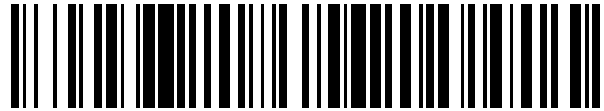


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 865 202**

51 Int. Cl.:

H02M 1/32 (2007.01)

H02H 7/122 (2006.01)

H02H 9/04 (2006.01)

H02M 7/483 (2007.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2017 PCT/EP2017/058099**

87 Fecha y número de publicación internacional: **11.10.2018 WO18184671**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2017 E 17715728 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2021 EP 3580839**

54 Título: **Convertidor multinivel multifase**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.10.2021

73 Titular/es:

**SIEMENS ENERGY GLOBAL GMBH & CO. KG
(100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

**STANKEWITZ, JAN CHRISTOPH;
STARSCHICH, EWGENIJ y
VOR DEM BERGE, MARKUS**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 865 202 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

Convertidor multinivel multifase

La invención se refiere a un convertidor multinivel multifase de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

5 Se conocen estaciones de convertidor conectadas a una red de corriente alterna multifase para generar un suministro de corriente con una tensión continua (tensión DC) en el sector de la alta tensión. Una estación de convertidor comprende un transformador al que está conectada en el lado primario la red de corriente alterna. La red de corriente alterna puede desconectarse por medio de un disyuntor AC mediante una señal de desconexión (señal ESOF, ESOF: *Emergency Switch OFF*, señal de desconexión de emergencia). En el lado secundario, los devanados del transformador se conectan en
10 circuito opcionalmente en una conexión en triángulo o en conexión en estrella con un punto neutro y están conectados a un convertidor, con frecuencia en forma de un convertidor multinivel multifase (también abreviado MMC: *Modular Multilevel Converter*). Con sus conductores de tensión alterna (conductores AC) están en contacto las tensiones alternas (tensiones AC) del transformador en el lado secundario, y en los dos conductores de tensión continua (conductores DC) del convertidor multinivel está disponible la tensión continua (tensión DC).

15 El convertidor multinivel multifase dispone para cada fase de un módulo de fase con uno de los conductores AC. A cada módulo de fase están conectados dos módulos de convertidor que en cada caso están conectados en circuito en serie con una inductancia.

20 Cada módulo de convertidor está formado por una pluralidad de submódulos bipolares conectados en circuito en serie eléctricamente que presentan lo siguiente: a) varios conmutadores semiconductores, por ejemplo, en forma de transistores bipolares de puerta aislada IGBT (*Insulated Gate Bipolar Transistors*) que están interconectados en serie, b) un acumulador de energía en forma de un condensador, que puede cargarse y descargarse mediante los conmutadores semiconductores, c) un conmutador de derivación que cortocircuita el acumulador de energía en el caso de superar una tensión límite asociada, d) una entrada de señal para una señal de bloqueo, que (por ejemplo, en el caso de fallo) abre todos los conmutadores semiconductores.

25 Los conmutadores semiconductores pueden estar realizados como conexión de puente completo (conexión de puente completo VSC, VSC: *Voltage Sourced Converter*, convertidores de tipo fuente de tensión) o conexión de medio puente (conexión de medio puente VSC).

Los conmutadores de derivación previstos para la protección de los submódulos están dispuestos entre los bornes de conexión de los submódulos y puentean el submódulo asociado en cada caso cuando se supera la tensión límite.

30 Una función de protección del convertidor multinivel detecta en cada caso la corriente que fluye a través de los módulos de convertidor. Los cortocircuitos graves en el interior del convertidor se detectan normalmente mediante la aparición de corrientes residuales.

Para la protección del convertidor los submódulos, cuando aparecen tales corrientes residuales, se bloquean por medio de una señal de bloqueo (se abren los semiconductores) y la red de corriente alterna se desconecta mediante el disyuntor AC por medio de la señal de desconexión (señal ESOF).

35 A este respecto, es desventajoso que en el tiempo (desde el bloqueo de los submódulos hasta la apertura del disyuntor AC) la diferencia entre la tensión DC y la tensión AC marcada se presente a través de los módulos de convertidor. Esto lleva a cargar los condensadores de los submódulos; dependiendo de la altura y duración de la diferencia de tensión presente puede producirse un aumento de tensión que puede estar unido a una superación de la tensión admisible (de la tensión límite) en uno o varios submódulos. Una superación de la tensión límite de un submódulo debido a la sobrecarga
40 lleva en cada caso a la activación del conmutador de derivación integrado del submódulo, que se avería por ello, es decir, una sobrecarga puede llevar a una avería de varios o incluso de todos los submódulos de un módulo de convertidor.

45 Una posibilidad de proteger los módulos de convertidor de una sobrecarga y del peligro asociado a esta del encendido de los conmutadores de derivación integrados consiste en aumentar el número de los submódulos en los módulos de convertidor a menos que con gran seguridad las tensiones permitidas (las tensiones límite) de los submódulos no se vayan a superar. Esta solución es técnicamente muy compleja, especialmente porque los submódulos adicionales necesitan mucho espacio. No obstante, esta solución funciona tanto en convertidores de puente completo VSC como en convertidores de medio puente VSC.

50 De la solicitud de patente CN 103063903 A se conoce un convertidor multinivel en el que, entre el conductor de tensión continua positiva y potencial de tierra, o entre el conductor de tensión continua negativa y potencial de tierra está conectado en circuito en cada caso un descargador.

La solicitud de patente US 2014/0226374 A1 da a conocer un convertidor multinivel, cuyos submódulos presentan en cada caso un conmutador de derivación para cortocircuitar el acumulador de energía.

La solicitud de patente europea EP 3 068 008 A1 da a conocer un convertidor multinivel en el que, en paralelo a la conexión en serie de submódulos está dispuesto un tiristor.

Por la solicitud de patente europea EP 2 595 302 A1 se conoce prever en un convertidor multinivel en una barra colectora un elemento de derivación para poder puentear un submódulo cuando se retira de la barra colectora.

Por la solicitud de patente europea EP 0 234 368 A1 se conoce una construcción de torre para instalaciones de alta tensión. La construcción de torre se compone de varias plantas que están unidas entre sí por medio de aisladores.

- 5 El objetivo de la invención es proteger de una sobrecarga a los submódulos de los módulos de convertidor y del peligro unido a ello de un encendido de un conmutador de derivación integrado, que además de para convertidores de medio puente VSC también sea adecuado para convertidores de puente completo VSC.

El objetivo se resuelve mediante las características de la reivindicación 1; las reivindicaciones dependientes representan configuraciones ventajosas.

- 10 La solución prevé que, en paralelo al módulo de convertidor está conectado en circuito un descargador de módulo que limita la tensión de convertidor en el caso de superar una segunda tensión límite a modo de una válvula al funcionar el descargador de módulo por debajo de la segunda tensión límite en el módulo bloqueado, y por encima de la segunda tensión límite en el modo de paso, en donde en el modo de paso fluye una corriente que limita la tensión de convertidor mediante el descargador de módulo.

- 15 Un encendido de los conmutadores de derivación puede impedirse con seguridad cuando la segunda tensión límite es menor que la suma de las primeras tensiones límite de los submódulos, de modo que un encendido de los conmutadores de derivación se impide con seguridad.

- 20 Convenientemente el descargador de módulo está realizado como descargador de alta refrigeración (*High Cooling Arrester*). El descargador de alta refrigeración se realiza sin carcasa, por lo que se alcanza una mejor refrigeración y por consiguiente una evacuación de calor más alta.

Una construcción de pequeñas dimensiones es cuando cada módulo de convertidor está formado como máximo por dos torres de convertidor. Si bien una configuración con más de dos torres de convertidor es realizable en cuanto a la construcción, sin embargo, no es de pequeñas dimensiones. De acuerdo con la invención cada módulo de convertidor está formado por dos torres de convertidor.

- 25 Convenientemente el descargador de módulo está integrado adicionalmente en realización suspendida o en vertical entre las torres de convertidor.

La invención se describe con más detalle a continuación mediante un dibujo. Muestran:

- la figura 1 muestra esquemáticamente un circuito eléctrico de una estación de convertidor con un convertidor multinivel trifásico,
- 30 la figura 2 un módulo de convertidor del convertidor multinivel de acuerdo con la figura 1,
- la figura 3 un submódulo con componentes de semiconductor de potencia especiales IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) en conexión de puente completo,
- la figura 4 un submódulo con componentes de semiconductor de potencia especiales IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) en conexión de medio puente,
- 35 la figura 5 una vista frontal de una disposición constructiva de un módulo de convertidor con dos torres de convertidor y un descargador de módulo y
- la figura 6 una vista en planta de la disposición constructiva de acuerdo con la figura 5.

- 40 La figura 1 muestra esquemáticamente un circuito eléctrico 1 de una estación de convertidor que desde una tensión alterna trifásica de una red de corriente alterna genera una tensión DC (tensión continua). Para ello, las tres fases P1, P2, P3 de la red de corriente alterna en el lado primario se conectan a un transformador T. A través de un conmutador principal ACS las tres fases P1, P2, P3 pueden conectarse con el transformador T y separarse del transformador T.

Los tres devanados W1, W2, W3 del transformador T en el lado secundario están conectados en circuito en este caso en conexión en estrella.

- 45 Los devanados W1, W2, W3 están conectados en cada caso con uno de los tres conductores-AC AC en el lado de entrada (o en correspondencia AC1, AC2, AC3 para los tres conductores-AC individuales) de un convertidor multinivel multifase MMC que en el lado de salida presenta dos conductores-DC DC (o en correspondencia DC+, DC-) comunes conectados a barras colectoras de corriente continua, en los cuales está disponible una tensión DC (como suministro de tensión). El conductor- DC+ es el polo positivo y el conductor-DC DC- es el polo negativo de la tensión DC.

ES 2 865 202 T3

El convertidor MMC dispone de tres módulos PM1, PM2, PM3 de fase con uno de los tres conductores-AC AC1, AC2, AC3 en cada caso. Los módulos PM1, PM2, PM3 de fase están conectados en circuito en paralelo y conectados a los dos conductores-DC DC+, DC- comunes.

5 Cada módulo PM1, PM2, PM3 de fase comprende dos módulos UL, UH de convertidor (o en correspondencia UL1, UH1, UL2, UH2, UL3, UH3; para la configuración bipolar mostrada en este caso H representa en este caso *High* (alto) y *L Low* (bajo)) conectados en circuito en serie, que en cada caso están conectados a través de una inductancia L con uno de los dos conductores-DC DC+, DC- y entre los cuales está dispuesto el conductor-AC AC1, AC2, AC3.

10 La figura 2 muestra esquemáticamente que cada módulo UL, UH de convertidor está formado por una pluralidad de submódulos SM bipolares conectados en circuito en serie eléctricamente. Los submódulos SM presentan conmutadores semiconductores HS controlados que en este caso están formados por componentes de semiconductor de potencia IGBT (transistor bipolar de puerta aislada). Los conmutadores semiconductores HS están realizados adicionalmente en conexión de puente completo (conexión de puente completo VSC, VSC: convertidor de tipo fuente de tensión), pero pueden estar realizados también en conexión de medio puente (conexión de medio puente VSC). Adicionalmente, en cada caso está presente un acumulador C de energía en forma de un condensador que puede cargarse y descargarse mediante los conmutadores semiconductores HS. Un conmutador BS de derivación cortocircuita el submódulo SM en el caso de superar una tensión límite de submódulo asociada (la primera tensión límite).

A través de una entrada SBS de señal para una señal BS de bloqueo pueden abrirse (bloquearse) los conmutadores semiconductores HS del submódulo SM.

20 La figura 3 muestra un submódulo SM con componentes de semiconductor de potencia especiales IGBT (transistor bipolar de puerta aislada) en conexión de puente completo; la figura 4 en conexión de medio puente.

25 Tal como muestra adicionalmente la figura 1, en paralelo a cada módulo UL, UH de convertidor está conectado en circuito un descargador MA de módulo que como descargador de sobretensión limita la tensión VU de convertidor, es decir, la tensión en el módulo de convertidor, cuando se supera una tensión límite de módulo de convertidor (la segunda tensión límite) a modo de una válvula al funcionar el descargador MA de módulo por encima de la segunda tensión límite en el módulo bloqueado, y por debajo de la segunda tensión límite en el modo de paso en el que fluye una corriente que limita la tensión VU de convertidor mediante el descargador MA de módulo.

30 Un sensor SIH, SIL de corriente (o en correspondencia SIH1, SIH2, SIH3, SIL1, SIL2, SIL3) del convertidor multinivel MMC detecta la corriente IH, IL (o en correspondencia IH1, IH2, IH3, IL1, IL2, IL3) que fluye a través del módulo UL, UH de convertidor respectivo. La corriente IH, IL de los sensores SIH, SIL de corriente se monitoriza mediante una unidad UE de monitorización.

En caso de avería, por ejemplo, en el caso de graves cortocircuitos en el interior de convertidor, la unidad UE de monitorización emite señales BS de bloqueo a los submódulos SM y una señal ESOF de desconexión al disyuntor-AC ACS, de modo que todos los conmutadores semiconductores HS de los submódulos y de los disyuntores-AC ACS se abren.

35 En el tiempo, es decir, desde la apertura de los submódulos SM hasta la apertura del disyuntor-AC ACS, se presenta la tensión alterna AC1, AC2, AC3 marcada en el lado AC (es decir, una diferencia de tensión) en los módulos de convertidor UL, UH (por ejemplo, durante aproximadamente 120 ms). En este tiempo, los acumuladores C de energía de los submódulos SM se cargan, por lo que la tensión VU en el módulo UL, UH de convertidor y en correspondencia en los submódulos SM aumenta.

40 Una superación de la tensión límite de submódulo por sobrecarga se impide mediante el descargador MA de módulo que no permite subir la tensión en el módulo UM de convertidor por encima de la tensión límite de módulo de convertidor que dividida por el número de los submódulos SM del módulo UM de convertidor es menor que la tensión límite de submódulo, de modo que los conmutadores BS de derivación en el tiempo hasta la apertura del disyuntor-AC ACS no se activan, es decir, mediante el descargador MA de módulo ya no se produce una avería de submódulos SM mediante el encendido de los conmutadores BS de derivación a consecuencia de una sobrecarga.

45 El descargador de módulo está diseñado eléctricamente de manera que hasta el momento de bloqueo casi no fluye ninguna corriente hacia el descargador de módulo, y al mismo tiempo la tensión límite de submódulo (la tensión transitoria máxima permitida) por cada submódulo SM no se supera. Desde el momento de bloqueo el descargador MA de módulo convierte en calor en muy poco tiempo la energía asociada a ello. Debido al escaso intervalo de tensión entre la tensión en el momento de bloqueo y la tensión límite la realización se lleva a cabo con un descargador de alta refrigeración (HAC).

La figura 5 muestra una vista frontal de la disposición constructiva de un módulo UM de convertidor, que está formada por dos torres UT1, UT2 de convertidor. Cada torre UT1, UT2 de convertidor presenta abajo una construcción SK de apoyo para soportar con aislamiento eléctrico una construcción RK de marco vertical con plantas ET dispuestas unas sobre otras sobre un subsuelo firme.

55 La construcción RK de marco dispone de tres plantas ET, con respecto a la figura 5 en el lado izquierdo, y de cuatro plantas ET en el lado derecho, en las que están dispuestos en cada caso lateralmente unos junto a otros submódulos SM

del módulo UM de convertidor en correspondencia con el orden en la conexión en serie y están conectados entre sí eléctricamente. Las series de submódulos de plantas directamente contiguas de una torre UT1, UT2 de convertidor individual como también las dos torres UT1 y UT2 de convertidor están conectadas eléctricamente asimismo de manera correspondiente para formar el conjunto de la conexión en serie.

5 Por encima y por debajo de las tres o cuatro plantas ET se encuentran marcos tubulares RR como blindaje.

La construcción de apoyo presenta elementos SE de apoyo y cables SS de tensión que dan a la construcción SK de apoyo una estabilidad y elasticidad suficientes con respecto a sacudidas. A través de tubos flexibles KS se alimenta un agente refrigerante a los submódulos SM para la refrigeración.

10 Entre ambas torres UT1, UT2 de convertidor está dispuesto un descargador MA de módulo, en este caso a modo de ejemplo en realización suspendida; básicamente también es posible una realización vertical. El descargador MA de módulo para su mejor refrigeración, y con ello, para mejorar su estabilidad térmica está realizado como descargador de alta refrigeración (descargador de sobretensión) y, por consiguiente, sin carcasa.

15 La figura 6 muestra la vista en planta correspondiente a la figura 5 del módulo UM de convertidor con las dos torres UT1, UT2 de convertidor y el descargador MA de módulo. Se distingue que cada una de las torres UT1, UT2 de convertidor está construida a partir de dos semitorres UT1a, UT1b, UT2a, UT2b respectivamente.

20 Tal como se ve en la figura 5 y 6, las dos torres UT1, UT2 de convertidor están dispuestas la una junto a la otra. El descargador MA de módulo se encuentra a los lados directamente junto a cada una de las dos torres UT1, UT2 de convertidor, y en este caso, en el caso de dos torres UT1, UT2 de convertidor directamente entre las dos torres UT1, UT2 de convertidor. Directamente junto a una torre UT1, UT2 de convertidor en el sentido de que ningún otro componente eléctrico está dispuesto entremedias.

REIVINDICACIONES

1. Convertidor multinivel (MMC) multifásico,
con un módulo (PM1, PM2, PM3) de fase que presenta un módulo (UL, UH) de convertidor que está formado por una pluralidad de submódulos (SM) bipolares conectados en circuito eléctricamente en serie que presentan
- 5 a) varios conmutadores semiconductores (HS), que están interconectados en serie,
b) un acumulador (C) de energía, que puede cargarse y descargarse mediante los conmutadores semiconductores (HS),
c) un conmutador (BPS) de derivación que cortocircuita el acumulador (C) de energía en el caso de superar una primera tensión límite asociada,
- 10 d) una entrada (SBS) de señal para una señal (BS) de bloqueo que abre todos los conmutadores semiconductores (HS) del submódulo (SM),
caracterizado porque
en paralelo al módulo (UL, UH) de convertidor está conectado un descargador (MA) como descargador de sobretensión que limita la tensión de convertidor en el caso de superar una segunda tensión límite, a modo de una válvula, al funcionar el descargador (MA) de módulo por debajo de la segunda tensión límite en el módulo bloqueado y por encima de la
15 segunda tensión límite en el modo de paso, en donde en el modo de paso fluye una corriente que limita la tensión de convertidor mediante el descargador (MA) de módulo,
cada módulo (UL, UH) de convertidor está configurado por dos torres (UT1, UT2) de convertidor conectadas en serie, y el descargador (MA) de módulo está integrado en realización suspendida o en vertical entre las torres (UT1, UT2) de convertidor, en el sentido de que ningún otro componente eléctrico están dispuestos entremedias.
- 20 2. Convertidor multinivel según la reivindicación 1,
caracterizado porque la segunda tensión límite es menor que la suma de las primeras tensiones límite de los submódulos (SM) de modo que se impide con seguridad un encendido de los conmutadores (BPS) de derivación.
3. Convertidor multinivel según la reivindicación 1 o 2,
caracterizado porque el descargador (MA) de módulo está realizado sin carcasa.
- 25 4. Convertidor multinivel según una de las reivindicaciones 1 a 3,
caracterizado porque el descargador (MA) de módulo está realizado como descargador de alta refrigeración (*High Cooling Arrester*).

FIG 2

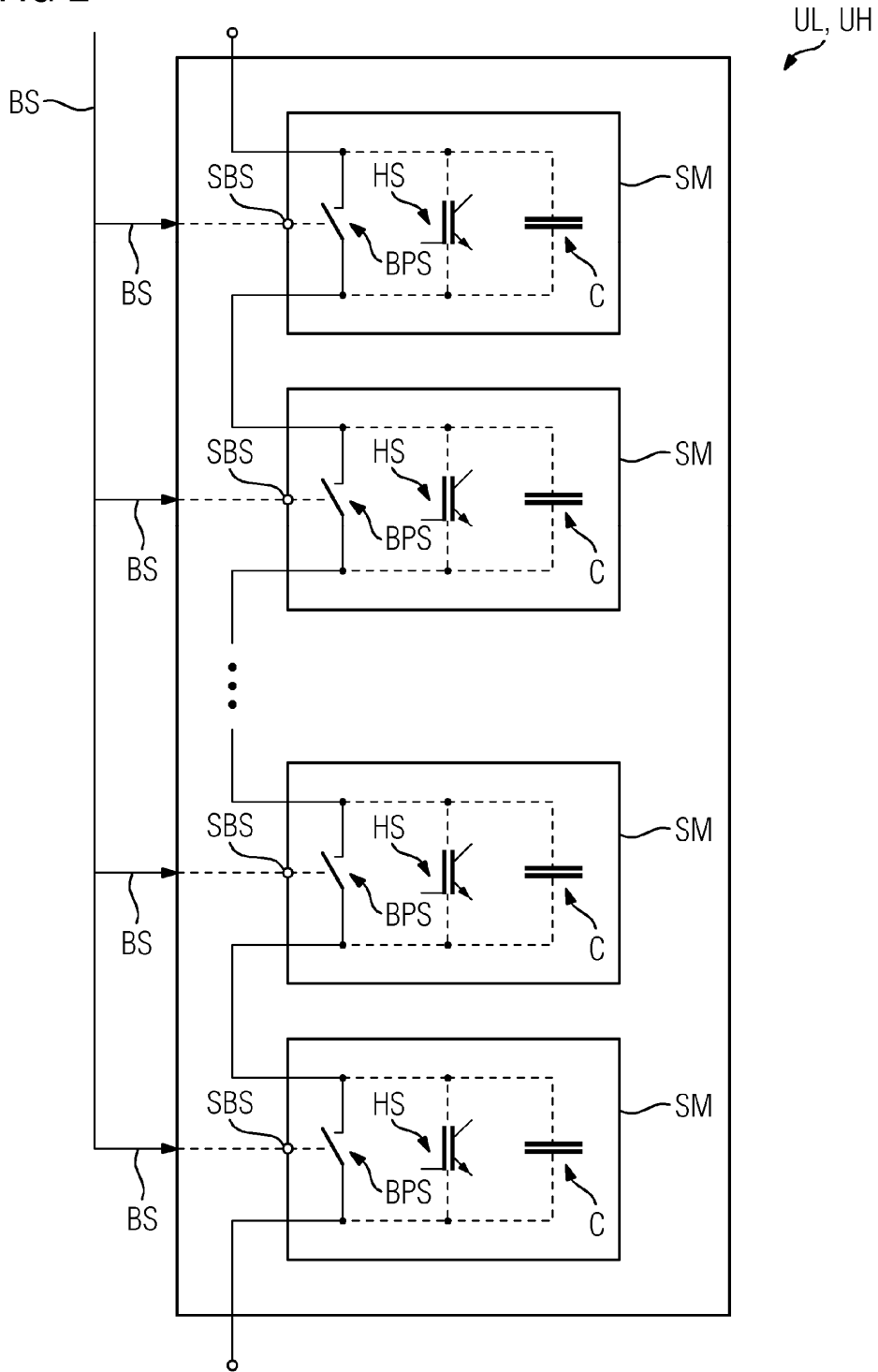


FIG 3

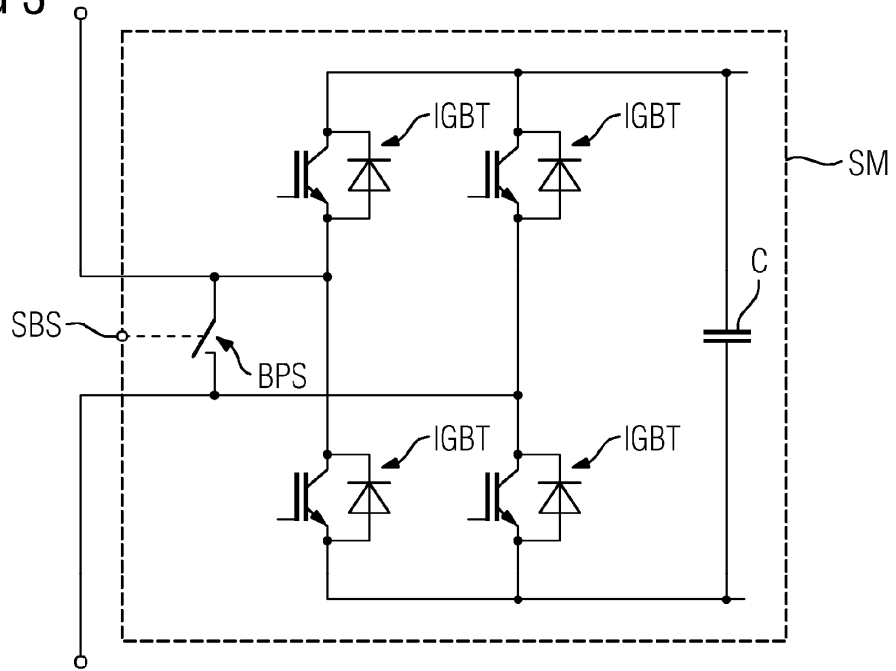


FIG 4

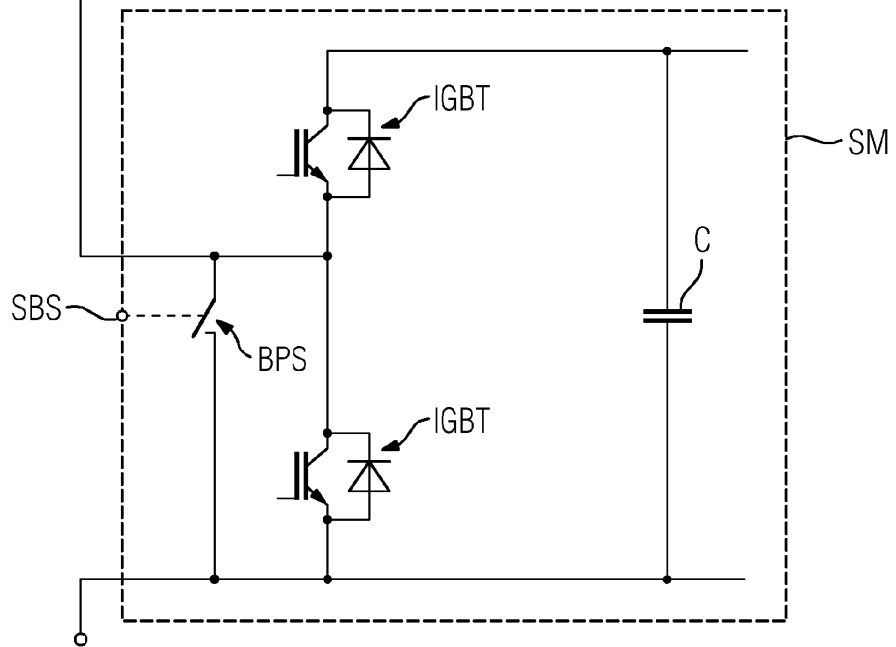


FIG 6

