

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 664 868**

51 Int. Cl.:

**H02M 1/00** (2006.01)

**H02M 7/483** (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.01.2007 PCT/DE2007/000099**

87 Fecha y número de publicación internacional: **24.07.2008 WO08086760**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.01.2007 E 07702379 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2122817**

54 Título: **Control de un ramal de módulo de fase de un convertidor multinivel**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.04.2018**

73 Titular/es:  
**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)  
Werner-von-Siemens-Straße 1  
80333 München**

72 Inventor/es:  
**DOMMASCHK, MIKE;  
DORN, JÖRG;  
EULER, INGO;  
LANG, JÖRG;  
TU, QUOC-BUU y  
WÜRFLINGER, KLAUS**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 664 868 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

Control de un ramal de módulo de fase de un convertidor multinivel

La presente invención hace referencia a un procedimiento para cargar y/o descargar acumuladores de energía de un convertidor multinivel con al menos un ramal de módulo de fase, que presenta una conexión en serie de submódulos que presentan respectivamente al menos un circuito de semiconductores de potencia para conectar o desconectar un acumulador de energía en conexión en paralelo con el circuito de semiconductores de potencia y un sensor de submódulo para detectar un valor real del acumulador de energía, en el que, mediante la obtención de un estado de variación de energía, se establece si los acumuladores de energía conectados de un ramal de módulo de fase pueden cargarse o descargarse, y se selecciona el siguiente acumulador de energía a conmutar de cada ramal de módulo de fase mediante una lógica prefijada en función del estado de variación de energía.

Un procedimiento de este tipo ya se conoce de una aportación "New Modular Voltage Source Inverter Topology" de A. Lesnicar y R. Marquardt. Allí se describe un llamado convertidor multinivel y un procedimiento para su control. Un convertidor multinivel se usa por ejemplo para accionar una máquina eléctrica o puede emplearse en el campo de la transmisión y distribución de energía. De este modo se ha descrito el empleo de un convertidor multinivel para la transmisión de corriente continua a alta tensión, en donde están conectados entre sí al menos dos convertidores multinivel en el lado de la tensión continua. Cada uno de estos convertidores multinivel está conectado en el lado de la tensión alterna a una red de tensión alterna, de tal manera que se hace posible una transmisión de potencia entre las redes de tensión alterna. A este respecto los convertidores multinivel presentan respectivamente unos módulos de fase, cuyo número se corresponde con el número de fases de la respectiva red de tensión alterna. Cada módulo de fase posee una conexión de corriente alterna y al menos una conexión de tensión continua. Entre la conexión de tensión alterna y cada conexión de tensión continua se extienden unos ramales de módulo de fase, que se componen respectivamente de una conexión en serie de submódulos. Cada submódulo posee un circuito de semiconductores de potencia, que está dispuesto en paralelo a un acumulador de energía, como por ejemplo un condensador. Según la posición de conmutación del circuito de semiconductores de potencia en la conexión bipolar de los submódulos cae la tensión del acumulador de energía o bien la tensión es cero. La tensión del acumulador de energía que cae a través del ramal de módulo de fase depende con ello del número de submódulos conectados. También son concebibles ramales de módulo de fase de la clase antes citada con relación a los llamados "sistemas de transmisión de CA flexibles", en donde los mismos se usan como conmutadores rápidos conectados en serie a una bobina o a un condensador, por ejemplo para la compensación flexible de potencia reactiva.

Cada circuito de semiconductores de potencia presenta, conforme a la contribución mencionada de Lesnicar y Marquardt, dos semiconductores de potencia desconectables conectados entre ellos en serie, a los que está conectado respectivamente en antiparalelo un diodo flyback. Para el control conveniente de estos semiconductores de potencia desconectables está prevista una unidad de control. Uno de los objetos del control consiste en mantener aproximadamente al mismo nivel las tensiones que caen en los condensadores de los submódulos. De esta manera se evita una carga de tensión desigual de los submódulos o también de los ramales de módulo de fase. Para una distribución simétrica de tensiones se detectan las tensiones que caen en los condensadores de un ramal de módulo de fase, en una sincronización de kilohercios, con la obtención de unos valores del acumulador de energía. A continuación los valores del acumulador de energía se clasifican en cuanto a su variable. Si fluye una corriente positiva a través del ramal de módulo de fase, los acumuladores de energía pueden cargarse. En este caso se conecta el acumulador de energía al que esté asignado el menor valor del acumulador de energía y con ello se carga. Sin embargo, si la corriente que fluye en el respectivo ramal de módulo de fase es negativa, se conecta el acumulador de energía cuyo valor del acumulador de energía es máximo, de tal manera que el mismo pueda descargarse después de la conexión. En primer lugar se seleccionan los condensadores a conectar y desconectar. A continuación una llamada modulación en anchura de pulso asume la verdadera conexión y desconexión de los acumuladores de energía seleccionados. Los acumuladores de energía se conectan y desconectan en una sincronización de kilohercios, de tal manera que la tensión que cae en la suma de los submódulos conectados se corresponda en el medio temporal con un valor objetivo prefijado. El procedimiento ya conocido tiene el inconveniente de que los semiconductores de potencia de los condensadores seleccionados se conmutan con una alta frecuencia de ciclo. Esto conduce a una carga elevada sobre el circuito de semiconductores de potencia, con frecuentes averías y complejos trabajos de mantenimiento como consecuencia de ello. El documento EP 1 541 407 A1, como estado de la técnica adicional, describe un procedimiento para mantener aproximadamente en el mismo nivel los condensadores de acumulador conectados en serie de un acumulador de energía eléctrico en un vehículo de motor.

El objeto de la invención consiste en poner a disposición un procedimiento de la clase citada al comienzo, con el que la energía acumulada en los acumuladores de energía de los submódulos de un convertidor multinivel se mantenga aproximadamente en el mismo nivel, en donde se evite al mismo una alta frecuencia de ciclo durante la conexión y desconexión del acumulador de energía seleccionado.

La invención resuelve este objeto por medio de que se forme la suma de todos los valores del acumulador de energía de un ramal de módulo de fase con la obtención de un valor real suma del acumulador de energía, se determine la diferencia entre un valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase y el valor real suma del acumulador de energía y con la obtención de un valor diferencial de energía, y se fije un momento de conmutación en el que se conmute el acumulador de energía seleccionado, si el importe de un valor diferencial de energía o el importe de una variable derivada del valor diferencial de energía supere el importe de un valor umbral de conmutación.

Conforme a la invención se fija un momento de conmutación del acumulador de energía seleccionado conforme a una segunda lógica. Esta segunda lógica se basa en una comparación entre un valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase, prefijado por el control o una unidad de control, y un valor real suma del acumulador de energía, en donde el valor real suma del acumulador de energía es la suma de los valores reales del acumulador de energía de los submódulos conectados. A este respecto se parte de la base de que solo los submódulos conectados pueden contribuir por ejemplo a la tensión, que cae en suma a través del ramal de módulo de fase. Los submódulos desconectados no contribuyen por el contrario nada a la citada tensión. La conmutación de los submódulos depende conforme a la invención también del estado de la variación de energía. El estado de la variación de energía se determina por ejemplo mediante la detección de una corriente que fluye a través del ramal de módulo de fase. Si la corriente detectada es positiva, pueden cargarse los acumuladores de energía conectados. Por el contrario no se modifica el valor real de acumulador de energía de un acumulador de energía desconectado. En el caso de una corriente negativa que fluya a través del ramal de módulo de fase, que también recibe el nombre de corriente de ramal, pueden descargarse por el contrario los acumuladores de energía conectados. A diferencia de la detección de la corriente de ramal que se acaba de representar, el estado de la variación de energía también puede determinarse por medio de que se comparen entre sí, en dos momentos diferentes, los valores reales de acumulador de energía de un acumulador de energía conectado. Si el valor real del acumulador de energía de una medición posterior en el tiempo mayor que el valor real del acumulador de energía, que se ha medido previamente, pueden cargarse los acumuladores de energía del ramal de módulo de fase. En el caso inverso, por el contrario, los acumuladores de energía conectados solo pueden descargarse. El establecimiento del estado de la variación de energía puede ser cualquiera conforme a la invención.

Mediante la fijación de un momento mediante una lógica aparte se evita una conexión y desconexión frecuente del acumulador de energía seleccionado, como en la modulación en anchura de pulso. En el marco de la invención se selecciona solamente el siguiente acumulador de energía a conmutar y se conmuta en un momento de conmutación establecido. Conforme a la invención se ha hecho superflua una conexión y desconexión frecuente para obtener un valor medio ajustado en el tiempo. El procedimiento conforme a la invención contribuye de este modo a una menor carga sobre los semiconductores de potencia desconectables.

De forma ventajosa el siguiente acumulador de energía a conmutar es aquel acumulador de energía, cuyo valor de acumulador de energía es el mínimo o máximo según el estado de la variación de energía de un valor del acumulador de energía del mismo ramal de módulo de fase. Conforme a esta conformación ventajosa de la invención se selecciona para conectarse, en el caso de un estado de la variación de energía en el que pueden cargarse los acumuladores de energía del ramal de módulo de fase, aquel acumulador de energía desconectado cuyo valor de acumulador de energía sea el mínimo. El valor del acumulador de energía conforme a la presente invención se corresponde por ejemplo con una tensión que caiga en el acumulador de energía o también con un cuadrado de esta tensión. En último término el valor del acumulador de energía se usa en el marco de la invención como medida de la energía acumulada en el acumulador de energía respectivamente asociado. Si entre los acumuladores de energía desconectados se selecciona el acumulador de energía con el mínimo valor de acumulador de energía, esto significa que se selecciona aquel acumulador de energía en el que se acumula la mínima energía.

Después de la selección del acumulador de energía el mismo se conecta en el momento de conmutación y de este modo se carga. En un estado de la variación de energía en el que se descargan los acumuladores de energía conectados del ramal de módulo de fase, se selecciona para conectarse entre los acumuladores de energía conectados el acumulador de energía con el máximo valor de acumulador de energía. En cuanto este acumulador de energía se conecte en el momento de conmutación, el mismo se descarga, de tal manera que se reduce el valor del acumulador de energía y con ello la energía acumulada en el acumulador de energía. Para la desconexión se selecciona entre los acumuladores de energía conectados, en el caso de unas corrientes de ramal positivas, el acumulador de energía que presente el máximo valor de acumulador de energía. En el caso de corrientes de ramal negativas se selecciona para su desconexión el acumulador de energía que presente el mínimo valor de acumulador de energía.

Conforme a una conformación ventajosa de la invención se determina el valor umbral de conmutación mediante la multiplicación del valor real de acumulador de energía  $U_c$  del siguiente acumulador de energía a conmutar por un factor prefijado, en donde se determina el momento de conmutación si el importe del valor diferencial de energía es mayor que el importe del valor umbral de conmutación. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso se compara el valor diferencial de energía con el valor real de acumulador de energía del siguiente acumulador de energía a

5 conmutar. El valor diferencial de energía puede ser positivo o negativo. Si el valor real del acumulador de energía supera por ejemplo la mitad del citado valor real del acumulador de energía, el citado acumulador de energía se conecta o desconecta mediante unas señales de control convenientes a o de los semiconductores de potencia desconectables del circuito de semiconductores de potencia. Si el valor diferencial de energía es negativo se desconecta el acumulador de energía a desconectar en siguiente lugar en el momento de conmutación. Si el valor diferencial de energía es positivo se conecta el acumulador de energía a conectar en siguiente lugar en el momento de conmutación. Después de la conexión o desconexión se selecciona el siguiente acumulador de energía a conmutar.

10 De forma ventajosa se integra el valor diferencial de energía a través del tiempo con la obtención de un valor integral diferencial de energía, en donde el momento de conmutación se fija como el momento en el que el importe del valor integral diferencial de energía supera el importe del valor umbral de conmutación. Conforme a este perfeccionamiento ventajoso se establece el valor umbral de conmutación mediante integración. Si bien esto requiere una mayor complejidad de cálculo, proporciona sin embargo un momento de conmutación que es responsable de una menor diferencia entre el valor real suma del acumulador de energía y el valor objetivo de energía de la válvula semiconductor.

15 De forma ventajosa se determinan el acumulador de energía de un ramal de módulo de fase, que presenta el máximo valor del acumulador de energía, con la obtención de un valor real de energía máximo, y el acumulador de energía de un ramal de módulo de fase, que presenta el mínimo valor real del acumulador de energía, con la obtención de un valor real mínimo, se forma la diferencia entre el valor real de energía máximo y el valor real de energía mínimo con la obtención de un valor real de desviación de energía máximo, se compara el valor real de desviación de energía máximo con un valor umbral de desviación de energía máximo y se fija un momento de conmutación aditivo, si el valor real de desviación de energía máximo supera el valor umbral de desviación de energía máximo, en donde en el momento de conmutación aditivo, en función del estado de la variación de energía, se desconecta un acumulador de energía y se conecta otro acumulador de energía. De este modo se garantiza que la diferencia entre los valores reales del acumulador de energía extremos dentro de un ramal de módulo de fase solo pueda asumir siempre unos valores prefijados. A este respecto ya no se aumenta como algo imprescindible el ciclo del circuito o la frecuencia del circuito.

20 En un perfeccionamiento conveniente con relación a esto se desconecta en el caso de un estado de la variación de energía, en el que pueden cargarse los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase, en el momento de conmutación aditivo el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase presente el máximo valor real de acumulador de energía, en donde al mismo tiempo se conecta el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía del mismo ramal de módulo de fase presente el mínimo valor real de acumulador de energía.

25 Conforme a otro perfeccionamiento conveniente se desconecta en el caso de un estado de la variación de energía, en el que pueden descargarse los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase, en el momento de conmutación aditivo el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase presente el mínimo valor real de acumulador de energía, en donde al mismo tiempo se conecta el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía del mismo ramal de módulo de fase presente el máximo valor real de acumulador de energía.

30 Otras conformaciones y ventajas convenientes de la invención son objeto de la siguiente descripción de unos ejemplos de realización de la invención, haciendo referencia a la figura del dibujo, en donde los símbolos de referencia iguales indican unos componentes que actúan igual, y en donde muestran

la figura 1 un ejemplo de realización de un convertidor multinivel para llevar a cabo el procedimiento conforme a la invención en una exposición esquemática,

35 la figura 2 una exposición en una imagen de reemplazo de un submódulo y de un ramal de módulo de fase del convertidor multinivel conforme a la figura 1, y

la figura 3 una exposición esquemática para aclarar un ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención.

40 La figura 1 muestra a modo de ejemplo un convertidor multinivel 1, que está compuesto por tres módulos de fase 2a, 2b y 2c. Cada módulo de fase 2a, 2b y 2c está conectado a una línea de tensión continua positiva p y a una línea de tensión negativa n, de tal manera que cada módulo de fase 2a, 2b, 2c presenta dos conexiones de tensión continua. Además de esto para cada módulo de fase 2a, 2b y 2c está prevista respectivamente una conexión de tensión alterna 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub> y 3<sub>3</sub>. Las conexiones de tensión alterna 3<sub>1</sub>, 3<sub>2</sub> y 3<sub>3</sub> están conectadas a través de un transformador 4 a una red de tensión alterna trifásica 5. En las fases de la red de tensión alterna 5 caen las tensiones de fase U<sub>1</sub>, U<sub>2</sub> y U<sub>3</sub>, en donde fluyen las corrientes de red In<sub>1</sub>, In<sub>2</sub> e In<sub>3</sub>. La corriente de fase en el lado de la tensión alterna de cada

módulo de fase se designa como I1, I2 e I3. La corriente de tensión alterna es  $I_a$ . Entre cada una de las conexiones de tensión alterna  $3_1$ ,  $3_2$  ó  $3_3$  y la línea de tensión continua positiva p se extienden los ramales de módulo de fase 6p1, 6p2 y 6p3. Entre cada una de las conexiones de tensión alterna  $3_1$ ,  $3_2$ ,  $3_3$  y la línea de tensión continua negativa n están configurados los ramales de módulo de fase 6n1, 6n2 y 6n3. Cada ramal de módulo de fase 6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2 y 6n3 se compone de una conexión en serie de submódulos no representados en detalle en la figura 1 y de una inductividad, que en la figura 1 se ha designado con  $L_{kr}$ .

En la figura 2 se ha representado con mayor detalle la conexión en serie de los submódulos 7 y en particular la estructura de los submódulos mediante un esquema de conexiones de reemplazo, en donde en la figura 2 solo se ha entresacado el ramal de módulo de fase 6p1. Los restantes ramales de módulo de fase tienen sin embargo una estructura idéntica. Puede verse que cada submódulo 7 presenta dos semiconductores de potencia T1 y T2 desconectables conectados en serie. Los semiconductores de potencia desconectables son por ejemplo los llamados IGBTs, GTOs, IGCTs, etc. Los mismos son conocidos por el técnico como tales, de tal manera que puede prescindirse en este punto de una exposición en detalle. A cada semiconductor de potencia T1, T2 desconectable está conectado en antiparalelo un diodo flyback D1, D2. En paralelo al circuito serie de los semiconductores de potencia T1, T2 desconectables o de los diodos flyback D1 y D2 está conectado un condensador 8 como acumulador de energía. Cada condensador 8 está cargado unipolarmente. En los bornes de conexión X1 y X2 bipolares de cada submódulo 7 pueden producirse seguidamente dos estados de tensión. Si desde una unidad de control 9 se genera por ejemplo una señal de control, con la que el semiconductor de potencia T2 desconectable se pasa a su posición de paso, en la que se hace posible un flujo de corriente a través del semiconductor de potencia T2, en los bornes X1, X2 del submódulo 7 cae la tensión a cero. A este respecto el semiconductor de potencia T1 desconectable se encuentra en su posición de bloqueo, en la que está interrumpido un flujo de corriente a través del semiconductor de potencia T1 desconectable. Esto impide la carga o descarga del condensador 8. Si por el contrario se pasa el semiconductor de potencia T1 desconectable a su posición de paso, pero el semiconductor de potencia T2 desconectable a su posición de bloqueo, a los bornes X1, X2 del submódulo está aplicada toda la tensión del condensador  $U_c$ . El condensador 8 puede por lo tanto además cargarse o descargarse, según el sentido de la corriente de ramal, en función del estado de la variación de energía.

Cada submódulo presenta además un sensor de submódulo no representado en las figuras para detectar una tensión del condensador  $U_c$  que cae en el respectivo condensador 8, en donde se pone a disposición un valor de tensión de condensador correspondiente a la tensión del condensador  $U_c$  como valor real del acumulador de energía para una unidad de regulación 9 principal cualquiera. La unidad de regulación 9 es responsable de las señales de control necesarias para conmutar los semiconductores de potencia T1 y T2, en donde se aplica el ejemplo de realización que se explica posteriormente con más detalle del procedimiento conforme a la invención.

Un convertidor multinivel conforme a las figuras 1 y 2 es adecuado por ejemplo para el accionamiento de máquinas eléctricas, como motores y similares. Además de esto un convertidor multinivel de este tipo es también adecuado para su empleo en el campo de la distribución y transmisión de energía. De este modo el convertidor multinivel se usa por ejemplo como componente de un acoplamiento corto, que se compone de dos convertidores multinivel conectados entre sí en el lado de la tensión continua, en donde los mismos – como muestra la figura 1 – están conectados respectivamente a una red de tensión alterna. Estos acoplamientos cortos se emplean para el intercambio de energía entre dos redes de distribución de energía, en donde las redes de distribución de energía presentan por ejemplo una frecuencia, posición de fase, un tratamiento del punto neutro, etc. diferentes. Además de esto se contemplan aplicaciones en el campo de la compensación de la potencia reactiva, como los llamados sistemas de transmisión CA flexibles (del inglés Flexible AC Transmission Systems (FACTS)). Con estos convertidores multinivel también es concebible la transmisión de corriente continua a alta tensión a lo largo de grandes trayectos. A causa de la abundancia de diferentes posibilidades de aplicación se obtienen muchas tensiones de funcionamiento diferentes, a las que debe adaptarse el respectivo dispositivo conforme a la invención. Por ese motivo el número de submódulos puede variar desde unos pocos a varios cientos de submódulos 7.

La figura 3 aclara un ejemplo de realización del procedimiento conforme a la invención con ayuda de un diagrama, en donde el citado procedimiento se lleva a cabo por ejemplo mediante un convertidor multinivel 1 conforme a las figuras 1 y 2. En el diagrama mostrado en la figura 3 se ha aplicado a la abscisa el tiempo, mientras que sobre la ordenada en la zona inferior se ha aplicado con 1, 2, 3, 4 el número de en total cuatro acumuladores de energía contadores. Debe tenerse en cuenta que cada submódulo 7 presenta un acumulador de energía, que aquí es un condensador, en donde se hace referencia a los condensadores en general con el símbolo de referencia 8. La curva inferior 10 aclara de este modo el número p de condensadores 8 conectados en función del tiempo.

Por encima de la curva 10 se ha aplicado la tensión  $U_c$  en función del tiempo, que cae respectivamente en los cuatro condensadores 8. Hasta un momento designado con  $t_w$ , la corriente  $I_{zwgp1}$  que fluye a través del ramal de módulo de fase es superior a cero. Esto significa que hasta el momento  $t_w$  los condensadores 8 de los submódulos 7 pueden cargarse respectivamente. En el espacio de tiempo a continuación del momento  $t_w$ , por el contrario, los respectivos condensadores 8 solo pueden descargarse, si los mismos se conectan mediante el circuito de semiconductores de potencia conectados a los mismos en paralelo.

En la figura 3 se han aplicado a modo de ejemplo la tensión de condensador  $U_c$  de los cuatro condensadores 11, 12, 13 y 14 del ramal de módulo de fase 6p1 en función del tiempo. En el momento  $t_w$  están conectados conforme al desarrollo de la curva 10 dos condensadores, precisamente los condensadores 11 y 12. Debido a que la corriente  $I$  que fluye a través del ramal de módulo de fase 6p1 es superior a cero, aumenta la tensión  $U_c$  que cae en los mismos y de esta forma el valor real del acumulador de tensión detectado por los sensores de submódulo. Como siguiente condensador a desconectar se selecciona el condensador 12, ya que la tensión que cae en el mismo es mayor que la del condensador 11. Los condensadores 13 y 14 ya están desconectados y por ello no pueden seleccionarse como siguientes condensadores a desconectar. La unidad de regulación 9 posee un valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase que varía a lo largo del tiempo. En el intervalo de tiempo entre  $t_0$  y  $t_1$  se reduce progresivamente el valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase. En el momento  $t_1$  el importe de la diferencia entre el valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase y un valor real suma del acumulador de energía, que se forma a partir de la suma entre las tensiones de condensador  $U_c$  de los condensadores 11 y 12, es menor que la mitad de la tensión de condensador del siguiente condensador 12 a desconectar, de tal manera que se fija un momento de conmutación, en el que se desconecta el condensador 12. Seguidamente ya solo está conectado el condensador 11. El desarrollo de la tensión de los condensadores 12, 13 y 14 presenta la pendiente cero. Los condensadores 12, 13 y 14 ya no se cargan.

El perfil del desarrollo en el tiempo del valor objetivo del ramal de módulo de fase es sinusoidal. En el intervalo de tiempo entre  $t_1$  y  $t_2$  el valor objetivo de la energía de los semiconductores alcanza su mínimo y a continuación aumenta de nuevo. Para seguir este desarrollo de la curva prefijado es necesario conectar los condensadores hasta ahora desconectados de la unidad de regulación. La corriente de ramal  $I_{zgw1}$  es positiva. Como siguiente condensador a conectar se selecciona por ello el condensador 13, en el que cae la tensión mínima, de tal manera que el mismo pueda cargarse y alcance el nivel de tensión de los otros condensadores. En el momento de conmutación  $t_2$  el importe de la diferencia entre el valor objetivo de la energía del ramal de módulo de fase y el valor real suma del acumulador de energía, que en este caso es igual a la tensión de condensador  $U_c$  del único condensador 11 conectado, es mayor que el importe del valor umbral de conmutación, que está formado a su vez por la multiplicación entre la tensión de condensador del condensador a conectar – aquí el condensador 13 – y el factor  $\frac{1}{2}$ . Seguidamente se cargan los condensadores 11 y 13.

La tensión de condensador del condensador 13 supera finalmente la tensión de condensador del condensador 12, de tal manera que el condensador 12 se selecciona como siguiente condensador a conectar. La suma entre las tensiones de condensador de los condensadores 11 y 13 es a partir de ahora el valor suma del acumulador de energía. En el momento  $t_3$  el importe de la diferencia entre el valor objetivo de la energía del ramal de módulo de fase y el valor real suma del acumulador de energía, es decir la suma entre las tensiones de los condensadores 11 y 13, es mayor que la mitad de la tensión de condensador que cae en el condensador 13, de tal manera que seguidamente también se conecta el condensador 12.

En el momento de conmutación aditivo  $t_2$  la diferencia de tensión  $\Delta U$ , entre la mínima tensión de condensador que cae en el condensador 14 y la máxima tensión de condensador que cae en el condensador 11, es mayor que un valor umbral de desviación de la energía máximo prefijado por la unidad de control. Por este motivo la unidad de regulación 9 desconecta el condensador 11, en el que cae la máxima tensión de condensador  $U_c$ , y en el mismo momento conecta el condensador 14, en el que en el momento  $t_z$  cae la mínima tensión de condensador. Mediante esta medida se asegura que las tensiones de condensador  $U_c$  de los condensadores de un ramal de módulo de fase no asuman ningún valor muy diferente. Esto tendría como consecuencia una carga de tensión desigual y con ello un daño a los submódulos 7.

En el momento  $t_w$  la corriente de ramal que fluye a través del ramal de módulo de fase, que solo se ha designado con  $I$  en la figura 3 por motivos de visibilidad, se hace negativa. Los condensadores conectados 12, 13 y 14 se descargan por lo tanto. Como siguiente condensador a conectar se selecciona forzosamente el único condensador desconectado 11. En el momento  $t_4$  la diferencia entre el valor objetivo de la energía de los semiconductores y el valor real suma del acumulador de energía, que está formada por la suma entre las tensiones de condensador que caen en los condensadores 12, 13 y 14, es mayor que la mitad de la tensión de condensador  $U_c$  del condensador 11, de tal manera que se produce la conexión del condensador 11. Seguidamente se descargan todos los condensadores.

En el intervalo de tiempo entre  $t_4$  y  $t_5$  el valor objetivo de la energía del ramal de módulo de fase pasa por un máximo y a continuación se reduce de nuevo, de tal manera que los condensadores 8 tienen que desconectarse de la conexión en serie de los submódulos 7 del ramal de módulo de fase 6p1. Como siguiente condensador a desconectar se selecciona el condensador 14, ya que en el mismo cae la tensión mínima y en el que por ello se archiva la mínima energía. El control es responsable a partir de aquí de un valor objetivo de la energía de los semiconductores en disminución. En el momento  $t_5$  la diferencia entre el valor objetivo de la energía de los semiconductores y el valor suma del acumulador de energía es negativa y menor que un valor diferencial de energía negativo. Se produce la desconexión del condensador 14. De forma correspondiente se procede con los momentos de conmutación  $t_6$  y  $t_7$ .

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para cargar y/o descargar acumuladores de energía de un convertidor multinivel (1) con al menos un ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3) que presenta una conexión en serie de submódulos (7), que presentan respectivamente al menos un circuito de semiconductores de potencia para conectar o desconectar un acumulador de energía (8) en conexión en paralelo con el circuito de semiconductores de potencia (T1, T2) y un sensor de submódulo para detectar un valor real del acumulador de energía  $U_c$ , en el que,
- mediante la obtención de un estado de variación de energía, se establece si los acumuladores de energía (8) conectados de un ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3) pueden cargarse o descargarse,
- 10 - y se selecciona el siguiente acumulador de energía (8) a conmutar de cada ramal de módulo de fase mediante una lógica prefijada, en función del estado de variación de energía,
- caracterizado porque se forma la suma de todos los valores reales del acumulador de energía conectados con la obtención de un valor real suma del acumulador de energía, se determina la diferencia entre un valor objetivo de energía del ramal de módulo de fase prefijado y el valor real suma del acumulador de energía, con la obtención de un valor diferencial de energía, y se fija un momento de conmutación en el que se conmuta el acumulador de energía seleccionado, si el importe del valor diferencial de energía o el importe de una variable derivada del valor diferencial de energía supera el importe de un valor umbral de conmutación.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado porque el siguiente acumulador de energía (8) a conmutar es aquel acumulador de energía, cuyo valor real de acumulador de energía es el mínimo o máximo según el estado de la variación de energía de entre todos los valores reales del acumulador de energía del mismo ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3).
- 20 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se determina el valor umbral de conmutación mediante la multiplicación del valor real de acumulador de energía  $U_c$  del siguiente acumulador de energía (8) a conmutar por un factor prefijado, en donde se determina el momento de conmutación si el importe del valor diferencial de energía es mayor que el importe del valor umbral de conmutación.
- 25 4. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado porque se integra el valor diferencial de energía a través del tiempo con la obtención de un valor integral diferencial de energía, en donde el momento de conmutación se fija como el momento en el que el importe del valor integral diferencial de energía supera, según el estado de la variación de energía, el valor umbral de conmutación positivo D o desciende por debajo del valor umbral de conmutación negativo -D.
- 30 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se determinan el acumulador de energía (8) de un ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3), que presenta el máximo valor real del acumulador de energía, con la obtención de un valor real de energía máximo, y el acumulador de energía (8) de un ramal de módulo de fase, que presenta el mínimo valor real del acumulador de energía, con la obtención de un valor real de energía mínimo, se forma la diferencia entre el valor real de energía máximo y el valor real de energía mínimo con la obtención de un valor real de la desviación de energía máximo, se compara el valor real de la desviación de energía máximo con un valor umbral de la desviación de energía máximo y se fija un momento de conmutación aditivo, si el valor real de la desviación de energía máximo supera el valor umbral de la desviación de energía máximo, en donde en el momento de conmutación aditivo, en función del estado de la variación de energía, se desconecta un acumulador de energía y se conecta otro acumulador de energía.
- 35 6. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque se desconecta en el caso de un estado de la variación de energía, en el que pueden descargarse los acumuladores de energía (8) de un ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3), en el momento de conmutación aditivo el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase presenta el máximo valor real del acumulador de energía, en donde al mismo tiempo se conecta el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía del mismo ramal de módulo de fase presenta el mínimo valor real del acumulador de energía.
- 40 7. Procedimiento según la reivindicación 5, caracterizado porque se desconecta en el caso de un estado de la variación de energía, en el que pueden descargarse los acumuladores de energía (8) de un ramal de módulo de fase (6p1, 6p2, 6p3, 6n1, 6n2, 6n3), en el momento de conmutación aditivo el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía de un ramal de módulo de fase presenta el mínimo valor real del acumulador de energía, en donde al mismo tiempo se conecta el acumulador de energía que entre los acumuladores de energía del mismo ramal de módulo de fase presenta el máximo valor real del acumulador de energía.
- 45 50

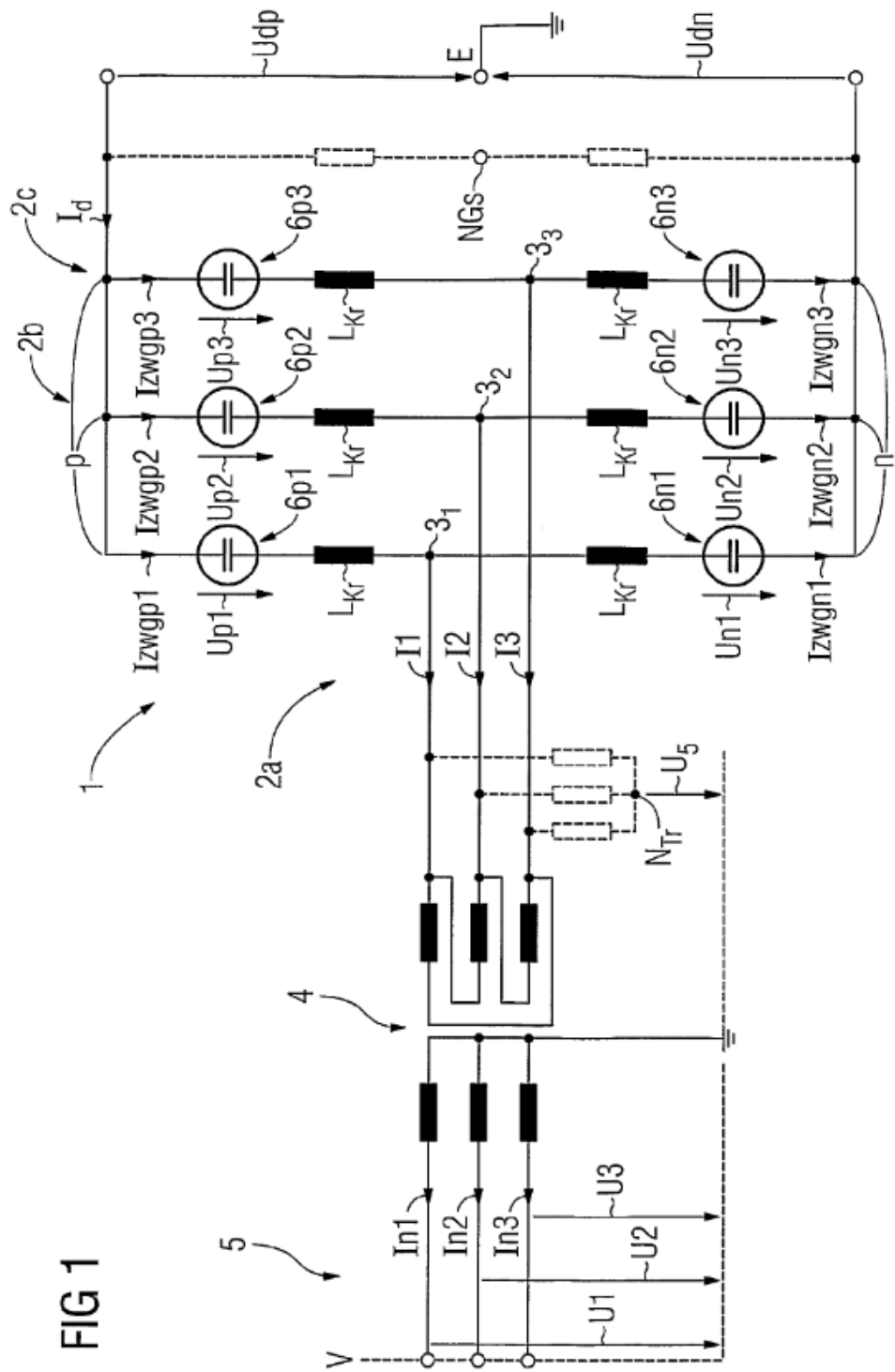


FIG 1



FIG 2

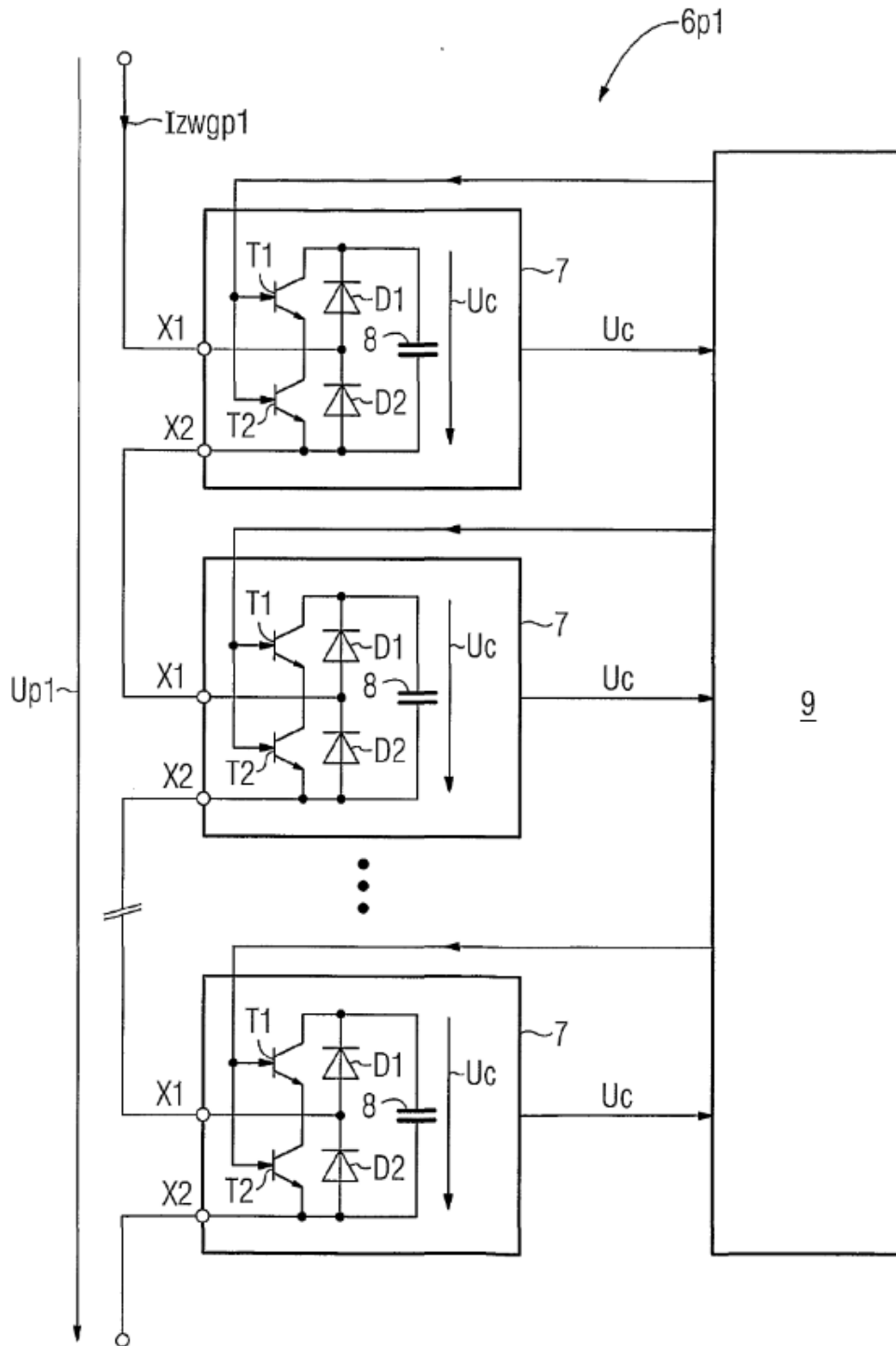


FIG 3

