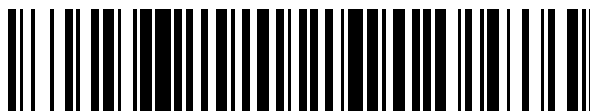


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 428 001**

51 Int. Cl.:

H01H 33/59 (2006.01)

H01H 33/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2008** **E 08875377 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013** **EP 2370983**

54 Título: **Disposición de disyuntor para corriente continua de alto voltaje y método asociado**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
05.11.2013

73 Titular/es:

ABB TECHNOLOGY AG (100.0%)
Affolternstrasse 44
8050 Zürich, CH

72 Inventor/es:

LESCALE, VICTOR

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 428 001 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

Disposición de disyuntor para corriente continua de alto voltaje y método asociado

Campo de la invención

5 La invención se refiere en general al campo de los sistemas de transmisión de energía eléctrica y, en particular, a un medio para interrumpir o conmutar una corriente continua de alto voltaje. La invención se refiere también a un método asociado.

Antecedentes de la invención

10 Los sistemas de energía de corriente continua de alto voltaje (HVDC) comprenden sistemas de protección y control dispuestos para proteger, supervisar y controlar el funcionamiento de dispositivos que forman parte del sistema de energía. Los sistemas de protección previenen, entre otras cosas, cortocircuitos, sobrecargas de corriente y sobretensiones, por ejemplo en líneas de transmisión de energía del sistema HVDC.

15 Los relés de protección se utilizan en todo el sistema HVDC para proporcionar tal protección y control. Los relés de protección detectan y aíslan fallas en las líneas de transmisión y distribución mediante la apertura y el cierre de interruptores. No siempre es necesario realizar una interrupción completa, en su lugar se realiza una conmutación a una trayectoria alternativa. Básicamente, la corriente en una parte o varias partes de la trayectoria de corriente original dejará de circular, aunque no va a ser interrumpida, sólo redirigida. Para lograr esto, se utiliza un disyuntor HVDC.

20 La figura 1 ilustra esquemáticamente un disyuntor de corriente continua (CC) convencional básico, también denominado disyuntor CC, que está dispuesto a lo largo de una línea L de CC que lleva una corriente continua I. El disyuntor CC 1 está diseñado para poder desconectar o conmutar la corriente continua I. Para este fin, el disyuntor CC 1 comprende un disyuntor de corriente alterna 2, denominado interruptor a partir de ahora, conectado en paralelo con un ramal LC resonante 3, 4, es decir, un condensador 3 conectado en serie con un inductor 4. Una resistencia no lineal 5 está conectada en paralelo con el ramal LC 3, 4 para limitar el voltaje del condensador cuando la corriente continua I circula a través del condensador en lugar de a través del interruptor 2. El inductor 4 puede ser, aunque no es necesario que sea, un componente físico; la inductancia de dispersión en el circuito puede ser a menudo suficiente.

25 A continuación, se describe un proceso de interrupción habitual. Al desconectar o interrumpir la corriente continua I, se lleva una corriente entre los contactos del interruptor 2 a través de un arco, y esta corriente de arco I_{arco} ha de suprimirse. La figura 2 ilustra las características de arco de la corriente de arco I_{arco} en el interruptor 2. Para corrientes de interruptor I_{arco} de hasta aproximadamente 5 kA, el gradiente de voltaje/corriente es negativo, lo que provoca una oscilación creciente contra el ramal LC 3, 4. Cuando la corriente oscilante ha aumentado lo suficiente, es decir, para que sea igual a la corriente continua I, la corriente de arco I_{arco} alcanza un cruce por cero de la corriente, con lo cual se suprime el arco y la corriente continua total pasa a través del condensador 3. El voltaje del condensador 3, a continuación, aumenta rápidamente hasta que alcanza el punto de codo de la resistencia no lineal 5, por ejemplo, un descargador de sobretensiones que está dispuesto para limitar el voltaje en el condensador 3. El voltaje del condensador constituye un contravoltaje en el circuito haciendo que la corriente I disminuya hasta que cesa.

35 El anteriormente descrito disyuntor CC 1 convencional funciona adecuadamente para una línea de transmisión o para corrientes continuas de circuito HVDC I hasta aproximadamente entre 4 y 5 kA. Para corrientes más altas, hay dos factores limitantes principales en el proceso de interrupción que se acaba de describir:

- La capacidad de corriente de estado permanente del interruptor está actualmente limitada a aproximadamente 5 kA.

40 • La característica de arco, como se muestra en la figura 2, es una curva, que si sobrepasa una corriente de arco determinada I_{arco} pierde su gradiente negativo y se hace plana, lo cual hace que sea difícil tener una oscilación suficientemente grande para producir un cruce por cero en la corriente de arco I_{arco} . La corriente continua correspondiente I en la que la característica se hace plana no es un punto exacto, aunque si está aproximadamente entre 4 y 5 kA.

45 El documento EP 0 758 137 da a conocer un disyuntor CC que comprende una conexión en serie de un disyuntor CC principal y de un disyuntor CC más pequeño. Un circuito de conmutación que comprende un reactor y un condensador se proporciona en paralelo.

El documento FR 1199 633 da a conocer una línea de transmisión con una disposición de disyuntor. La disposición incluye dos disyuntores conectados en paralelo.

Resumen de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar una disposición mejorada de disyuntor CC capaz de actuar en niveles de corriente mucho más altos que los disyuntores CC existentes.

5 Es otro objeto de la invención proporcionar una disposición de disyuntor CC que pueda aplicarse usando componentes existentes.

Estos objetos, entre otros, se logran mediante una disposición de disyuntor CC y mediante un método como el que se define en las reivindicaciones independientes.

10 De acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, se proporciona una disposición de disyuntor CC para interrumpir una corriente continua en una línea, en la que la línea se debe entender, ya sea como una línea de transmisión de potencia o como una línea de conexión en un circuito HVDC que lleva la corriente continua a ser interrumpida. La disposición de disyuntor CC comprende al menos un primer disyuntor y un segundo disyuntor CC dispuestos en paralelo a lo largo de la línea y la corriente de la línea se divide entre al menos los disyuntores CC primero y segundo.

15 En particular, la disposición de disyuntor CC comprende un primer disyuntor CC, que a su vez comprende un primer interruptor conectado a la línea. El primer disyuntor CC comprende además un primer ramal LC resonante y una primera resistencia no lineal conectada en paralelo con el primer interruptor. La disposición de disyuntor CC comprende además un segundo disyuntor CC, idéntico al primer disyuntor CC. El segundo disyuntor CC comprende así un segundo interruptor y un segundo ramal LC resonante y una segunda resistencia no lineal conectada en paralelo con el segundo interruptor. El segundo disyuntor CC está conectado en paralelo con el primer disyuntor CC en la línea, donde la
20 conexión paralela del primer y del segundo disyuntor CC está conectada en serie con la línea. La corriente continua se divide entre el primer y el segundo disyuntor CC. Mediante la introducción de una división de la corriente en dos o más ramales, transmitiendo cada ramal una parte de la corriente, la corriente de estado permanente en cada interruptor se reduce a la mitad o disminuye aún más. Además, la corriente a interrumpir en cada interruptor también se reduce a la mitad o disminuye aún más. Mediante la invención, se proporciona una disposición de disyuntor CC, capaz de actuar en
25 niveles de corrientes continuas de hasta 10 kA o incluso superiores. La disposición de disyuntor CC se puede hacer mediante el uso de componentes convencionales que se pueden adquirir fácilmente, lo que hace que la disposición de disyuntor CC sea rentable y fácil de fabricar. Se proporciona una disposición de disyuntor CC para su uso en aplicaciones en las que la corriente o corrientes continuas nominales en condiciones de sobrecarga sobrepase la capacidad de los disyuntores CC existentes.

30 De acuerdo con este ejemplo, se incluyen medios para mantener la división de corriente deseada durante un proceso de interrupción de los al menos disyuntores CC primero y segundo. Se proporciona así una disposición de disyuntor CC más fiable, en la que no hay riesgo de que el disyuntor interrumpa su corriente conmutando en primer lugar toda la corriente al otro disyuntor.

35 De acuerdo con un ejemplo que no forma parte de la invención, los medios para mantener la división de corriente durante el proceso de interrupción comprenden un transformador de doble devanado conectado a los disyuntores CC primero y segundo. La invención puede así aplicarse usando componentes convencionales, lo que permite una solución rentable.

40 De acuerdo con la invención, se proporciona un tercer disyuntor CC conectado en paralelo con los disyuntores CC primero y segundo en la línea de transmisión o en el circuito HVDC. La corriente se divide así entre tres ramales y por esa razón se proporciona una disposición de disyuntor CC capaz de actuar en niveles de corriente aún más altos. Tal disposición de disyuntor es suficiente para todos los tipos de aplicaciones de una red de corriente continua de alto voltaje (HVDC).

45 Además, de acuerdo con la invención, los medios para permitir una distribución de corriente mantenida durante el proceso de interrupción con tres ramales comprende tres transformadores conectados en Z (conectados en zigzag) que están conectados a los disyuntores CC primero, segundo y tercero. Una vez más, la invención se puede aplicar usando componentes convencionales, lo que permite una solución rentable.

La invención también se refiere a un método correspondiente, mediante el cual se logran ventajas similares a las anteriores.

Otras realizaciones y ventajas de la misma se pondrán de manifiesto tras la lectura de la siguiente descripción.

50 Breve descripción de los dibujos

La figura 1 ilustra un disyuntor CC convencional básico.

La figura 2 ilustra características de arco para un disyuntor de corriente alterna usado como interruptor en un disyuntor CC.

La figura 3 ilustra un ejemplo de una disposición de disyuntor CC.

La figura 4 ilustra una realización de una disposición de disyuntor CC de acuerdo con la presente invención.

5 La figura 5 ilustra las etapas de un método de acuerdo con la presente invención.

Descripción detallada de las realizaciones

Las figuras 1 y 2 ya se han descrito y se utilizan los mismos números de referencia en todas las figuras para indicar partes iguales o correspondientes.

10 La figura 3 ilustra un ejemplo de una disposición de disyuntor CC que no forma parte de la invención. Una disposición de disyuntor CC, a partir de ahora indicada con el número 6, está dispuesta conectada a lo largo de, es decir, conectada en serie con, una línea L que lleva una corriente continua I. La línea L puede ser una línea de transmisión de energía o una línea de conexión en un circuito HVDC.

15 La corriente continua I de la línea L se divide en dos ramales B1 y B2. Los dos ramales B1, B2 son idénticos, y cada uno comprende un disyuntor CC 1₁, 1₂, que a su vez comprende un interruptor correspondiente primero o segundo 2₁, 2₂, como se describe en relación a la figura 1. Los ramales correspondientes primero o segundo LC 3₁ 4₁ y 3₂ y 4₂ están conectados en paralelo con el interruptor correspondiente primero o segundo 2₁, 2₂. Además, unas resistencias no lineales primera y segunda 5₁ y 5₂ están conectadas en paralelo con los ramales correspondientes primero o segundo LC 3₁ 4₁ y 3₂ y 4₂. Cada ramal B1, B2 lleva por tanto la mitad de la corriente I de la línea.

20 La mera división de la corriente continua I en dos trayectorias no resolvería el problema antes descrito de pérdida de gradiente de corriente/voltaje negativo con altas corrientes (véase la figura 2) y se mantendrían las dificultades que supongan efectuar una interrupción de corriente. Más concretamente, si la corriente continua I se dividiera simplemente en los dos ramales B1, B2, en el instante en el que uno de los interruptores, ya sea el primero 2₁ o el segundo 2₂, desconectase con éxito su corriente mientras que el otro se encontraría todavía en el proceso de supresión de su arco, la corriente total se conmutaría al otro ramal. El otro ramal no sería entonces capaz de interrumpir la corriente. Lo mismo ocurriría si la corriente fuese simplemente dividida en más trayectorias de corriente.

25 Por lo tanto, con el fin de mantener la división de corriente deseada durante el proceso de interrupción, se utiliza un transformador T1 de doble devanado. La impedancia de magnetización del transformador T1 de doble devanado se opone a una distribución de corriente desigual que se produciría en la situación descrita anteriormente, cuando uno de los interruptores primero y segundo 2₁, 2₂ ha interrumpido con éxito su corriente.

30 La disposición de disyuntor CC 6 comprende por tanto dos disyuntores CC convencionales conectados en paralelo 1₁, y 1₂, conectados a un transformador T1 de doble devanado, es decir, un transformador monofásico de doble devanado que comprende devanados primarios y secundarios, o bobinas, enrollados alrededor de un único núcleo magnético. En particular, uno de los disyuntores CC 1₁, y 1₂ está conectado al extremo de polaridad de un devanado del transformador T1, y el otro disyuntor CC está conectado al extremo de no polaridad de los otros devanados del transformador T1. Las polaridades de los devanados se muestran en la figura mediante puntos sólidos en un modo convencional. Durante el funcionamiento en estado permanente, las corrientes de los devanados van a cancelar el flujo magnético de cada uno en el núcleo. De ese modo se pueden utilizar componentes convencionales, proporcionándose una disposición de disyuntor CC rentable.

35 Cuando la corriente continua I se va a interrumpir, los disyuntores CC 1₁, 1₂ funcionan de manera convencional, como se describe en la parte introductoria de la presente solicitud. Uno de los disyuntores CC 1₁, 1₂, hará efectivo en primer lugar el proceso de interrupción de la corriente. El primero en prosperar se indica con la letra x y su corriente circulará a través de su condensador asociado 3_x. El voltaje a través del disyuntor CC 1_x aumentará y este voltaje tratará de mover la corriente que está en el ramal Bx al otro ramal, que todavía no tiene un contravoltaje. Sin embargo, la impedancia de magnetización del transformador T1 evita que esto suceda.

45 La figura 4 ilustra una realización de la invención. En la disposición de disyuntor CC 6' de acuerdo con la invención, la corriente continua I se divide en tres ramales B1, B2 y B3, llevando así cada ramal un tercio de la corriente continua I durante el funcionamiento en estado permanente. Cada ramal B1, B2, B3 comprende un disyuntor correspondiente CC 1₁, 1₂, 1₃ con una configuración como la descrita anteriormente.

50 Con el fin de mantener la distribución de la corriente durante el proceso de interrupción de corriente, se proporcionan tres transformadores convencionales T1, T2, T3. Los transformadores T1, T2, T3 están conectados en una conexión en zigzag con las polaridades tal y como se indica en la figura 4. Para el caso particular en el que hay tres ramales, esta

conexión de transformador es también conocida como conexión en Z, y se podría lograr con un transformador trifásico conectado en Z.

5 En particular, el terminal de no polaridad de una bobina de cada transformador está conectado al terminal de no polaridad de una bobina de otro transformador. Alternativamente, la conexión puede ser de modo que el terminal de polaridad de una bobina de cada transformador esté conectado al terminal de polaridad de una bobina de otro transformador. Durante el funcionamiento en estado permanente, con corrientes opuestas, los flujos magnéticos de devanados de bobina primero y segundo de cada transformador se anulan entre sí.

En un modo que se corresponde con el ejemplo que tiene dos disyuntores CC conectados en paralelo, la inductancia mutua de los transformadores funciona para mantener la distribución de corriente durante el proceso de interrupción.

10 Una vez que todos los ramales B1, B2, B3 han conmutado sus respectivas corrientes a sus respectivos condensadores o a sus respectivas resistencias no lineales, se añade la inductancia de dispersión del transformador o los transformadores a la inductancia del circuito total, ya que todos los derivadores de corriente van a estar en la misma dirección. Sin embargo, la inductancia de dispersión, también conocida como impedancia de cortocircuito, de un transformador es muy baja, varios miles de veces menor que la inductancia de magnetización y puede ser despreciada.

15 Los principios de la invención se pueden aplicar de manera similar a cualquier número n de ramales B1, B2, ..., Bn. La disposición de disyuntor CC 6ⁿ⁻¹ puede así diseñarse y adaptarse para cada aplicación específica. Sin embargo, la disposición de disyuntor CC antes descrita 6' que tiene tres ramales B1, B2, B3 es adecuada para la mayoría de las aplicaciones que se pueden prever para un futuro cercano. Se observa que en lugar de utilizar, por ejemplo, dos disyuntores CC conectados en paralelo capaces de actuar en niveles de corriente de hasta 5 kA, se puede utilizar un
20 número superior de disyuntores CC más rentables capaces de actuar en niveles de corriente mucho más bajas, por ejemplo de 500 A, aplicando los principios de la invención.

En la descripción anterior, se utiliza un número n adecuado de transformadores con el fin de mantener la división de corriente durante un proceso de interrupción de los interruptores 2₁, 2₂, ..., 2_n. Sin embargo, se podrían utilizar en su lugar otros medios para mantener la distribución de corriente entre los diferentes ramales.

25 Alternativamente, se podría utilizar, por ejemplo, un dispositivo que comprenda sólo reactores que no dependan de la inductancia mutua descrita anteriormente. Sin embargo, habría que tener en cuenta el hecho de que la gran inductancia necesaria para mantener la distribución de corriente durante la interrupción permanecería en el circuito incluso después de que los interruptores en todos los ramales hayan prosperado en la conmutación de la corriente a sus respectivos condensadores o resistencias no lineales.

30 La invención también proporciona un método 10 para interrumpir o conmutar una corriente continua I en una línea de transmisión L o circuito HVDC, tal como se representa en la figura 5. El método 10 comprende una primera etapa 11 que consiste en dividir la corriente continua I en tres o más ramales B1, B2, B3. Una segunda etapa 12 comprende la interrupción de la corriente continua I mediante el accionamiento de los disyuntores CC 1₁, 1₂, 1₃ dispuestos en cada ramal correspondiente B1, B2, B3, conservando al mismo tiempo, mediante una disposición de transformadores, la
35 división de corriente durante la interrupción de la corriente continua I. Los disyuntores CC 1₁, 1₂, 1₃ están dispuestos como se ha descrito anteriormente, al igual que la disposición de transformadores, es decir, la disposición de transformadores es de tres transformadores de doble devanado T1, T2, T3, si la corriente se divide en tres ramales, y así sucesivamente, n transformadores de doble devanado T1, T2, T3, ..., Tn para dividir la corriente en n ramales.

40 En resumen, la presente invención proporciona medios para permitir la interrupción de corrientes continuas por encima de 5 kA, más ventajosamente de 10 kA o incluso superiores mediante la combinación de disyuntores CC convencionales que tienen interruptores capaces de actuar en niveles de hasta alrededor de 5 kA. La invención resulta de ese modo ventajosa para aplicaciones en las que la corriente sea superior a 5 kA, ya sea en corriente nominal o durante condiciones de sobrecarga. Al dividir la corriente en tres o más ramales, llevando cada ramal un tercio o menos de la corriente continua I, la corriente de estado permanente en cada interruptor se divide en tres o más. Además, la
45 corriente a ser interrumpida (o a oscilar) se divide en tres o más. Más aún, una distribución de corriente uniforme es forzada en estado permanente y transitorio de una manera innovadora.

REIVINDICACIONES

1. Disposición de disyuntor CC (6') para interrumpir una corriente continua (I) en una línea (L), caracterizado por al menos un primer, un segundo y un tercer disyuntor CC (1_1 , 1_2 , 1_3) dispuestos en paralelo a lo largo de dicha línea (L), estando cada disyuntor CC dispuesto en un ramal correspondiente de un número n de ramales (B_1 , B_2 , B_3 , ... B_n), siendo el número de ramales de al menos tres, en el que dicha corriente continua (I) de dicha línea (L) es dividida entre los mencionados al menos primer, segundo y tercer disyuntores CC (1_1 , 1_2 , 1_3), medios (T_1 , T_2 , T_3 , ..., T_n) para mantener dicha división de corriente durante un proceso de interrupción de dichos al menos primer, segundo y tercer disyuntores CC (1_1 , 1_2 , 1_3), comprendiendo dichos medios al menos tres transformadores de doble devanado conectados en zigzag (T_1 , T_2 , T_3 , ... , T_n), estando cada uno conectado a un disyuntor correspondiente de los mencionados primer, segundo y tercer disyuntores CC (1_1 , 1_2 , 1_3).
5
10
2. Disposición de disyuntor CC (6') de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el terminal de no polaridad de una bobina en cada transformador está conectado al terminal de no polaridad de una bobina de otro transformador, o el terminal de polaridad de una bobina en cada transformador está conectado al terminal de polaridad de una bobina de otro transformador.
3. Disposición de disyuntor CC (6') de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que cada disyuntor CC comprende:
15
- un interruptor (2) y un ramal LC resonante (3, 4) y una resistencia no lineal (5) conectados en paralelo a dicho interruptor (2),
- estando dichos disyuntores CC conectados en paralelo entre sí y estando la conexión paralela de disyuntores CC conectada en serie con la línea (L).
20
4. Disposición de disyuntor (6') de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha línea o dicho circuito HVDC es una línea de transmisión de corriente continua de alto voltaje o una parte de un circuito HVDC.
5. Método para interrumpir o conmutar una corriente continua (I) en una línea de transmisión (L) o en un circuito HVDC, caracterizado por las etapas de:
25
- dividir dicha corriente continua (I) en por lo menos tres ramales (B_1 , B_2 , B_3),
- interrumpir dicha corriente continua (I) mediante el accionamiento de los disyuntores CC (1_1 , 1_2 , 1_3) dispuestos en cada ramal (B_1 , B_2 , B_3 , ..., B_n), conservando al mismo tiempo dicha división de corriente durante dicha interrupción de corriente (I) mediante una disposición de tres o más transformadores de doble devanado (T_1 , T_2 , T_3 , ..., T_n) conectados en zigzag a dichos al menos primer, segundo y tercer disyuntores CC (1_1 , 1_2 , 1_3).
30

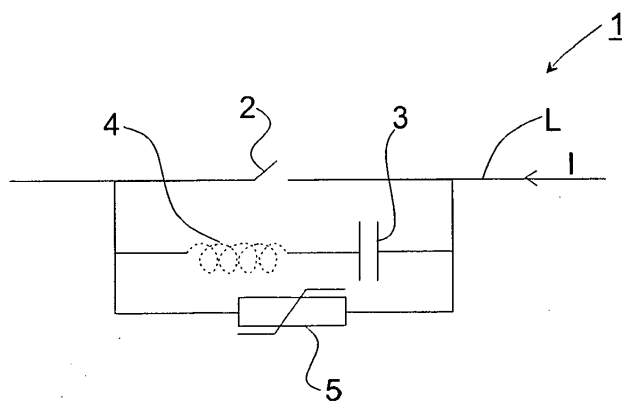


Fig. 1 (Estado de la Técnica)

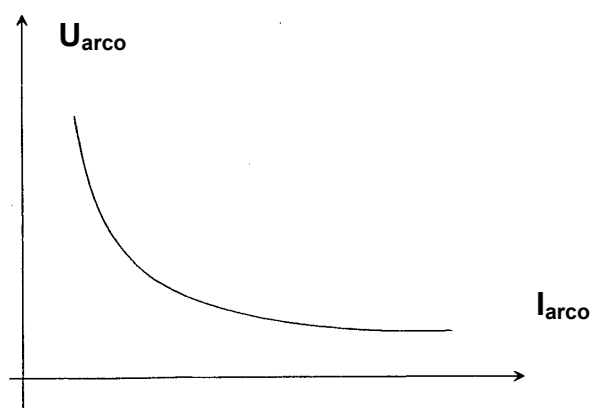


Fig. 2

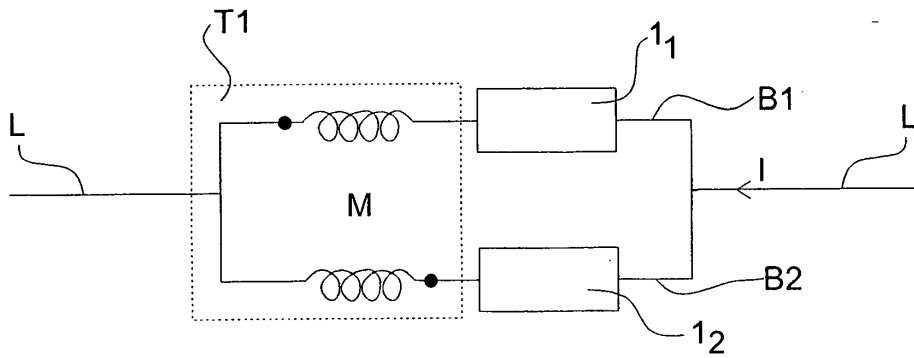


Fig. 3

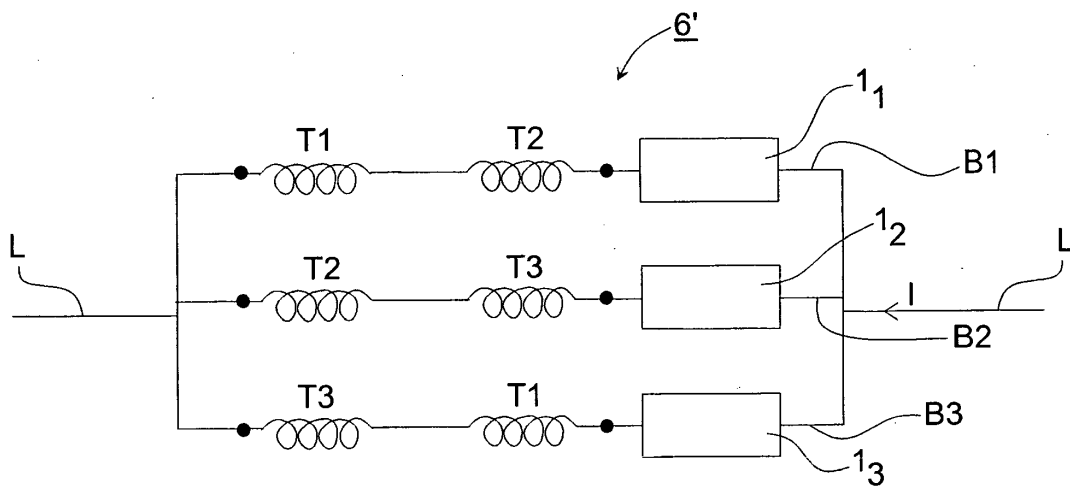


Fig. 4

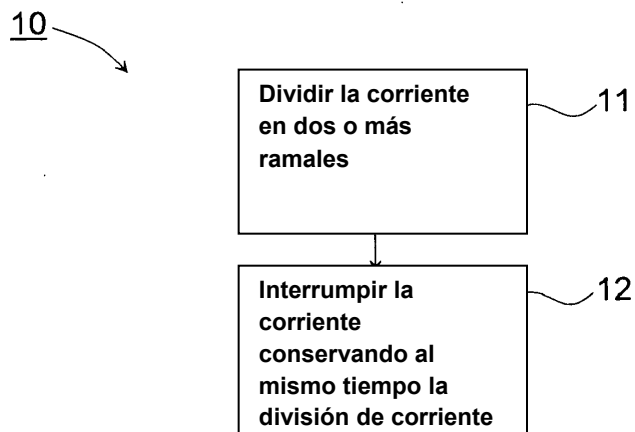


Fig. 5