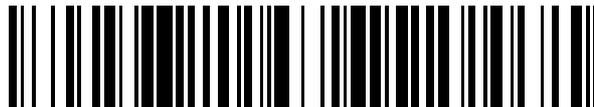


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 592 680**

51 Int. Cl.:

B23K 11/24 (2006.01)
B23K 11/31 (2006.01)
H01F 27/40 (2006.01)
H01F 27/08 (2006.01)
H01F 27/29 (2006.01)
H05K 1/18 (2006.01)
H05K 3/34 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012 E 15152081 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.06.2016 EP 2913136**

54 Título: **Procedimiento para la fabricación de un transformador de alto voltaje**

30 Prioridad:

31.10.2011 AT 16012011

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

01.12.2016

73 Titular/es:

**FRONIUS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Froniusstraße 1
4643 Pettenbach, AT**

72 Inventor/es:

**ARTELSMAIR, BERNHARD;
SCHULTSCHIK, CHRISTOPH;
NEUBÖCK, JOHANNES y
WOLFSGRUBER, STEFAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 592 680 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

Procedimiento para la fabricación de un transformador de alto voltaje

5 La invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de un transformador de alto voltaje, especialmente para una fuente de corriente para proporcionar una corriente para soldar de un dispositivo de soldadura por resistencia, con al menos un arrollamiento primario y al menos un arrollamiento secundario con superficies para la puesta en contacto.

10 La presente invención se refiere principalmente, pero no exclusivamente, a transformadores de alto voltaje y sus componentes para dispositivos de soldadura por resistencia, especialmente dispositivos de soldadura por puntos, en los que se producen corrientes continuas especialmente altas del orden de varios kA. El objeto de la presente solicitud de patente también abarca transformadores de alto voltaje para otros aparatos en los que se emplean corrientes continuas tan altas. Algunos ejemplos de aparatos de este tipo son los cargadores de baterías, aceleradores de partículas, dispositivos para la galvanización o similares. El documento WO2007/041729A1 por ejemplo describe un cargador de baterías y un transformador de corriente para producir una corriente continua correspondientemente alta.

15 En los dispositivos de soldadura por resistencia, las altas corrientes continuas necesarias se proporcionan con la ayuda de transformadores de alto voltaje y rectificadores correspondientes. A causa de las altas corrientes que se producen, resultan desventajosos los rectificadores de diodos debido a las pérdidas relativamente altas, por lo que se emplean principalmente rectificadores activos con elementos conmutadores formados por transistores correspondientes. Pero también los dispositivos de soldadura por resistencia con rectificadores activos, por ejemplo
20 rectificadores sincrónicos, presentan unas pérdidas relativamente altas y por tanto unos grados de eficacia relativamente bajos. Dado que en el estado de la técnica, por la estructura separada habitual, por ejemplo del transformador de alto voltaje y del rectificador, se producen considerables longitudes de conducción y por tanto pérdidas de conducción, resulta un rendimiento muy malo debido a las altas corrientes.

25 Por ejemplo, el documento DE102007042771B3 describe un procedimiento según el preámbulo de la reivindicación 1, para el funcionamiento del suministro de corriente a un dispositivo de soldadura por resistencia usando un rectificador sincrónico, con el que se puede reducir la potencia perdida y mejorar el rendimiento.

El documento JP2003-318045A describe un transformador con una estructura en capas de las espiras, que resulta inadecuada para aplicaciones de alto voltaje.

30 En trenes de fabricación en la industria automovilística se emplean una multiplicidad de dispositivos de soldadura por puntos (frecuentemente varios centenares a millares de aparatos individuales) para la fabricación de diversas uniones en la carrocería y el chasis del vehículo que ha de ser fabricado. Dado que los distintos dispositivos de soldadura por puntos ya causan pérdidas muy altas por los transformadores de alto voltaje y las líneas y los elementos conmutadores, las pérdidas totales producidas en este tipo de trenes de fabricación tienen unas
35 dimensiones enormemente elevadas, por ejemplo entre 1 MW y 50 MW. Dado que las pérdidas se traducen principalmente en forma de calor disipado, se han de tomar a su vez medidas para evacuar el calor, por lo que empeora aún más el balance energético total.

Otra desventaja resulta porque por las altas pérdidas se requieren para este tipo de instalaciones unas potencias de conexión muy altas de la red de suministro, por lo que se producen gastos muy altos por la fabricación, la puesta en servicio y la operación de una instalación de este tipo.

40 Para realizar un solo punto de soldadura con una corriente de soldadura de 20 kA, según el estado de la técnica, desde el punto de vista actual, se requiere por ejemplo una potencia de conexión de la red de suministro de hasta 150 kW, resultando en la corriente para soldar mencionada unas pérdidas de hasta 135 kW, por lo que se consigue un rendimiento muy malo de solo un 10% aproximadamente.

45 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar un procedimiento para la fabricación de un transformador de alto voltaje, mediante el que se puedan reducir las pérdidas y mejorar el balance energético y el rendimiento. Se deben reducir o evitar las desventajas de los dispositivos y procedimientos conocidos.

50 El objetivo según la invención se consigue mediante un procedimiento antes citado para la fabricación de un transformador de alto voltaje con al menos un arrollamiento primario y al menos un arrollamiento secundario con superficies para la puesta en contacto, en el que en primer lugar, superficies interiores del al menos un arrollamiento secundario se unen a un soporte en l de un material electroconductor del transformador de alto voltaje con un primer material de soldadura blanda con una primera temperatura de fusión más elevada, y a continuación, al menos una placa de contacto de un material electroconductor se une por soldadura blanda con superficies exteriores del al menos un arrollamiento secundario con al menos un segundo material de soldadura blanda con una segunda temperatura de fusión más baja en comparación con la primera temperatura de fusión. Resulta ventajoso que de esta manera se puede automatizar la fabricación, especialmente la unión por soldadura blanda, ya que a causa de la temperatura de fusión distinta durante el segundo procedimiento de soldadura blanda con la temperatura de fusión más baja ya no se pueden fundir las uniones realizadas ya durante el primer procedimiento de soldadura blanda con
55

la temperatura de fusión más alta. De esta manera, se reducen considerablemente los gastos de fabricación. Además, de esta manera se consigue que se pueda usar el mejor tipo de unión posible, de forma que se produzcan las menores pérdidas de transición posible. En una medida en la que a la al menos una placa de contacto se une una pletina con el primer material de soldadura blanda con la primera temperatura de fusión más elevada, se consigue de manera ventajosa que la placa de contacto puede someterse posteriormente en cualquier momento a procedimientos de soldadura blanda adicionales.

Después de la unión de la al menos una placa de contacto a la pletina se pueden unir elementos conmutadores a la pletina y/o la placa de contacto, especialmente a convexidades en la placa de contacto, usando el primer material de soldadura blanda con la primera temperatura de fusión más elevada. Durante ello, el posicionamiento y la unión por soldadura blanda de los elementos conmutadores así como de otros componentes electrónicos puede realizarse de forma totalmente automática.

Según las medidas en las que los elementos conmutadores, especialmente las conexiones o la carcasa de los elementos conmutadores se unen a las superficies del al menos un arrollamiento secundario con el segundo material de soldadura blanda con la segunda temperatura de fusión más baja, se consigue que la unión entre la placa de contacto y la pletina ya no se pueda fundir. De esta manera, la unidad completa, es decir, la placa de contacto, la pletina, los elementos conmutadores y otros componentes se pueden hacer pasar por un baño de soldadura blanda para la realización económica y segura de una unión por soldadura blanda.

Resulta ventajoso si un primer material de soldadura blanda presenta una primera temperatura de fusión más elevada, entre 220 °C y 300 °C, especialmente de 260 °C, y un segundo material de soldadura blanda presenta una segunda temperatura de fusión más baja, entre 120 °C y 110 °C, especialmente de 180 °C. De esta manera, queda garantizado que durante el segundo procedimiento de soldadura blanda con la temperatura de fusión más baja no se suelten las piezas fijadas durante el primer procedimiento de soldadura blanda o que no empeore la calidad de las uniones.

La invención se describe en detalle con la ayuda de los dibujos adjuntos.

25 Muestran:

- la figura 1 un dispositivo de soldadura por resistencia del estado de la técnica con un robot y unas pinzas de soldar fijadas a este, en una representación esquemática;
- la figura 2 un diagrama de bloque esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente para proporcionar la corriente para soldar;
- 30 la figura 3 un dispositivo de soldadura por resistencia, especialmente unas pinzas de soldar, con una fuente de corriente integrada para proporcionar la corriente para soldar, en una representación esquemática;
- la figura 4 un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente para proporcionar la corriente para soldar;
- 35 la figura 5 una forma de realización de la fuente de corriente para proporcionar una corriente continua;
- la figura 6 la fuente de corriente según la figura 5 en una vista de despiece;
- la figura 7 la fuente de corriente según la figura 5 estando representado el curso de los canales de refrigeración;
- la figura 8 una vista frontal del soporte en I del transformador de alto voltaje de la fuente de corriente;
- 40 la figura 9 el soporte en I según la figura 8 en una representación en sección;
- la figura 10 una placa de contacto del transformador de alto voltaje de la fuente de corriente incluidos la pletina del rectificador sincrónico y el circuito de excitación;
- la figura 11 la placa de contacto según la figura 19, en una representación en sección;
- 45 la figura 12 un arrollamiento secundario del transformador de alto voltaje con transformador de corriente, en una representación de despiece;
- la figura 13 la estructura de un arrollamiento secundario del transformador de alto voltaje en una representación de despiece;
- la figura 14 un esquema de bloques de un circuito para el suministro de energía eléctrica al rectificador sincrónico y al circuito de excitación;
- 50 la figura 15 un curso temporal de la tensión de suministro del circuito de suministro según la figura 14; y
- la figura 16 cursos temporales para ilustrar la excitación de los elementos conmutadores de un rectificador sincrónico en función de las corrientes del lado secundario del transformador de alto voltaje.

En el ejemplo de realización representado en las figuras 1 a 16 se describe una estructura de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con los componentes esenciales. Para piezas idénticas se asignaron signos de referencia idénticos en las figuras.

En la figura 1 está representado en perspectiva un dispositivo de soldadura por resistencia 1 para la soldadura por resistencia de al menos dos piezas de trabajo 2, 3 con un robot para la manipulación. El dispositivo de soldadura por resistencia 1 se compone de unas pinzas de soldar 4 fijadas al robot, con dos brazos de pinzas 5 en los que están dispuestos alojamientos 6 para alojar un electrodo 7 respectivamente. Alrededor de los electrodos 7 se extiende

respectivamente una cinta 8 que reduce la resistencia de transición durante la soldadura por resistencia y protege los electrodos 7. Además, la reproducción del punto de soldadura, originada en la cinta 8, puede ser analizada y utilizada para valorar la calidad de soldadura. La cinta 8 para la protección de los electrodos 7 se desenrolla de un dispositivo de enrollamiento 9 que puede estar dispuesto en las pinzas de soldar 4 o en los brazos de pinzas 5 y se vuelve a conducir, a lo largo de los brazos de pinzas 5, de los alojamientos de electrodo 6 y de los electrodos 7, de vuelta al dispositivo de enrollamiento 9 donde la cinta 8 se vuelve a enrollar. Para realizar la soldadura por puntos, la corriente para soldar que es suministrada por una unidad de potencia 19 correspondiente se hace pasar por los electrodos 7. De esta manera, las piezas de trabajo 2,3 se unen entre sí mediante un punto de soldadura producido durante el procedimiento de soldadura por puntos. Habitualmente, la unidad de potencia 19 para proporcionar la corriente para soldar se encuentra fuera del dispositivo de soldadura por resistencia 1, como está representado esquemáticamente en la figura 1. La corriente de suministro se conduce a través de cables 11 correspondientes a los electrodos 7 o los brazos de pinzas 5 realizados de forma electroconductora. A causa de la amplitud de la corriente para soldar del orden de varios kA se requieren unas secciones transversales relativamente grandes para los cables 11, por lo que resultan pérdidas óhmicas correspondientemente grandes.

Además, unos cables de suministro primario largos conducen a una inductancia elevada de los cables 11, por lo que está limitada la frecuencia de conmutación con la que se hace funcionar un transformador de alto voltaje 12 de una fuente de corriente 10, lo que resulta en transformadores de alto voltaje 12 muy grandes. En el estado de la técnica, la unidad de potencia 19 se encuentra en un armario de distribución al lado del robot de soldar, de manera que se requieren cables de suministro muy largo, por ejemplo de hasta 30 m, hasta el transformador de alto voltaje 12 para las pinzas de soldar 4 en el robot.

En la solución se consigue una considerable reducción de peso y de tamaño, de manera que es posible un posicionamiento de la unidad de potencia 19 directamente en el robot, especialmente en la zona del alojamiento de pinzas. Adicionalmente, la unidad de potencia 19 preferentemente se realiza de forma refrigerada por agua.

La figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con una fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente para soldar. Aunque en el ejemplo de realización representado, la fuente de corriente 10 sirve para proporcionar la corriente para soldar para el dispositivo de soldadura por resistencia 1, la fuente de corriente 10, especialmente la estructura completa del suministro de corriente también puede utilizarse también para proporcionar una corriente continua para otras aplicaciones. La fuente de corriente 10 comprende un transformador de alto voltaje 12 con al menos un arrollamiento primario 13, al menos un arrollamiento secundario 14 con toma central y un núcleo anular 15. La corriente transformada con la ayuda del transformador de alto voltaje 12 se rectifica en un rectificador síncrono 16 y se suministra a los brazos de pinzas 5 o los electrodos 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Para el control del rectificador síncrono 16 está previsto un circuito de excitación 17. El circuito de excitación 17 envía impulsos de control correspondientes a los elementos conmutadores 24 del rectificador síncrono 16 a causa de corrientes del lado secundario del transformador de alto voltaje 12 medidas por ejemplo a través de transformadores de corriente 18.

Como es generalmente conocido, a causa de las corrientes para soldar, por la suma de la longitud de conducción necesaria se producen tanto considerables pérdidas óhmicas y/o inductivas como pérdidas de paso y de conmutación en los elementos conmutadores 24 del rectificador síncrono 16. Además, también se producen pérdidas en el rectificador, en el suministro para el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17. Correspondientemente bajo es el rendimiento resultante de este tipo de dispositivos de soldadura por resistencia 1.

Para producir la corriente del lado primario del transformador de alto voltaje 12 está prevista una unidad de potencia 19 dispuesta entre una red de suministro y la fuente de corriente 10. La unidad de potencia 19 proporciona la corriente del lado primario para el transformador de alto voltaje 12 o la fuente de corriente 10 con la amplitud deseada y la frecuencia deseada.

La figura 3 muestra un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con una fuente de corriente 10 integrada en una representación esquemática. La fuente de corriente 10 está dispuesta directamente, especialmente como elemento portante, en las pinzas de soldar 4 o los brazos de pinzas 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, de manera que se puede suprimir al menos una parte de los cables 11 para llevar la corriente para soldar a los electrodos 7 y por tanto se acortan sensiblemente las longitudes de conducción, porque ya solo es necesaria la conexión a un brazo de pinzas 5. La fuente de corriente 10 presenta para realizar una puesta en contacto por varios puntos al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, estando conectados dos primeros contactos 20, 21 de una polaridad a un brazo de pinzas 5 y estando conectados dos contactos 22, 23 adicionales de una polaridad contraria al otro brazo de pinzas 5. De manera ventajosa, los dos primeros contactos 20, 21 con una polaridad y los dos contactos 22, 23 adicionales con la otra polaridad están dispuestos respectivamente en lados opuestos, estando dispuestos los dos contactos 22, 23 adicionales sustancialmente de forma desplazada en 90° con respecto a los dos primeros contactos 20, 21. Mediante la puesta en contacto por varios puntos, los cables que habitualmente se requieren para conectar el lado secundario 14 del transformador de alto voltaje 12 a los brazos de pinzas 5 o los electrodos 6 del dispositivo de soldadura por resistencia 1 se pueden evitar o se puede reducir su longitud y por tanto se pueden reducir sensiblemente tanto las pérdidas óhmicas como las pérdidas por contacto. Por lo tanto, se pueden emplear cables lo más cortos posible con secciones transversales lo más grandes posible manteniendo al mismo tiempo la flexibilidad de las pinzas de soldar 4. Otra ventaja consiste en que a causa de una puesta de contacto de este tipo se reducen

las pérdidas, especialmente las resistencias de transición de contacto. A causa de los al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23 se puede reducir a la mitad la corriente para soldar que ha de ser transmitida, por lo que se produce también una reducción de las pérdidas de transición, ya que por el aumento notable de las superficies de contacto activas se reducen las resistencias de transición. Por ejemplo, cada uno de los cuatro contactos 20, 21, 22, 23 presenta en el dimensionamiento de un transformador de alto voltaje 12 o de una fuente de corriente 19 para proporcionar una corriente continua de 20 kA una superficie de entre 15 cm x 15 cm a 25 cm x 25 cm, preferentemente de 20 cm x 20 cm.

En el ejemplo representado, la fuente de corriente 10 está realizada sustancialmente de forma cúbica, presentando la superficie lateral del cubo los contactos 20, 21, 22, 23. Los dos primeros contactos 20, 21 se conectan a un electrodo 7 y los dos contactos 22, 23 adicionales se conectan al otro electrodo 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1 a través de los brazos de pinzas 5. Como se puede ver en parte en la representación de despiece, al menos un brazo de pinzas 5, especialmente el brazo de pinzas 5 inferior, se une a través de un elemento portante 23a del brazo de pinzas 5 inferior, mientras que el brazo de pinzas 5 adicional, especialmente el superior, está unido a través de una abrazadera de unión 23b flexible a los dos contactos 22, 23 adicionales. Por lo tanto, al menos un brazo de pinzas 5 está unido directamente al transformador de alto voltaje 12 y el brazo de pinzas 5 adicional está conectado a este a través de un cable muy corto, por ejemplo más corto que 50 cm. Dado que los cables 11 entre la fuente de corriente 10 y los electrodos 7 o los brazos de pinzas 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1 se suprimen o son especialmente cortos, se pueden reducir notablemente las pérdidas óhmicas e inductivas.

Ventajas especiales resultan si al menos dos contactos 20, 21 se conectan a un brazo de pinzas 5 directamente o sin cables y por tanto sin resistencias de transición de contacto. Esto se puede conseguir si en la fuente de corriente 10 están prácticamente integrados los dos contactos 20, 21 que se conectan a las piezas correspondientes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, especialmente a los brazos de pinzas 5, directamente, es decir sin tender cables. Mediante la conexión directa de un brazo de pinzas 5 a los contactos 20, 21 del transformador de alto voltaje 12 se consigue por tanto una conexión sin cables, mientras que el segundo brazo de pinzas 5 se ha de conectar con cables muy cortos a los contactos 22, 23. De esta manera, se puede conseguir una reducción muy grande de las pérdidas de conducción, ya que la longitud de conducción se reduce al mínimo. En el estado de la técnica, en el caso óptimo, el transformador de alto voltaje se posiciona lo más cerca posible de las pinzas de soldar 4, de manera que a continuación se han de tender los cables del transformador de alto voltaje 12 a las pinzas de soldar 4, mientras que el transformador de alto voltaje 12 está integrado en las pinzas de soldar 4 y al mismo tiempo un brazo de pinzas 5 está fijado directamente al transformador de alto voltaje 12, de manera que ya solo el segundo brazo de pinzas 5 se ha de conectar con uno o dos cables cortos. Evidentemente, en lugar de cables pueden usarse por ejemplo también contactos deslizantes u otros elementos de conexión. También las pérdidas dentro de la fuente de corriente 10 pueden reducirse notablemente por el modo de construcción compacto y la conexión directa, es decir sin cables, de los componentes de la fuente de corriente 10.

De manera ventajosa, todos los componentes de la fuente de corriente 10, así como el rectificador sincrónico 16, el circuito de excitación 17, los transformadores de corriente 18 y todos los circuitos de suministro para el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 están contenidos en la unidad cúbica o paralelepípedica. Esto quiere decir que por la integración de los componentes/circuitos electrónicos se crea una unidad constructiva en forma de un cubo en el que el usuario ha de proporcionar en el lado primario ya solo la energía en forma de la tensión alterna correspondiente o la corriente alterna correspondiente para obtener en el lado secundario una corriente continua dimensionada correspondientemente o una tensión continua dimensionada correspondientemente con una alta potencia. El control y la regulación se realizan de forma autónoma en el cubo o la fuente de corriente 10. Por lo tanto, el cubo o la fuente de corriente 10 se pueden usar de manera versátil para el suministro de una alta corriente continua a componentes. Especialmente, la fuente de corriente 10 sirve para el suministro de una tensión reducida y una alta corriente, como es usual en procesos de soldadura por resistencia.

En caso del uso en un proceso de soldadura por resistencia, también partes de la fuente de corriente 10 realizada de forma cúbica pueden estar formadas por componentes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, por ejemplo partes de los brazos de pinzas 5 o similares, tal como está representado. El cubo o la fuente de corriente 10 tiene entonces una función portante estando fijado un brazo de pinzas 5 directamente al cubo. El brazo de pinzas 5 adicional se contacta a través de cables de conexión (no representados). Mediante esta estructura se pueden evitar cables de alimentación largos, de manera que se consigue una reducción notable de las pérdidas. Para que el cubo no obstante se pueda integrar en unas pinzas de soldar 5 de este tipo, es necesario que su tamaño de construcción se mantenga lo más reducido posible. Por ejemplo, con un dimensionamiento de la corriente continua a proporcionar de hasta 20 kA, el cubo o la fuente de corriente 10 presenta una longitud lateral de entre 10 cm y 20 cm, especialmente de 15 cm. Por esta configuración compacta de la fuente de corriente 10 cúbica es posible fácilmente integrarla por ejemplo en el cuerpo base de las pinzas de soldar 4.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, especialmente una corriente para soldar. En esta variante de realización preferible de la fuente de corriente 10, diez arrollamientos primarios 13 del transformador de alto voltaje 12 están conectados en serie y diez arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12 con toma central están conectados en paralelo. Mediante esta realización del transformador de alto voltaje 12 se puede conseguir la relación de transmisión correspondientemente alta para conseguir una corriente correspondientemente alta en el lado secundario, incluso en

caos de reducidos números de espiras de los arrollamientos primarios 13 y reducidos números de espiras de los arrollamientos secundarios 14. Por ejemplo, con diez arrollamientos primarios 13 e igualmente diez arrollamientos secundarios 14 se puede conseguir una relación de transmisión de 100. La corriente primaria fluye por los arrollamientos primarios 13 conectados en serie del transformador de alto voltaje 12, mientras que la corriente relativamente alta en el lado secundario se divide entre los diez arrollamientos secundarios 14 conectados en paralelo. Las corrientes parciales del lado secundario se suministran a los elementos conmutadores 24 correspondientes del rectificador sincrónico 16. Mediante una distribución de este tipo, a pesar de reducidos números de espiras en el lado primario y el lado secundario resulta una relación de transmisión correspondientemente alta (aquí de 100). Mediante esta construcción, al contrario de los transformadores de alto voltaje convencionales se requieren unos números de espiras más reducidos en el lado primario, por lo que se pueden reducir la longitud del arrollamiento primario 13 y por tanto las pérdidas óhmicas. Por el número de espiras reducido del arrollamiento primario 13 y por tanto una reducción resultante de la longitud de conducción se reduce a su vez la inductancia de dispersión, típica del sistema, del transformador de alto voltaje 12, por lo que el transformador de alto voltaje 12 se puede hacer funcionar con frecuencias de conmutación más altas, por ejemplo de 10 kHz. Los transformadores de alto voltaje convencionales con frecuencias de conmutación más altas causan a su vez una reducción del tamaño de construcción y del peso del transformador de alto voltaje 12 y por tanto unas posibilidades de montaje ventajosas. De esta manera, el transformador de alto voltaje 12 puede posicionarse por ejemplo muy cerca del electrodo 7 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1. Por lo tanto, se puede reducir también la carga de soporte del robot de soldar a causa del peso reducido del transformador de alto voltaje 12, de manera que basta con un robot de soldar pequeño, más barato.

Los transformadores convencionales en los que no se realiza ningún circuito en serie / en paralelo del arrollamiento primario y del arrollamiento secundario requerirían correspondientemente más espiras primarias, lo que tendría como consecuencia unas longitudes de alambre notablemente más largas en el lado primario. A causa de la mayor longitud de alambres aumentan por una parte las pérdidas óhmicas y por otra parte resulta una mayor inductancia de dispersión, por lo que las frecuencias con las que se puede hacer funcionar el transformador del estado de la técnica están limitadas a unos kHz.

Al contrario de ello, en la construcción aquí descrita del transformador de alto voltaje 12, las pérdidas óhmicas y la inductancia de dispersión, condicionada por el sistema, de los arrollamientos primarios 13 y los arrollamientos secundarios 14 son reducidas, por lo que se pueden usar frecuencias del rango de 10 kHz y superior. De esta manera, a su vez se puede conseguir un tamaño de construcción notablemente más pequeño del transformador de alto voltaje 12. El tamaño de construcción más pequeño del transformador de alto voltaje 12 o de la fuente de corriente 10 permite a su vez disponer este o esta más cerca del lugar donde se necesita la corriente generada, por ejemplo en los brazos de pinzas 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Por el circuito paralelo de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12, la alta corriente resultante en el lado secundario se divide entre varias corrientes parciales. Estas corrientes parciales se transmiten a elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16, como está representada esquemáticamente, para la activación de los elementos conmutadores 24 está previsto un circuito de excitación 17 representado en la zona del arrollamiento primario 13 y del arrollamiento secundario 14, estando dispuestos tanto el rectificador sincrónico 16 como el circuito de excitación 17 con el sistema sensorial correspondiente dentro del cubo, es decir dentro del transformador de alto voltaje 12. El rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 están realizados y dimensionados de tal forma que realizan la regulación y el control de la fuente de corriente 10 de forma autónoma, es decir sin influencia desde fuera. Por lo tanto, el cubo preferentemente no presenta cables de control para la intervención desde fuera, sino tan solo conexiones o contactos para el suministro en el lado primario y conexiones o contactos para el suministro de la energía generada en el lado secundario, especialmente de la alta corriente continua secundaria.

Sin embargo, es posible tender al exterior una conexión correspondiente del circuito de excitación 17 para poder definir valores teóricos para el circuito de excitación 17. Mediante adaptaciones externas, la fuente de corriente 10 se puede adaptar óptimamente al campo de aplicación. Como es conocido por el estado de la técnica, sin embargo, se pueden usar sistemas para la modificación o la transmisión de datos que trabajen de forma inalámbrica, preferentemente de forma inductiva, magnética o por Bluetooth, de manera que no se tenga que tender al exterior ninguna conexión de control.

El control y/o la regulación de la fuente de corriente 19 se realizan a través del sistema sensorial integrado. A través de la medición de las corrientes en el lado secundario de un arrollamiento secundario 14 con la ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de excitación 17 recibe la información de en qué momentos han de conmutarse los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16. Dado que los transformadores de corriente 18 miden solo una fracción, aquí una décima parte, de la corriente en el lado secundario del transformador de alto voltaje 12, se pueden realizar de forma más pequeña, lo que a su vez repercute positivamente en el tamaño de construcción de la fuente de corriente 10.

Para reducir las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación, los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se conmutan a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12. Dado que desde el registro del pasaje por cero

de la corriente del lado secundario por los transformadores de corriente 18 hasta la activación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se producen ciertos retrasos, el circuito de excitación 17 está configurado para conmutar los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario 14. El circuito de excitación 17 provoca por tanto la conmutación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 en un momento en el que las corrientes en el arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, medidas por los transformadores de corriente 18 quedan por debajo por encima de un umbral de conexión y de desconexión determinado. Mediante esta medida se puede conseguir que los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes por el arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, por lo que se pueden minimizar las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación (véase también la figura 16).

Para un arrollamiento primario 13 y un arrollamiento secundario 14, en la figura 4 también está representado el circuito de suministro 48 para suministrar energía eléctrica al rectificador sincrónico 16 y al circuito de excitación 17. También este circuito de suministro 48 está integrado preferentemente en la fuente de corriente 10, es decir en el cubo. Dado que debe quedar garantizado el suministro de energía eléctrica suficiente al rectificador sincrónico 16 y al circuito de excitación 17 de la fuente de corriente 19 en el momento deseado del suministro de la corriente continua, por ejemplo de la corriente para soldar, es necesaria una activación suficientemente rápida del circuito de suministro 48 (véase la figura 15), o este está realizado de tal forma que al activarse la fuente de corriente 10 esté disponible lo más rápidamente posible una tensión de suministro suficientemente alta y que a continuación se suministre la potencia necesaria o la corriente necesaria.

La figura 5 muestra la forma de realización de la fuente de corriente 10 según la figura 3 en una representación aumentada. La fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, por ejemplo una corriente para soldar, presenta sustancialmente la forma de un cubo o un paralelepípedo, representando las superficies laterales del cubo o paralelepípedo los contactos 20, 21, 22, 23, a través de los que la corriente continua producida puede ser transmitida al consumidor correspondiente, por ejemplo los brazos de pinzas 5 o los electrodos 7 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1. Todos los componentes de la fuente de corriente 10, es decir, el transformador de alto voltaje 12, el rectificador sincrónico 16, el circuito de excitación 17, los transformadores de corriente 18, el circuito de suministro 48 etc. están contenidos o integrados en dicho elemento cúbico o paralelepipedico de la fuente de corriente 10. Mediante este modo de construcción compacto es posible mantener especialmente reducidas las pérdidas de la fuente de corriente 10 y por tanto aumentar notablemente su rendimiento, ya que con la integración de los componentes eléctricos, especialmente de las pletinas con el rectificador sincrónico 16, del circuito de excitación 17 y del circuito de suministro 48 en el cubo se consigue una reducción óptima de los cables y por tanto de los tiempos de conmutación. Por la integración del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17 así como de los circuitos de suministro 48 de la fuente de corriente 10 en el transformador de alto voltaje 12 así como la conexión en paralelo de varios elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y la conexión inalámbrica de los elementos conmutadores 24 a los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12 no se necesitan cables entre el rectificador sincrónico 16 y el lado secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, por lo que se suprimen también posibles pérdidas óhmicas y otras pérdidas por cables de este tipo. La unidad de potencia 19 para la alimentación del transformador de alto voltaje 12 se posiciona lo más cerca posible de este para conseguir unos cables de conexión lo más cortos posible y por tanto unas pérdidas de conducción e inductancias de conducción reducidas. Por la integración de todos los componentes queda formada una unidad autónoma que en el lado de entrada tan solo ha de conectarse a la unidad de potencia 19 y en el lado de salida - en el caso de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 - a los brazos de pinzas 5 o los electrodos 7. Los cables habituales entre los distintos circuitos de la fuente de corriente 10 pueden suprimirse o al menos reducirse notablemente de longitud.

La base del transformador de alto voltaje 12 de la fuente de corriente 10 forma un elemento de transformador en forma de un soporte en I 25 de un material electroconductor, especialmente cobre o una aleación de cobre, eventualmente con un recubrimiento, por ejemplo de plata. En las concavidades 25a del soporte en I 25 se disponen por ejemplo los núcleos anulares 15 con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12. En cuanto al espacio resulta ventajoso si los núcleos anulares 15 no presentan una sección transversal redonda circular, sino ovalada o plana. En el ejemplo de realización representado, en cada concavidad 25a del soporte en I 25 están dispuestos en paralelo respectivamente cinco núcleos anulares 15 con los arrollamientos secundarios 14 correspondientes. El arrollamiento primario 13 o los arrollamientos primarios 13 interconectados en serie (línea de puntos y rayas) se extienden pasando por los núcleos anulares 15, dispuestos en las concavidades 25a del soporte en I 25, y alrededor del alma central del soporte en I 25. Mediante esta extensión del arrollamiento primario 13 por los núcleos anulares 15 dispuestos especialmente de forma simétrica en las dos concavidades 25a del soporte en I 25, se puede conseguir un acoplamiento magnético óptimo a los arrollamientos secundarios 14. Las conexiones 26 del arrollamiento primario 13 se tienden al exterior a través de al menos una abertura 27 en una superficie exterior 28 del soporte en I 25. A través de estas conexiones 26, el arrollamiento primario 13 del transformador de alto voltaje 12 se puede conectar a la unidad de potencia 19 correspondiente. Las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 forman los dos primeros contactos 20, 21 de la fuente de corriente 10 que se conectan por ejemplo a un electrodo 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Encima de las concavidades 25a del soporte en I 25 se encuentran placas de contacto 29, cuyas superficies exteriores forman los dos contactos 22, 23 adicionales de la fuente de corriente 10 y están aisladas con respecto al

soporte en I 25. Las placas de contacto 29 igualmente están formadas por un material electroconductor, por ejemplo cobre o una aleación de cobre, eventualmente con un recubrimiento, por ejemplo de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan unas propiedades eléctricas óptimas y muestran una buena termoconductividad, por lo que se pueden evacuar más rápidamente pérdidas de calor originadas. El recubrimiento de plata evita una oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o de aleaciones de cobre entran en consideración también aluminio o aleaciones de aluminio que presentan una ventaja de peso frente al cobre, aunque no es tan elevada su resistencia a la corrosión. En lugar de un recubrimiento de plata también es posible un recubrimiento de estaño y de otros materiales o sus compuestos o capas. Entre las placas de contacto 29 y las conexiones correspondientes de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12 están dispuestas las pletinas 35 del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17. Estas pletinas 35 o placas de circuitos impresos están unidos por soldadura blanda directamente a las placas de contacto 29 y a continuación se fijan de forma aislada al soporte en I 25. Mediante este modo de construcción, las conexiones del lado secundario del transformador de alto voltaje 13 pueden conectarse o ponerse en contacto directamente con los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16, sin tener que tender cables. Las salidas del rectificador sincrónico 16 preferentemente están conectadas igualmente de forma directa a las placas de contacto 29, por lo que no se necesitan cables. Las placas de contacto 29 se unen al soporte en I 25, preferentemente por unión atornillada (no representada). En las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 así como en las superficies exteriores de las placas de contacto 29 pueden estar dispuestos dispositivos de unión 30, por ejemplo taladros con roscas correspondientes para recibir tornillos. A través de estos dispositivos de unión 30 se pueden fijar por ejemplo los cables hacia los brazos de pinzas 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 o de otros aparatos a los que ha de suministrarse la corriente continua, o bien, se puede fijar un brazo de pinzas 5 directamente al soporte en I 25 o a las placas de contacto 29.

En el lado superior y el lado inferior de la fuente de corriente 19 cúbica o paralelepípedica pueden estar dispuestas placas de recubrimiento 31 y estar unidas al soporte en I 25 y a las placas de contacto 29, por ejemplo por unión atornillada (véase la figura 6). Preferentemente, las placas de recubrimiento 31 igualmente están formadas por un material electroconductor y están atornilladas a las placas de contacto 29, por lo que resulta una unidad estable del transformador de alto voltaje 12 y a través de las placas de recubrimiento 31 se establece también una conexión eléctrica entre las placas de contacto 29. De esta manera, se consigue que a través de la placa de recubrimiento 31 se puede producir una compensación de carga y por tanto no pueden producirse cargas no simétricas del transformador de alto voltaje 12. De esta manera, se puede suprimir un cable eléctrico separado que interconectaría eléctricamente las dos placas de contacto 29 para realizar la compensación de tensión o de potencial y evitar faltas de simetría. A través de las placas de recubrimiento 31 se establece por tanto la conexión eléctrica de las dos placas de contacto 29 de la disposición simétrica del transformador de alto voltaje 12 o de la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente para soldar. En este caso, evidentemente tiene que quedar garantizado un aislamiento correspondiente hacia el soporte en I 25. Las placas de recubrimiento 31, al igual que el soporte en I 25 y las placas de contacto 29, preferentemente están formadas por cobre o una aleación de cobre, preferentemente con un recubrimiento de plata.

En una superficie exterior 28 del soporte en I 25, especialmente en el primer contacto 20, están dispuestas dos entradas 32 para la alimentación de un fluido refrigerador y una salida 33 para la evacuación del fluido refrigerador, para permitir una refrigeración de los componentes de la fuente de corriente 10. La sección transversal de la salida 33 para la evacuación del fluido refrigerador presenta la suma de las secciones transversales de todas las entradas 32 para la alimentación del fluido refrigerador. Para un curso óptimo del fluido refrigerador, los canales de refrigeración 39 están dispuestos correspondientemente (véanse las figuras 9 y 11). Como fluido refrigerador se puede utilizar agua u otro líquido, pero también un medio refrigerante gaseoso.

Como se puede ver en la representación de despiece de la fuente de corriente 10 según la figura 6, los transformadores de corriente 18 para la medición de las corrientes del lado secundario del transformador de alto voltaje 12 están emplazados directamente en los arrollamientos secundarios 14 dispuestos arriba del todo, es decir, respectivamente en el primer arrollamiento secundario 14 o el superior, a ambos lados del soporte en I 25 está dispuesto un transformador de corriente 18 de tal forma que a causa de la corriente inducida, la corriente puede ser determinada por dicho arrollamiento secundario 14. Para evitar la influencia de campos magnéticos ajenos en las corrientes medidas por los transformadores de corriente 18, está dispuesta preferentemente encima de los transformadores de corriente 18, para su aislamiento, una carcasa 34 de un material conductor magnéticamente, por ejemplo de ferritas.

Los transformadores de corriente 18 están dispuestos a ambos lados del soporte en I 25 respectivamente sobre el primer y el segundo arrollamiento secundario 14. A causa del flujo de corriente por los arrollamientos primarios 13, la corriente sale en un lado del soporte en I 25, por lo que el arrollamiento secundario 14 superior forma por tanto el primer arrollamiento secundario 14, mientras que en el lado opuesto entra ahora la corriente al primer arrollamiento secundario 14, por lo que este forma el segundo arrollamiento secundario. Por el uso de un puente integral es necesario que el flujo de corriente sea registrado siempre por el primer y el segundo arrollamiento secundario 14 independientemente entre sí, de manera que según la dependencia de la corriente se puedan excitar los elementos conmutadores 24 correspondientes del transformador sincrónico 16. De esta manera, es posible que los elementos conmutadores 24 de los dos lados del soporte en I 25 sean excitados de forma prácticamente sincrónica por una señal de excitación causada por un transformador de corriente 18.

Entre las placas de contacto 29 y el soporte en I 25 están dispuestas las pletinas 35 del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17. Las pletinas 35 forman al mismo tiempo el aislamiento necesario entre el soporte en I y las placas de contacto 29. Los elementos conmutadores 24 correspondientes del rectificador sincrónico 16 se contactan directamente con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12. A través de convexidades 36 correspondientes, especialmente convexidades en forma de almenas, en la superficie interior de la placa de contacto 29, y aberturas 37 correspondientes en la pletina 35 por debajo de los elementos conmutadores 24 se puede realizar una puesta en contacto directa de los elementos conmutadores 24 con las placas de contacto 29. Los elementos conmutadores 24 están formados preferentemente por transistores de efecto de campo adecuados, cuyas conexiones de drenaje están formadas por su carcasa. La carcasa de los transistores de efecto de campo se conectan directamente o de forma inalámbrica al al menos un arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, de manera que no se requieren cables entre estas unidades. Por ejemplo, se emplean transistores de efecto de campo de silicio o de nitruro de galio. Los transformadores de corriente 18 se conectan directamente a la pletina 35 contigua del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17 y, a través de un cable 38 adecuado, a la pletina 35 opuesta del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17.

El ensamblaje de la fuente de corriente 10 según las figuras 5 y 6 se realiza según la invención con un procedimiento de soldadura blanda usando dos temperaturas de soldadura blanda distintas. En primer lugar, los arrollamientos secundarios 14 se unen a las concavidades 25a del soporte en I 25 usando un material de soldadura blanda, especialmente un estaño de soldadura blanda, que se funde a una primera temperatura T_{S1} más elevada, por ejemplo a 260 °C. También las placas de contacto 29 se ponen en contacto con las pletinas 35 usando un material de soldadura blanda que se funde a una primera temperatura T_{S1} más elevada, por ejemplo a 260 °C. Después, a su vez usando un material de soldadura blanda que se funde a la primera temperatura T_{S1} más elevada, por ejemplo a 260 °C, los componentes del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17 se montan sobre la pletina 35. Por el efecto capilar de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29 no existe ningún peligro de que la pletina 35 se suelte de la placa de contacto 29. Después de estos pasos de trabajo, en los contactos exteriores de los arrollamientos secundarios 14 y los contactos en las pletinas 35 se aplica tamizando un material de soldadura blanda con una segunda temperatura de fusión T_{S2} inferior a la primera T_{S1} , por ejemplo de 180 °C, las placas de contacto 29 se unen a las pletinas 35 con el soporte en I 25, preferentemente por unión atornillada, y después, se calienta por encima de la segunda temperatura de fusión T_{S2} del material de soldadura blanda, por ejemplo a 180 °C, de manera que se establece la unión de los arrollamientos secundarios 14 con los elementos conmutadores 24 de los rectificadores sincrónicos 16. Mediante el uso de un material de soldadura blanda con esta segunda temperatura de fusión T_{S2} más baja se puede garantizar que las uniones por soldadura blanda realizadas con el material de soldadura blanda con la temperatura de fusión T_{S1} más elevada no se fundan o aumenten en ohmicidad por los procesos de cristalización. Finalmente, el arrollamiento primario 13 se hace pasar por los núcleos anulares 15 y, a continuación, se monta el transformador de corriente 18 y se tiende el cable 38. Fijando las placas de recubrimiento 31 queda acabada la fuente de corriente 10. Para reducir las fuerzas de tracción y de flexión sobre los componentes de la fuente de corriente 10, se puede realizar antes del montaje de las placas de recubrimiento 31 la colada de todos los espacios huecos. A través de aberturas previstas para ello (no representadas), por ejemplo en las placas de recubrimiento 31, la colada se puede realizar también después del montaje de las placas de recubrimiento 31.

La figura 7 muestra la fuente de corriente 10 según las figuras 5 y 6 con el curso indicado de los canales de refrigeración 39 (representado con líneas discontinuas). Por consiguiente, los canales de refrigeración 39 se extienden desde las dos entradas 32 dispuestas de forma simétrica, en primer lugar a las placas de contacto 29 donde las fuentes de calor más fuertes (los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y los componentes del circuito de excitación 17) y los componentes más sensibles se refrigeran con el fluido refrigerador frío. Después, los canales de refrigeración 39 se extienden a los elementos exteriores del soporte en I 25 y al alma central del soporte en I 25 donde se refrigeran los arrollamientos del transformador de alto voltaje 12, reuniéndose en el alma central los dos canales de refrigeración 39 que entran lateralmente, formando un único canal de refrigeración 39. Después, los canales de refrigeración 39 desembocan en una salida 33 común para el fluido refrigerador. Los canales de refrigeración en las placas de contacto 29 y en el soporte en I 25 se realizan preferentemente mediante taladros 40 correspondientes que en los puntos correspondientes se cierran mediante elementos de cierre 41. Entre el soporte en I 25 y las placas de contacto 29 se disponen para la estanqueización de los canales de refrigeración 39 elementos de estanqueización 42 correspondientes, por ejemplo anillos tóricos (véase la figura 8).

En la figura 8, el soporte en I 25 del transformador de alto voltaje 12 está representado de forma aislada de los demás componentes del transformador de alto voltaje 12 o de la fuente de corriente 10. En los puntos de desembocadura de los canales de refrigeración 39 están dispuestos los elementos de estanqueización 42 mencionados anteriormente, por ejemplo en forma de anillos tóricos. Las concavidades 25a en el soporte en I 25 están configuradas exactamente para alojar el núcleo anular 15, con lo que se consigue una estructura muy compacta. Al mismo tiempo, el alma central del soporte en I 25 forma la superficie de contacto para la toma central de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12. Las tomas centrales de los arrollamientos secundarios 14 se unen de forma inalámbrica al alma central del soporte en I 25, por lo que a su vez pueden suprimirse los cables correspondientes. Mediante la unión directa de los arrollamientos secundarios 14 al soporte en I 25 se consigue un aumento notable de la superficie de conexión y se pueden evitar por tanto a su vez pérdidas de transición y pérdidas de conducción.

El soporte en I 25 forma la base del transformador de alto voltaje 12, alrededor del cual están dispuestos los arrollamientos secundarios 14 de tal forma que no se requieren cables de conexión. Las superficies exteriores del soporte en I 25 constituyen los dos primeros contactos 20, 21 de la fuente de corriente 10 que se conectan directamente, es decir, de forma inalámbrica, a los brazos de pinzas 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Una disposición que ahorra espacio se consigue porque los núcleos anulares 15 no están realizados de forma circular, sino de forma ovalada o plana. Preferentemente, se usan núcleos anulares 15 cerrados. Mediante esta realización, se puede realizar la conexión en serie / en paralelo de los arrollamientos primarios 13 y de los arrollamientos secundarios 14, mediante la que se consigue la relación de transmisión necesaria del transformador de alto voltaje 12 para la corriente continua que ha de ser proporcionada con números de espiras reducidas de los arrollamientos primarios 13 y los arrollamientos secundarios 14. Una estructura de este tipo resulta especialmente ventajosa si a cada lado del soporte en I 25 se disponen al menos tres arrollamientos secundarios 14 conectados en paralelo.

La figura 9 muestra la imagen en sección a través del soporte en I 25 de la figura 8 a lo largo de la línea de sección IX-IX. En esta se puede ver claramente el curso de los canales de refrigeración 39 hacia la salida 33 común para el fluido refrigerador.

La figura 10 muestra una placa de contacto 29 del transformador de alto voltaje 12 o de la fuente de corriente 10, así como la pletina 35 dispuesta encima de esta para el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 en una representación aumentada. Como ya se ha mencionado anteriormente, los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se conectan en un lado directamente a los arrollamientos secundarios 14 correspondientes del transformador de alto voltaje 12 y, en el otro lado, directamente a la placa de contacto 29. Para este fin, en la superficie interior de la placa de contacto 29 están dispuestas convexidades 36, especialmente convexidades en forma de almenas, que se asoman a aberturas 37 correspondientes en la pletina 35 contactando allí directamente, es decir, de forma inalámbrica, las conexiones de fuente de los elementos conmutadores 24 dispuestos encima de las aberturas 37. Por las convexidades 36 se puede prescindir de cables de conexión entre los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y las placas de contacto 29, por lo que por una parte se pueden reducir pérdidas óhmicas y por otra parte se puede mejorar la transición térmica entre los elementos conmutadores 24 y las placas de contacto 29. Finalmente, se reduce también el gasto de fabricación, ya que no se tienen que tender y conectar cables de conexión, sino que los elementos conmutadores 24 se unen directamente a las convexidades 36, preferentemente por soldadura blanda. Además, de esta manera se hace posible un posicionamiento fácil de la pletina 35 y por tanto se simplifica considerablemente la fabricación.

Mediante la disposición del circuito de excitación 17 y del rectificador sincrónico 16 sobre la pletina 35 que se dispone en el lado interior de la placa de contacto 29 se consigue la puesta en contacto directa o inalámbrica de las conexiones de los arrollamientos secundarios 14 a los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y también una puesta en contacto directa o inalámbrica de las salidas del rectificador sincrónico 16 a la placa de contacto 29. Preferentemente, el transformador de alto voltaje 12 o la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente continua está estructurada de forma simétrica, estando dispuestas a ambos lados del arrollamiento secundario 14 dispuesto simétricamente sendas pletinas 35 con una parte del rectificador sincrónico 16 y del circuito de excitación 17 respectivamente por debajo de una placa de contacto 29.

En el rectificador sincrónico 16 según la figura 10 están dispuestos en serie respectivamente diez elementos conmutadores 24. Para garantizar que todos los elementos conmutadores 24 conectados en paralelo sean excitados sustancialmente al mismo tiempo y que tengan poco efecto las pérdidas de retardo, se realiza una excitación simétrica de los elementos conmutadores 24 desde ambos lados, es decir que a través de controladores de puerta dispuestos bilateralmente son excitados preferentemente cinco elementos conmutadores 24 respectivamente desde la derecha y la izquierda. También se pueden disponer otras variantes de excitación como por ejemplo un controlador de puerta que se extienda adicionalmente de forma central, por lo que se dividen por tres las longitudes de conducción y sus inductancias. Mediante una excitación paralela de este tipo de las puertas de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se garantizan unos recorridos de excitación cortos y por tanto unos tiempos de conmutación aproximadamente sincrónicos de los elementos conmutadores 24, ya que no se producen o apenas se producen pérdidas de retardo.

Durante el montaje de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29, las convexidades 36 de la placa de contacto 29 pasan a través de las aberturas 37 de la pletina 35, por lo que al mismo tiempo, el lado posterior de la pletina 35 se puede unir por soldadura blanda de forma segura y, elementos conmutadores 24 dispuestos adicionalmente en el lado opuesto igualmente se pueden unir por soldadura a la placa de contacto 29. De esta manera, se puede suprimir el elevado gasto de cableado habitual. Además, de esta manera es posible un posicionamiento fácil de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29, y esta ya no puede resbalar durante la unión por soldadura blanda. Si sobre la pletina 35 están dispuestos el rectificador sincrónico 16, el circuito de excitación 17 y el circuito de suministro 48 se consigue una estructura autónoma con la integración de la pletina 35 en el transformador de alto voltaje 12. Asimismo, resulta ventajoso si el circuito de excitación 17 está dispuesto a ambos lados de los elementos conmutadores 24 dispuestos en paralelo y en serie, ya que de esta manera se consigue acortar los trayectos de conducción hacia los distintos elementos conmutadores 24. De esta manera, se puede garantizar que dentro de un período de tiempo muy corto están conectados todos los elementos conmutadores 24 conectados en paralelo. Mediante la disposición bilateral del circuito de excitación 17 se consigue reducir a la mitad la longitud de conducción

y por consiguiente reducir los tiempos de conmutación 24. En un lado de la pletina 35 está prevista preferentemente por toda la superficie una superficie soldable para la unión por soldadura blanda a la placa de contacto 29, con lo que se puede conseguir una unión segura con la placa de contacto 29. Por lo tanto, se pueden reducir considerablemente también las resistencias de transición, ya que una unión por toda la superficie de la pletina 35 presenta una menor resistencia de transición. En lugar de la unión directa preferible mediante soldadura blanda también se pueden prever alambres de unión cortos, los llamados alambres de conexión eléctrica.

El circuito de suministro 48 preferentemente está realizado para la formación de corrientes de conmutación correspondientemente altas, por ejemplo entre 800 A y 1500 A, especialmente de 1000 A, y para suministrar la tensión de suministro correspondiente a los componentes. Por la corriente de conmutación muy alta se puede conseguir un tiempo de conmutación muy reducido, especialmente del orden de ns. De esta manera, se puede garantizar que siempre durante el pasaje por cero o inmediatamente antes del pasaje por cero con una corriente de salida reducida se conmuten los elementos conmutadores 24, de manera que no se producen o apenas se producen pérdidas por conmutación. Si está previsto un circuito de comunicación de datos para la transmisión inalámbrica de datos, preferentemente de forma inductiva, magnética o por Bluetooth, pueden ser transmitidos datos de forma inalámbrica de y a la pletina 35 (no está representado). De esta manera, se puede realizar una adaptación de los momentos de conmutación en diferentes campos de uso del transformador de alto voltaje 12. Igualmente, de una memoria (no representada) dispuesta en la pletina 35 se pueden leer datos para el siguiente procesamiento o el control o para una supervisión de calidad.

Para realizar una protección de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 contra sobretensiones, resulta ventajoso conectar los elementos conmutadores 24 cuando no se necesitan. Por lo tanto, en el caso de la aplicación en un dispositivo de soldadura por resistencia 1, en las pausas de soldadura se activa el rectificador sincrónico 16 activo para evitar una destrucción de los elementos conmutadores 24. Se vigila si fluye una corriente primaria o una corriente secundaria por el transformador de alto voltaje 12, y si no hay ningún flujo de corriente, mientras las pinzas de soldar 4 se posicionan para un nuevo punto de soldadura, el circuito de excitación 17 activa todos los elementos conmutadores 24 mediante la excitación correspondiente de las puertas. Si después del posicionamiento de las pinzas de soldar 4 se activa la fuente de corriente 10, es decir, se inicia un proceso de soldadura manual o automático, en el arrollamiento primario 13 del transformador de alto voltaje 12 se aplica una tensión alterna que a su vez es detectada por el circuito de excitación 17 a causa de un flujo de corriente, y por tanto se desactiva el modo de protección de los elementos conmutadores 24. Evidentemente, la activación y la desactivación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 también puede realizarse a través de señales de control que se envían por radioenlace o de forma inductiva o magnética al circuito de excitación 17. En los elementos conmutadores 24 conectados, posibles sobretensiones no pueden causar daños. También se puede prever cierta protección mínima de los elementos conmutadores 24 con la ayuda de diodos de avalancha.

La figura 11 muestra una imagen en sección a través de la placa de contacto 29 según la figura 10 a lo largo de la línea de sección XI-XI. Aquí se puede ver claramente el curso de los canales de refrigeración 39. Las aberturas originadas durante la fabricación en los taladros 40 para la formación de los canales de refrigeración 39 se estanqueizan mediante elementos de cierre 41 correspondientes. Los elementos de cierre 41 pueden estar realizados mediante tornillos correspondientes que se enroscan en roscas correspondientes en los taladros 40.

La figura 12 muestra un núcleo anular 15 con dos arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12, dispuestos sobre este, además de un transformador de corriente 18 dispuesto por encima de ello, que está representado en una representación de despiece. El transformador de corriente 18 se protege con la carcasa 34 aislante y un aislamiento 43 contra campos magnéticos ajenos, de manera que la corriente del lado secundario puede ser medida lo más exactamente posible por el arrollamiento secundario 14 y ser suministrada al circuito de excitación 17 para el control de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16. Para el aislamiento de campos magnéticos, como materiales resultan especialmente adecuadas las ferritas. El transformador de corriente 18 se posiciona o se fija a través de una zona parcial de uno de los dos arrollamientos secundarios 14 dispuestos. Como es conocido por el estado de la técnica, el transformador de corriente 18 se forma por un núcleo magnético con un arrollamiento dispuesto por encima, y las conexiones del arrollamiento se conectan al circuito de excitación 17. Además, entre el núcleo anular 15 y el arrollamiento secundario 14 están dispuestos el aislamiento 43 y una chapa de núcleo para el transformador de corriente 18, y el núcleo del transformador de corriente 18 se coloca sobre dicha chapa de núcleo.

En esta estructura del transformador de alto voltaje 12, dos arrollamientos secundarios 14 estructuradas de esta manera están dispuestos a ambos lados del soporte en I 25, de manera que el circuito de excitación 17 mide el flujo de corriente por uno de los arrollamientos secundarios 14 conectados y posicionados en paralelo en ambos lados. Cuando el circuito de excitación 17 está conectados a estos transformadores de corriente 18 es posible un control o una regulación exactos, ya que a través de los transformadores de corriente 18 pueden registrarse los estados en el transformador de alto voltaje 12.

A causa de la conexión en paralelo, descrita anteriormente, de los arrollamientos secundarios 14, en cada arrollamiento secundario 14 fluye la misma corriente. Por lo tanto, se tiene que tomar solo la corriente de un arrollamiento secundario 14 para poder sacar conclusiones sobre el flujo de corriente total. En caso de una conexión en paralelo de diez arrollamientos secundarios 14, solo una décima parte del flujo total de corriente es medida por

los transformadores de corriente 18, por lo que estos se pueden dimensionar de forma notablemente más pequeña. De esta manera, se consigue a su vez una reducción del tamaño de construcción del transformador de alto voltaje 12 o de la fuente de corriente 10. Resulta ventajoso si los transformadores de corriente 18 están dispuestos de forma orientada sustancialmente 90° con respecto a la dirección de la corriente continua, especialmente de la corriente para soldar, ya que de esta manera se reducen las interferencias por el campo magnético causado por la corriente continua, y por tanto los errores de medición. Por lo tanto, se puede realizar una medición muy exacta.

Como se puede ver en la representación de despiece según la figura 13, los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12 preferentemente están formados por dos chapas 44, 45 aisladas una de otra mediante una capa aislante 46, por ejemplo una capa de papel, que se extienden sustancialmente de forma diametralmente opuesta en forma de S alrededor de la sección transversal de un núcleo anular 15 y por el núcleo anular 15 y que se disponen una dentro de otra. Por lo tanto, en un núcleo anular 15 están dispuestos dos arrollamientos secundarios 14 o las piezas del arrollamientos secundarios 14 con toma central. Las superficies exteriores 47 de las chapas 44, 45 de los arrollamientos secundarios 14 forman al mismo tiempo las superficies de contacto para la puesta en contacto con los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y con el soporte en I 25 que tiene la función de punto central de la rectificación. Por lo tanto, no se requieren cables para la conexión de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12 a los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16. Los arrollamientos secundarios 14, especialmente las chapas 44, 45 que forman los arrollamientos secundarios 14 se conectan directamente o de forma inalámbrica a los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 y al alma central del soporte en I 25, es decir, al punto central de la rectificación. De esta manera, se consigue una estructura muy compacta que ahorra mucho espacio, con un peso reducido y pérdidas reducidas. Al mismo tiempo, para la conexión del arrollamiento secundario 14 al alma central del soporte en I 25 y a los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 están disponibles unas superficies 47 relativamente grandes para una puesta en contacto, para garantizar el elevado flujo de corriente con las menores pérdidas posible. Mediante esta disposición, en el lado secundario se realiza un rectificador de punto central, formando el soporte en I 25 con el extremo conectado de los arrollamientos secundarios 14 el punto central.

El núcleo anular 15 se puede formar a partir ferritas, materiales amorfos o materiales nanocristalinos. Cuanto mejores son las propiedades magnéticas de los materiales empelados, más pequeño se puede realizar el núcleo anular 15. Sin embargo, evidentemente, esto también hace que suba el precio del núcleo anular 15. Para la configuración de las chapas 44, 45 es esencial que estas se plieguen o se doblen de tal forma que se hacen pasar al menos una vez por el núcleo anular 15. Las dos chapas 44, 45 o arrollamientos secundarios 14 dispuestos sobre un núcleo anular 15 se realizan de forma diametralmente opuesta y se aíslan uno de otro.

La figura 14 muestra un diagrama de bloques de un circuito de excitación 48, especialmente de un bloque de alimentación para alimentar de energía eléctrica al rectificador sincrónico 16 y al circuito de excitación 17. El circuito de suministro 48 se conecta al lado secundario o a las conexiones del arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12 y comprende un rectificador de valores de punta 49, un elevador de tensión 50, un regulador longitudinal 51 y un divisor de tensión 52. El elevador de tensión 50 o Booster garantiza que la alimentación de los componentes de la fuente de corriente 10 esté disponible lo más rápidamente posible. Al mismo tiempo, se genera lo más rápidamente posible la tensión de suministro interna del rectificador sincrónico 16. Mediante el uso del elevador de tensión 50, en la fase inicial de la activación se garantiza que en el momento más temprano posible se genera primero la amplitud necesaria de la tensión de suministro, para garantizar en el momento más temprano posible un funcionamiento seguro del rectificador sincrónico 16 integrado en el transformador de alto voltaje 12.

La figura 15 muestra el curso temporal de la tensión de suministro V del circuito de suministro 48 según la figura 14. La rampa del aumento de tensión $\Delta V/\Delta t$ se elige lo suficientemente empinada, de forma que queda garantizado que en el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 esté presente con un retraso T_d temporal máximo la tensión VCC necesaria. Por ejemplo, el retraso temporal T_d debería ser $< 200 \mu s$. Mediante la concepción correspondiente de los circuitos del rectificador de valores de punta 49 y del elevador de tensión 50 y unas capacidades correspondientemente bajas se puede conseguir una velocidad de subida suficiente de la tensión. Por lo tanto, se puede decir que en primer lugar se garantiza la intensidad mínima de la tensión de suministro con una subida empinada y solo a continuación se establece el suministro correcto.

La figura 16 muestra cursos temporales de la corriente I_s del lado secundario del transformador de alto voltaje 12 y de las señales de control G_1 y G_2 para los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 para ilustrar la excitación sin pérdidas. A través de la medición de las corrientes I_s del lado secundario de un arrollamiento secundario 14 con la ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de excitación 17 recibe la información de cuándo se han de conmutar los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16. Para reducir las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación, los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se conmutan a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los arrollamientos secundarios 14 del transformador de alto voltaje 12. Dado que desde el registro del pasaje por cero de la corriente I_s del lado secundario por los transformadores de corriente 18 hasta la activación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se producen ciertos retrasos t_{pre} , el circuito de excitación 17 está realizado para excitar los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario 14. Por lo tanto, el circuito de excitación 17 provoca la conmutación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 en el

momento en el que las corrientes I_S en el arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, medidas por los transformadores de corriente 18, pasan por debajo o por encima de un umbral de conexión I_{SE} y un umbral de desconexión I_{SA} determinados. Mediante esta medida se puede conseguir que los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes I_S por el arrollamiento secundario 14 del transformador de alto voltaje 12, por lo que se consigue minimizar las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16. Por lo tanto, el momento de conexión y de desconexión de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 no se fija con el pasaje por cero de la corriente del lado secundario, sino con el alcance del umbral de conexión I_{SE} y del umbral de desconexión I_{SA} definidos. El umbral de conexión I_{SE} y el umbral de desconexión I_{SA} se definen conforme a los retrasos de conmutación esperados. Dado el caso, el umbral de conexión I_{SE} y el umbral de desconexión I_{SA} pueden estar realizados de forma ajustable para poder reducir aún más las pérdidas. En un transformador de alto voltaje 12 de 20 kA, por ejemplo, el momento de conmutación puede fijarse 100 ns antes del pasaje por cero, de manera que los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 han de conmutarse dentro de este período de tiempo.

Un transformador de alto voltaje usual del estado de la técnica para un dispositivo de soldadura por resistencia para proporcionar una corriente para soldar de por ejemplo 20 kA presenta unas pérdidas de aproximadamente 40 a 50 kW. En total, para proporcionar una corriente para soldar de 20 kA según el estado de la técnica se requiere una potencia de conexión de hasta 150 kW, ascendiendo el total de pérdidas a aproximadamente 135 kW, lo que resulta en un rendimiento del 10% aproximadamente. En cambio, un transformador de alto voltaje 12 del presente tipo presenta solo unas pérdidas de aproximadamente 5 a 6 kW. Las pérdidas de conducción pueden reducirse de las 30 kW habituales a 20 kW. Por lo tanto, en un dispositivo de soldadura por resistencia 1 para producir una corriente para soldar de 20 kA la potencia de conexión se puede reducir a 75 kW, ya que las pérdidas totales ya solo ascienden a aproximadamente 60 kW. Por lo tanto, el rendimiento resultante de aproximadamente 20% es aproximadamente dos veces más alto que en el estado de la técnica. Esta comparación demuestra muy claramente el potencial de ahorro posible, especialmente en trenes de fabricación en la industria automovilística con una multiplicidad de dispositivos de soldadura por resistencia.

Básicamente, la fuente de corriente 10 y el transformador de alto voltaje 12 descritos están realizados en forma de un cubo o paralelepípedo, estando formadas dos superficies laterales por un soporte en I 25 en cuyas superficies laterales están dispuestas placas de contacto 29 aisladas eléctricamente para la formación de la tercera y la cuarta superficie lateral. En el lado frontal, para las cuatro superficies laterales se dispone respectivamente una placa de recubrimiento 31 aislada eléctricamente con respecto al soporte en I 25, para formar la quinta y la sexta superficie lateral del cubo o paralelepípedo. Dentro del cubo, especialmente las superficies laterales, el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 están dispuestos en al menos una pletina 35 o placa de circuitos impresos. Por lo tanto, el cubo presenta solamente conexiones 26 para los arrollamientos primarios 13 del transformador de alto voltaje 12 y las superficies laterales como superficies de contacto para la toma de la corriente continua o la tensión continua. Adicionalmente, están previstas además conexiones de refrigeración, especialmente las entradas 32 y la salida 33 para un fluido refrigerador. Preferentemente, no están previstos cables de control para el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17 integrados en el cubo, ya que este sistema trabaja de forma autónoma y por tanto no se necesitan conexiones a la unidad de potencia 19 o a un dispositivo de control de la instalación. Con esta estructura, preferentemente, no se requiere ningún tipo de cables de control, sino que la fuente de corriente 10 ya solo se conecta a la unidad de potencia 19 por el lado primario, por lo que en el lado secundario está disponible la corriente continua dimensionada correspondientemente, por ejemplo de 15 kA a 40 kA. Por lo tanto, el usuario no tiene que realizar ningún tipo de ajuste, sino simplemente conectar la fuente de corriente 10. La reunión de los componentes autónomos, en principio independientes, en una unidad común de este tipo hace que se reduzcan considerablemente el tamaño de construcción y por tanto el peso de la fuente de corriente 10. Al mismo tiempo, la unidad también se puede emplear como elemento portante directamente en una aplicación, especialmente en unas pinzas de soldar 4. También aumenta considerablemente la facilidad de uso.

En la estructura es esencial además que los elementos conmutadores 24 se conectan sin cables a los componentes correspondientes, es decir, que las conexiones de fuente, que conducen la corriente para soldar, de los elementos conmutadores 24 formados por transistores de efecto de campo están unidos o soldados por soldadura blanda, directamente a las convexidades 36 de la placa de contacto 29, estando las conexiones de puerta de los elementos conmutadores 24 igualmente dispuestos o soldados por soldadura blanda sobre la pletina 35 y el circuito de excitación 17 (controlador de puerta) montado sobre esta. De esta manera, se pueden reducir las inductancias de cables por la supresión total de cables, de manera que se pueden conseguir altas velocidades de conmutación y pérdidas de paso muy reducidas.

En el ejemplo de realización representado y descrito, el transformador de alto voltaje 12 se dimensionó para una corriente de 20 kA con una tensión de salida entre 5 V y 10 V. El soporte en I 25 presenta una altura de construcción de 15 cm, de manera que a ambos lados se pueden disponer respectivamente cinco arrollamientos secundarios 14 con núcleos anulares 15. Para conseguir una relación de transmisión de 100 correspondiente, en el ejemplo de realización representado se necesitan diez arrollamientos primarios 13.

Si se desea dimensionar el transformador de alto voltaje 12 para una corriente más alta, por ejemplo de 30 kA, simplemente se puede aumentar el número de arrollamientos secundarios 14 empleados. Por ejemplo, se pueden

5 disponer respectivamente siete arrollamientos secundarios 14 en ambos lados en las concavidades 25a del soporte en I 25, en cuyo caso se aumenta correspondientemente la altura del soporte en I 25, por ejemplo se realiza tan solo 5 cm más alto o se usa un cuerpo base correspondientemente más grande. De esta manera el soporte en I 25 del transformador de alto voltaje 12 se complementa en ambos lados tan solo con dos arrollamientos secundarios 14 para poder proporcionar una corriente más alta. Por el aumento aumentan también las superficies de refrigeración por contacto. Además, se dispone en paralelo un número correspondientemente más grande de elementos conmutadores 24. El arrollamiento primario 13 se puede reducir a un número de espiras más reducido, por ejemplo siete espiras, de manera que se consigue una transmisión de por ejemplo 98. Las pérdidas más altas de los arrollamientos primarios se compensan por la corriente primaria más alta a causa del posible aumento de la sección transversal y la reducción de la longitud de conducción.

10 Un aumento de la corriente para soldar secundaria de 20 kA a 30 kA tiene como consecuencia por tanto tan solo un alargamiento del cubo o del transformador de alto voltaje 12, por ejemplo en 5 cm.

15 Dado que, preferentemente, el transformador de alto voltaje 12 trabaja de forma autónoma y no presenta líneas de control, para posibles mensajes de error se debería posibilitar una comunicación hacia fuera con componentes externos, especialmente con un dispositivo de control. Para ello se puede usar el circuito secundario constituido por los arrollamientos secundarios 14 y el rectificador sincrónico 16 y el circuito de excitación 17. En caso de determinados estados, especialmente en la marcha en vacío del transformador de alto voltaje 12, este se puede cortocircuitar intencionadamente con la ayuda del rectificador sincrónico 16, de tal que una unidad de supervisión externa o un dispositivo de control detecta un flujo de corriente en vacío en las líneas primarias y, por tanto, a causa de la corriente puede producirse una comunicación o un mensaje de error.

20 Por ejemplo, mediante la integración de un sensor de temperatura en el transformador de alto voltaje 12, especialmente en el rectificador sincrónico 16, se puede detectar y evaluar la temperatura. Si la temperatura sube por ejemplo por encima de un valor umbral definido, el rectificador sincrónico 16 es cortocircuitado por el circuito de excitación 17 durante la marcha en vacío, es decir, en las pausas de soldadura. Dado que el dispositivo de control externo conoce el estado de marcha en vacío durante el que no se está realizando ninguna soldadura, esto es detectado o reconocido por el flujo de corriente más elevado en las líneas primarias del transformador de alto voltaje 12. Ahora, el dispositivo de control externo puede comprobar si el circuito de refrigeración está activado o si presenta un error o si se aumenta la potencia de refrigeración para que se produzca una mejor refrigeración.

25 Evidentemente, mediante patrones de conmutación o de impulso correspondientes, es decir, la apertura y el cierre definidos de los elementos conmutadores 24 del rectificador sincrónico 16 durante la marcha en vacío se pueden comunicar hacia fuera diferentes mensajes de error. Por ejemplo, pueden enviarse hacia fuera diferentes valores de temperatura, tensiones secundarias, corrientes, mensajes de error etc.

30 Pero también es posible que una comunicación de este tipo se realice durante una soldadura, aunque una detección de este tipo resulta sensiblemente más difícil. Por ejemplo, se pueden modular señales correspondientes en la corriente del lado primario, especialmente a través de de los arrollamientos primarios 13.

35

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la fabricación de un transformador de alto voltaje (12) con al menos un arrollamiento primario (13) y al menos un arrollamiento secundario (14) con superficies (47) para la puesta en contacto, **caracterizado porque** en primer lugar, superficies interiores (47) del al menos un arrollamiento secundario (14) se unen a un soporte en I (25) de un material electroconductor del transformador de alto voltaje (12) con un primer material de soldadura blanda con una primera temperatura de fusión (T_{S1}) más elevada, y a continuación, al menos una placa de contacto (29) de un material electroconductor se une a superficies exteriores (47) del al menos un arrollamiento secundario (14) con un segundo material de soldadura blanda con una segunda temperatura de fusión (T_{S2}) más baja en comparación con la primera temperatura de fusión (T_{S1}).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** a la al menos una placa de contacto (29) se une una pletina (35) con el primer material de soldadura blanda con la primera temperatura de fusión (T_{S1}) más elevada.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 2, **caracterizado porque** después de la unión de la al menos una placa de contacto (29) a la pletina (35) se pueden unir elementos conmutadores (24) a la pletina (35) y/o la placa de contacto (29), especialmente a convexidades (36) en la placa de contacto (29), usando el primer material de soldadura blanda con la primera temperatura de fusión (T_{S1}) más elevada.
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** los elementos conmutadores (24), especialmente las conexiones o la carcasa de los elementos conmutadores (24) se unen a las superficies (47) del al menos un arrollamiento secundario (14) con el segundo material de soldadura blanda con la segunda temperatura de fusión (T_{S2}) más baja.
- 20 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** se usan un primer material de soldadura blanda con una primera temperatura de fusión más elevada entre 220 °C y 300 °C, especialmente de 260 °C, y un segundo material de soldadura blanda con una segunda temperatura de fusión más baja entre 120 °C y 220 °C, especialmente de 180 °C.

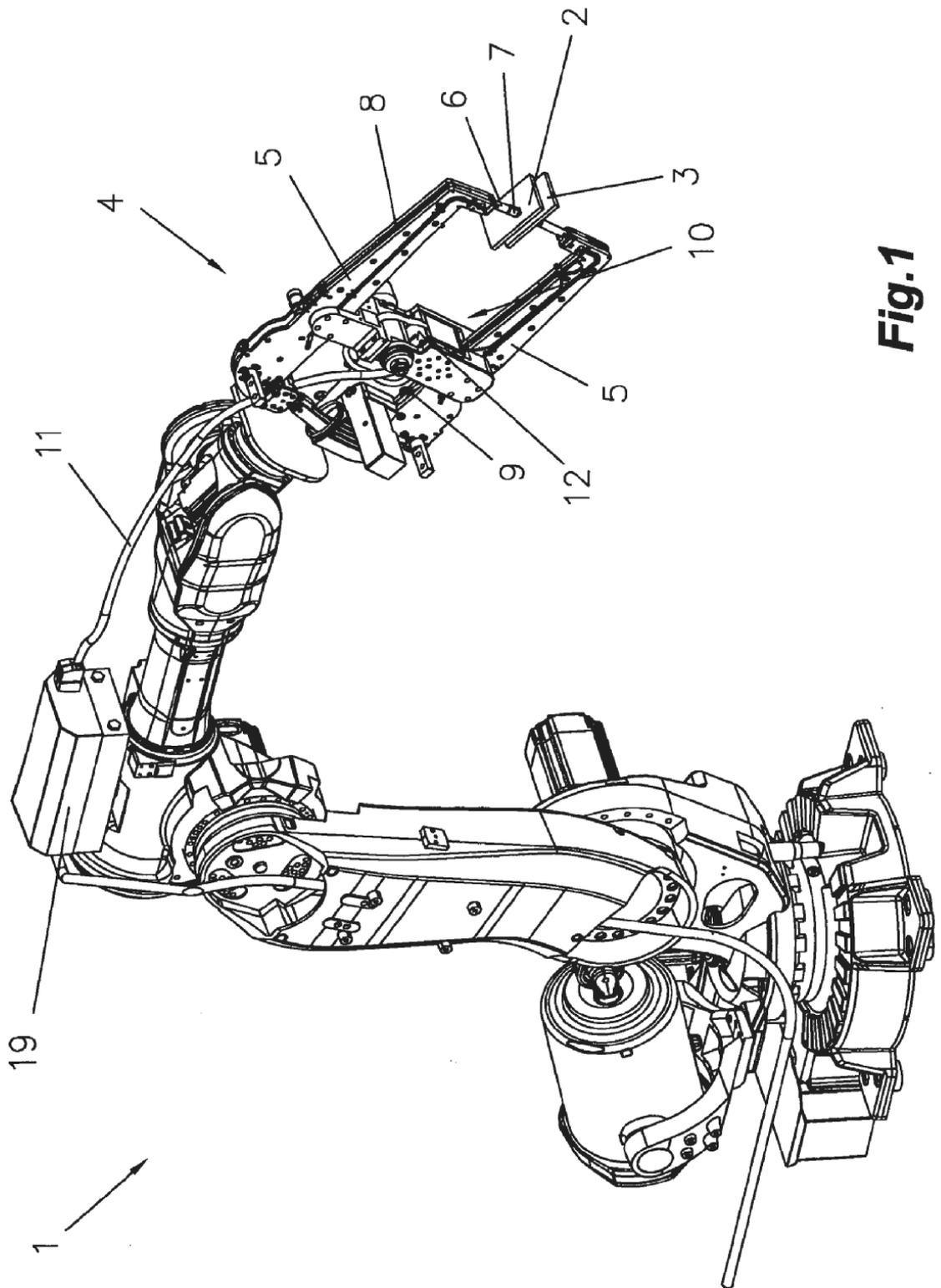


Fig.1

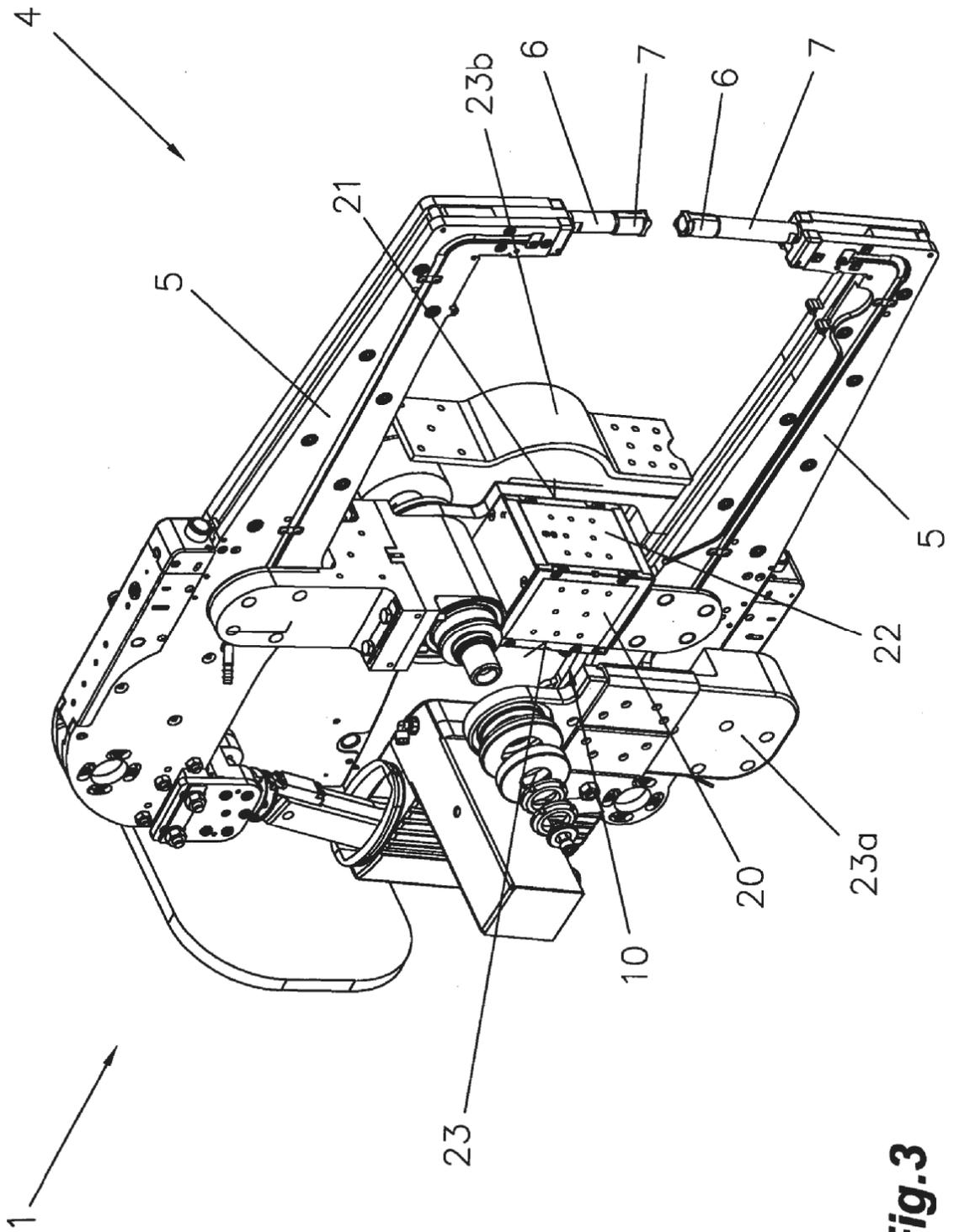


Fig.3

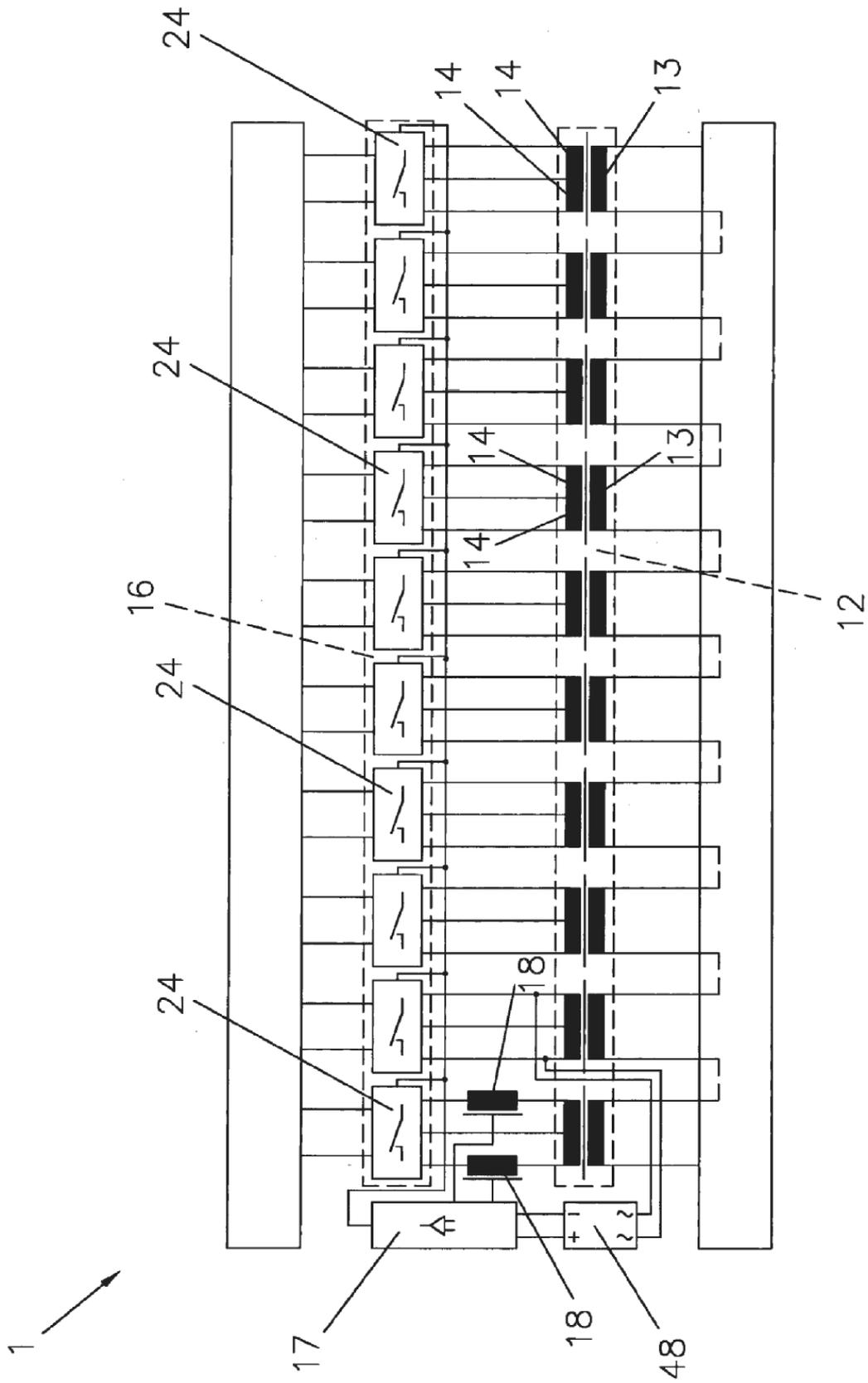


Fig.4

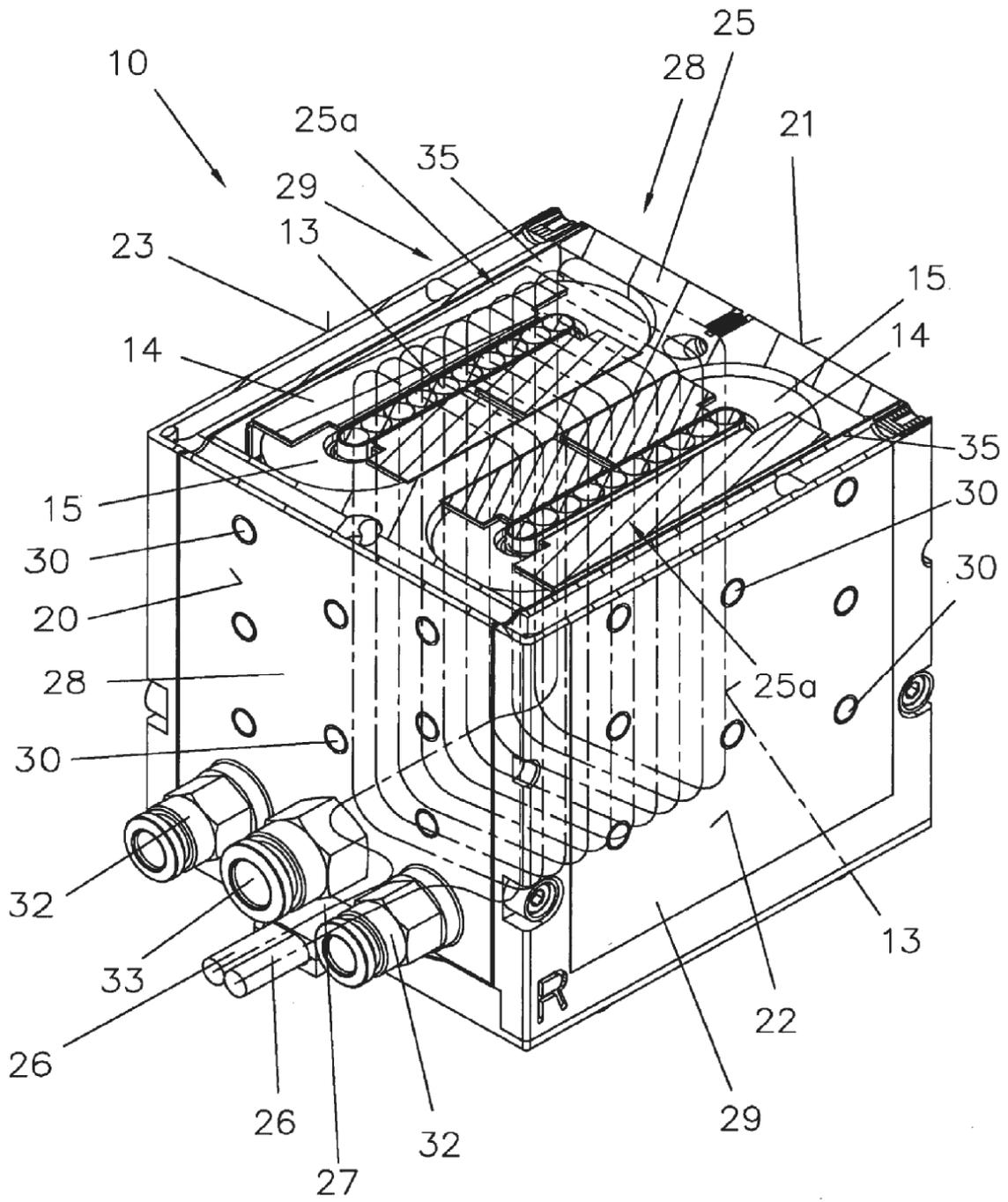


Fig.5

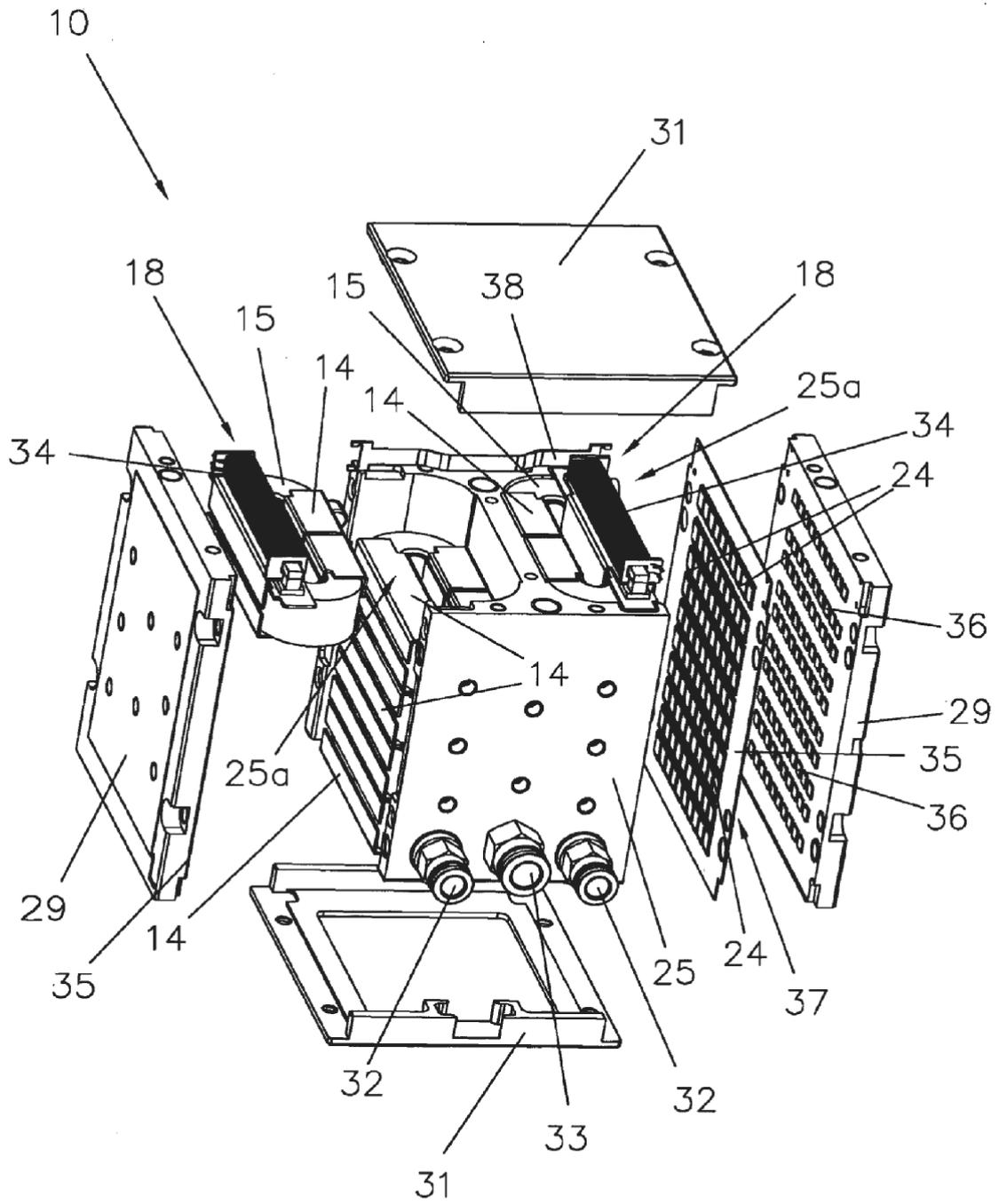


Fig.6

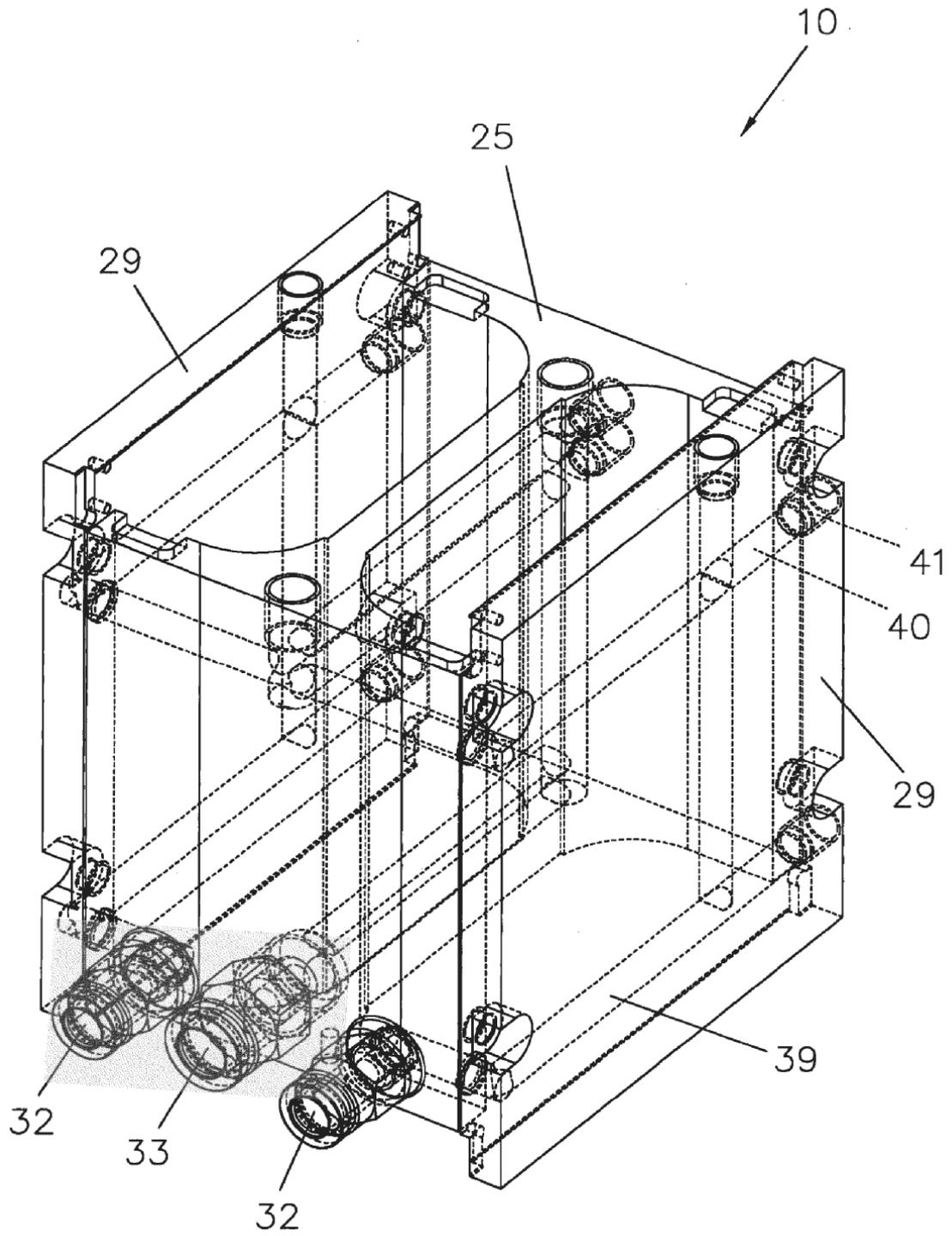


Fig.7

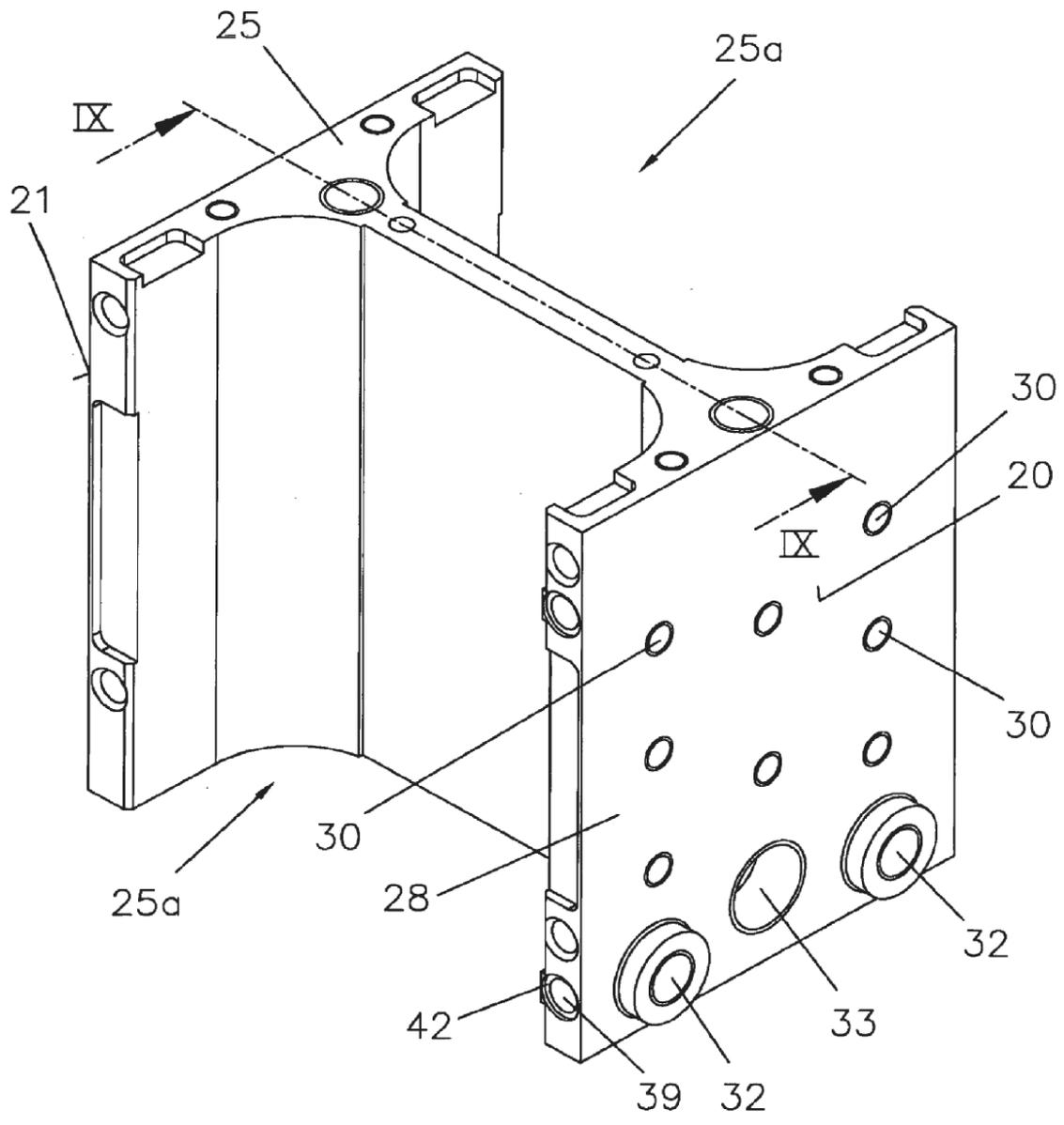


Fig.8

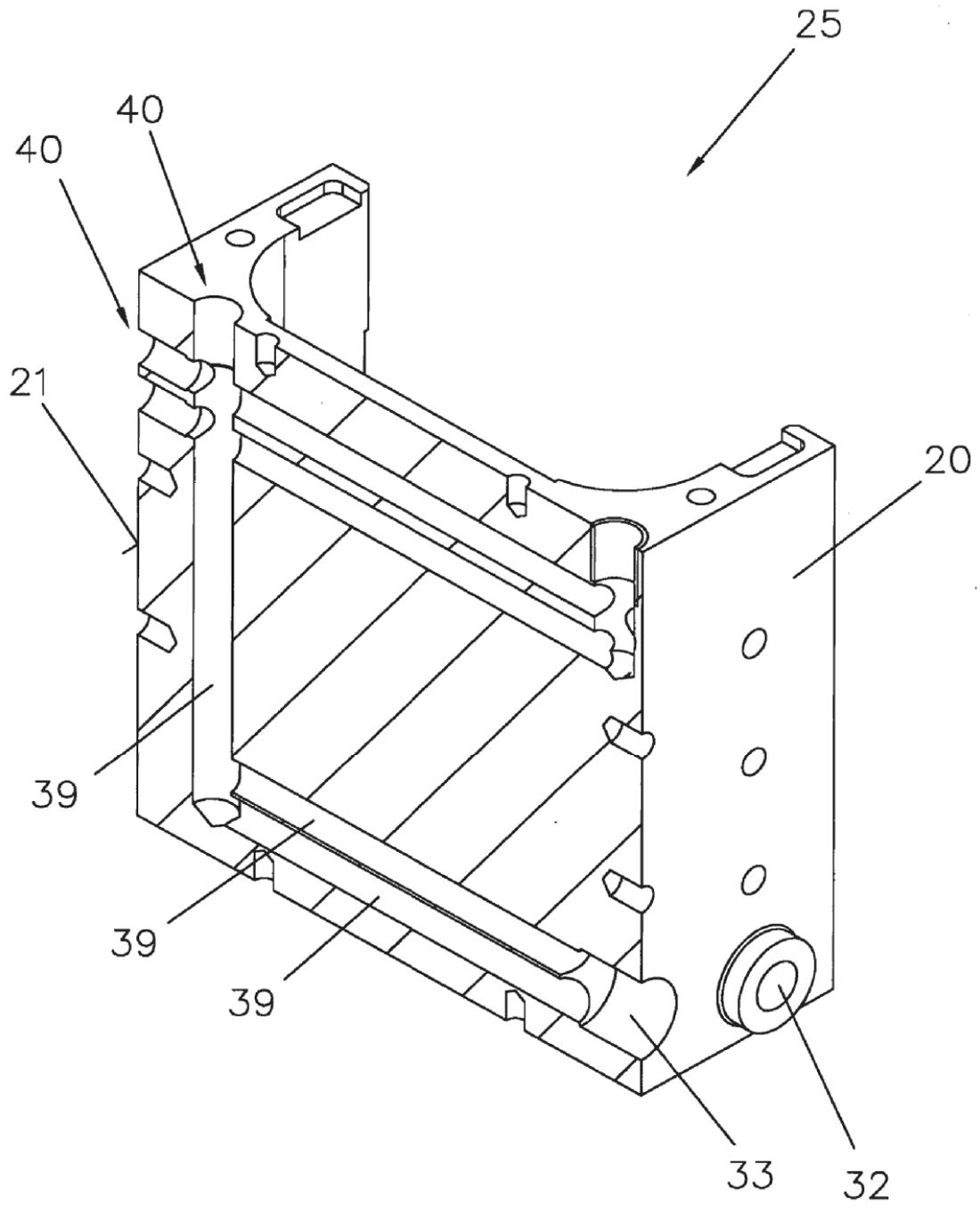


Fig.9

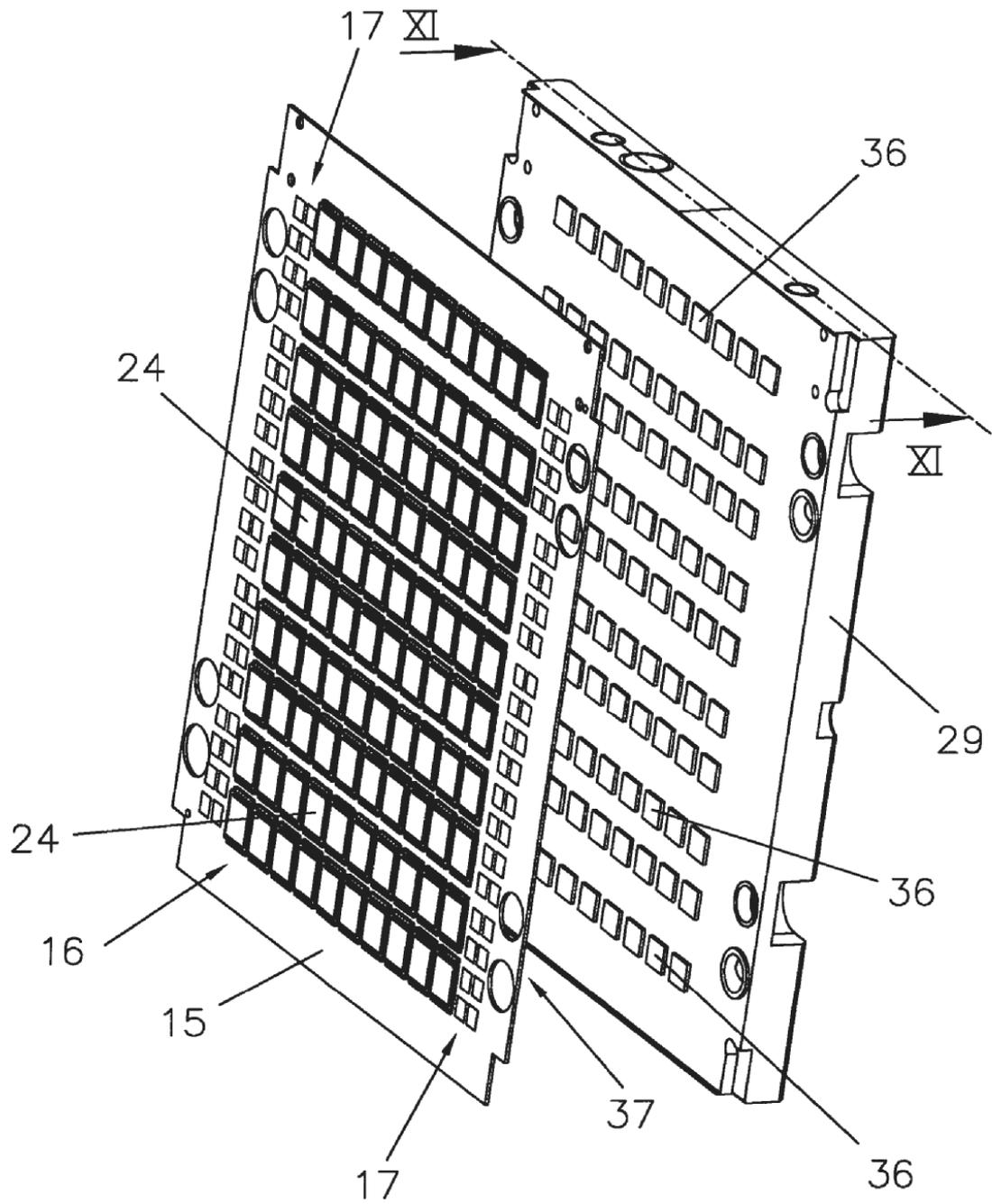


Fig.10

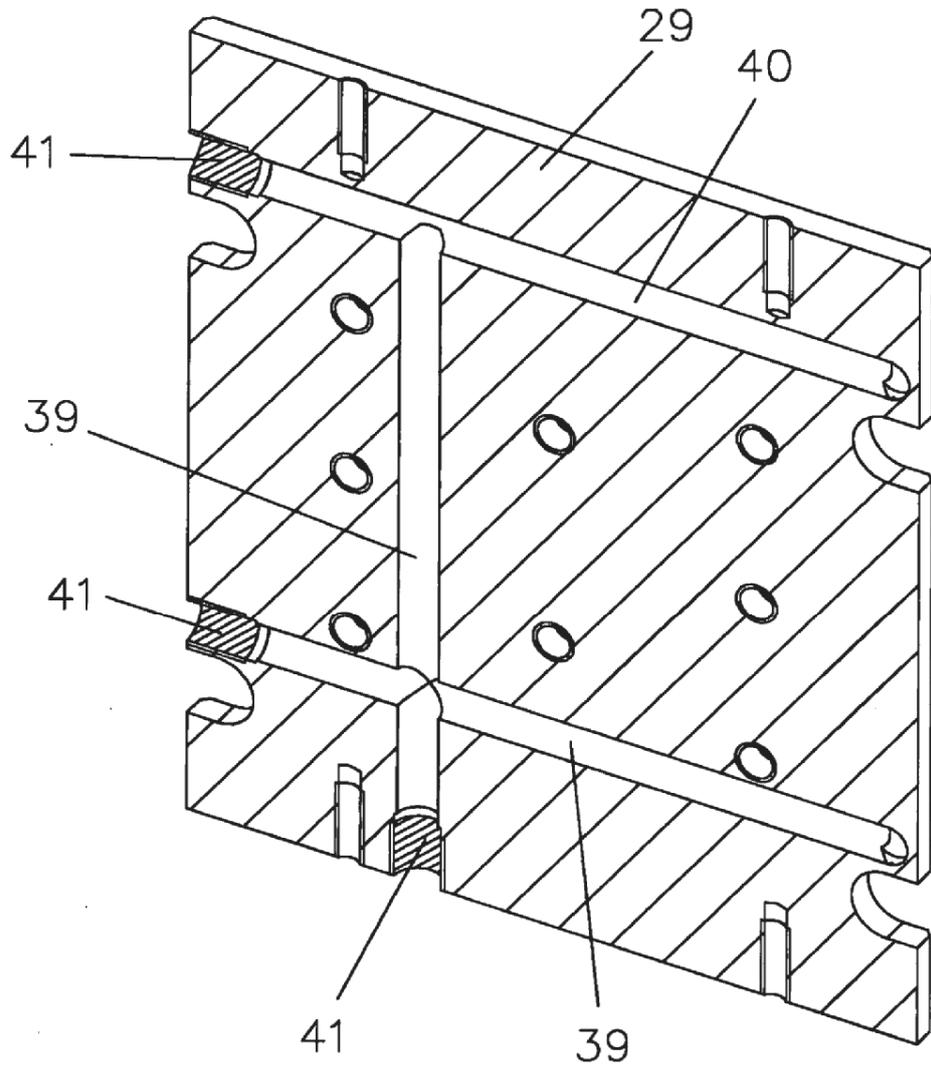


Fig.11

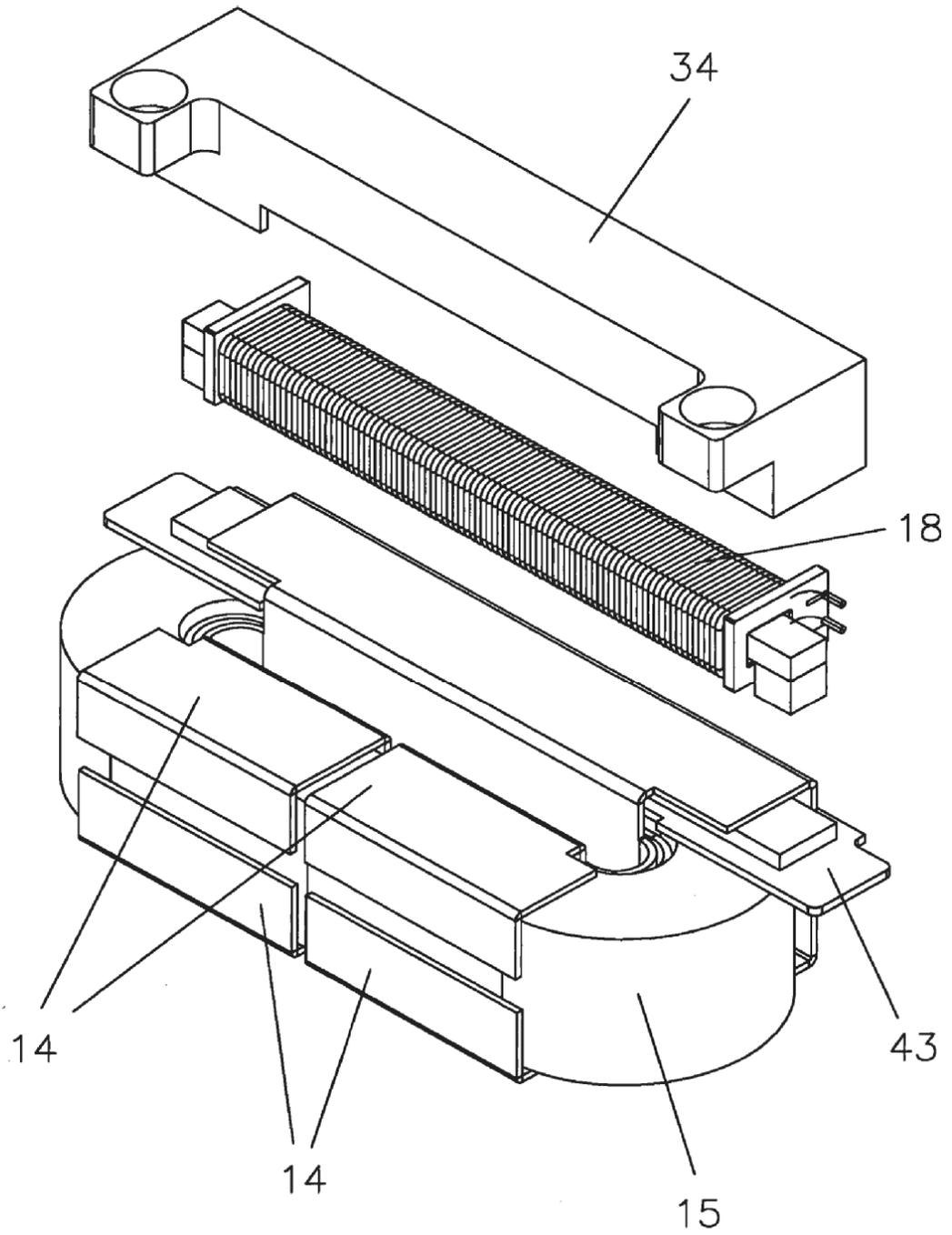


FIG.12

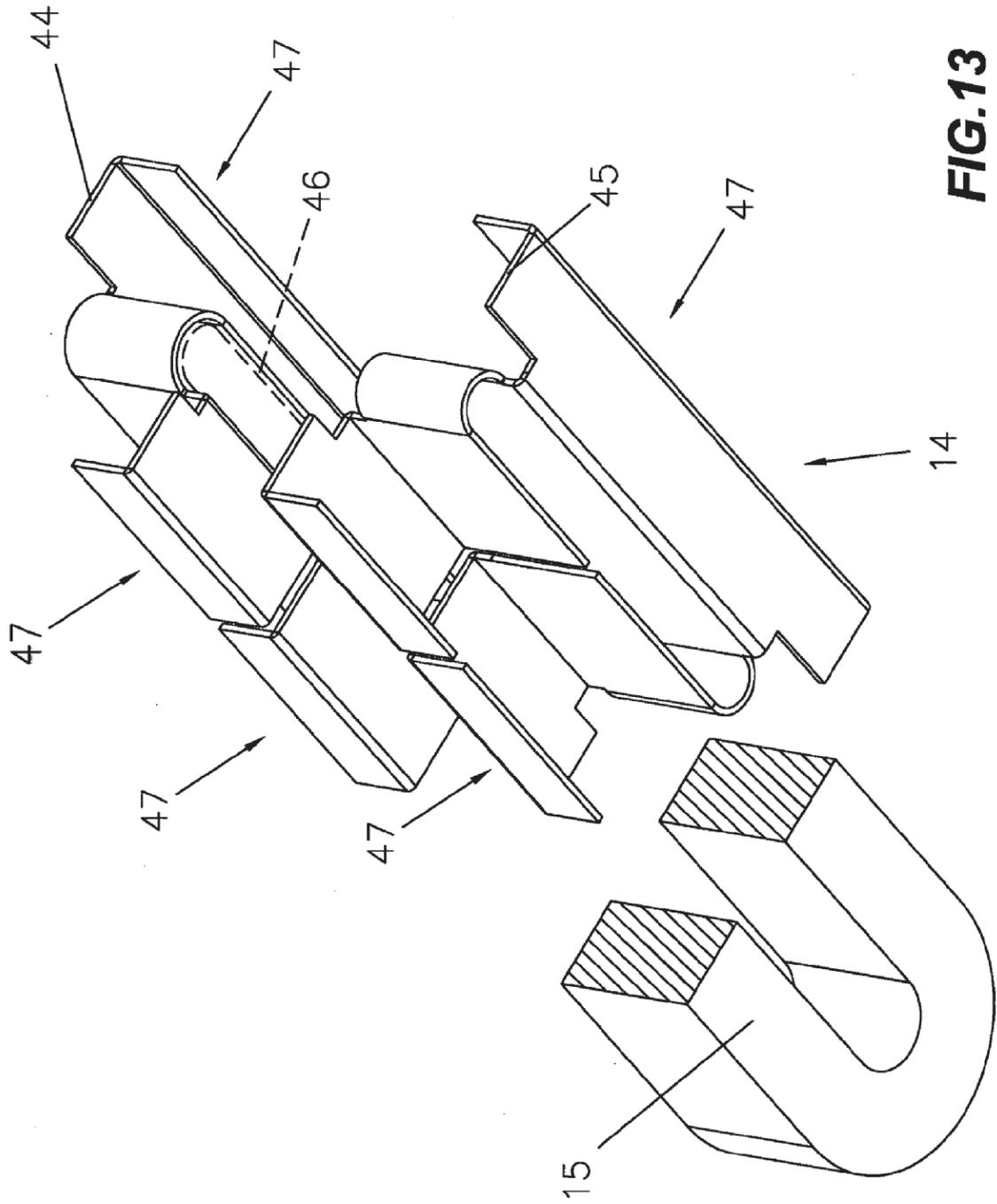


FIG.13

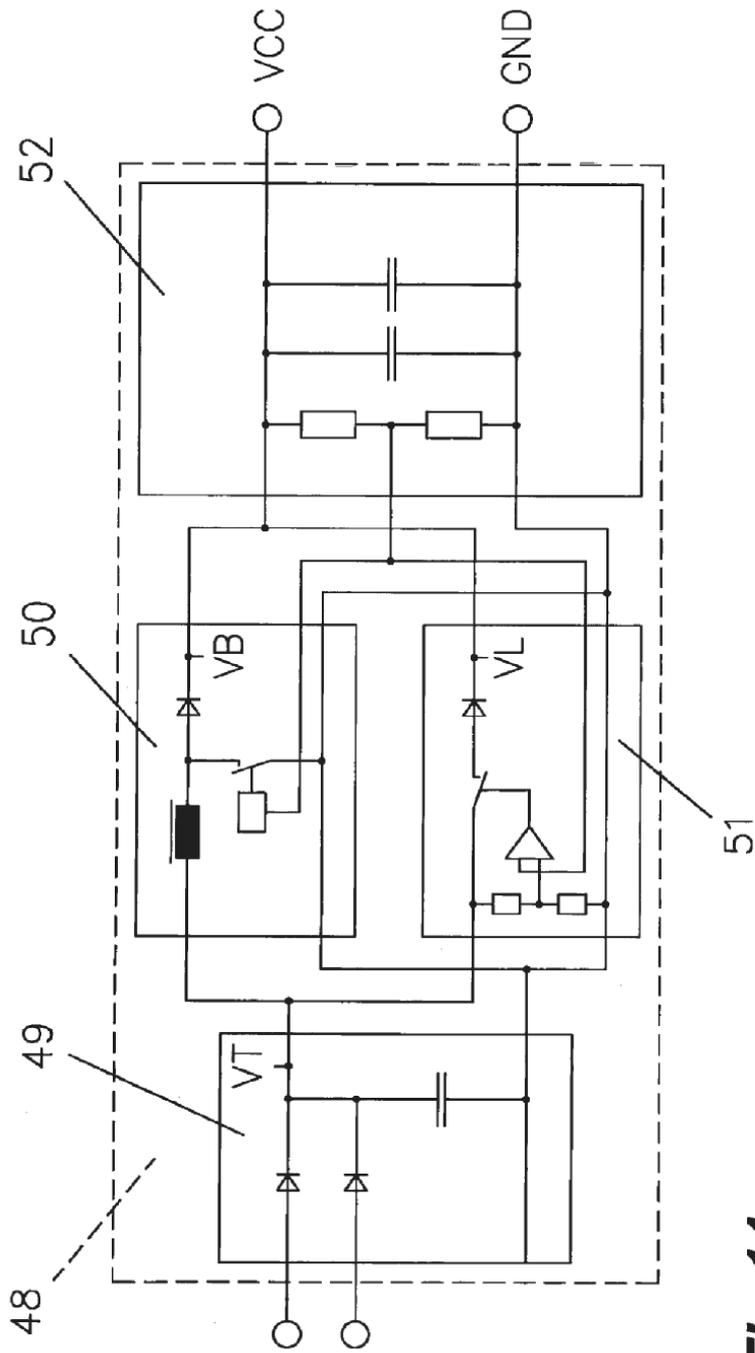


Fig.14

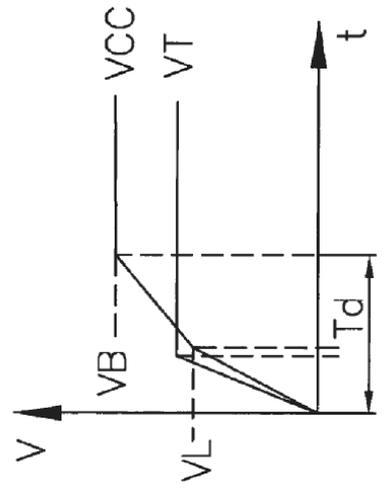


Fig.15

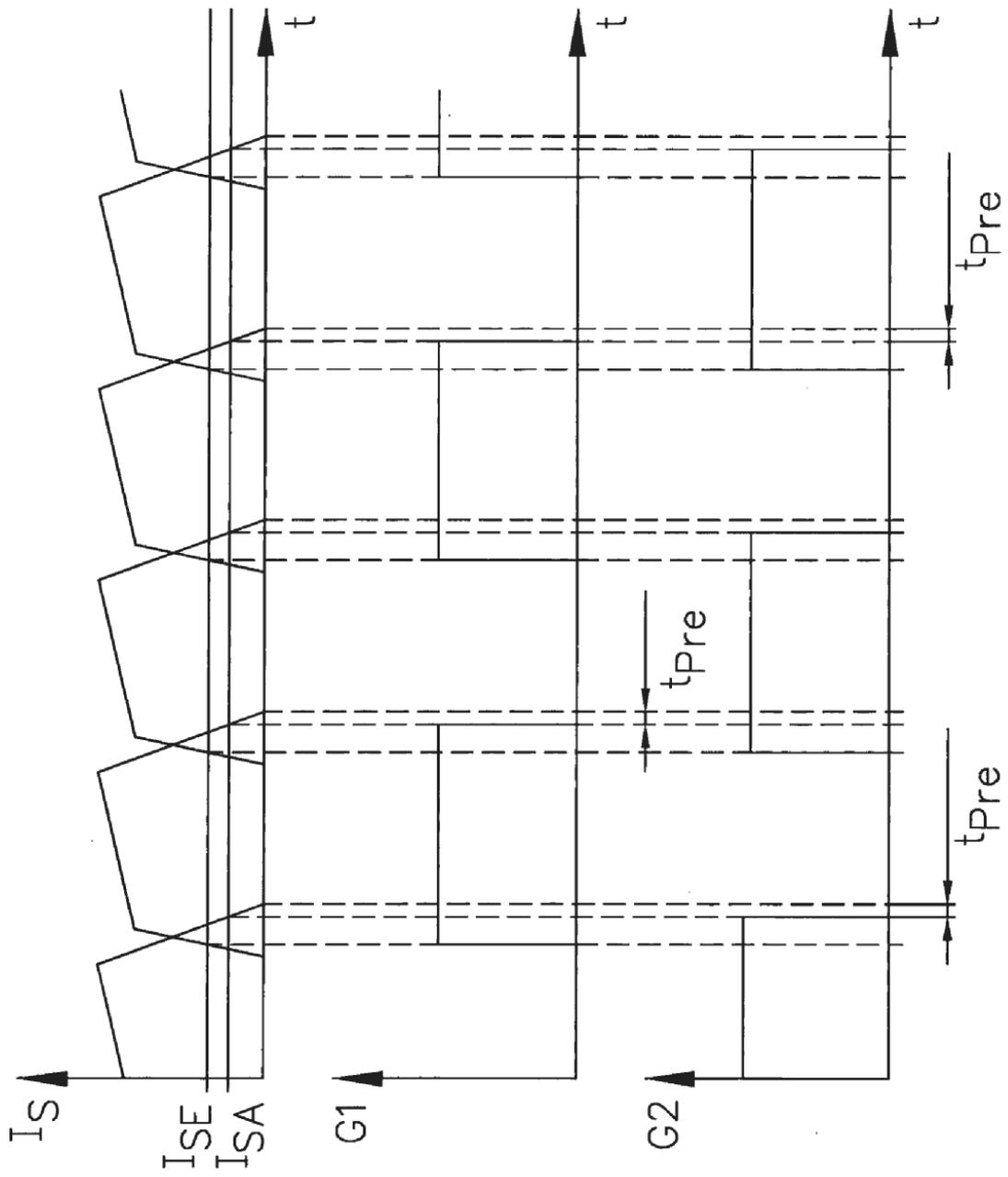


Fig.16