

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 449 600**

51 Int. Cl.:

H02M 7/49 (2007.01)

H02J 3/18 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2009 E 09779838 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2013 EP 2443717**

54 Título: **Un sistema para intercambiar energía**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.03.2014

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HASLER, JEAN-PHILIPPE

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 449 600 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

Un sistema para intercambiar energía

5 **CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION**

La presente invención se refiere al campo técnico de intercambio de energía con una red de energía eléctrica trifásica con objetivos diferentes, tales como para obtener una compensación de potencia reactiva, estabilizar la red de energía eléctrica y reducir las perturbaciones allí existentes, tal como la reducción de la presencia de armónicos en la red generados por una carga que está conectada a dicha red.

La compensación de los flujos de potencia reactiva en redes de energía eléctrica ocurre convencionalmente, entre otras causas, por la conexión de elementos de impedancia reactiva en la forma de inductores en condensadores en conexión en paralelo a la red de suministrar a través del inductor puede controlarse y de este modo, también el intercambio de potencia reactiva con dicha red. Conectando un conmutador de semiconductores en serie con dicho condensador y el control del suministro de potencia reactiva a la red de suministro de energía puede controlarse en etapas. Los condensadores conectados en paralelo se utilizan principalmente en las redes industriales para compensar el consumo de potencia reactiva en, a modo de ejemplo, grandes motores asíncronos. Otra aplicación de dicho sistema está en relación con cargas con un consumo de potencia reactiva de amplia variación, tal como en hornos de arcos industriales, en donde la inestabilidad con respecto a la energía transmitida a través de las diferentes fases de la red puede presentarse.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Un sistema de este tipo es conocido a través de, a modo de ejemplo, el documento US 5 532 575 y el artículo titulado "Un inversor de fuente de tensión multinivel con fuentes de corriente continua DC separadas para generación de potencia reactiva Var estática", 1995 IEEE, páginas 2541 – 2548. Un convertidor de fuente de tensión, que presenta derivaciones de fase formadas por un así denominado enlace de cadena de células de puente en H que tienen cada una al menos un condensador de almacenamiento de energía se utiliza en un sistema para intercambiar energía con una red de energía eléctrica trifásica. La ventaja de dicho uso es que ya en un número comparativamente bajo de dichas células de conmutación, conectadas en serie, un número comparativamente alto de diferentes niveles de dicho impulso de tensión, proporcionados por el convertidor, puede obtenerse a este respecto, de modo que pueda obtenerse dicha tensión con una frecuencia fundamental que presenta una forma muy próxima a una tensión sinusoidal sin necesidad de ningún filtro de alisado. Además, lo que antecede puede obtenerse ya por medio de frecuencias de conmutación bastante más bajas que las utilizadas en los convertidores de fuentes de tensión de dos o tres niveles. Además, esto hace posible obtener bastantes más bajas pérdidas y también reduce los problemas de filtrado y corrientes armónicas e interferencias de radio, de modo que su equipo puede ser menos costoso. Todo lo que antecede da lugar a un mejor rendimiento del sistema y a un ahorro de costes con respecto a los sistemas que tienen convertidores sin ningún condensador de almacenamiento de energía incorporado en las células de conmutación.

Es de importancia para una operación fiable y eficiente de dicho sistema que la energía almacenada en el condensador de cada célula de conmutación del convertidor se mantenga constante para conservar también constante la tensión directa de cada una de dichas células. Esto implica que el convertidor, en este sistema conocido, presente derivaciones de fase conectadas en Y que solamente pueden generar potencia reactiva, esto es, el componente de corriente es una corriente de secuencia negativa y está en cuadratura con la tensión en el respectivo terminal de derivación de fase del convertidor. Lo anterior se debe al hecho de que cuando se genera una corriente de secuencia negativa por un convertidor conectado en Y, suponiéndose una tensión de secuencia positiva, en tal caso, la energía en dichos condensadores aumentará/disminuirá entre fases, lo que da lugar a variaciones de tensión directa a través de los condensadores.

Sin embargo, puede ser, en algunas situaciones, de gran importancia poder crear una corriente de secuencia negativa con el fin de desplazar la energía desde una de las fases de la red de suministro de energía a la otra para obtener un equilibrio del flujo de energía en una red inestable o de cualquier otro modo, reducir las perturbaciones en la red.

Es, por supuesto, una tentativa permanente para mejorar los sistemas del tipo definido en esta introducción.

En el documento CN 101345422 se describe un método de compensación de secuencia negativa para circuitos multinivel dispuestos en cascada.

60 **SUMARIO DE LA INVENCION**

El objetivo de la presente invención es proporcionar un sistema del tipo definido en la introducción que suponga una mejora en al menos algún aspecto con respecto a dichos sistemas ya conocidos.

Este objetivo está en conformidad con la invención obtenida proporcionando dicho sistema, que se caracteriza por cuanto que cada dicha célula de conmutación tiene, de una parte, al menos dos conjuntos de montaje de

semiconductores conectados en serie y que tiene cada uno un dispositivo de semiconductores del tipo de desconexión y un elemento rectificador conectado en manera anti-paralela y de otra parte, al menos un condensador de almacenamiento de energía así como dos terminales que conectan la célula a las células adyacentes en dicha conexión en serie de células de conmutación, que las tres derivaciones de fase del convertidor de fuente de tensión estén en una primera extremidad interconectada en un punto neutro en suspensión libre formando una conexión en Y, estando en la otra segunda extremidad, conectado a una fase de cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica, que el sistema comprende, además, medios configurados para detectar condiciones eléctricas de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica y una unidad de control configurada para controlar a dichos dispositivos de semiconductores de dichos conjuntos de montaje de semiconductores de cada célula de conmutación y de forma que cada célula de conmutación sea dependiente de la información recibida desde dicho medio de detección para proporcionar una tensión a través de los terminales de cada dicha célula de conmutación que sea cero o U, en donde U es la tensión a través de dicho condensador, para junto con otras células de conmutación de la derivación de fase en dicha segunda extremidad, proporcione un impulso de tensión que es la suma de las tensiones así proporcionadas por cada célula de conmutación y que dicha unidad de control esté configurada, a la recepción de información desde dicho medio de detección, que causa una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, para calcular un valor para amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una tensión de secuencia nula o un valor de una corriente continua para la que, cuando se añade a dichas derivaciones trifásicas, a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía, en cada una de dichas derivaciones de fase, será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase para añadir dicha tensión de secuencia nula, una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua a las corrientes y tensiones, respectivamente, de cada derivación de fase del convertidor.

De este modo, el presente inventor ha constatado que es posible utilizar un así denominado convertidor M2LC que tiene células de conmutación de dos niveles según se da a conocer, a modo de ejemplo, en el documento DE 101 03 031 A1 en un sistema de este tipo sin conectar los polos de corriente continua DC a cualquier línea como en ese caso pero, en lugar de interconectar las tres derivaciones de fase del convertidor en una sola extremidad en un punto neutro en suspensión libre formando una conexión en Y, y en la otra segunda extremidad conectándoles a una fase de cada una de una red de suministro de energía eléctrica trifásica. Además, diseñando la unidad de control para calcular dicha tensión de secuencia nula o dichas corrientes y su adición a la corriente y tensión de referencia, respectivamente, cuando se controlan los dispositivos de semiconductores de las células de conmutación de cada derivación de fase del convertidor, se puede generar una corriente de secuencia negativa cuando surja una necesidad al mismo tiempo que se asegura que la tensión y la corriente en cada fase estarán en cuadratura y no se producirá por ello ninguna carga o descarga de cualquier condensador, de modo que la energía resultante almacenada en los condensadores, en cada fase, será constante. Las inestabilidades en dicha red de suministro de energía, a modo de ejemplo, debido a grandes variaciones en el consumo de energía de un horno de arco eléctrico que le esté conectado o fluctuaciones, pueden compensarse creando una corriente de secuencia negativa que desplaza energía desde una de las fases a otra realizando simplemente dicho cálculo y el control de dispositivos de semiconductores a las células de conmutación para que se genere la corriente de secuencia negativa deseada.

Según una forma de realización de la invención, dicho convertidor de fuente de tensión tiene solamente tres derivaciones de fases, que están en dicha segunda extremidad solamente conectadas a una fase cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica y dicha unidad de control está configurada, a la recepción de información desde dichos medios de detección, que causa una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa para calcular un valor para amplitud y posición de fase para una tensión de secuencia nula para la que, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía, en cada una de dichas derivaciones de fase, será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase para añadir dicha tensión de secuencia nula a las tensiones de cada derivación de fase del convertidor. De este modo, se ha encontrado que dicho así denominado convertidor mitad del tipo M2LC, con células de conmutación de dos niveles, puede utilizarse, de hecho, en un sistema de este tipo, para generar una corriente de secuencia negativa al mismo tiempo que se mantiene la energía resultante almacenada en los condensadores de almacenamiento de energía en cada una de dichas derivaciones de fase a un nivel constante calculando una referencia de tensión de secuencia nula a añadirse a la referencia de tensión para control de dichos dispositivos de semiconductores. Esto significa que un sistema que pueda suprimir eficientemente dichas inestabilidades en una de dichas redes de suministro de energía puede proporcionarse a un coste que es comparativamente bajo dentro de este contexto.

Según otra forma de realización de la invención, dicho convertidor de fuente de tensión comprende tres segundas derivaciones de fase idénticas a dichas tres derivaciones de fase antes citadas en una primera extremidad interconectada en un punto neutro, en suspensión libre formando una conexión en Y, estando en la otra segunda extremidad, conectada a una fase cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica así como a una segunda extremidad de cada una de dichas tres derivaciones de fase mencionadas en primer lugar y que dicha unidad de control está configurada, a la recepción de información desde dichos medios de detección, que causan una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, para calcular un valor para amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua DC para la que, cuando se añade a dichas seis derivaciones de fase a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en

dichos condensadores de almacenamiento de energía en cada una de dichas derivaciones de fase será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase para añadir dicha corriente de secuencia negativa o corriente continua a las corrientes de cada derivación de fase del convertidor. Utilizando dicho así denominado convertidor M2LC completo, en dicho sistema, será posible añadir una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua para mantener la energía resultante almacenada en los condensadores de almacenamiento de energía en cada derivación de fase en una magnitud constante al mismo tiempo que se genera una corriente de secuencia negativa, que da lugar a una posibilidad de tener menos células de conmutación conectadas en serie en cada derivación de fase que cuando se utiliza una referencia de tensión de secuencia nula, de modo que se puedan ahorrar costes para dichas células. Además, el uso de dicho convertidor de fuente de tensión en dicho sistema da lugar a una posibilidad para gestionar más altas potencias que en la forma de realización con una topología de convertidor M2LC mitad y el control de dicho convertidor será también menos complicado. Las corrientes así generadas pueden ser corrientes continuas DC generadas dentro del convertidor, en donde la corriente continua DC de la misma fase (derivaciones de fase interconectadas en dicha segunda extremidad) de los dos convertidores mitad, en dicho sistema, es de la misma magnitud pero de fase opuesta y en tal caso, la suma de las corrientes continuas DC de las tres fases es cero, de modo que ninguna corriente continua DC circule fuera del convertidor. Las corrientes pueden ser también una segunda corriente de secuencia negativa que circule solamente dentro del convertidor.

Conviene señalar que la expresión “manteniendo constante la energía resultante almacenada en los condensadores de almacenamiento de energía en cada derivación de fase” es, en esta idea inventiva, interpretada en sentido amplio y cubrirá también el caso de añadir una corriente de secuencia nula o una tensión para restablecer el equilibrio energético entre las derivaciones de fase si se hubiera producido un desequilibrio.

Según otra forma de realización de la invención, cada derivación de fase del convertidor de fuente de tensión tiene un elemento de impedancia reactiva conectado en serie para influir sobre el flujo de potencia reactiva entre el sistema y dicha red y este elemento de impedancia reactiva comprende, según otra forma de realización de la invención, un condensador y según otra forma de realización de la invención, un inductor para la generación de potencia reactiva y el consumo de potencia reactiva, respectivamente.

Según otra forma de realización de la invención, el número de células de conmutación de dicha conexión en serie de células de conmutación en cada derivación de fase del convertidor de fuente de tensión es mayor o igual a 4, mayor o igual a 8 o mayor o igual a 12. Aunque un ahorro de costes de un sistema de este tipo se obtiene por el número reducido de células de conmutación conectadas en serie requeridas, el uso de un convertidor de este tipo es de especial interés cuando el número de células de conmutación, en dicha conexión en serie, es bastante alto, dando lugar a un alto número de niveles posibles de los impulsos de tensión proporcionados por el convertidor.

Según otra forma de realización de la invención, dicho dispositivo de semiconductores de dicho conjunto de semiconductores son IGBTs (Transistor Bipolar de Puerta Aislada), IGCTs (Tiristor de Puertas Conmutadas Integrado) o GTOs (Tiristor de desconexión por puerta). Estos son dispositivos de semiconductores adecuados para dichos convertidores, aunque son también susceptibles de diseño otros dispositivos de semiconductores del tipo de desconexión.

Según otra forma de realización de la invención, dicho convertidor de fuente de tensión tiene una capacidad para, junto con dicho elemento de impedancia reactiva conectado en serie, generar una tensión con una frecuencia fundamental que es igual a la frecuencia fundamental de la tensión de la respectiva fase de la red de suministro de energía eléctrica con una amplitud de 20 kV-500 kV, preferentemente 30 kV-200 kV. Dicho sistema será adecuado para intercambiar energía, a modo de ejemplo, una línea de transmisión de alta tensión que transporta una tensión de 132-500 kV o una red de transmisión de energía que alimenta un horno de arco industrial con una tensión fundamental de 36 kV.

La presente invención se refiere también a un método de generación de una corriente de secuencia negativa en un sistema para intercambiar energía, en conexión en paralelo, con una red de suministro de energía eléctrica trifásica según la reivindicación adjunta de método independiente. Las ventajas e inconvenientes de dicho método y de los métodos según las formas de realización de la invención, definidas en las reivindicaciones adjuntas del método subordinadas, resultan evidentes a partir de la anterior descripción de diferentes formas de realización de un sistema según la invención.

La invención se refiere, además, a un uso de un sistema según la invención para intercambiar energía con una red de suministro de energía eléctrica trifásica, en la que es preferible que dichos usos sean para intercambiar energía con la red de suministro de energía que alimenta un horno de arco industrial y con una red de suministro de energía eléctrica trifásica en la forma de una línea de transmisión de alta tensión.

Otras ventajas así como características convenientes de la invención se deducirán de la descripción siguiente.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Con referencia a los dibujos adjuntos, a continuación se proporciona una descripción específica de formas de realización de la invención, citadas a modo de ejemplo.

En los dibujos:

5 La Figura 1 es una vista muy simplificada que ilustra la estructura general de un sistema según una primera forma de realización de la invención y

La Figura 2 es una vista similar a la representada en la Figura 1 de un sistema según una segunda forma de realización de la invención.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCION

15 La Figura 1 es una representación esquemática de la estructura general de un sistema según una primera forma de realización de la invención para intercambiar energía, en una conexión en paralelo, con una red de suministro de energía eléctrica trifásica 1 de cualquier tipo susceptible de diseño y aquí indicada por tres líneas de fase 2-4 de dicha red. Esta red puede, a modo de ejemplo, ser una red de suministro de energía que alimenta un horno de arco industrial o cualquier otro equipo que funciona normalmente con una tensión de 36 kV. Si el sistema ha de conectarse a una red en la forma de una línea de transmisión de alta tensión, que suele transmitir una tensión mucho más alta, tal como en el orden de magnitud de 132-500 kV, el sistema ha de conectarse a través de un transformador no ilustrado en la Figura 1.

20 El sistema comprende un convertidor de fuente de tensión 5 que tiene una topología de convertidor M2LC completa que presenta seis derivaciones de sub-fase 6-11 interconectadas en pares 6 y 9, 7 y 10 y 8 y 11 con un punto intermedio 12-14 de cada uno de dichos pares formando una salida para la conexión a una fase 2-4 cada una de la red de suministro de energía eléctrica trifásica.

25 Dichas derivaciones de sub-fase tienen cada una de ellas una conexión en serie de células de conmutación 15. Cada una de dichas células de conmutación presenta, de una parte, al menos dos conjuntos de montaje de semiconductores 16,17 conectados en serie y que tienen cada uno un dispositivo de semiconductores 18 del tipo de desconexión, tal como, a modo de ejemplo, un IGBT y un elemento rectificador 19, tal como un diodo rápido, conectado en forma anti-paralela y en el otro al menos condensador de almacenamiento de energía 20 que presenta una tensión a través de sus terminales de U así como dos terminales 21, 22 que conectan la célula a las células adyacentes en dicha conexión en serie de células de conmutación. Tres de dichas derivaciones de sub-fase 6-8 están en una primera extremidad 23-25 interconectadas en un punto neutro 26 en suspensión libre formando una conexión en Y estando la otra segunda extremidad 27-29 conectada a una fase de cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica. Lo que antecede se aplica también a las tres derivaciones de sub-fase 9-11 que tienen dichas primeras extremidades 30-32, punto neutro 33 y segunda extremidades 34-36, en donde las segunda extremidades 34-36 están también conectadas a una segunda extremidad 27-29 antes citada.

35 Un medio 40, configurado para detectar condiciones eléctricas de una dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica se indica en la referencia 40. Dichas condiciones pueden ser amplitudes y posiciones de fase de corrientes y tensiones en las tres fases 2-4, a través de las que se puede descubrir también la presencia de perturbaciones y de armónicos. El medio de detección 40 está configurado para enviar información sobre dichas condiciones eléctricas, además, a una unidad de control 41, que está configurada para controlar los dispositivos de semiconductores de los conjuntos de conmutación de cada célula de conmutación y por intermedio de cada célula de conmutación, dependiente de la información recibida del medio de detección 40, proporcionar una tensión a través de los terminales de cada dicha célula de conmutación siendo cero o U, en donde U es la tensión a través de dicho condensador 20 de la célula de conmutación para, junto con otras células de conmutación de la derivación de fase respectiva 6-11, proporcionar un impulso de tensión que es la suma de las tensiones así proporcionadas por cada célula de conmutación.

40 Más exactamente, la unidad de control 41 está configurada para controlar las células de conmutación del convertidor de fuente de tensión en la forma siguiente a la recepción de información desde dicho medio de detección 40 de que existe una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa para compensar las inestabilidades en la red de suministro de energía eléctrica 1. La unidad de control calculará, luego, un valor para la amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o un valor de corriente continua para el que, cuando se añade a dichas derivaciones de fase del convertidor a la generación de la corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en los condensadores de almacenamiento de energía, cada derivación de fase, será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de las células de conmutación de las derivaciones de fase para añadir dicha corriente de secuencia nula a las corrientes de cada derivación de fase del convertidor. Una corriente continua DC de una y la misma fase, tal como 6 y 9, de los dos convertidores mitad es, entonces, de la misma magnitud, pero de fase opuesta y la suma de las corrientes continuas DC de las tres fases es cero, por lo que ninguna corriente continua DC circula fuera del sistema. Estas corrientes continuas DC dependen de la corriente de secuencia negativa y se proporcionan por la ecuación siguiente:

$$\begin{bmatrix} I_{DC,2} \\ I_{DC,3} \\ I_{DC,4} \end{bmatrix} = -\frac{2U_{AC}}{U_{DC}} \operatorname{Re} \left[\vec{I}_n^* \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha \\ \alpha^2 \end{bmatrix} \right] \quad [1]$$

en donde \vec{I}_n^* es la corriente de secuencia negativa y $\alpha = e^{j \cdot \frac{2\pi}{3}}$. Esta corriente continua DC para la respectiva fase 2-4 se utiliza también para equilibrar la tensión del condensador DC 20 de la célula cuando se genera una corriente de secuencia negativa por el convertidor. Los desequilibrios de tensión de corriente continua DC, entre los seis grupos de condensadores DC, pueden expresarse como el modo común y el modo diferencial según se define a continuación:

El desequilibrio de corriente continua DC para cada convertidor mitad puede definirse como un vector:

$$\vec{I}_{DC,Unb} = (2U_{DC,A} - U_{DC,B} - U_{DC,C})/3 + j^*(U_{DC,B} - U_{DC,C})/\sqrt{3}$$

El modo común para el convertidor mitad superior e inferior se define como:

$$\vec{I}_{DC,Common} = \vec{I}_{DC,Unb Upper} + \vec{I}_{DC,Unb Lower}$$

Los modos diferenciales se definen para cada convertidor mitad:

$$\vec{I}_{DC Upper,Diff} = \vec{I}_{DC,Unb Upper} - \frac{1}{2} \vec{I}_{DC,Common}$$

$$\vec{I}_{DC Lower,Diff} = \vec{I}_{DC,Unb Lower} - \frac{1}{2} \vec{I}_{DC,Common}$$

El modo común se añade a la corriente de secuencia negativa para definir las componentes de corriente continua DC para cada fase.

$$\begin{bmatrix} I_{DC,a} \\ I_{DC,b} \\ I_{DC,c} \end{bmatrix} = -\frac{2U_{AC}}{U_{DC}} \operatorname{Re} \left[\left(\vec{I}_n^* + G_s \vec{I}_{DC,Common} \right) \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha \\ \alpha^2 \end{bmatrix} \right] U_{AC}$$

Para equilibrar el modo diferencial del grupo de condensadores de corriente continua DC, se genera una corriente de secuencia negativa por cada convertidor mitad con independencia entre sí.

La Figura 2 ilustra un sistema según una segunda forma de realización de la invención, que difiere del representado en la Figura 1 por el hecho de que, en este caso, el convertidor de fuente de tensión presenta una topología de convertidor M2LC mitad, lo que significa que tiene solamente tres derivaciones de sub-fase 6', 7' y 8'. Partes de este sistema en correspondencia con partes del sistema ilustrado en la Figura 1 se proporcionan con las mismas referencias numéricas con un apóstrofe (') añadido. En este caso, no es posible utilizar una referencia de corriente y añadir una corriente de secuencia nula cuando exista una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa y la energía resultante almacenada en los condensadores de almacenamiento de energía en cada derivación de fase se mantendrá constante, pero, en cambio, es posible calcular un valor para la amplitud y posición de fase para una tensión de secuencia nula para la que, cuando se añada a dichas tres derivaciones de fase a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía en cada una de dicha derivación de fase será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de las células de conmutación de las derivaciones de fase para añadir dicha tensión de secuencia nula a las tensiones de cada derivación de fase del convertidor. La tensión de secuencia nula a añadirse a la referencia de tensión del convertidor dependerá de la corriente de secuencia positiva y de secuencia negativa generada por el convertidor y también sobre un posible desequilibrio de tensión de corriente continua DC entre las fases.

Además, según se ilustra en las Figuras 1 y 2, las formas en que los sistemas puedan tener elementos de impedancia reactiva conectados en serie con cada derivación de fase del convertidor, tal como un inductor para consumo de potencia reactiva y un condensador para generación de potencia reactiva y dicho elemento de impedancia reactiva en la forma de

un inductor 42 se indica en las Figuras. Este inductor puede funcionar también para la función de alisado de la tensión generada por el convertidor.

5 La invención no está, por supuesto, restringida en forma alguna a las formas de realización anteriormente descritas, sino que serán evidentes numerosas posibilidades para modificaciones para una persona experta en esta técnica sin desviarse por ello del alcance de la invención según se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema para intercambiar energía eléctrica, en conexión en paralelo, con una red de suministro de energía eléctrica trifásica, cuyo sistema comprende un Convertidor de Fuente de Tensión (5, 5') que presenta al menos tres derivaciones de fase (6-11, 6'-8') cada una en conexión en serie con células de conmutación (15, 15'),

en donde cada una de dichas células de conmutación comprende, de una parte, al menos dos conjuntos de montaje de semiconductores (16, 17) conectados en serie y comprendiendo cada uno un dispositivo de semiconductores (18) del tipo de desconexión y un elemento rectificador (19) conectado de manera anti-paralela con este último y, de otra parte, al menos un condensador de almacenamiento de energía (20, 20') así como dos terminales (21, 22) que conectan la célula a las células adyacentes en dicha conexión en serie de las células de conmutación, estando las tres derivaciones de fase del convertidor de fuente de tensión, en una primera extremidad (23-25) interconectadas en un punto neutro (26, 26') en suspensión libre para formar una conexión en Y, estando con una segunda extremidad (27-29, 27'-29', 34-36) conectadas a una fase (2-4) de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica, cuyo sistema comprende, además, medios (40, 40') configurados para detectar condiciones eléctricas de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica y una unidad de control (41, 41'), configurada para controlar dichos dispositivos de semiconductores de dichos conjuntos de montaje de semiconductores de cada célula de conmutación y cada célula de conmutación depende de información recibida desde dichos medios de detección con el fin de proporcionar una tensión en los terminales de cada célula de conmutación que es de 0 o U , en donde U es la tensión de dicho condensador, con el fin de suministrar, con las otras células de conmutación de la derivación de fase en dicha segunda extremidad, un impulso de tensión que es la suma de las tensiones así suministradas por cada célula de conmutación y cuya unidad de control (41, 41') está configurada, en el momento de la recepción de información desde dichos medios de detección que crean una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, para calcular un valor para amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una tensión de secuencia nula o un valor de una corriente continua para el cual, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase (6-11, 6'-8') a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía en cada derivación de fase será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores (18) de dichas células de conmutación (15, 15') de las derivaciones de fase con el fin de añadir esta tensión de secuencia nula, una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua DC a las corrientes y tensiones, respectivamente, de cada derivación de fase del convertidor.

2. Un sistema según la reivindicación 1, en donde dicho Convertidor de Fuente de Tensión comprende solamente dichas tres derivaciones de fase (6'-8') que, en dicha segunda extremidad (27'-29'), están solamente conectadas a una fase (2-4) cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica y que dicha unidad de control (41') está configurada, a la recepción de información desde dichos medios de detección (40') que crean una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, para calcular un valor de amplitud y posición de fase para una tensión de secuencia nula para la cual, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía (20') en cada derivación de fase será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores (18) de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase con el fin de añadir esta tensión de secuencia nula a las tensiones de cada derivación de fase del convertidor.

3. Un sistema según la reivindicación 1, en donde dicho Convertidor de Fuente de Tensión comprende otras tres segundas derivaciones de fase (9-11) idénticas a dichas primera tres derivaciones de fase interconectadas a una primera extremidad (30-32) en un punto neutro (33) en suspensión libre para formar una conexión en Y, estando en la otra segunda extremidad (34-36), conectadas a una fase (2-4) de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica así como en una segunda extremidad (27-29) de dichas tres primeras derivaciones de fase (6-8) y cuya unidad de control (4) está configurada, en el momento de la recepción de información desde dicho medio de detección (40) que crean una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, para calcular un valor para amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua DC para las cuales, cuando se añaden a dichas seis derivaciones de fase (6-11) a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía (20) en cada derivación de fase será constante y para controlar los dispositivos de semiconductores de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase con el fin de añadir dicha segunda corriente de secuencia negativa o corriente continua DC a las corrientes de cada derivación de fase del convertidor.

4. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde cada derivación de fase del convertidor de fuente de tensión comprende un elemento de impedancia reactiva (42) con el que está conectado en serie.

5. Un sistema según la reivindicación 4, en donde dicho elemento de impedancia reactiva comprende un inductor (42).

6. Un sistema según las reivindicaciones 4 o 5, en donde dicho elemento de impedancia reactiva comprende un condensador.

7. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el número de células de conmutación (15, 15') en cada derivación de fase de dicho convertidor de fuente de tensión (5,5') es mayor o igual que 4, mayor o igual que 8 o mayor o igual que 12.
- 5 8. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dichos dispositivos de semiconductores (18) de dicho sistema de semiconductores son IGBTs (Transistor Bipolar de Rejilla Aislada), IGCTs (Tiristor Conmutado de Rejilla Integrada) o GTOs (Tiristor de Desconexión de Rejilla).
- 10 9. Un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho convertidor de fuente de tensión (5, 5') tiene la capacidad, con dicho elemento de impedancia reactiva conectado en serie con este último, de generar una tensión que tiene una frecuencia fundamental igual a la frecuencia fundamental de la tensión de la fase respectiva de la red de suministro de energía eléctrica con una amplitud de 20 kV – 500 kV, preferentemente de 30 kV – 200 kV.
- 15 10. Un método de generación de una corriente de secuencia negativa en un sistema para intercambiar la electricidad, en conexión en paralelo, con una red de suministro de energía eléctrica trifásica, cuyo sistema comprende: un convertidor de fuente de tensión (5, 5') que comprende al menos tres derivaciones de fase (6-11, 6'-8') cada una en conexión en serie con células de conmutación (15, 15'), comprendiendo cada una de dichas células de conmutación, de una parte, al menos dos conjuntos de montaje de semiconductores (16, 17) conectados en serie y que comprende cada uno un dispositivo de semiconductores (18) del tipo de desconexión y un elemento rectificador (19) que le está conectado de manera anti-paralela y de otra parte, al menos un condensador de almacenamiento de energía (20, 20') así como dos terminales (21, 22) que conectan la célula a las células adyacentes en dicha conexión en serie de las células de conmutación, cuyas tres derivaciones de fase del convertidor de fuente de tensión están, en una primera extremidad (23-25), interconectadas en un punto neutro (26, 26') en suspensión libre para formar una conexión en Y estando, en la otra segunda extremidad (27-29, 34-36, 27'-29'), conectadas a una fase cada una de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica, comprendiendo dicho método las etapas que consisten en:
- 20
- 25
- detectar condiciones eléctricas de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica y
 - 30 - controlar dicho dispositivo de semiconductores de dicho sistema de semiconductores de cada célula de conmutación, dependiendo cada célula de conmutación de información de dicha detección con el fin de proporcionar una tensión en los terminales de dicha célula de conmutación (15,15') que es de cero o U, en donde U es la tensión de dicho condensador (20, 20') con el fin de suministrar, con las otras células de conmutación de la derivación de fase en dicha segunda extremidad, un impulso de tensión que es la suma de las tensiones así suministradas por cada célula de conmutación y en donde dicho método, comprende, además, las etapas que consisten en:
 - 35 - calcular, en el momento de la detección de una necesidad de generar una corriente de secuencia negativa, un valor de amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una tensión de secuencia nula o un valor de una corriente continua DC para la cual, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase (6-11, 6'-8'), a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía en cada derivación de fase será constante y
 - 40 - controlar los dispositivos de semiconductores (18) de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase con el fin de añadir esta tensión de secuencia nula, una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua DC calculada a las corrientes y tensiones, respectivamente, de cada derivación de fase del convertidor.
 - 45
- 50 11. Un método según la reivindicación 10, en donde se pone en práctica para un convertidor de fuente de tensión (5') que comprende solamente dichas tres derivaciones de fase (6'-8') que, en dicha segunda extremidad (27'-29'), están solamente conectadas a una fase (2-4) de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica, en donde en el momento de dicha etapa de cálculo de un valor de amplitud y posición de fase para una tensión de secuencia nula para la cual, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase a la generación de dicha corriente de secuencia negativa, se calcula la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía en cada una de dicha derivaciones de fase será constante y que en dicha etapa de control de los dispositivos de semiconductores (18) de dichas células de conmutación de las derivaciones de fase, estas últimas están controladas de manera que se añada una tensión de secuencia nula calculada a cada derivación de fase del convertidor.
- 55
- 60 12. Un método según la reivindicación 10, en donde se pone en práctica para un convertidor de fuente de tensión que comprende otras tres segundas derivaciones de fase (9-11) idénticas a dichas tres primeras derivaciones de fase (6-8) interconectadas a una primera extremidad (30-32) en un punto neutro (33) en suspensión libre para formar una conexión en Y estando, en la otra segunda extremidad (34-36) conectadas a una fase (2-4) de dicha red de suministro de energía eléctrica trifásica así como a una segunda extremidad (27-29) de dichas primeras tres derivaciones de fase, en donde en el momento de dicha etapa de cálculo de un valor de amplitud y posición de fase para una segunda corriente de secuencia negativa o una corriente continua DC para las cuales, cuando se añade a dichas tres derivaciones de fase a la
- 65

- 5 generación de dicha corriente de secuencia negativa, se calcula la energía resultante almacenada en dichos condensadores de almacenamiento de energía (20) de cada derivación de fase que es constante y en donde, en el momento de dicha etapa de control de los dispositivos de semiconductores de dichas células de conmutación (15) de las derivaciones de fase, estas últimas son controladas de manera que se añada una segunda corriente de secuencia negativa con corriente continua DC calculadas en cada derivación de fase del convertidor.
- 10 **13.** Utilización de un sistema según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9 para intercambiar la electricidad con una red de suministro de energía eléctrica trifásica.
- 15 **14.** Utilización según la reivindicación 13, en donde dicha red de suministro de energía eléctrica alimenta un horno de arco industrial y transporta, normalmente, una tensión de 36 kV.
- 15.** Utilización según la reivindicación 13, para intercambiar la electricidad con una red de suministro de energía eléctrica trifásica bajo la forma de una línea de transmisión de alta tensión que transporta, normalmente, una tensión de 132 – 500 kV.

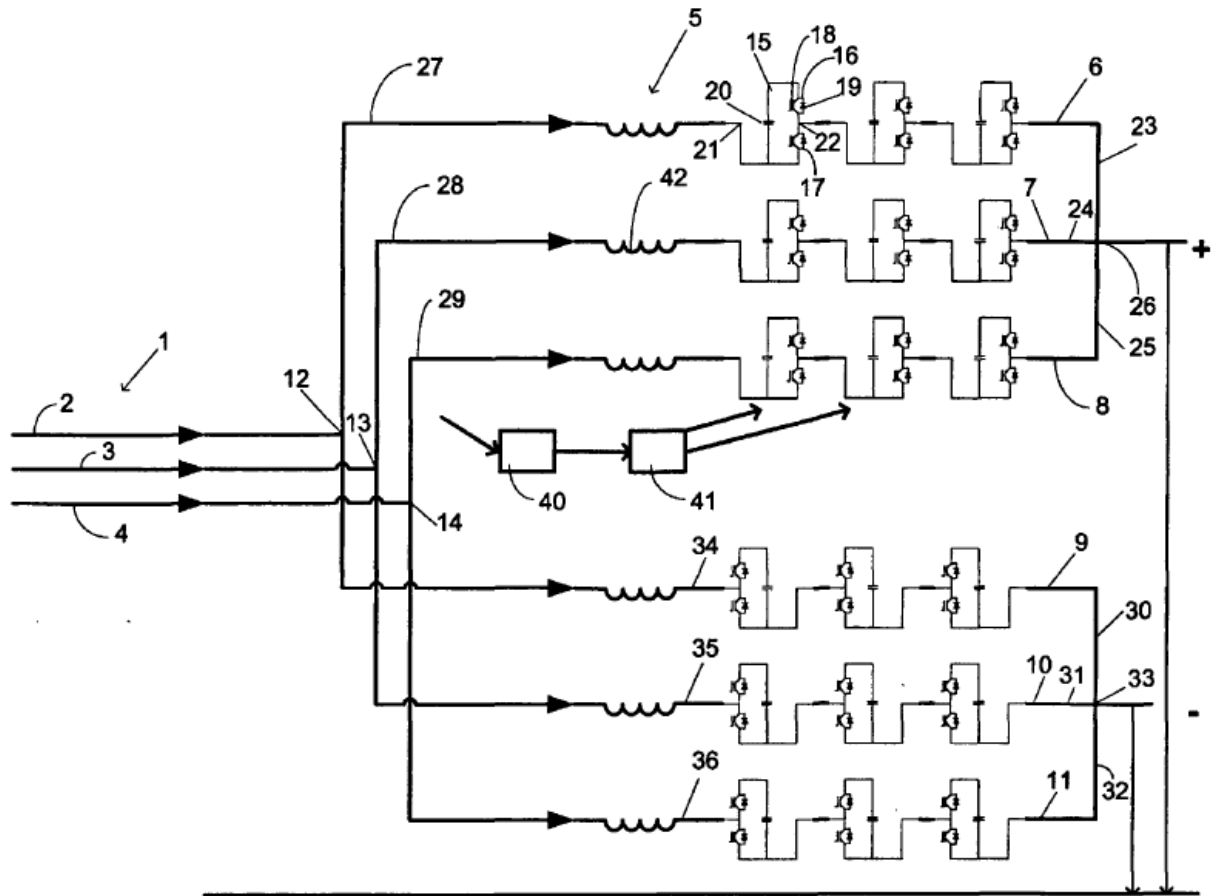


Fig 1

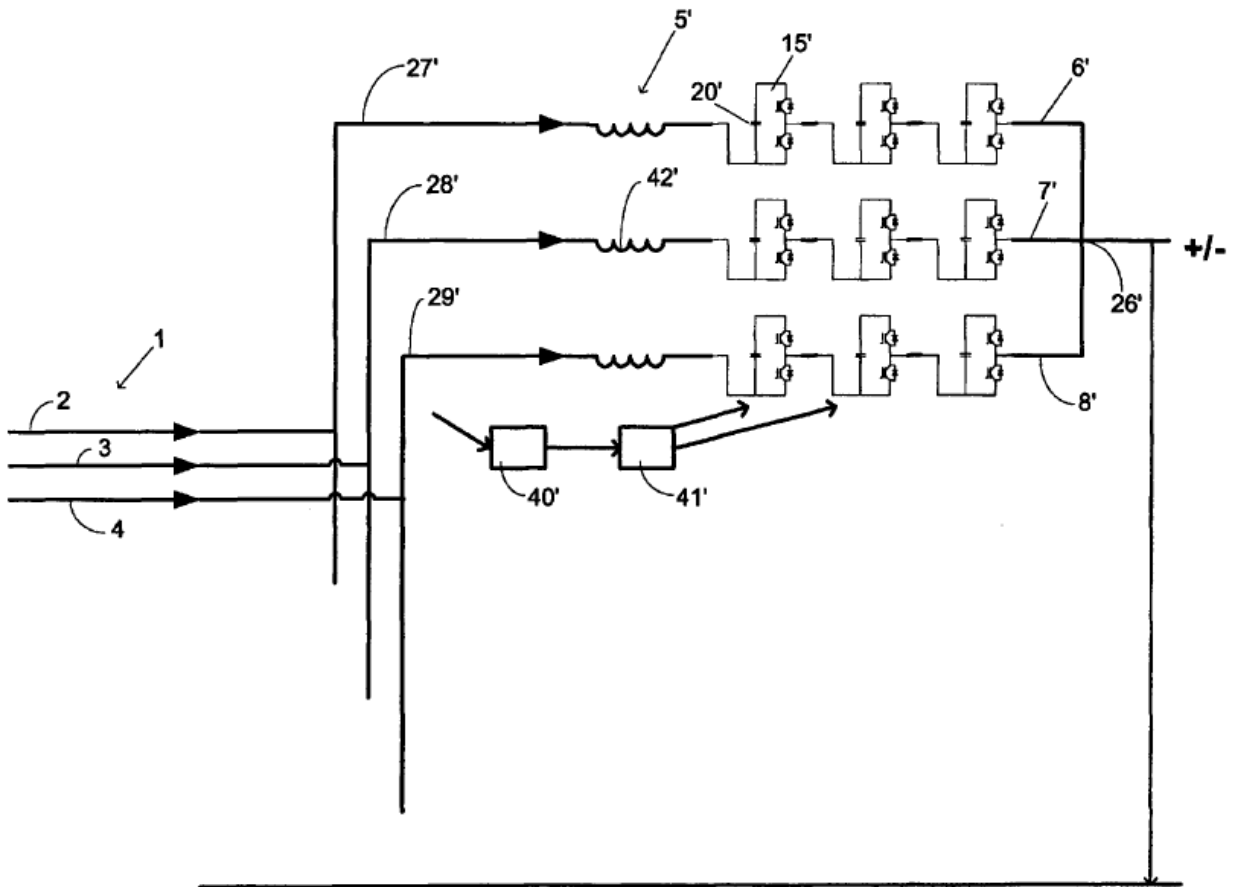


Fig 2