

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 880 973**

51 Int. Cl.:

H02J 3/00 (2006.01)

H02J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.08.2017 PCT/CN2017/097478**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2018 WO18033059**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.08.2017 E 17841031 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.05.2021 EP 3480913**

54 Título: **Dispositivo de compensación en serie aplicable a línea de circuito doble**

30 Prioridad:

16.08.2016 CN 201610677937

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

26.11.2021

73 Titular/es:

**NR ELECTRIC CO., LTD. (50.0%)
No.69 Suyuan Avenue, Jiangning District
Nanjing, Jiangsu 211102, CN y
NR ENGINEERING CO., LTD. (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HUANG, RUHAI;
LU, YU;
DONG, YUNLONG;
PAN, LEI;
QIU, DEFENG;
JIANG, CHONGXUE;
LU, JIANG;
LI, GANG;
HU, ZHAOQING;
WANG, NANNAN;
DING, JIUDONG;
WANG, KE;
HU, XIANLAI;
WANG, HUI y
SUI, SHUNKE**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 880 973 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

Dispositivo de compensación en serie aplicable a línea de circuito doble

Campo de la invención

5 La invención se refiere al campo de la transmisión de corriente alterna (CA) flexible y, en particular, se refiere a un dispositivo de compensación en serie adecuado para líneas de circuito doble.

Antecedentes de la invención

10 El equipo para un sistema de transmisión de CA flexible (FACTS) se puede dividir en dispositivos de compensación en serie, dispositivos de compensación en paralelo y dispositivos de control integrados. Los dispositivos de compensación en paralelo se pueden conectar directamente a diversos niveles de redes eléctricas, mientras que los dispositivos de compensación en serie y los dispositivos de control integrados necesitan conectarse a redes eléctricas en serie en un extremo y, por lo tanto, sus modos de conexión se deberían estudiar teniendo en cuenta la fiabilidad, la flexibilidad y la seguridad de estos.

15 En los dispositivos de compensación en serie y los dispositivos de control integrados, un compensador en serie síncrono estático (SSSC), un controlador de flujo de energía unificado (UPFC), un controlador de flujo de energía entre líneas (IPFC) y un compensador estático convertible (CSC) son todos dispositivos de transmisión de energía flexible que pueden mejorar las capacidades de transmisión y control del sistema; también hay un regulador de calidad de energía unificado (UPQC), que puede mejorar la calidad de energía de las líneas. Además del compensador en serie síncrono estático, otro dispositivo incluye dos convertidores y el transformador correspondiente para realizar funciones de aislamiento y de transformador. Dado que el compensador en serie síncrono estático generalmente se realiza como un modo de funcionamiento adicional para otros dispositivos, también se puede incluir en el mismo tipo.

25 En la actualidad, el extremo en serie de los dispositivos de compensación en serie o los dispositivos de control integrados se conecta a las redes eléctricas a través de transformadores en serie. Las redes eléctricas de 110 kV y superiores en China adoptan principalmente una estructura de línea de circuito doble, lo cual requiere dos transformadores en serie para conectar dos conjuntos de dispositivos de compensación en serie a líneas de circuito doble respectivamente, lo cual, inevitablemente, aumenta la ocupación del área y los costes de inversión y, al mismo tiempo, los transformadores en serie múltiples también aumentan la pérdida total. Para redes eléctricas con más estructuras de circuito, el coste, la ocupación del área y la pérdida de equipos limitarán, además, la aplicación de los dispositivos de compensación en serie.

30 El documento CN103414185 (A) divulga un controlador de flujo de energía unificado que comprende una pluralidad de convertidores de lado en serie, una pluralidad de transformadores conectados en serie, una pluralidad de conmutadores de derivación de bobinado de lado primarios, un convertidor de lado en paralelo, un transformador en paralelo y un conmutador de entrada de cable. Los extremos de corriente alterna de todos los convertidores de lado en serie se conectan con unos bobinados de lado secundarios correspondientes de los transformadores conectados en serie, los bobinados de lado primarios de los transformadores conectados en serie se conectan con los conmutadores de derivación de bobinado de lado primarios correspondientes en paralelo, y los conmutadores de derivación de bobinado de lado primarios se conectan en los circuitos correspondientes en serie. Los extremos de corriente continua de todos los convertidores de lado en serie se conectan en paralelo y conjuntamente con el extremo de corriente continua del convertidor de lado en paralelo, el extremo de corriente alterna del convertidor de lado en paralelo se conecta con un extremo del transformador en paralelo, y el otro extremo del transformador en paralelo se conecta con un bus de corriente alterna de un circuito de múltiples bucles a través del conmutador de entrada de cable. La estructura topológica puede lograr múltiples modos de funcionamiento y salvar una pluralidad de convertidores y transformadores de lado en paralelo, tiene una buena eficiencia económica y flexibilidad. La invención divulga, además, un método de control del controlador de flujo de energía unificado.

45 Con el fin de resolver las deficiencias anteriores y mejorar la economía del acceso de un FACTS a la red eléctrica, de necesita un dispositivo de compensación en serie más adecuado para líneas de circuito doble.

Sumario de la invención

El propósito de la presente invención es proporcionar un dispositivo de compensación en serie adecuado para líneas de circuito doble, que está diseñado teniendo en cuenta el coste, la pérdida de volumen y equipo, y satisface la economía y la fiabilidad de un FACTS conectado a la red eléctrica.

50 Con el fin de lograr los fines anteriores, la solución de la presente invención se describe a continuación: Un dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble comprende al menos un convertidor de fuente de tensión y un transformador de múltiples bobinados trifásico, en donde al menos dos bobinados del transformador

de múltiples bobinados trifásico se conectan en serie en las líneas de circuito doble respectivamente, y al menos un bobinado se conecta a un lado de CA del convertidor de fuente de tensión.

5 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie adecuado para líneas de circuito doble, tres fases del al menos un bobinado del transformador de múltiples bobinados trifásico que se conecta al convertidor de fuente de tensión se conectan en estrella y se conectan a tierra directamente, se conectan en estrella y se conectan a tierra a través de una resistencia, o se conectan en delta.

De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie adecuado para líneas de circuito doble, cuando el transformador de múltiples bobinados trifásico adopta una estructura integrada trifásica, este incluye un bobinado de equilibrado conectado en delta que funciona sin carga.

10 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, cuando existe una pluralidad de convertidores de fuente de tensión, los modos de conexión de los convertidores incluyen, pero sin limitación: los lados de CA de todos los convertidores de fuente de tensión se conectan en paralelo y luego se conectan a un bobinado del transformador; todos los convertidores de fuente de tensión se conectan a múltiples bobinados del transformador respectivamente, y cada convertidor de fuente de tensión se conecta a un bobinado correspondiente del transformador;
15 todos los convertidores de fuente de tensión se dividen en varios grupos, y cada grupo se conecta en paralelo y luego se conecta a uno de los múltiples bobinados del transformador.

De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, algunos o todos los siguientes dispositivos están dispuestos entre el convertidor de fuente de tensión y el transformador, incluyendo, pero sin limitación: disyuntores, aisladores, captadores y dispositivos de derivación.

20 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, los dispositivos de derivación están configurados en fase a fase o línea a línea de sistemas de CA y comprenden un interruptor, una válvula de tiristor, o un explosor.

25 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, algunos o todos los siguientes dispositivos están dispuestos entre el transformador de bobinado múltiple y las líneas de transmisión de energía, incluyendo, pero sin limitación: disyuntores, aisladores, captadores y dispositivos de derivación.

De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, el dispositivo de compensación en serie se puede utilizar para líneas de circuito múltiple y, en consecuencia, las líneas de circuito múltiple se conectan a múltiples bobinados del transformador mediante una conexión en serie de fase dividida.

30 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, el dispositivo de compensación en serie se puede instalar de manera independiente en el sistema de transmisión de energía, y el dispositivo de compensación en serie se puede conectar a una línea de transmisión de energía como parte de (pero sin limitación) un controlador de flujo de energía unificado, un compensador estático convertible, un compensador en serie síncrono estático, un controlador de flujo de energía entre líneas o un regulador de calidad de energía unificado.

35 Al utilizar la solución mencionada anteriormente, la presente invención comprende únicamente un transformador en serie y puede realizar la conexión para líneas de circuito doble a través de múltiples bobinados. El transformador se divide en dos partes: bobinados de lado de válvula y bobinados de lado de línea. En funcionamiento normal, la corriente total de los bobinados de lado de válvula (convertida al lado de línea) es igual a la corriente total de los bobinados de lado de línea, mientras que, en funcionamiento normal, la corriente total de las líneas de circuito doble es siempre mucho menor que 2^* la corriente nominal de la línea. Por lo tanto, la corriente total de todos los convertidores (convertida al lado de línea) únicamente necesita seleccionarse como la máxima corriente de funcionamiento posible de la corriente de línea. Si se utiliza un dispositivo de compensación en serie para cada línea de circuito, la corriente del convertidor de cada dispositivo de compensación en serie (convertida al lado de línea) debe ser igual a la corriente nominal de la línea. Para líneas de circuito doble, la corriente total del convertidor de dos dispositivos de compensación en serie es igual a 2^* la corriente nominal de la línea; mientras que, al utilizarse la solución de la presente invención,
40 (convertida al lado de línea) únicamente necesita seleccionarse como la máxima corriente de funcionamiento posible de la corriente de línea. Si se utiliza un dispositivo de compensación en serie para cada línea de circuito, la corriente del convertidor de cada dispositivo de compensación en serie (convertida al lado de línea) debe ser igual a la corriente nominal de la línea. Para líneas de circuito doble, la corriente total del convertidor de dos dispositivos de compensación en serie es igual a 2^* la corriente nominal de la línea; mientras que, al utilizarse la solución de la presente invención,
45 la corriente total del convertidor puede ser mucho menor que 2^* la línea de corriente nominal, es decir, bajo la misma tensión de salida nominal, la capacidad de convertidor de la presente solución es mucho menor que la de la solución convencional, lo cual mejora la eficiencia de funcionamiento del dispositivo de compensación en serie, ahorra el coste del dispositivo, ahorra el área ocupada y el coste del equipo del transformador en serie, y mejora la economía y la fiabilidad para un FACTS conectado a la red eléctrica.

50 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 es un diagrama esquemático de una estructura de cableado de un dispositivo de compensación en serie adecuado para una línea de circuito doble en la presente invención.

La figura 2 es un diagrama esquemático de un método de conexión de un bobinado conectado en estrella conectado a tierra directamente en el lado de convertidor de un transformador de múltiples bobinados en la presente invención.

5 La figura 3 es un diagrama esquemático de un método de conexión de un bobinado conectado en delta en el lado de convertidor de un transformador de múltiples bobinados en la presente invención.

La figura 4 es un diagrama esquemático de un método de conexión de un transformador de múltiples bobinados con un bobinado de equilibrado en la presente invención.

La figura 5 es un diagrama esquemático de un modo de cableado en el que se conectan múltiples convertidores en la presente invención.

10 La figura 6 es un diagrama esquemático de un modo de cableado extendido a una línea de tres circuitos de la presente invención.

La figura 7 es un diagrama esquemático de una estructura de cableado de la invención como parte integral de un controlador de flujo de energía unificado.

Descripción detallada de las realizaciones

15 Las realizaciones específicas de la presente invención se describen en detalle a continuación junto con los dibujos adjuntos.

La presente invención proporciona un dispositivo de compensación en serie adecuado para líneas de circuito doble, que comprende al menos un convertidor de fuente de tensión y un transformador de múltiples bobinados trifásico, en donde al menos dos bobinados del transformador de múltiples bobinados trifásico se conectan en serie en las líneas de circuito doble respectivamente, y al menos un bobinado se conecta a un lado de CA del convertidor de fuente de tensión. Como se muestra en la figura 1, el convertidor y las líneas de transmisión de circuito doble se conectan con tres bobinados del transformador de múltiples bobinados respectivamente, que constituyen la estructura mínima del dispositivo.

20 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, tres fases del al menos un bobinado del transformador de múltiples bobinados trifásico que se conecta al convertidor de fuente de tensión se conectan en estrella y se conectan a tierra directamente, se conectan en estrella y se conectan a tierra a través de una resistencia, o se conectan en delta. La figura 2 y la figura 3 muestran respectivamente unos diagramas esquemáticos de métodos de conexión de un bobinado conectado en estrella conectado a tierra directamente y un bobinado conectado en delta en el lado de convertidor.

25 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, cuando el transformador de múltiples bobinados adopta una estructura integrada trifásica, este incluye un bobinado de equilibrado conectado en delta que funciona sin carga. La figura 4 muestra un diagrama esquemático del transformador de múltiples bobinados con un bobinado de equilibrado.

30 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, cuando existe una pluralidad de convertidores de fuente de tensión, el modo de conexión de múltiples convertidores incluye, pero sin limitación: los lados de CA de todos los convertidores se conectan en paralelo y luego se conectan a un bobinado del transformador; todos los convertidores se conectan a múltiples bobinados del transformador respectivamente, y cada convertidor se conecta a un bobinado correspondiente del transformador; como se muestra en la figura 5, todos los convertidores se dividen en varios grupos, y cada grupo se conecta en paralelo y luego se conecta a uno de los múltiples bobinados del transformador.

35 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, hay, pero sin limitación, algunos o todos los siguientes dispositivos dispuestos entre convertidores y transformadores: disyuntores, aisladores, captadores y dispositivos de derivación.

40 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, los dispositivos de derivación están configurados en fase a fase o línea a línea de los sistemas de CA y comprenden un interruptor, una válvula de tiristor, o un explosor.

45 De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, hay, pero sin limitación, algunos o todos los siguientes dispositivos dispuestos entre el transformador de bobinado múltiple y las líneas de transmisión de energía: disyuntores, compuertas, captadores de rayos, dispositivos de derivación y algunos o todos los dispositivos.

50

De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, el dispositivo de compensación en serie se puede utilizar para líneas de circuito múltiple y, en consecuencia, las líneas de circuito múltiple se conectan a múltiples bobinados del transformador mediante una conexión en serie de fase dividida. Como se muestra en la figura 6, las líneas de tres circuitos se conectan a tres bobinados del transformador en el lado de línea mediante una conexión en serie de fase dividida, respectivamente, y dos convertidores se conectan en paralelo y luego se conectan a un bobinado del transformador.

De acuerdo con el dispositivo de compensación en serie mencionado anteriormente adecuado para líneas de circuito doble, el dispositivo de compensación en serie se puede instalar de manera independiente en un sistema de transmisión de energía, y el dispositivo de compensación en serie se puede conectar a una línea de transmisión de energía como parte de (pero sin limitación) un controlador de flujo de energía unificado, un compensador estático convertible, un compensador en serie síncrono estático, un controlador de flujo de energía entre líneas o un regulador de calidad de energía unificado. La figura 7 muestra un uso como parte del controlador de flujo de energía unificado.

Al utilizar la solución mencionada anteriormente, la presente invención comprende únicamente un transformador en serie y puede realizar la conexión para líneas de circuito doble a través de múltiples bobinados. El transformador se divide en dos partes: bobinados de lado de válvula y bobinados de lado de línea. En funcionamiento normal, la corriente total de los bobinados de lado de válvula (convertida al lado de línea) es igual a la corriente total de los bobinados de lado de línea, mientras que, en funcionamiento normal, la corriente total de las líneas de circuito doble es siempre mucho menor que 2^* la corriente nominal de la línea. Por lo tanto, la corriente total de todos los convertidores (convertida al lado de línea) únicamente necesita seleccionarse como la máxima corriente de funcionamiento posible de la corriente de línea. Si se utiliza un dispositivo de compensación en serie para cada línea de circuito, la corriente del convertidor de cada dispositivo de compensación en serie (convertida al lado de línea) debe ser igual a la corriente nominal de la línea. Para líneas de circuito doble, la corriente total del convertidor de dos dispositivos de compensación en serie es igual a 2^* la corriente nominal de la línea; mientras que, al utilizarse la solución de la presente invención, la corriente total del convertidor puede ser mucho menor que 2^* la línea de corriente nominal, es decir, bajo la misma tensión de salida nominal, la capacidad de convertidor de la presente solución es mucho menor que la de la solución convencional, lo cual mejora la eficiencia de funcionamiento del dispositivo de compensación en serie, ahorra el coste del dispositivo, ahorra el área ocupada y el coste del equipo del transformador en serie, y mejora la economía y la fiabilidad para un FACTS conectado a la red eléctrica.

Las soluciones técnicas de la presente invención se han descrito con referencia a las realizaciones anteriores, que son meramente ilustrativas del alcance técnico de la presente invención definida en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble, que comprende al menos un convertidor de fuente de tensión (convertidor 1), **caracterizado por que** comprende, además, un transformador de múltiples bobinados trifásico (T1), en donde al menos dos bobinados del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) se conectan en serie a las líneas de circuito doble (línea 1, línea 2) respectivamente, y al menos un bobinado del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) se conecta a un lado de CA del convertidor de fuente de tensión (convertidor 1).
- 10 2. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** tres fases del al menos un bobinado del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) que se conecta al convertidor de fuente de tensión (convertidor 1) se conectan en estrella y se conectan a tierra directamente, se conectan en estrella y se conectan a tierra a través de una resistencia, o se conectan en delta.
- 15 3. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** cuando el transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) adopta una estructura integrada trifásica, el transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) comprende un bobinado de equilibrado conectado en delta que funciona sin carga.
- 20 4. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** cuando hay una pluralidad de convertidores de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3), los modos de conexión de los convertidores de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3) incluyen: los lados de CA de todos los convertidores de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3) se conectan en paralelo y luego se conectan a un bobinado del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1); todos los convertidores de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3) se conectan a múltiples bobinados del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) respectivamente, y cada convertidor de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3) se conecta a un bobinado correspondiente del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1); todos los convertidores de fuente de tensión (convertidor 1, convertidor 2, convertidor 3) se divide en varios grupos, y cada grupo se conecta en paralelo y luego se conecta a uno de los múltiples bobinados del transformador de múltiples bobinados trifásico.
- 25 5. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** algunos o todos los siguientes dispositivos están dispuestos entre el convertidor de fuente de tensión (convertidor 1) y el transformador de múltiples bobinados trifásico (T1): disyuntores, aisladores, captadores y dispositivos de derivación.
- 30 6. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado por que:** los dispositivos de derivación están configurados en fase a fase o línea a línea de sistemas de CA, y comprenden un interruptor, una válvula de tiristor o un explosor.
- 35 7. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** algunos o todos los siguientes dispositivos están dispuestos entre el transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) y las líneas de transmisión de energía: disyuntores, aisladores, captadores y dispositivos de derivación.
- 40 8. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** cuando el dispositivo de compensación en serie se utiliza para líneas de circuito múltiple, las líneas de circuito múltiple se conectan a múltiples bobinados del transformador de múltiples bobinados trifásico (T1) mediante una conexión en serie de fase dividida.
- 45 9. El dispositivo de compensación en serie para líneas de circuito doble de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que:** el dispositivo de compensación en serie se puede instalar de manera independiente en un sistema de transmisión de energía, y el dispositivo de compensación en serie se puede conectar a una línea de transmisión de energía como parte de un controlador de flujo de energía unificado, un compensador estático convertible, un compensador en serie síncrono estático, un controlador de flujo de energía entre líneas, o un regulador de calidad de energía unificado.

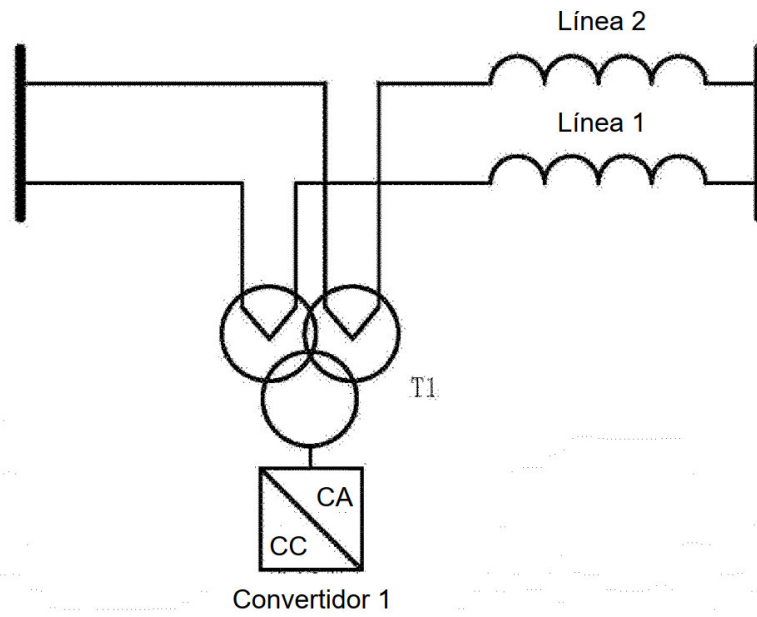


Fig. 1

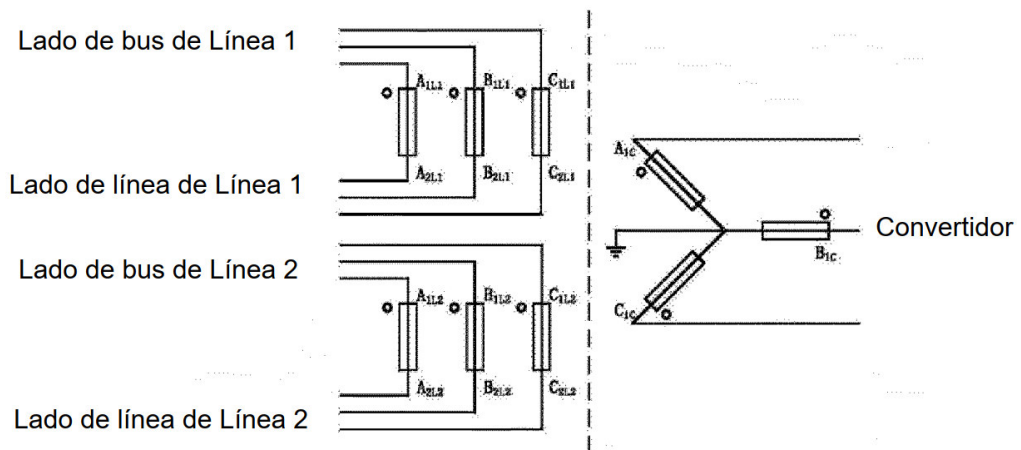


Fig. 2

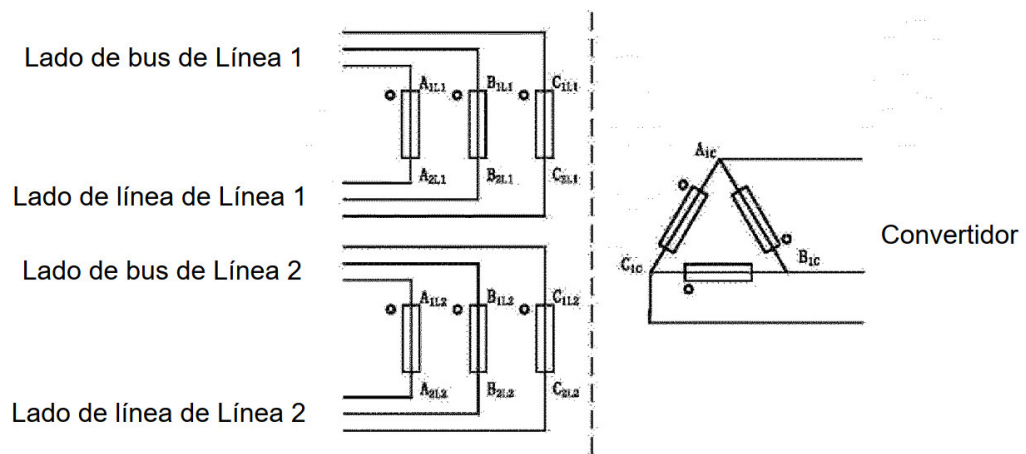


Fig. 3

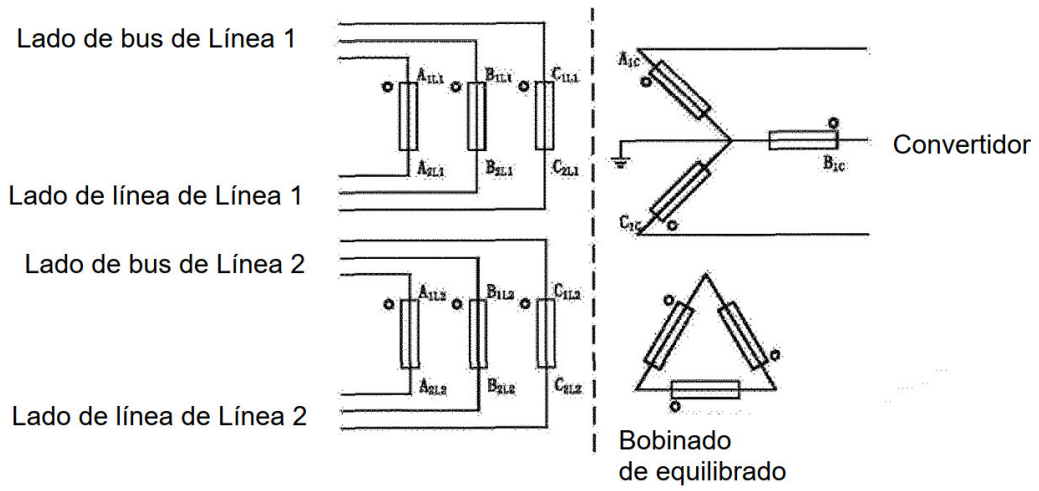


Fig. 4

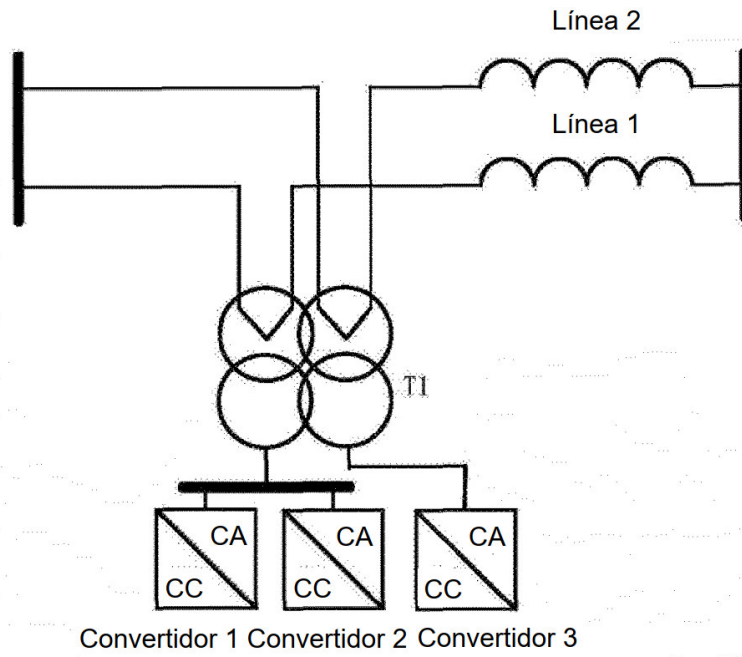


Fig. 5

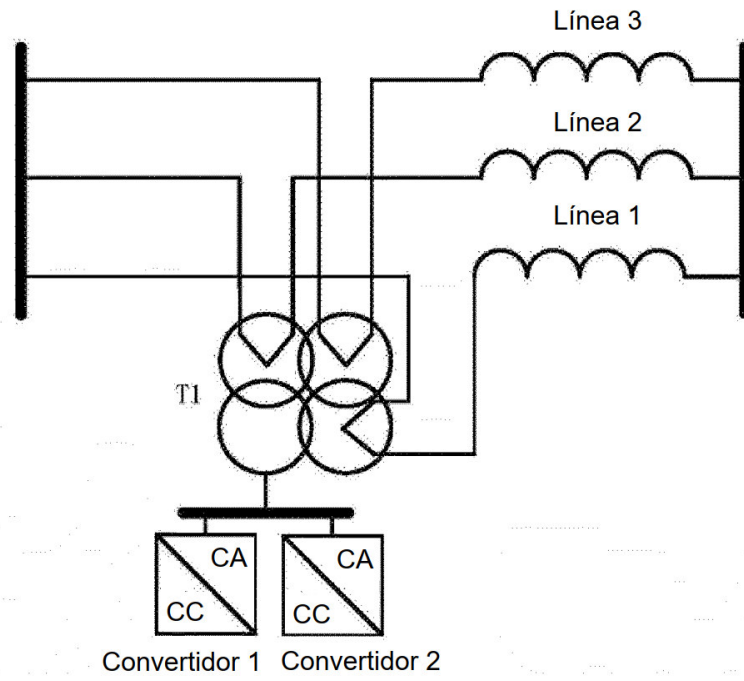


Fig. 6

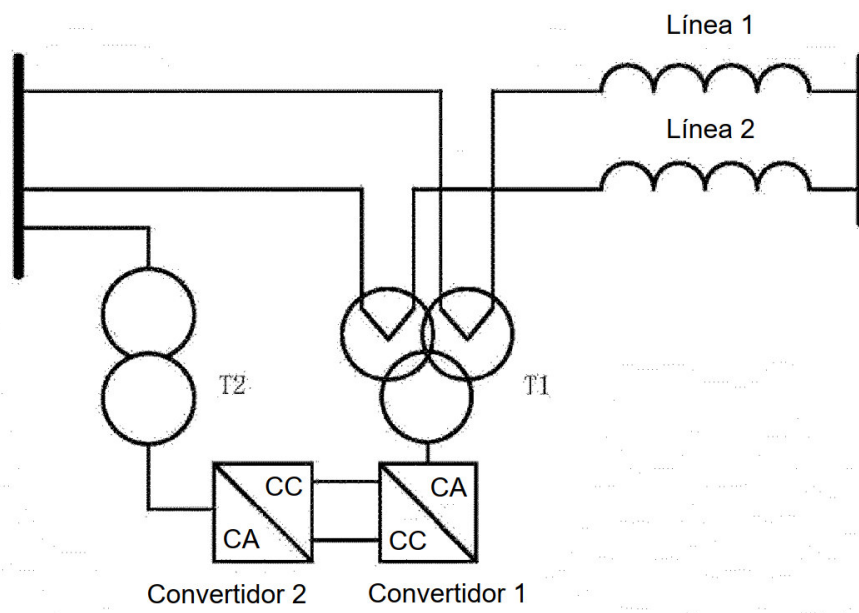


Fig. 7