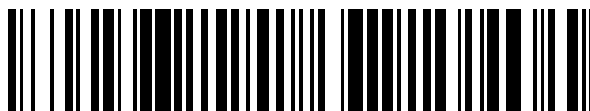


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 729 658**

51 Int. Cl.:

H02P 13/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.11.2011 PCT/EP2011/005640**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.06.2012 WO12079666**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.11.2011 E 11787789 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.03.2019 EP 2652868**

54 Título: **Transformador regulable con conmutador de etapas**

30 Prioridad:

17.12.2010 DE 102010054953

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

05.11.2019

73 Titular/es:

**MASCHINENFABRIK REINHAUSEN GMBH
(100.0%)
Falkensteinstrasse 8
93059 Regensburg, DE**

72 Inventor/es:

**BISKOPING, MATTHIAS;
VON BLOH, JOCHEN;
DOHNAL, DIETER y
VIERECK, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 729 658 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

Transformador regulable con conmutador de etapas

5 La invención se refiere a un conmutador de etapas para la regulación de tensión con elementos de conmutación de semiconductores.

10 Ya el documento DE 22 48 166 A describe un transformador regulable con elementos de conmutación de semiconductores. En este caso, el devanado secundario se compone de un cierto número de partes del devanado de regulación, que se combinan en un cierto número de grupos de devanados conectados en serie, cada grupo de devanados contiene dos o tres partes de devanados de regulación conectados en paralelo. Cada parte del devanado de regulación está provista de un elemento de conmutación sin contacto. En este documento también se describe otra variante, en donde el devanado secundario del transformador se compone de un grupo de partes de devanado de regulación conectadas en serie, en donde cada parte de devanado de regulación contiene cuatro elementos de conmutación sin contacto. La disposición está equipada de tal manera que la dirección de la tensión en los terminales de la parte de devanado de regulación es reversible, así como opcionalmente se puede puentear toda la parte de devanado de regulación.

20 A partir del documento DE 25 08 013 A se conoce un dispositivo adicional para la conmutación gradual de la tensión del secundario de un transformador. En este caso, el devanado secundario también está agrupado en devanados parciales, en donde igualmente se pueden prever elementos de conmutación semiconductores para la conmutación.

25 El documento DE 197 47 712 C2 describe una disposición de un conmutador de etapas de un tipo similar a un transformador con etapas configurado autotransformador. En este caso, igualmente está previstas partes de devanado individuales, que se conectan individual e independientemente entre sí. Junto a las tomas fijas del devanado de regulación, también se conectan o agregan adicionalmente partes de devanado separadas en esta disposición.

30 Por el documento WO 95/27931 se conocen varias formas de realización de otro conmutador de etapas para la conmutación de carga ininterrumpida, en donde igualmente los tiristores también sirven como elementos de conmutación. A este respecto, mediante pares de tiristores conectados en antiparalelo se pueden conectar o desconectar diferentes partes de devanado de un devanado de etapas como parte del devanado secundario del respectivo transformador con etapas. Para la implementación de una regulación de tensión lo más finamente escalonada posible con un número limitado de tomas de devanado presente, en este documento se propone además un procedimiento designado como "modulación de círculo discreto, (discrete circle modulation)" en el que los tiristores se excitan de tal manera que resulten valores intermedios del tensión del secundario.

40 El documento US 4,220,911 describe otra disposición de conmutador de etapas que utiliza pares de tiristores antiparalelos para la conmutación. El devanado secundario se subdivide en una parte de devanado de regulación fija y una pluralidad de devanados parciales. A este respecto, los devanados parciales comprenden respectivamente una toma, que subdivide cada devanado parcial en una primera y una segunda sección. Mediante los pares de tiristores antiparalelos, una o ambas secciones del devanado parcial respectivo pueden conectarse o puentearse con o contra la parte de devanado de regulación.

45 En las soluciones conocidas del estado de la técnica, los elementos de conmutación de semiconductores asumen de facto la función del brazo selector mecánico en los conmutadores de etapas mecánicos clásicos. Mediante los elementos de conmutación de semiconductores, se pueden conectar o desconectar las tomas de devanado individuales de los devanados de regulación. También es posible subdividir el devanado de regulación en devanados parciales, que se pueden conectar por separado.

50 En este estado de la técnica son desventajosos el elevado coste del circuito y la necesaria adaptación especial de los elementos de conmutación de semiconductores.

55 Otra desventaja del estado de la técnica consiste en que, en caso de fallo de elementos de conmutación de semiconductores individuales, ya no es posible una regulación o en cualquier caso una regulación satisfactoria.

60 El objeto de la invención es especificar un transformador regulable con conmutador de etapas con elementos de conmutación de semiconductores, que esté construido de forma sencilla. Además, debe poseer una estructura modular, expandible. Finalmente, el conmutador de etapas según la invención debe permitir una elevada seguridad y precisión de regulación, también cuando fallan los elementos de conmutación individuales, casi como una operación de emergencia.

65 Este objeto se logra mediante un transformador regulable con conmutador de etapas con las características de la primera reivindicación. Las reivindicaciones dependientes se refieren a perfeccionamientos especialmente ventajosos de la invención.

La idea inventiva general consiste en construir el conmutador de etapas de forma modular.

Los módulos individuales del transformador regulable según la invención con conmutador de etapas comprenden respectivamente un devanado parcial eléctrico del devanado de regulación, que está acoplado magnéticamente con el devanado de regulación, es decir, está aplicado en el respectivo brazo del transformador. Además, comprenden en ambos lados en paralelo a ello respectivamente un camino de puenteo, este respectivamente se compone de un circuito en serie de respectivamente dos elementos de conmutación de semiconductores. Entre los elementos de conmutación de semiconductores respectivamente conectados en serie de cada camino de puenteo se extrae una toma central.

Una toma central de un primer módulo del conmutador de etapas según la invención está conectada con el punto de estrella o la derivación de carga.

Una toma central del último módulo del conmutador de etapas según la invención está conectada con el extremo del devanado del transformador en el que se debe regular.

La otra toma central del primer módulo está conectada con una toma central del segundo módulo, su otra toma central con una toma central del tercer módulo, su otra toma central con una toma central del cuarto módulo, etc. hasta el último módulo.

Según la invención, los devanados eléctricos en los módulos individuales están dimensionados de manera diferente.

Si en el primer módulo el devanado de allí presenta un determinado número de espiras, el devanado eléctrico en el segundo módulo presenta un número de espiras que es un múltiplo. Igualmente las espiras en los otros módulos.

Es especialmente ventajoso si, en el caso de tres módulos existentes, los devanados individuales en los módulos están configurados en la relación 1:3:6 o 1:3:9.

Si están previstos cuatro módulos, es especialmente ventajoso dimensionar sus devanados en las relaciones 1:3:6:10.

En el marco del alcance de la invención es posible variar el número de módulos individuales que forman el conmutador de etapas según la invención en su totalidad.

El transformador regulable según la invención con conmutador de etapas ofrece una serie de ventajas: en primer lugar, no se requiere una configuración especial del devanado de regulación, generalmente del devanado de alta tensión, del transformador de regulación. El conmutador de etapas en sí posee una estructura sencilla y modular y es fácilmente adaptable a diferentes niveles de tensión. Por consiguiente todavía posible más adelante la adaptación de un transformador de regulación encontrado a las tareas y áreas de regulación modificadas. Además, solo se requieren unas pocas líneas hacia el devanado del transformador cuando se conecta un conmutador de etapas según la invención; se suprime el armazón de líneas hasta ahora de cada toma del devanado de regulación hacia el cambiador de toma o los medios de conmutación. Finalmente, con el conmutador de etapas según la invención, es posible una generación redundante de tensiones parciales individuales; en el caso de falla de elementos de conmutación individuales, que nunca pueden excluirse en el funcionamiento práctico, la regulación se puede continuar esencialmente.

La invención se explicará todavía con más detalle a modo de ejemplo a continuación mediante los dibujos. Muestran:

La figura 1, una primera forma de realización de un conmutador de etapas según la invención, que comprende módulos parciales,
la figura 2, una tabla de cableado de un conmutador de etapas semejante,
la figura 3, otra tabla de cableado de un conmutador de etapas modificado,
la figura 4, una segunda realización de un conmutador de etapas según la invención,
la figura 5, una tabla de conmutación del conmutador de etapas según la figura 4,
la figura 6, un módulo de un primer conmutador de etapas según la invención solo,
la figura 7, un módulo de un segundo conmutador de etapas según la invención solo,
la figura 8, una disposición modificada del conmutador de etapas representado en la figura 1 en un devanado de regulación de un transformador con etapas.

La figura 1 muestra un transformador a regular, que se compone de un devanado de baja tensión 1 y un devanado de alta tensión 2, con tres devanados parciales separados B1...B3, al que está conectado un conmutador de etapas 3 según la invención. A este respecto, la línea de puntos simboliza el alcance del conmutador de etapas 3, que aquí consta de tres módulos individuales M1, M2, M3.

El primer módulo M1 comprende el primer devanado parcial W1 y en ambos lados del mismo dos caminos de

punteo que comprenden respectivamente un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductores S1.1 y S1.2 o S1.3 o S1.4. Respectivamente entre los dos elementos de conmutación conectados en serie está prevista una toma central M1.1 o M1.2.

5 Los elementos de conmutación de semiconductores individuales están representados aquí, así como en las siguientes figuras, solo de forma esquemática como un interruptor simple. Comprenden en la práctica pares de tiristores conectados en paralelo, IGBT's u otros elementos de conmutación de semiconductores. También pueden comprender respectivamente un circuito en serie o en paralelo de varios de tales elementos de conmutación de semiconductores individuales.

10 La una toma central M1.2 está conectada eléctricamente con el punto neutro 4. La otra toma central M1.1 está en conexión con una toma central M2.1 de un segundo módulo M2. Este segundo módulo M2 está construido de forma idéntica; igualmente comprende un devanado parcial W2 así como los dos circuitos en serie de respectivamente dos elementos de conmutación de semiconductores S2.1 y S2.2 o S2.3 y S2.4. Igualmente están previstas de nuevo las tomas centrales M2.1 y M2.2 entre los respectivos circuitos en serie. El cableado de la una toma central M2.1 con el primer módulo M1 ya se ha explicado; la segunda toma central M2.2 por su lado está conectada con una toma central M3.2 de un tercer módulo M3.

15 Este tercer módulo M3 se construye de nuevo de forma idéntica. De nuevo comprende un devanado parcial W3 así como los dos circuitos en serie de elementos de conmutación de semiconductores S3.1 y S3.2 o S3.3 y S3.4, así como las tomas centrales M3.1 y M3.2 situadas en medio. La toma central M3.1 todavía no mencionada hasta ahora del tercer y aquí último módulo M3 está conectada eléctricamente con el extremo del devanado de alta tensión 2.

20 Los tres módulos M1...M3 aquí descritos difieren solo por las dimensiones de los respectivos devanados parciales W1...W3.

25 El devanado parcial W2 en el segundo módulo M2 presenta aquí tres veces el número de espiras del devanado parcial W1 en el primer módulo M1. El devanado parcial W3 en el tercer módulo M3 presenta aquí seis veces el número de espiras del devanado parcial W1 en el primer módulo M1.

30 La figura 2 muestra una tabla de cableado del conmutador de etapas según la invención representado en la figura 1. El símbolo "0" significa que el devanado parcial correspondiente no está conectado, es decir, puenteado. El símbolo "+" significa que el devanado parcial correspondiente está conectado con el devanado de alta tensión 2 en el mismo sentido. El símbolo "-" finalmente significa que el devanado parcial correspondiente está conectado en sentido opuesto al devanado de alta tensión 2. En la tabla de cableado están representadas las diez etapas de tensión, que surgen cuando se le agregan a la tensión de etapa del devanado de alta tensión 2 otras tensiones parciales. Estas tensiones parciales se producen de las diferentes conexiones, conexiones en oposición o puentes de las partes de devanado individuales W1...W3. Se puede ver que ciertas etapas de tensión se pueden generar de manera redundante, es decir, por diferentes estados de conmutación. Del mismo modo, pero no representado en la tabla, es posible sustraer las tensiones parciales escalonadas correspondientes de la tensión en el devanado de alta tensión 2 en la otra dirección. En conjunto, en esta forma de realización, se producen por lo tanto veintiún etapas de tensión posibles. En la posición central, aquí designada N, el conmutador de etapas no tiene función. El extremo del devanado de alta tensión 2 está luego en conexión eléctrica directa con el punto neutro 4. La conexión o conexión en oposición explicada o el puenteo de las partes de devanado individuales W1...W3 se realiza según la invención mediante un cableado correspondiente de los elementos de conmutación de semiconductores S1.1...S3.4.

35 La figura 3 muestra otra tabla de cableado. En este caso, en comparación con la forma de realización recién explicada, solo está modificado el dimensionamiento del devanado parcial W3, que ahora comprende nueve veces el primer devanado parcial W1. En esta posición se producen en conjunto de veintisiete etapas de tensión.

40 La figura 4 muestra otra forma de realización de un conmutador de etapas según la invención, en el que se ha agregado otro módulo M4. El cableado en cascada entre los módulos individuales M1...M4 está inalterado. El módulo agregado M4 igualmente presenta elementos de conmutación de semiconductores paralelos S4.1 y S4.2, así como S4.3 y S4.4, asimismo tomas centrales intermedias M4.1 y M4.2. La toma central M4.1 está conectada de nuevo con el devanado de alta tensión 2, mientras que la toma central M4.2 está conectada con la toma central M3.2 del módulo M3.

45 La figura 5 muestra, en extracto, una tabla de cableado del conmutador de etapas extendido mostrado en la figura 4. Aquí no están representadas todas las etapas de tensión, que resultan del cableado correspondiente de los interruptores de semiconductores individuales. Más bien, aquí se debe mostrar a modo de ejemplo mediante las etapas de tensión 4, 6 y 10 que estas pueden resultar de manera redundante por una conexión o desconexión diferente de los devanados parciales individuales W1...W4. A este respecto, el nuevo devanado parcial W4 del módulo M4 está dimensionado de tal manera que comprende diez veces el número de espiras del primer devanado parcial W1 del primer módulo M1.

50 La figura 6 muestra un único módulo de un conmutador de etapas según la invención. Como se ha explicado se

5 ensamblan varios módulos n para formar un conmutador de etapas según la invención. Cada módulo posee un devanado parcial W_n y dos rutas de derivación paralelas, que contienen respectivamente un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductores $Sn.1$ y $Sn.2$ o $Sn.3$ y $Sn.4$. Entre cada circuito en serie se sitúan, según se explica, las tomas centrales $Mn.1$ y $Mn.2$. Los elementos de conmutación de semiconductores $Sn.1...Sn.4$ están representados aquí como tiristores conectados en antiparalelo. En el marco de la invención también son posibles otros elementos de conmutación de semiconductores conocidos.

10 La figura 7 muestra un único módulo de otro conmutador de etapas según la invención. En este caso, cada elemento de conmutación semiconductor $Sn.1...Sn.4$ se compone por su lado de un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductores individuales $Sn.1a, Sn.1b; Sn.2a, Sn.2b; Sn.3a, Sn.3b; Sn.4a, Sn.4b$. En el marco de la invención también es posible prever más de dos elementos de conmutación de semiconductores individuales respectivamente en serie o también en paralelo entre sí.

15 La figura 8 muestra una aplicación especial del conmutador de etapas según la invención ya explicado en la figura 1. Desviándose de la representación de allí, el devanado de alta tensión 2 presenta las tomas de devanado $St1...St6$, que se pueden cablear de manera convencional. Esto se puede realizar tanto mediante un solo selector de etapa indicado o también, según se muestra en la figura 8a en extracto, mediante elementos de conmutación de semiconductores, aquí, por ejemplo, un par de tiristores en antiparalelo. En dicho conmutador de etapas convencional, que cablea directamente las tomas de devanado, ahora también se puede conectar adicionalmente un conmutador de etapas según la invención, que aquí presenta tres módulos $M1...M3$. En esta forma de realización es posible por consiguiente una regulación de tensión aproximado mediante la selección y el cableado correspondientes de una de las tomas de devanado $St1...St6$ y una regulación de tensión adicional escalonada más finamente mediante el conmutador de etapas según la invención.

20

REIVINDICACIONES

- 5 1. Transformador regulable con conmutador de etapas (3) para la regulación de tensión en un transformador de regulación que comprende un devanado de baja tensión (1) y un devanado de alta tensión (2), que comprende
- al menos dos módulos (M1, M2, M3, M4);
en donde
 - 10 - el devanado de baja tensión (1) o el devanado de alta tensión (2) comprende un devanado de regulación y al menos dos devanados parciales (W1, W2, W3, W4);
 - cada módulo (M1...M4) comprende en cada caso uno de los devanados parciales (W1...W4) y en ambos lados del mismo dos caminos de puenteo;
 - 15 - cada camino de puenteo comprende respectivamente un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductores (S1.1, S1.2; S1.3, S1.4; S2.1, S2.2; S2.3, S2.4; S3.1, S3.2; S3.3, S3.4; S4.1, S4.2; S4.3, S4.4);
 - en cada camino de puente entre sus elementos de conmutación de semiconductores (S1.1, S1.2;...; S4.3, S4.4) está prevista una toma central (M1.1, M1.2; M2.1, M2.2; M3.1, M3.2; M4.1, M4.2);
 - los devanados parciales (W1...W4) poseen diferentes números de espiras;
 - 20 - en cada módulo (M1...M4) está conectada respectivamente una de las dos tomas centrales (M1.1; M2.1, M2.2; M3.1, M3.2; M4.2) con una toma central de los módulos adyacentes;
 - la una toma central restante (M1.2) del primer módulo (M1) se puede conectar con la derivación de carga (4) y la una toma central restante (M3.1; M4.1) del último módulo (M3; M4) se puede conectar con el devanado de regulación;
 - 25 - las tensiones parciales se producen mediante las diferentes conexiones, conexiones en oposición o puenteos de los devanados parciales individuales (W1...W4);
 - las etapas de tensión (U_{ST}) se producen mediante adición al menos una de las tensiones parciales al tensión de etapa del devanado de regulación y/o mediante sustracción al menos una de las tensiones parciales del tensión de etapa del devanado de regulación;
- 30 **caracterizado por que**
- al menos dos de las etapas de tensión (U_{ST}) se pueden generar de manera redundante.
- 35 2. Transformador regulable con conmutador de etapas (3) según la reivindicación anterior, en donde
- están previstos exactamente tres módulos (M1...M3);
 - los devanados parciales (W1...W3) de los tres módulos (M1...M3) están divididos en la relación 1:3:6 ó 1:3:9.
- 40 3. Transformador regulable con conmutador de etapas (3) según la reivindicación 1, en donde
- están previstos exactamente cuatro módulos (M1...M4);
 - los devanados parciales (W1...W4) de los cuatro módulos (M1...M4) están divididos en la relación 1:3:6:10.
- 45 4. Transformador regulable con conmutador de etapas (3) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde los elementos de conmutación de semiconductores (S1.1, S1.2; ...; S4.3, S4.4) comprenden respectivamente un par de tiristores o IGBT conectados en antiparalelo.
- 50 5. Transformador regulable con conmutador de etapas (3) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde al menos uno de los elementos de conmutación de semiconductores (Sn.1...Sn.4) se compone de un circuito en serie de al menos dos elementos de conmutación de semiconductores individuales (Sn.1a, Sn.1b; Sn.2a, Sn.2b; Sn.3a, Sn.3b; Sn.4a, Sn.4b).

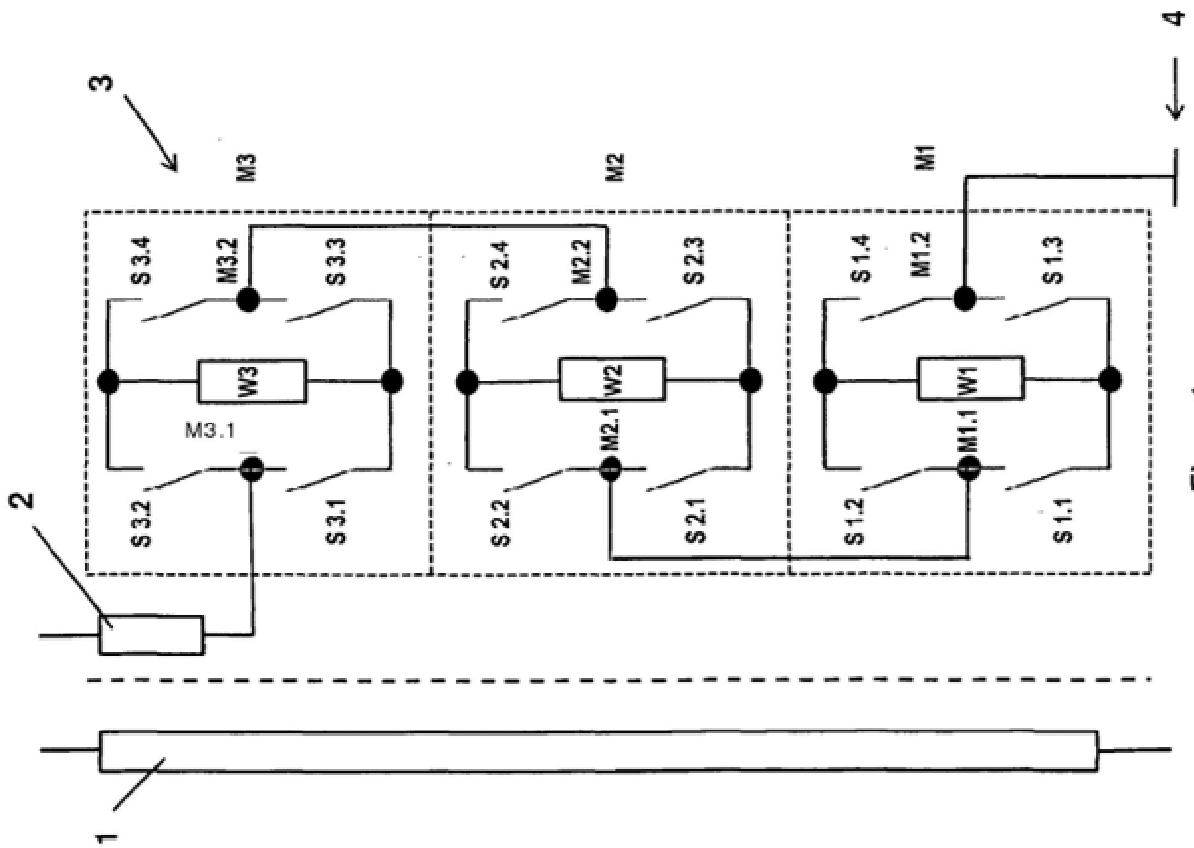


Fig. 1

U_{ST}	W1	W2	W3
N	0	0	0
1	+	0	0
2	-	+	0
2	-	-	+
3	0	+	0
3	0	-	+
4	+	+	0
4	+	-	+
5	-	0	+
6	0	0	+
7	+	0	+
8	-	+	+
9	0	+	+
10	+	+	+

$\Sigma = 21 \text{ etapas}$

Fig. 2

U _{ST}	W1	W2	W3
		= 3W1	= 9 W1
N	0	0	0
1	+	0	0
2	-	+	0
3	0	+	0
4	+	+	0
5	-	-	+
6	0	-	+
7	+	-	+
8	-	0	+
9	0	0	+
10	+	0	+
11	-	+	+
12	0	+	+
13	+	+	+

$$\sum = 27 \text{ etapas}$$

Fig. 3

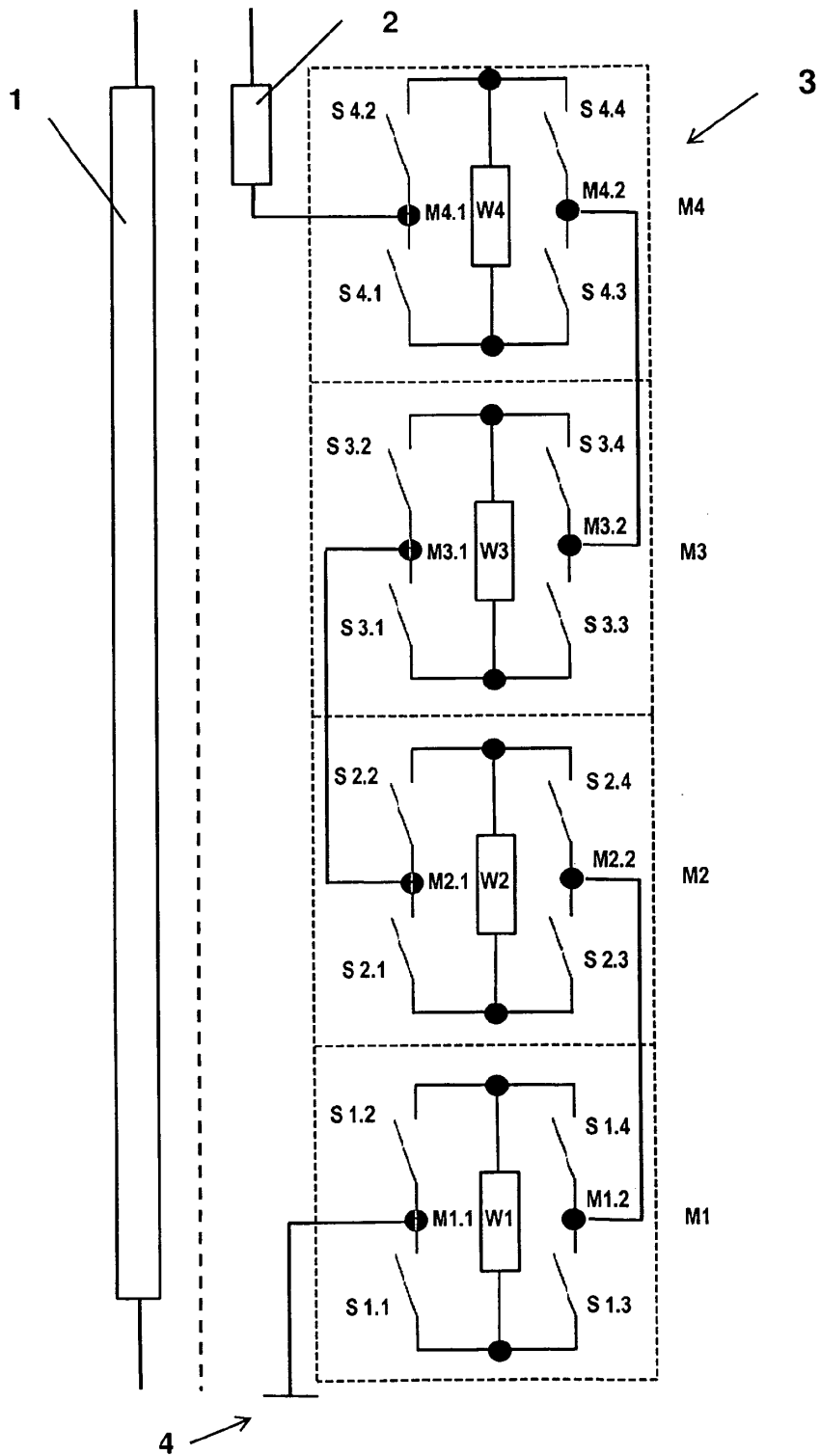


Fig. 4

U _{ST}	W1	W2	W3	W4
		= 3W1	= 6 W1	= 10 W1
N				
1	0	0	0	0
2				
3				
4 {	+ 0	+ 0	0 -	0 +
5				
6 {	0 -	0 -	+ 0	0 +
7				
8				
9				
10 {	+ 0	+ 0	+ 0	0 +
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20	+	+	+	+

Fig. 5

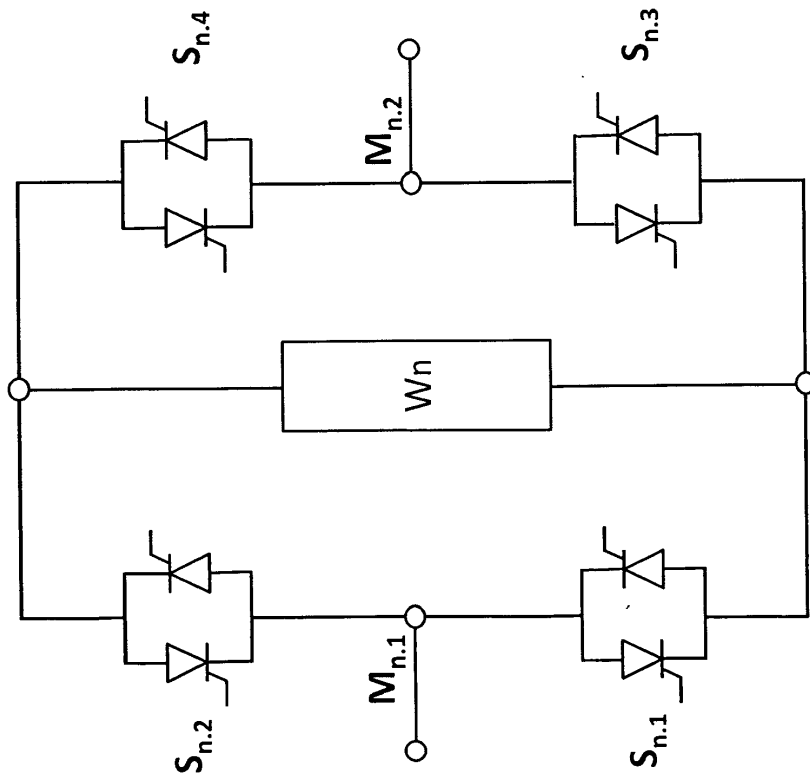


Fig. 6

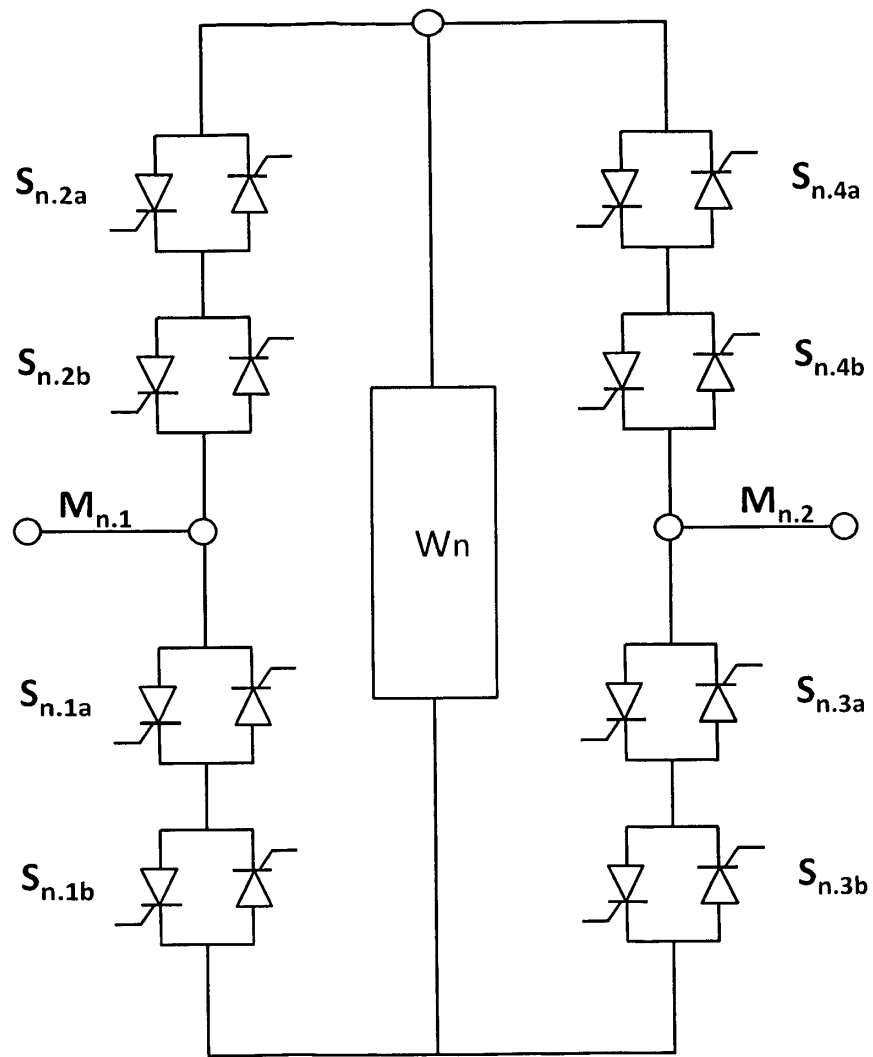


Fig. 7

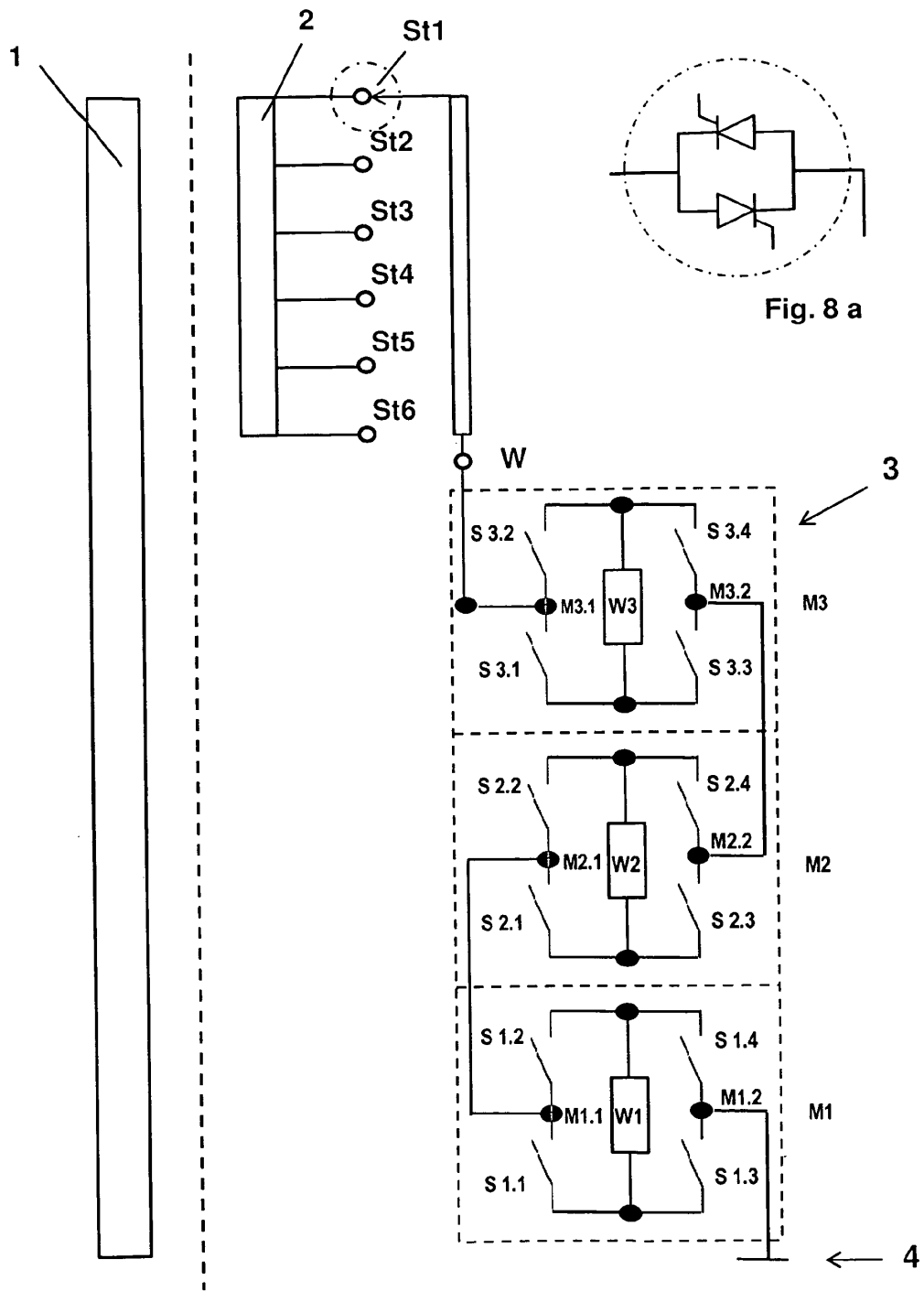


Fig. 8