagrama de un sistema de distribución de energía DC 100. El sistema de distribución de energía de CC 100 incluye múltiples fuentes de alimentación 102 acopladas a través de conjuntos de conmutación 104 y conjuntos de protección 106 a un bus de anillo de CC 108. El bus de anillo de CC 108 incluye un bus de CC positivo 110 y un bus de CC negativo 112. Para cada una de las fuentes de alimentación 102, el conjunto de conmutación 104 y el conjunto de protección 106 se combinan para definir una conexión de protección 114.

En ciertas realizaciones, el sistema de distribución de energía de CC 100 incluye además una carga 116 acoplada al bus de anillo de CC 108 entre una de las fuentes de alimentación 102 y una conexión de protección correspondiente 114. En el caso de un fallo en una de las fuentes de alimentación 102 o cerca de la carga 116, la correspondiente conexión de protección 114 aísla el fallo del bus de anillo de CC 108. En ciertas realizaciones, se proporciona un aislamiento adicional mediante un disyuntor 118. Al aislar el fallo, las otras dos fuentes de alimentación 102 continúan suministrando energía y compensan la pérdida de producción de energía de la fuente de alimentación 102 en la que se produjo el fallo.

En ciertas realizaciones, los conjuntos de conmutación 104 incluyen conmutadores semiconductores, tales como, por ejemplo, y sin limitación, transistores bipolares de puerta aislada (IGBT) y transistores de efecto de campo semiconductores de óxido metálico (MOSFET). En otras realizaciones, los conjuntos de conmutación 104 incluyen conmutadores mecánicos, como, por ejemplo, y sin limitación, un relé electromecánico.

LA FIG. 2 es un diagrama esquemático de una conexión de protección 200 para su uso en el sistema de distribución de energía DC 100 (mostrado en la FIG. 1). La conexión de protección 200 está acoplada entre un bus de CC positivo del lado de la fuente 202 y un bus de CC positivo del lado de la carga 204, y también entre un bus de CC negativo del lado de la fuente 206 y un bus de CC negativo del lado de la carga 208. La conexión de protección 200 incluye conjuntos de conmutación 210 y conjuntos de protección 212. Hay que tener en cuenta que el conjunto de conmutación como se muestra en la FIG. 2 no se ajusta a la reivindicación 1 de las reivindicaciones adjuntas. Sin embargo, una descripción de la conexión de protección 200 y su funcionamiento ayudará a la comprensión de la invención.

Cada uno de los conjuntos de conmutación 210 incluye un conmutador 214 y diodos 216. Para una dirección de corriente dada, la corriente pasa a través del conmutador 214 y de los diodos de polaridad similar con respecto a la fuente de alimentación, que es del lado de la fuente o del lado de la carga. Cada uno de los conjuntos de protección 212 es un conjunto de protección pasiva e incluye un inductor 218, e impedancias 220, y diodos 222. Los inductores 218 están acoplados en línea con el bus de CC positivo del lado de la carga 204 y el bus de CC negativo del lado de la carga 208, y además están acoplados en paralelo con diodos acoplados en serie 222 e impedancias 220.

Durante el funcionamiento normal, los conmutadores 214 están cerrados y, tanto para el bus de CC positivo del lado de la carga 204 como para el bus de CC negativo del lado de la carga 208, la corriente fluye a través del inductor 218 y del conjunto de conmutación 210. Los diodos 222 y las impedancias 220 mantienen una impedancia más alta que el inductor 218, haciendo que la mayor parte de la corriente pase a través del inductor 218. Durante una condición de fallo cerca de los conjuntos de conmutación 210, como, por ejemplo, cerca de la carga 116 (mostrada en la FIG. 1), la corriente en los conjuntos de conmutación 210 aumenta más allá de un límite predefinido en magnitud dentro de un determinado período de tiempo. Generalmente, una fuente de alimentación, como, por ejemplo, la fuente de alimentación 102 (mostrada en la FIG. 1), acoplado al bus de CC positivo del lado de la fuente 202 y al bus de CC negativo del lado de la fuente 206, incluye circuitos de detección y monitorización de corriente que detectan el fallo y hacen que se abran los conmutadores 214 de los conjuntos de conmutación 210. Cuando se produce un fallo de este tipo, la corriente suele aumentar en el más cercano de los conjuntos de conmutación 210, que suelen ser los conjuntos de conmutación 210 de la conexión de protección 200 para esa fuente de alimentación concreta. Además, durante una condición de falla, el inductor 218 presenta una impedancia a la corriente de otras fuentes de alimentación y otras conexiones de protección. Las conexiones de protección de las otras fuentes de alimentación limitan la corriente suministrada por éstas para evitar que alimenten el fallo.

Durante la apertura de los conmutadores 214, la energía almacenada en los inductores 218 se desplaza libremente a través de uno de los diodos 222, que están dispuestos en anti-paralelo. Uno de los diodos 222 está polarizado hacia delante en función de la dirección de la corriente que pasa por los conjuntos de protección 212. La energía de la rueda libre se disipa en la resistencia correspondiente de las resistencias 220. Cuando los conmutadores 214 se abren con éxito, los conjuntos de conmutación 210 cercanos a la falla pueden ser aislados físicamente y galvánicamente del bus de anillo. El aislamiento, en ciertas realizaciones, también puede incluir un conmutador aislante de CC de acción lenta o un disyuntor, como, por ejemplo, el disyuntor 118 (mostrado en la FIG. 1). Durante un fallo, la frecuencia es momentáneamente distinta de cero, lo que hace que el inductor 218 desvíe la corriente a través de los diodos 222 y las impedancias 220, que disipan la corriente.

El inductor 218 limita la tasa de cambio de la corriente. El valor de la inductancia del inductor 218 se elige para limitar el cambio de corriente al mínimo posible. Una consideración adicional es que, por lo general, cuanto más rápido funcione el conjunto de conmutación 210, más pequeño puede ser el inductor 218 para limitar suficientemente la corriente a través de la conexión de protección 200.

FIG. 3 es un diagrama esquemático de un conjunto de conmutación 300 ejemplar para su uso en el sistema de distribución de energía de CC 100 (mostrado en la FIG. 1) y la conexión de protección 200 (mostrada en la FIG. 2), que se ajusta a la reivindicación 1. El conjunto de conmutación 300 incluye un conmutador 302 acoplado entre un lado de línea 304 y un lado de carga 306. Una resistencia 308 y un condensador 310 están acoplados en serie, formando un circuito RC, y además acoplados en paralelo al conmutador 302.

Durante el funcionamiento normal, el conmutador 302 está cerrado y la corriente fluye desde el terminal de línea 304 al terminal de carga 306. El circuito RC formado por la resistencia 308 y el condensador 310 es de alta impedancia respecto al conmutador 302. El conmutador 302 se materializa en cualquier conmutador que sea funcional como desconexión, incluyendo, por ejemplo, y sin limitación, conmutadores mecánicos e conmutadores semiconductores. Los conmutadores semiconductores suelen tener la ventaja sobre los mecánicos de que su funcionamiento suele ser mucho más rápido que el de los mecánicos.

Cuando se produce un fallo en una fuente de alimentación protegida por el conjunto de conmutación 300, el conmutador 302 se abre, provocando un cambio en la corriente a través del conjunto de conmutación 300. El cambio en la corriente hace que el condensador 310 se cargue de acuerdo con la tensión a través del conmutador 302 y la constante de tiempo asociada con el circuito RC formado por la resistencia 308 y el condensador 310. Esto alivia la tensión de alto voltaje en el conmutador 302. La resistencia 308 y el condensador 310 siguen siendo de alta impedancia como se ve en otras fuentes de alimentación.

FIG. 4 es un diagrama esquemático de una fuente de alimentación ejemplar 400 para su uso en el sistema de distribución de energía DC 100 (mostrado en la FIG. 1). La fuente de alimentación 400 incluye una fuente de alimentación primaria 402 y una fuente de alimentación secundaria 404. La fuente de alimentación primaria 402 y la fuente de alimentación secundaria 404 están acopladas a un conmutador de transferencia automática 406 que a su vez está acoplado a un rectificador 408. El rectificador 408 se acopla entonces a un bus de CC 410.

El conmutador de transferencia automática 406 detecta si la fuente de alimentación primaria 402 está suministrando energía. Cuando la fuente de alimentación primaria 402 está suministrando energía, el conmutador de transferencia automática 406 acopla la fuente de alimentación primaria 402 al rectificador 408. Cuando la fuente de alimentación primaria 402 no suministra energía, el conmutador de transferencia automática 406 desacopla la fuente de alimentación primaria 402 y acopla la fuente de alimentación secundaria 404 al rectificador 408 en su lugar. La corriente alterna suministrada llega al rectificador 408, que la convierte en una corriente continua que se introduce en el bus de corriente continua 410.

La fuente de alimentación primaria 402 y la fuente de alimentación secundaria 404 incluyen, por ejemplo, y sin limitación, una red eléctrica, un generador, un parque fotovoltaico, un parque eólico, una hidroeléctrica o cualquier otra fuente de alimentación eléctrica adecuada.

Las realizaciones de la presente divulgación se refieren a sistemas de distribución de energía eléctrica.

Los sistemas de distribución de energía de CC descritos anteriormente facilitan el reparto de energía entre múltiples fuentes de alimentación y, más concretamente, una arquitectura de bus de CC en anillo con un aislamiento de fallos mejorado. Los sistemas de protección de CC descritos en el presente documento proporcionan una protección contra fallos de los componentes pasivos que proporciona una mayor fiabilidad al sistema de distribución de energía de CC en su conjunto. Más concretamente, los sistemas de protección de CC utilizan conmutadores semiconductores y componentes pasivos en combinación para limitar la corriente y reducir la tensión de alta tensión en el circuito. La mayor disponibilidad de energía y la fiabilidad del bus de anillo de CC y los sistemas de protección de CC reducen los costes del ciclo de vida del sistema de distribución de energía de CC.

Un efecto técnico ejemplar de los procedimientos, sistemas y aparatos aquí descritos incluye al menos uno de: (a) reparto de energía entre múltiples fuentes de alimentación; (b) mejora de la disponibilidad de energía para las cargas como resultado de las múltiples fuentes de alimentación; (c) mejora del aislamiento de fallos en el lado de la carga;

(d) mejora de la fiabilidad del sistema de distribución como resultado del aislamiento de fallos en el lado de la carga; (e) esquema de protección de componentes pasivos que produce una mejora de la fiabilidad; y (f) reducción de los costes operativos debido a las mejoras en la fiabilidad.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema de protección (114; 200) para la conexión entre una fuente de alimentación (102; 400) y un bus de anillo de corriente continua (108) que comprende:

un conjunto de protección pasiva (106; 212) que comprende:

una primera rama que comprende un primer extremo y un segundo extremo, incluyendo dicha primera rama un inductor (218) acoplado entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha primera rama;
una segunda rama que comprende un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo dicha segunda rama un diodo (222) en serie con una resistencia (220) acoplada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha segunda rama; y
una tercera rama que tiene un primer extremo y un segundo extremo, comprendiendo dicha tercera rama un diodo (222) en serie con una resistencia (220) acoplada entre dicho primer extremo y dicho segundo extremo de dicha tercera rama, estando dichos primeros extremos de dicha primera rama, dicha segunda rama y dicha tercera rama acoplados entre sí y dichos segundos extremos de dicha primera rama, dicha segunda rama y tercera rama acoplados entre sí; y

un conjunto de conmutación (104; 210; 300) acoplado a dicho conjunto de protección pasiva (106; 212), **caracterizado porque** dicho conjunto de conmutación (104; 210; 300) comprende un conmutador bidireccional (302) acoplado en paralelo con un conjunto RC que comprende una resistencia (308) acoplada en serie con un condensador (310), estando dicho conjunto RC acoplado en paralelo con dicho conmutador bidireccional.

2. Un sistema de protección (114; 200) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha resistencia (220) de dicha segunda rama y dicha tercera rama comprenden resistencias discretas.

3. Un sistema de protección (114; 200) según la reivindicación 1, en el que:

dicho diodo de segunda rama (222) comprende un ánodo y un cátodo, y dicho diodo de segunda rama (222) está posicionado con dicho ánodo más cerca de dicho primer extremo de dicha segunda rama que de dicho segundo extremo de dicha segunda rama; y
dicho diodo de tercera rama comprende un ánodo y un cátodo, y dicho diodo de tercera rama está posicionado con dicho cátodo más cerca de dicho primer extremo de dicha tercera rama que de dicho segundo extremo de dicha tercera rama.

4. Un sistema de protección (114; 200) según la reivindicación 1, en el que dicho conmutador bidireccional (302) comprende un transistor bipolar de puerta aislada (IGBT) de bloqueo inverso.

5. Un sistema de protección (114; 200) según la reivindicación 1, en el que dicho conmutador bidireccional (302) comprende un par de transistores bipolares de puerta aislada (IGBT).

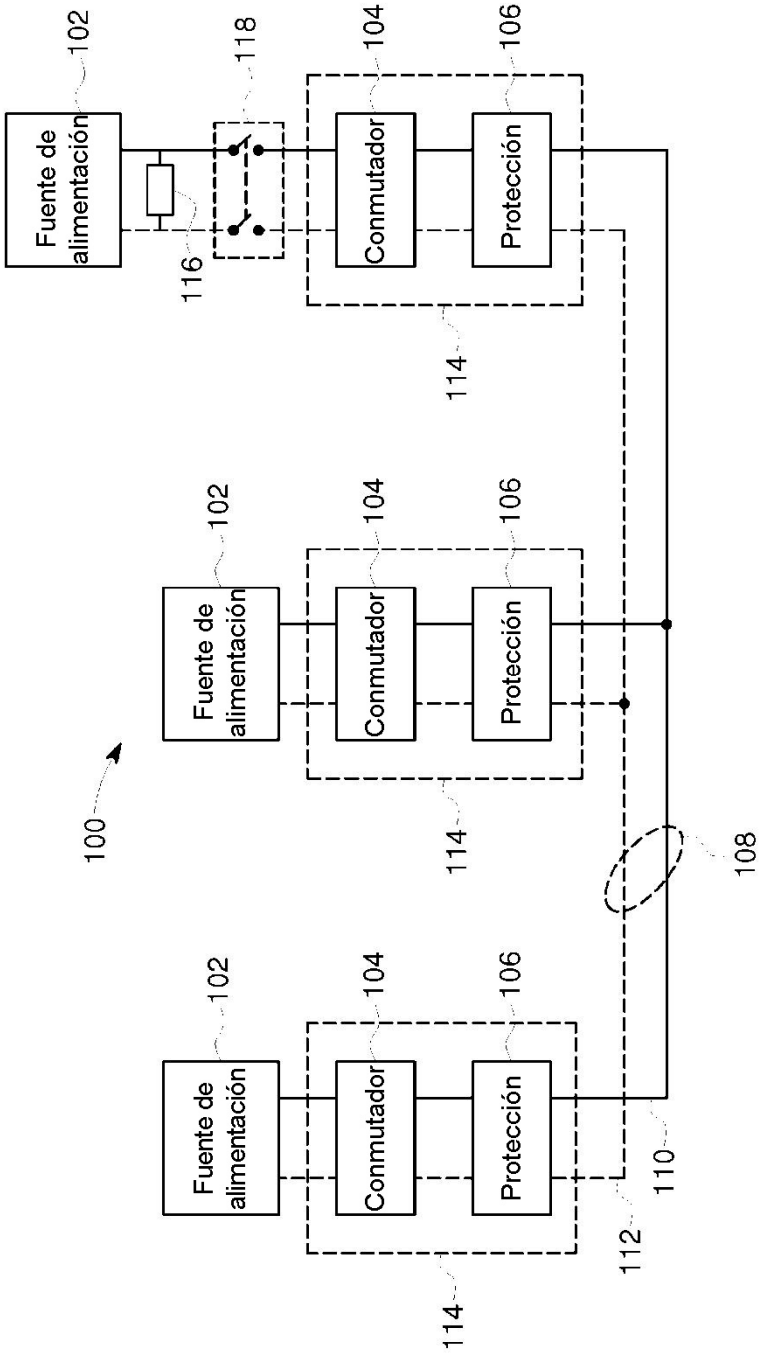

Fuente de alimentación
102
118
104
106
Conmutador
Protección
116
114
100
108
110
112

FIG. 1

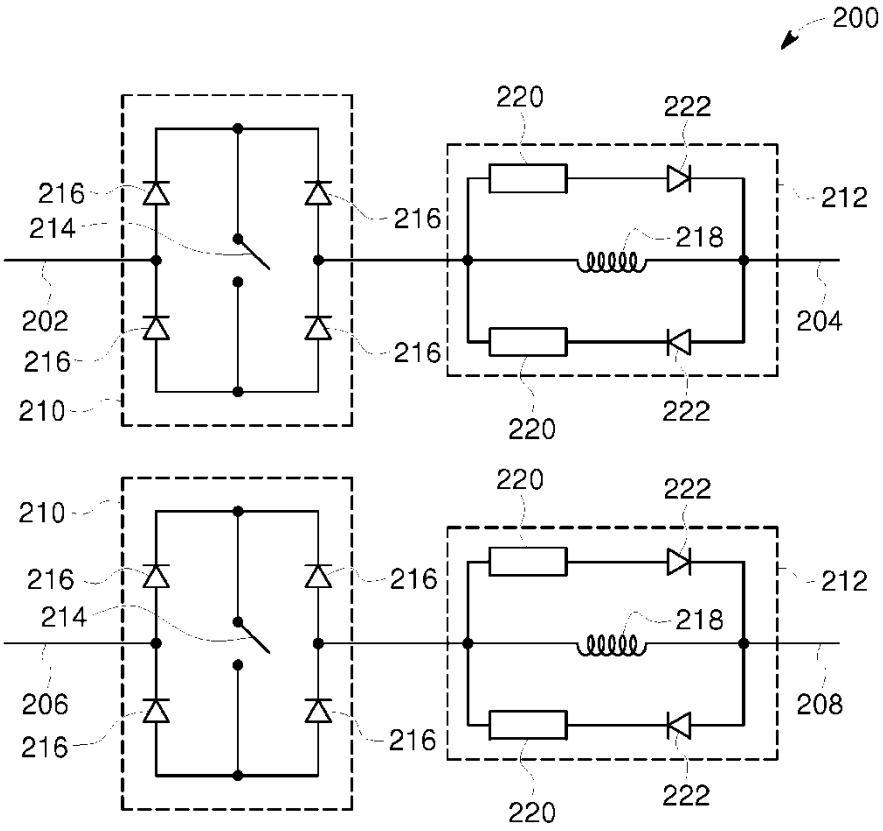

200
220
222
216
214
212
218
216
202
204
216
216
210
220
222
210
220
222
216
214
212
218
216
206
208
216
216
220
222

FIG. 2

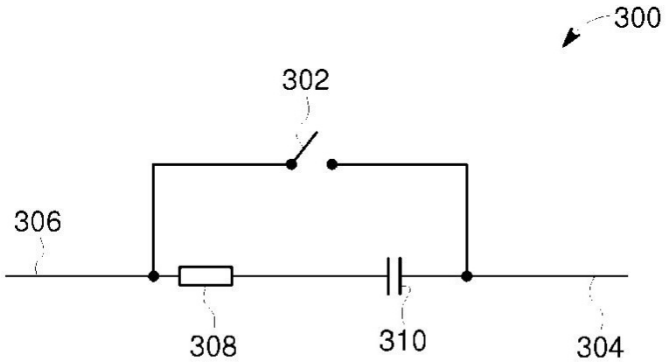

300
302
306
308
310
304

FIG. 3

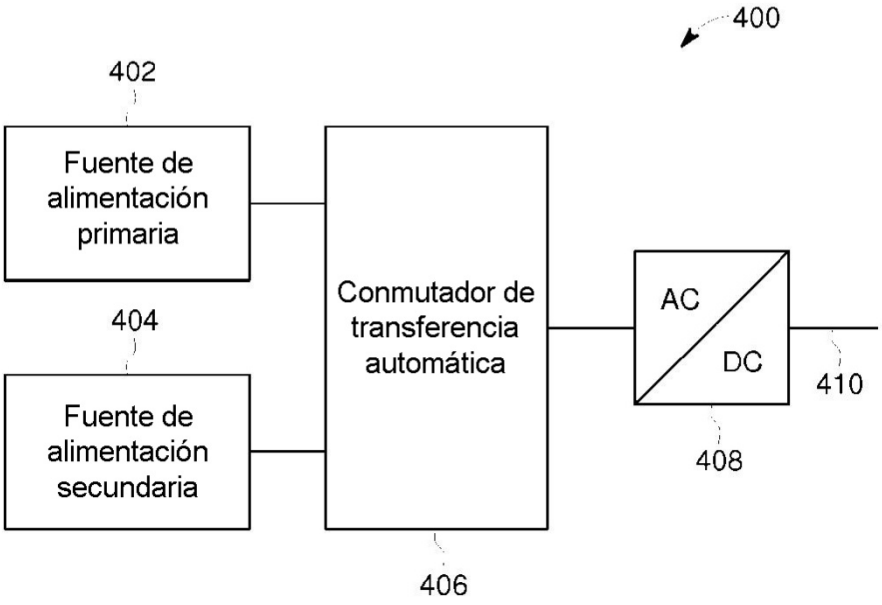

400
402
Fuente de alimentación primaria
404
Fuente de alimentación secundaria
Conmutador de transferencia automática
AC
DC
408
410
406

FIG. 4