

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 637 656**

51 Int. Cl.:

**H01F 29/02** (2006.01)

**H01F 29/04** (2006.01)

**H01F 5/00** (2006.01)

**H01H 9/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **15.01.2013 PCT/EP2013/050611**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.08.2013 WO13120642**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.01.2013 E 13700690 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.05.2017 EP 2815411**

54 Título: **Transformador con instalación de conmutación de fases**

30 Prioridad:

**13.02.2012 DE 102012202105**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.10.2017**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**VON BLOH, JOCHEN;  
KARRER, VOLKER;  
DOHNAL, DIETER y  
VIERECK, KARSTEN**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

**ES 2 637 656 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 con instalación de conmutación de fases

5 La invención se refiere a un transformador con instalación de conmutación de fases para la conmutación sin interrupción entre partes de un arrollamiento de regulación del transformador.

10 Las instalaciones de conmutación de fases para la conmutación sin interrupción entre tomas del arrollamiento de un transformador de fases son desde hace mucho tiempo estado conocido de la técnica. Los transformadores de fases correspondientes, en los que debe regularse, presentan en el lado primario o también en el lado secundario un arrollamiento de regulación escalonado. El arrollamiento sobre el lado a regular del transformador está constituido, en general, por una parte fija, el arrollamiento de origen, y el arrollamiento de regulación propiamente dicho, que posee varias tomas del arrollamiento. Esto se explica en detalle, por ejemplo, en la publicación "Axel Krämer: On-Load Tap-Changers for Power Transformers", publicada en el 2000.

15 Otro ejemplo de un transformador con circuito de fases se conoce a partir del documento GB 2424766. Esta publicación publica que la instalación de conmutación de fases comprende condensadores, bobinas y resistencias, que forman un circuito de resonancia.

20 También es estado de la técnica establecido que el transformador de fases a regular presenta sobre su lado a regular un arrollamiento de origen y en serie con él un arrollamiento de regulación escalonado.

25 Después de que las instalaciones de fases más antiguas presentaban elementos mecánicos de conmutación para la conmutación entre las tomas individuales del arrollamiento de regulación, desde hace una serie de años se han establecido elementos de conmutación de vacío. Por último, recientemente se han propuesto también elementos de conmutación de semiconductores para la conmutación ininterrumpida entre tomas de arrollamiento de este tipo. Tales elementos de conmutación de semiconductores poseen numerosas ventajas; es posible una conmutación sin componentes mecánicos, pero son relativamente sensibles frente a sobretensiones. En el estado de la técnica, tales elementos de conmutación de semiconductores están expuestos siempre a una carga alta durante una solicitud a tensión de relámpago durante la verificación del transformador así como en el caso de tensiones transitorias en la red (por ejemplo, durante la conmutación de conmutadores de potencia de vacío/SF6).

30 El cometido de la invención es indicar un transformador con una instalación de conmutación de fases, en el que se reduce al mínimo la potencia eléctrica de los elementos de conmutación de semiconductores utilizados en la instalación de conmutación de fases.

35 Este cometido se soluciona por medio de la invención de acuerdo con la reivindicación 1 de la patente. Las reivindicaciones dependientes se refieren a desarrollos ventajosos de la invención.

40 La invención se basa en la idea general de dividir el arrollamiento de origen unitario de acuerdo con el estado de la técnica en el lado a regular del transformador en dos partes iguales del arrollamiento y prever entre estas partes del arrollamiento el arrollamiento de regulación y en éste de nuevo la instalación de conmutación de fases correspondiente.

45 Esta solución ofrece numerosas ventajas frente al estado de la técnica. En primer lugar, los elementos de conmutación de semiconductores no se pueden cargar ya con toda la amplitud de la onda de la tensión de relámpago, puesto que la impedancia respectiva del semiarrollamiento de origen está anteconectada. Puesto que la parte anteconectada, por decirlo así, del arrollamiento de origen recibe también una parte de la energía de la onda de la tensión de relámpago, se puede dimensionar también más pequeño el circuito de protección de los elementos de conmutación, lo que conduce a ahorro de costes y de espacio. Además, también se pueden emplear elementos de conmutación de semiconductores con tensión de bloqueo/amarre más reducida, puesto que éstos deben dimensionarse en primer término de acuerdo con la carga de la tensión de relámpago y no de acuerdo con la tensión no disruptiva.

50 Puesto que la parte anteconectada del arrollamiento de origen dividido actúa de acuerdo con la invención como un estrangulamiento para corrientes transitorias rápidas sobre la línea de la red, los elementos de conmutación de semiconductores no se cargan tampoco en este caso con toda la amplitud y la pendiente de los flancos, puesto que las partes individuales del arrollamiento actúan con efecto de amortiguación como un estrangulador anteconectado. De manera especialmente ventajosa, el diseño del arrollamiento para el arrollamiento de origen dividido está diseñado simétrico; de esta manera se reduce al mínimo la acción de la fuerza en el caso de cortocircuito. La fabricación de las dos partes del arrollamiento de origen dividido de acuerdo con la invención se puede dividir de manera ventajosa sobre capas individuales.

55 La invención se explica todavía a continuación con la ayuda de dibujos. En estos:

La figura 1 muestra una primera forma de realización de un transformador de acuerdo con la invención con dispositivo de conmutador de fases.

La figura 2 muestra otra forma de realización de la invención.

5 La figura 3 muestra una tabla de las fases de la tensión que se pueden conseguir en la forma de realización según la figura 2.

La figura 4 muestra una tercera forma de realización de la invención.

10 La figura 1 muestra en una primera forma de realización de la invención un transformador, cuyo lado primario y lado secundario están separados uno del otro por medio de una línea de puntos y trazos indicada de forma esquemática. Sobre el lado izquierdo de la representación se muestra el lado primario, en el que debe regularse. De acuerdo con la invención, está previsto un arrollamiento de origen dividido, que está constituido por dos partes idénticas del arrollamiento de origen 1, 2. En medio está dispuesta una instalación de conmutación de fases 3, que está simbolizada por una línea de trazos. La instalación de conmutación de fases 3 presenta aquí, como el caso más sencillo, un arrollamiento de regulación 4, que está rodeado por elementos de conmutación S en forma de un puente. Como elementos de conmutación S se pueden emplear, por ejemplo, parejas de tiristores anti-paralelos, IGBTs o otros elementos de conmutación de semiconductores. En este caso más sencillo de la invención, el arrollamiento de regulación 4 se puede conectar y desconectar. Se muestra aquí todavía un conmutador 5, un llamado conmutador-Black-Start, que asegura que el transformador se puede accionar también en adelante en el caso de fallo del regulador o bien de fallo de elementos de conmutación de semiconductores. En el lado derecho se indica el arrollamiento secundario 6. Con 7 y 8 se designan el comienzo y el final de toda la estructura del arrollamiento sobre el lado primario.

25 La figura 2 muestra una forma de realización desarrollada de la invención. En este caso, la instalación de conmutación de fases 3 está constituida por arrollamientos de regulación W1, W2, W3. La instalación de conmutación de fases está constituida aquí por tres módulos M1, M2, M3 individuales. El primer módulo M1 comprende el primer arrollamiento de regulación o bien arrollamiento parcial W1 así como a ambos lados dos trayectorias de puente, que comprenden, respectivamente, un circuito en serie formado por dos elementos de conmutación de semiconductores S1.1 y S1.2 o bien S1.3 o bien S1.4. Respectivamente, entre los dos elementos de conmutación conectados en serie está conectada una toma central M1.1 o bien M1.2. Los elementos de conmutación de semiconductores individuales se representan aquí como en las figuras siguientes sólo de forma esquemática como conmutadores sencillos. Comprenden en la práctica parejas de tiristores conectadas en paralelo, IGBT's u otros elementos de conmutación de semiconductores. También pueden comprender, respectivamente, un circuito en serie o circuito en paralelo de varios de tales elementos de conmutación de semiconductores individuales. Una de las tomas centrales M1.2 está conectada eléctricamente con la parte de arrollamiento de origen 2. La otra toma central M1.1 está conectada con una toma central M2.1 de otro módulo. Este segundo módulo M2 está constituido idéntico, comprende de la misma manera un arrollamiento parcial W2 así como los dos circuitos en serie formados, respectivamente, por dos elementos de conmutación de semiconductores S2.1 y S2.2 o bien S2.3 y S2.4. De la misma manera, entre los circuitos en serie respectivos están previstas de nuevo tomas centrales M2.1 y M2.2. La conexión de una toma central M2.1 con el primer módulo M1 ya se ha explicado, la segunda toma central M2.2, por su parte, está conectada con una toma central M3.1 de un tercer módulo M3. Este tercer módulo M3 está constituido de nuevo idéntico. Comprende de nuevo un arrollamiento parcial W3 así como los dos circuitos en serie formados por elementos de conmutación de semiconductores S3.1 y S3.2 o bien S3.3 y S3.4 así como tomas centrales M3.1 y M3.2 colocadas intermedias. La toma central M3.1 no mencionada todavía hasta ahora del tercer módulo y aquí del último módulo M3 está conectada eléctricamente con la parte de arrollamiento de origen 1. Los tres módulos M1...M3 descritos aquí se diferencian solamente por las dimensiones de los arrollamientos parciales W1... W3 respectivos. El arrollamiento parcial W2 en el segundo módulo M2 presenta aquí el triple número de arrollamientos parciales W1 en el primer módulo M1. El arrollamiento parcial W3 es el tercer módulo M3 presenta aquí seis veces el número de arrollamientos del arrollamiento parcial W1 en el primer módulo M1.

50 La figura 3 muestra una tabla de conexiones de la instalación de conmutación de fases de acuerdo con la invención representada en la figura 2. El símbolo "0" significa que el arrollamiento parcial correspondiente no está conectado, es decir, puenteado. El símbolo "+" significa que el arrollamiento parcial correspondiente está conectado con la parte del arrollamiento de origen o bien con el arrollamiento de sobretensión 2 en el mismo sentido. Por último, el símbolo "-" significa que el arrollamiento parcial correspondiente está conectado en sentido opuesto al arrollamiento de sobretensión. En la tabla de circuitos se representan las diez fases de la tensión, que resultan cuando se añaden otras tensiones parciales a la tensión de las fases del arrollamiento de sobretensión 2. Estas tensiones parciales resultan a través de la conexión adicional diferente, conexión inversa o puenteo de las partes individuales del arrollamiento W1... W3. Se puede ver que determinadas fases de la tensión son redundantes, es decir, que se pueden generar a través de diferentes estados de conmutación. De la misma manera, es posible tomar tensiones parciales escalonadas correspondientes en la otra dirección desde las tensiones en el arrollamiento de sobrepresión 2. En general, en esta forma de realización resultan, por lo tanto, veintiuna fases de tensión posibles. En la posición media, designada con N, la instalación de conmutación de fases no está conectada. Las partes del arrollamiento de origen 1 y 2 están conectadas entonces directamente entre sí. La conexión adicional o bien conexión inversa o el

punteo explicado de las partes individuales del arrollamiento W1... W3 se realizan a través de un circuito correspondiente de los elementos de conmutación de semiconductores S1.1...S3.4.

La figura 4 muestra otra forma de realización de la invención.

5 Entre la parte del arrollamiento de origen 1 y la parte del arrollamiento de origen 2 está dispuesta la instalación de conmutación de fases 3 mostrada aquí. Posee dos componentes de conexión A y B conectados en serie. El primer componente de conexión A, por su parte, posee un circuito paralelo de dos derivaciones 9 y 10. En la primera derivación 9 están previstos en circuito en serie entre sí dos unidades de conmutación de semiconductores S1, S2.  
10 En la segunda derivación paralela 10 están previstos en circuito en serie entre sí otras dos unidades de conmutación de semiconductores S3, S4. Entre las dos unidades de conmutación de semiconductores S1, S2 conectadas en serie en la primera derivación 9 y las dos unidades de conmutación de semiconductores S3, S4 conectadas en serie en la segunda derivación 10 está dispuesto un primer arrollamiento parcial W1 del arrollamiento de regulación.

15 El segundo componente de conmutación B posee un circuito en paralelo de tres derivaciones 11, 12 y 13. En la tercera derivación 11 están previstas en circuito en serie entre sí dos unidades de conmutación de semiconductores S5, S6, en la cuarta derivación 12 están previstas en circuito en serie entre sí dos unidades de conmutación de semiconductores S7, S8 y en la quinta derivación 13 están previstas en circuito en serie entre sí dos unidades de conmutación de semiconductores S9, S10. Entre las dos unidades de conmutación de semiconductores S5, S6 en  
20 la tercera derivación 11 y las dos unidades de conmutación de semiconductores S7, S7 conectadas en serie está dispuesto un segundo arrollamiento parcial W2 del arrollamiento de regulación y entre las dos unidades de conmutación de semiconductores S7, S8 conectadas en serie y las dos unidades de conmutación de semiconductores S9, S10 conectadas en serie en la quinta derivación 13 está dispuesto un tercer arrollamiento parcial W3. En esta forma de realización, el segundo componente de conmutación B está conectado eléctricamente  
25 con la parte del arrollamiento de origen 2.

En el marco de la invención son posibles diferentes formas de realización de la instalación de conmutación de fases 3 con el número más diferente de arrollamientos de regulación divididos y las más diferentes conexiones por medio de elementos de conmutación de semiconductores. En todas estas formas de realización sólo es importante que la  
30 instalación de conmutación 3 correspondiente esté prevista entre las dos partes del arrollamiento de origen 1, 2 del arrollamiento de origen dividido de acuerdo con la invención en el lado del transformador, en el que debe regularse.

**REIVINDICACIONES**

1.- Transformador con instalación de conmutación de fases (3), con un lado primario y un lado secundario, en el que

- 5 - o bien el lado primario o el lado secundario es regulable por medio de la instalación de conmutación de fases (3);
- cada arrollamiento de regulación (W1, ... W2) está constituido por un arrollamiento;
- en el lado a regular del transformador están previstos un arrollamiento de origen y al menos un arrollamiento de regulación (W1, W2, W3), que puede ser conectado por la instalación de conmutación de
- 10 fases;
- el arrollamiento de origen está dividido en dos partes del arrollamiento de origen (1, 2):
- el al menos un arrollamiento de regulación (W1 ... W3) y la instalación de conmutación de fases (3) a conectar están dispuestos eléctricamente entre las dos partes del arrollamiento de origen (1, 2), de tal manera que
- 15
  - la primera parte del arrollamiento de origen (1) está conectada con un extremo en un primer extremo (M3.1) de la instalación de conmutación de fases (3),
  - la segunda parte del arrollamiento de origen (1) está conectada con un extremo en un segundo extremo (M1.2) de la instalación de conmutación de fases (3),
  - 20 • cada extremo de cada regulación de fases (W1...W3) está conectado con el primero y el segundo extremo (M3.1, M1.2) de la instalación de conmutación de fases (3) a través de una trayectoria de puenteo, que comprende 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).

25 2.- Transformador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que

- la instalación de conmutación de fases (3) presenta al menos dos módulos (M1, M2, M3);
- cada módulo M1 ... M3) comprende, respectivamente, un arrollamiento de regulación (W1, W2, W3) así como a ambos lados del mismo las dos trayectorias de puenteo;
- 30 - cada trayectoria de puenteo comprende, respectivamente, un circuito en serie de dos elementos de conmutación de semiconductores (S; 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 trayectoria de puenteo entre sus elementos de conmutación de semiconductores (S; 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);
- 35 - los arrollamientos de regulación (W1... W3) poseen diferentes números de arrollamientos;
- en cada módulo (M1... M3) una de sus tomas centrales (M1.1, M2.1, M2.2, M3.2) está conectada con una toma central (M2.1, M1.1, M3.2, M2.2) de los módulos vecinos (M2; M1, M3; M2);
- la toma central (M1.2) restante del primer módulo (M1) está conectada eléctricamente con una de las partes del arrollamiento de origen (2) y la toma central restante (M3.1; M4.1) del último módulo (M3; M4) está
- 40 conectada eléctricamente con la otra parte del arrollamiento de origen (1).

3.- Transformador de acuerdo con la reivindicación 1, en el que

- 45 - la instalación de conmutación de fases (3) presenta componentes de conmutación (A, B) conectados en serie;
- el primer componente de conmutación (A) presenta un circuito en paralelo formado por una primera y una segunda derivación (9, 10) y el segundo componente de conmutación (B) presenta un circuito en paralelo formado por una tercera, cuarta y quinta derivación (11, 12, 13);
- cada derivación (9...14) presenta los dos elementos de conmutación de semiconductores (S1, S2; S3, S4; S5, S6; S7, S8; S9, S10) conectados en serie;
- 50 - entre los elementos de conmutación de semiconductores (S1, S2) de la segunda derivación (9) y los elementos de conmutación de semiconductores (S3, S4) de la segunda derivación (10) está dispuesto un primer arrollamiento (W1);
- entre los elementos de conmutación de semiconductores (S5, S6) de la tercera derivación (11) y los
- 55 elementos de conmutación de semiconductores (S7, S8) de la cuarta derivación (12) está dispuesto un segundo arrollamiento (W2);
- entre los elementos de conmutación de semiconductores (S7 S8) de la cuarta derivación (12) y los elementos de conmutación de semiconductores (S9, S10) de la quinta derivación (13) está dispuesto un tercer arrollamiento (W3);
- 60 - los primeros componentes de conmutación (A) están conectados eléctricamente con una de las partes del arrollamiento de origen (2) y los segundos componentes de conmutación (B) están conectados eléctricamente con la otra parte del arrollamiento de origen (1).

4.- Transformador de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que

- está previsto adicionalmente un contacto mecánico (5), que puede puentear la instalación de conmutación de fases (3), de tal manera que en caso necesario se puede establecer una conexión eléctrica directa entre las dos partes del arrollamiento de origen (1, 2).

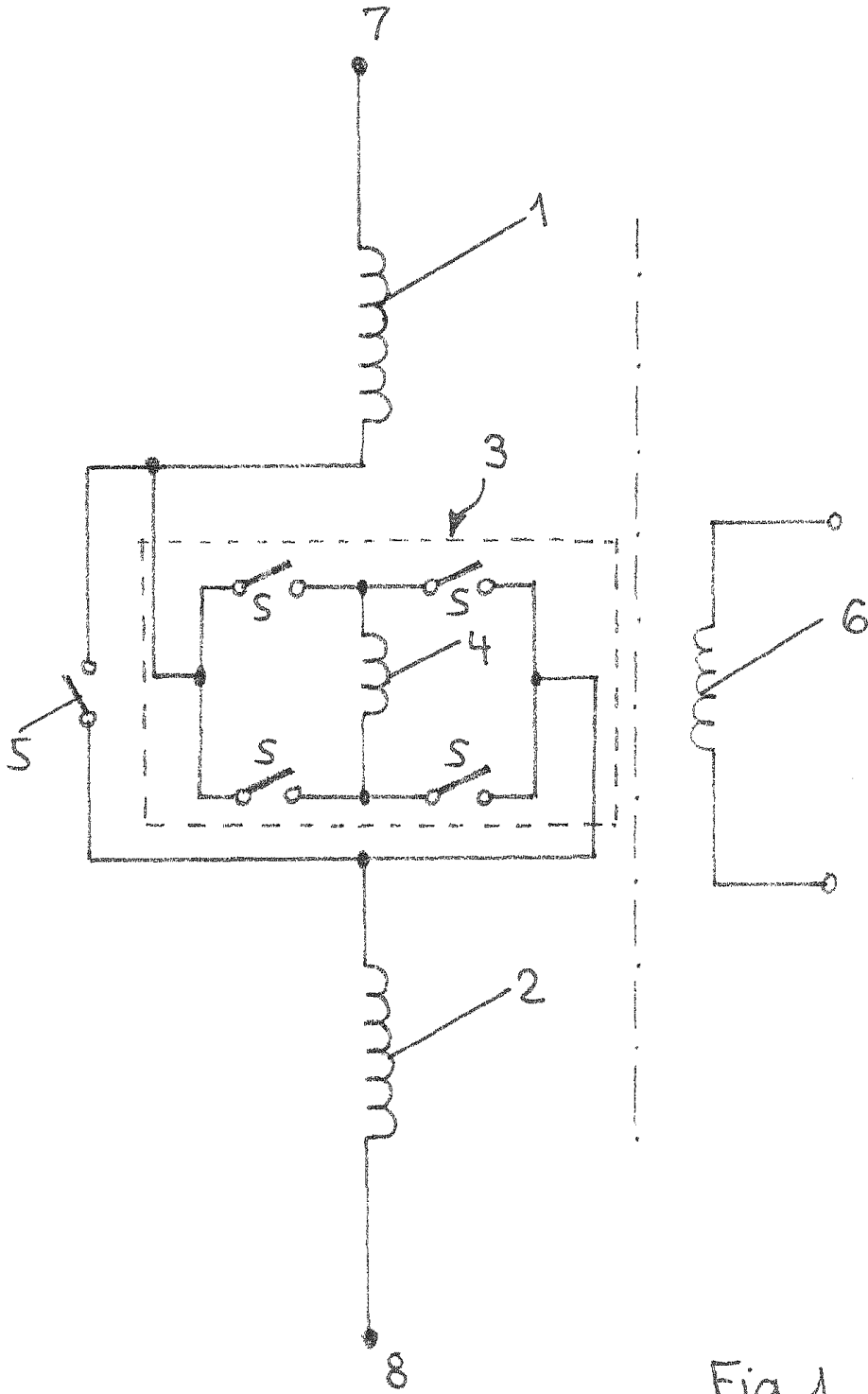


Fig. 1

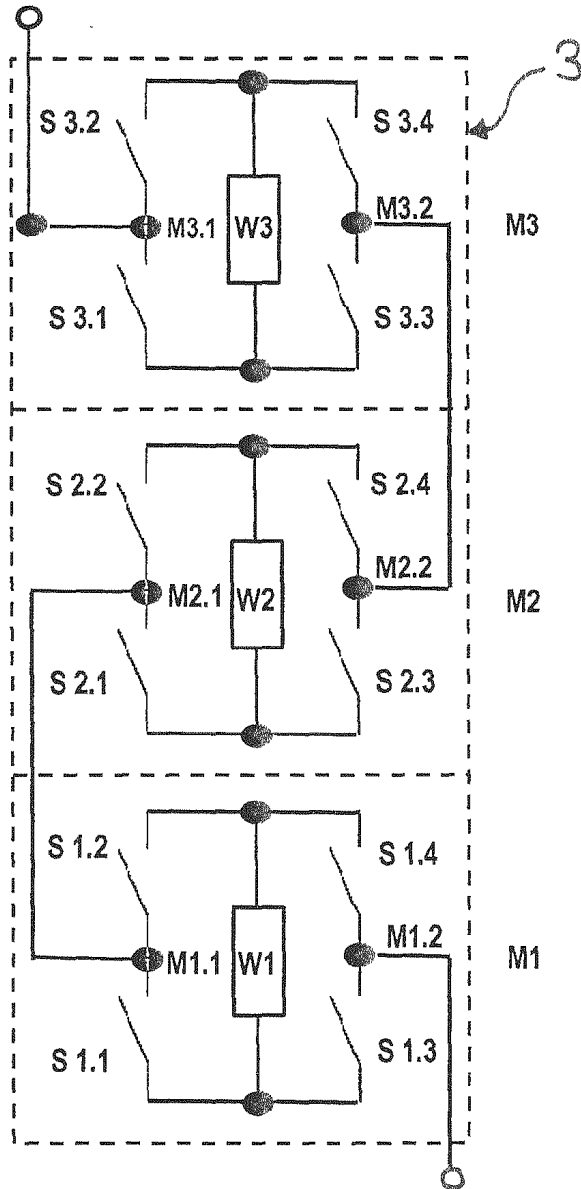


Fig. 2



U <sub>ST</sub>	W1	W2	W3
		= 3W1	= 6 W1
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	+	+	+

$\Sigma = 21$  fases

Fig.3

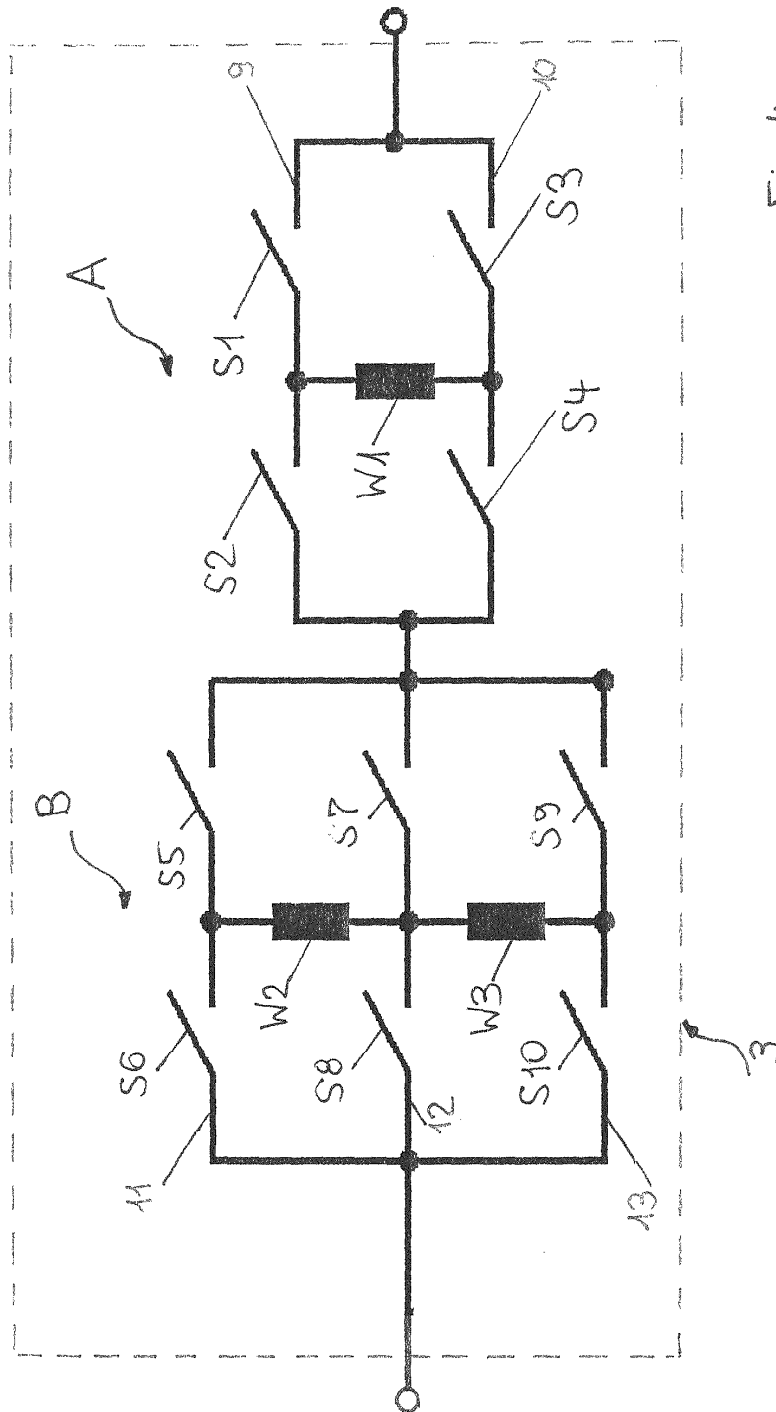


Fig.4