

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 799**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/24** (2006.01)

**H01F 38/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2012 PCT/AT2012/000274**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2013 WO2013063627**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012 E 12784412 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.12.2016 EP 2773482**

54 Título: **Fuente de corriente y procedimiento para la refrigeración de una fuente de corriente de este tipo**

30 Prioridad:

**31.10.2011 AT 16022011**

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

**22.06.2017**

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 2 618 799 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**

Fuente de corriente y procedimiento para la refrigeración de una fuente de corriente de este tipo

5 La invención se refiere a una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua, con un transformador de alta corriente con al menos un devanado primario y al menos un devanado secundario con toma central, con un rectificador síncrono conectado al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente con elementos de conmutación y con un circuito para excitar los elementos de conmutación del rectificador síncrono.

10 Además, la invención se refiere a un procedimiento para la refrigeración de una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua, con un transformador de alta corriente con al menos un devanado primario y al menos un devanado secundario con toma central, con un rectificador síncrono conectado al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente con elementos de conmutación y con un circuito para la excitación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono.

15 La fuente de corriente según la presente invención se usa principalmente, pero no exclusivamente en dispositivos de soldadura por resistencia, especialmente en dispositivos de soldadura por puntos, en los que se producen corrientes continuas especialmente altas del orden de varios kA. También las fuentes de corriente para otros aparatos en los que se usan corrientes continuas tan altas están incluidas en el objeto de la presente solicitud de patente. Ejemplos de este tipo de aparatos son los cargadores de baterías, los aceleradores de partículas, los dispositivos para la galvanización o similares. El documento WO2007/041729 A1 describe por ejemplo un cargador de baterías y un transformador de corriente para producir una corriente continua correspondientemente alta.

25 En los dispositivos de soldadura por resistencia, las altas corrientes continuas necesarias se proporcionan con la ayuda de transformadores de alta corriente y rectificadores correspondientes. A causa de las altas corrientes producidas, los rectificadores de diodos resultan desventajosos por las pérdidas relativamente altas, por lo que se emplean principalmente rectificadores activos con elementos de conmutación formados por transistores correspondientes. Pero también los dispositivos de soldadura por resistencia con rectificadores activos, por ejemplo rectificadores síncronos, 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 alta corriente y del rectificador, se producen unas considerables longitudes de conducción y por tanto pérdidas por conducción, por las altas corrientes resulta un grado de eficacia muy malo a causa de las altas corrientes.

35 Por ejemplo, los documentos DE102007042771 B3 y WO2009/033555 A1 describen un procedimiento para el funcionamiento de la alimentación eléctrica de un dispositivo de soldadura por resistencia usando un rectificador síncrono, mediante el cual se puede reducir la pérdida de potencia y mejorar el grado de eficacia.

40 El documento WO98/44519 A1 describe un transformador para dispositivos de soldadura por resistencia con una estructura especial, usando un rectificador de diodos que no está integrado en el transformador de alta corriente, sino que se coloca sobre el transformador. Las líneas necesarias para ello aumentan las pérdidas y reducen el grado de eficacia.

45 El documento EP1537937 A1 se refiere a un dispositivo de soldadura por resistencia, sin que se expongan detalles acerca de la estructura de la fuente de corriente para proporcionar la corriente continua para el dispositivo de soldadura o medidas para aumentar el grado de eficacia.

50 Finalmente, el documento EP1666184 A1 presenta un circuito de alimentación para dispositivos de soldadura por resistencia, que es flexible con vistas a una ampliación. No se dan a conocer detalles acerca de la estructura de las fuentes de corriente del dispositivo de soldadura por resistencia y de los transformadores de alta corriente y rectificadores síncronos contenidos en este o de procedimientos de refrigeración existentes.

55 En los trenes de fabricación en la industria automovilística, se usan 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. Debido a que los mismos dispositivos de soldadura por puntos individuales causan ya unas pérdidas muy altas por los transformadores de alta corriente y las líneas y los elementos de conmutación, las pérdidas totales producidas en este tipo de trenes de fabricación se mueven en unas dimensiones enormemente elevadas, por ejemplo entre 1MW y 50MW. Dado que las pérdidas se traducen principalmente en forma de calor perdido, a su vez se han de tomar medidas para evacuar el calor, por lo que empeora aún más el balance energético total.

60

Otra desventaja resulta porque por las altas pérdidas para este tipo de instalaciones requieren unas potencias de conexión muy elevadas de la red de alimentación, por lo que resultan unos costes muy altos por la fabricación, la puesta en servicio y la operación de una instalación de este tipo.

- 5 Para producir 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 de soldadura mencionada unas pérdidas de hasta 135 kW, por lo que se consigue un grado de eficacia muy malo de sólo un 10 % aproximadamente.
- 10 Por lo tanto, la presente invención tiene el objetivo de proporcionar una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua y un procedimiento para la refrigeración de dicha fuente de corriente, que permitan reducir las pérdidas y mejorar el balance energético y el grado de eficacia. Se pretende reducir o evitar las desventajas de los dispositivos y procedimientos conocidos.
- 15 El objetivo según la invención se consigue mediante una fuente de corriente antes citada para proporcionar una corriente continua, en la que el rectificador síncrono y el circuito de excitación y el circuito de alimentación de estos están integrados en el transformador de alta corriente, y en el transformador de alta corriente, para formar una puesta en contacto por múltiples puntos, están dispuesto al menos cuatro contactos para proporcionar la corriente continua, por lo que la corriente continua se reduce al menos a la mitad y de esta manera se reducen las pérdidas por transición. Aquí, resulta ventajoso que de esta manera queda creado un sistema autónomo que se puede usar para la alimentación de aparatos con una alta corriente continua. Con una estructura de este tipo no se requiere ningún tipo de líneas de control, sino que la fuente de corriente únicamente ha de conectarse en el lado primario a una unidad de alimentación, con lo que en el lado secundario está disponible la potencia dimensionada correspondientemente, especialmente la corriente continua de por ejemplo 15 kA a 40 kA. Por lo tanto, el usuario no tiene que realizar ningún tipo de ajustes, sino únicamente conectar la fuente de corriente. Otra ventaja esencial de una estructura compacta de este tipo consiste en que de esta manera se pueden conseguir grandes ahorros de potencias perdidas, ya que se minimizan las longitudes de línea y las resistencias por transición. La reunión de los componentes en principio independientes, autónomos, formando una unidad común causa una reducción sustancial del tamaño de construcción y por tanto del peso de la fuente de corriente. Al mismo tiempo, esta unidad también se puede emplear como elemento de soporte directamente en una aplicación, especialmente en una pinza de soldadura. Además, se aumenta sustancialmente la facilidad de uso. Los componentes del transformador de alta corriente, del rectificador síncrono, del circuito de excitación y del circuito de alimentación forman por tanto una unidad común, preferentemente en forma de cubo o de paralelepípedo. Mediante esta construcción no se necesitan líneas entre el rectificador síncrono y el lado secundario del transformador de alta corriente, por lo que se suprimen también posibles pérdidas óhmicas y/o pérdidas por transición de contacto por este tipo de líneas. Mediante una puesta en contacto por múltiples puntos de este tipo se consigue un modo de construcción compacto y se pueden prever, ahorrar o acortar líneas que habitualmente se prevén para la conexión de la fuente de corriente a componentes siguientes, por ejemplo los brazos de pinza o los electrodos de un dispositivo de soldadura por resistencia, y por tanto, se pueden reducir las pérdidas óhmicas y/o las pérdidas por transición de contacto y mejorar el grado de eficacia de la fuente de corriente.
- 40

Según otra característica de la invención, está previsto que dos primeros contactos de una polaridad y dos contactos adicionales de una polaridad contraria están dispuestos respectivamente de forma opuesta, estando dispuestos los dos contactos adicionales con un desplazamiento entre sí sustancialmente en 90° con respecto a los dos primeros contactos. Por una disposición geométrica de este tipo de los contactos en la fuente de corriente es posible evitar totalmente líneas o reducir la longitud de estas y por tanto reducir sensiblemente las pérdidas óhmicas así como las pérdidas por contacto. Por la duplicación de los contactos y por tanto de las superficies de conexión se puede reducir a la mitad el flujo de corriente por contacto y por tanto se puede conseguir a su vez un gran ahorro de pérdidas. Por ejemplo, cada uno de los cuatro contactos presenta en el dimensionamiento de una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua de 20 kA una superficie entre 15 cm x 15 cm y 25 cm x 25 cm, preferentemente 20 cm x 20 cm.

50

Los elementos de conmutación del rectificador síncrono preferentemente carecen de líneas, es decir que están conectados directamente al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente.

55

De manera ventajosa, los elementos de conmutación del rectificador síncrono están formados por transistores de efecto de campo, cuyas conexiones de drenaje están formadas por sus carcasas, estando las carcasas conectadas sin líneas al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente. Por lo tanto, esta disposición prevé que los devanados secundarios del transformador de alta corriente y los elementos de conmutación se ponen en contacto directamente con las carcasas de los transistores de efecto de campo del rectificador síncrono, por lo que no se requieren líneas entre estas unidades.

60

Para conseguir la relación de transformación necesaria del transformador de alta corriente para producir la alta corriente en el lado secundario, este presenta según otra característica de la invención varios, preferentemente al menos 10, devanados primarios conectados en serie y varios, preferentemente al menos 10, devanados secundarios conectados en paralelo con toma central. La corriente primaria fluye por los devanados primarios conectados en serie del transformador de alta corriente, mientras que la corriente relativamente alta en el lado secundario se divide entre los varios, preferentemente al menos 10, devanados secundarios conectados en paralelo. Estos flujos parciales en el lado secundario se suministran a elementos de conmutación correspondientes del rectificador síncrono. Mediante una división de este tipo, a pesar de bajos números de espiras en los lados primario y secundario, resulta una relación de transformación correspondientemente alta. Mediante esta construcción, al contrario de transformadores de alta corriente convencionales, se requieren en el lado primario bajos números de espiras, por lo que se pueden reducir la longitud del devanado primario y por tanto las pérdidas óhmicas. Por los números de espiras primarias reducidos y por tanto una reducción resultante de la longitud de conducción se reduce a su vez la inductividad de dispersión típica del sistema del transformador de alta corriente, por lo que el transformador de alta corriente se puede hacer funcionar con frecuencias de conmutación más altas, por ejemplo 10 kHz. Las frecuencias de conmutación más altas causan a su vez una reducción del tamaño de construcción y del peso del transformador de alta corriente y por tanto posibilidades de montaje ventajosas. De esta manera, la fuente de corriente por ejemplo puede posicionarse lo más cerca posible de los electrodos de un dispositivo de soldadura por resistencia. Por lo tanto, por el reducido peso de la fuente de corriente se puede reducir también la carga de un robot, de manera que basta con un robot más pequeño, más barato.

La relación de transformación del transformador de alta corriente es de 10 a 1000, preferentemente al menos 100, para garantizar la producción de la alta corriente en el lado secundario.

Una construcción especialmente ventajosa de la fuente de corriente se puede conseguir si el transformador de alta corriente presenta un soporte en forma de I de un material electroconductor, en cuyas cavidades está dispuesto al menos un núcleo anular, estando puesta en contacto respectivamente una conexión de cada devanado secundario directamente con una superficie interior del soporte en I, formando las superficies exteriores del soporte en I los dos primeros contactos de la fuente de corriente. El soporte en I forma por tanto la base del transformador de alta corriente, alrededor de la que están dispuestos los devanados secundarios de tal forma que no se necesitan líneas de conexión. Las superficies exteriores del soporte en I constituyen los dos primeros contactos de la fuente de corriente que se conectan directamente, es decir sin líneas, al aparato que ha de ser alimentado, por ejemplo los brazos de pinza de un dispositivo de soldadura por resistencia. Una disposición que ahorra espacio se consigue porque los núcleos anulares no están realizados de forma circular, sino de forma ovalada. Preferentemente, se emplean núcleos anulares cerrados. Mediante esta realización se consigue la conexión en serie / en paralelo de los devanados primarios y devanados secundarios, por la que se puede conseguir la relación de transformación del transformador de alta corriente para la alta corriente continua que ha de ser proporcionada, y al mismo tiempo bajos números de espiras de los devanados primarios y los devanados secundarios. Esta estructura resulta ventajosa especialmente si en cada lado del soporte en I se disponen al menos tres devanados secundarios conectados en paralelo.

De manera ventajosa, la toma central del al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente está conectada sin líneas al soporte en I. De esta manera, se pueden suprimir líneas correspondientes entre los distintos componentes. Mediante la conexión directa del devanado secundario al punto central del soporte en I se consigue también un aumento sustancial de la superficie de conexión y por tanto se pueden reducir a su vez las pérdidas por transición y las pérdidas por conducción.

En la construcción mencionada anteriormente del transformador de alta corriente con soporte en I, el al menos un devanado primario del transformador de alta corriente está dispuesto de tal forma que se extiende por el al menos un núcleo anular, especialmente por los núcleos anulares dispuestos de forma simétrica bilateralmente en las cavidades del soporte en I. Mediante esta disposición del devanado primario se puede conseguir un acoplamiento magnético óptimo a los devanados secundarios. Como ya se ha mencionado anteriormente, los devanados secundarios se conectan eléctricamente entre sí a través del soporte en I del transformador de alta corriente. Respectivamente las otras conexiones de cada devanado secundario están conectadas a través del rectificador síncrono y del circuito de excitación preferentemente directamente a respectivamente una placa de contacto de un material electroconductor, estando dispuestas dichas placas de contacto encima de las cavidades del soporte en I y los devanados secundarios dispuestos en estas, formando las superficies exteriores de dichas placas de contacto los dos contactos adicionales de la fuente de corriente.

Según otra característica de la invención, las conexiones del al menos un devanado primario del transformador de alta corriente salen a través de al menos una abertura hasta una superficie exterior del soporte en I. Desde esta, las conexiones del devanado primario del transformador de alta corriente pueden conectarse a la fuente de tensión correspondiente o a una unidad de potencia.

Una forma de realización ventajosa de la fuente de corriente resulta si respectivamente un devanado secundario con toma central del transformador de alta corriente está formado por dos chapas aisladas entre sí, compuestas de un material electroconductor, que se extienden de forma diametralmente opuesta, sustancialmente en forma de S, alrededor de la sección transversal del núcleo anular y por el núcleo anular, formando las superficies exteriores de las chapas los contactos para la conexión a los elementos de conmutación del rectificador síncrono o a los electrodos de un dispositivo de soldadura por resistencia. De esta manera, se consigue una estructura muy ahorrativa de espacio y compacta. Al mismo tiempo, para la conexión del devanado secundario al punto central o alma central del soporte en I y a los elementos de conmutación del rectificador síncrono están disponibles unas superficies de contacto muy grandes para garantizar con las menores pérdidas posibles el alto flujo de corriente.

Las chapas para formar el devanado secundario del transformador de alta corriente están aisladas unas de otras por una capa aislante, por ejemplo una capa de papel. De esta manera, dos devanados secundarios se pueden disponer sobre un núcleo anular y por tanto se pueden reducir considerablemente el tamaño de construcción, el peso y las pérdidas. Mediante esta disposición queda realizado en el lado secundario un rectificador de punto central, formando el soporte en I con el extremo unido, especialmente por soldadura indirecta, de los devanados secundarios el punto central.

El soporte en I y las placas de contacto del transformador de alta corriente forman preferentemente una unidad en forma de cubo o de paralelepípedo, estando dispuesto entre el soporte en I y las placas de contacto un aislamiento eléctrico. Las dos superficies exteriores del soporte en I forman los dos primeros contactos y las dos superficies exteriores de las placas de contacto forman los dos contactos adicionales desplazadas de ángulo en 90° respecto a estos, de la fuente de corriente. Si todos los demás componentes de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura, tales como el rectificador síncrono, el circuito de excitación, los circuitos de alimentación para el rectificador síncrono y el circuito de excitación están integrados en esta unidad en forma de cubo o de paralelepípedo, queda formada una unidad autónoma que en el lado de entrada ha de ser conectada tan sólo a una unidad de potencia, y en el lado de salida, al consumidor correspondiente. Las líneas habituales entre los distintos circuitos de la fuente de corriente se pueden suprimir o al menos se puede reducir notablemente su longitud.

Si en los lados frontales del soporte en I están dispuestas placas de recubrimiento, se puede formar una unidad más estable de la fuente de corriente en forma de cubo o de paralelepípedo.

Si las placas de recubrimiento igualmente están formadas por un material electroconductor y se pueden unir por unión roscada a las placas de contacto, se puede conseguir una conexión eléctrica de las placas de contacto. De esta manera, se puede suprimir una línea eléctrica separada que conecte las dos placas de contacto eléctricamente entre sí, para realizar la compensación de tensión o de potencial y evitar de esta manera una falta de simetría de las dos placas de contacto. Por lo tanto, a través de las placas de recubrimiento se establece la unión eléctrica de las dos placas de contacto de la disposición simétrica del transformador de alta corriente o de la fuente de corriente para proporcionar la corriente continua.

El soporte en I y/o las placas de contacto y/o las placas de recubrimiento y/o las chapas para formar el devanado secundario del transformador de alta corriente preferentemente están formados de cobre o de una aleación de cobre, preferentemente con un recubrimiento de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan unas características eléctricas óptimas y presentan una buena termoconductividad, por lo que se pueden evacuar de forma más rápida las pérdidas de calor que se produzcan. El recubrimiento de plata evita la oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o de aleaciones de cobre también entran en consideración el aluminio o las aleaciones de aluminio que presentan una ventaja de peso frente al cobre, aunque no es tan alta 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.

El soporte en I y/o las placas de contacto pueden estar formados también al menos parcialmente por partes del consumidor que se alimenta de la corriente continua proporcionada, por ejemplo por los brazos de pinza de un dispositivo de soldadura por resistencia. De esta manera, se puede crear una construcción en la que la fuente de corriente para proporcionar la corriente continua está integrada al menos en parte en el consumidor.

En las superficies exteriores del soporte en I y las superficies exteriores de las placas de contacto pueden estar dispuestos dispositivos de unión, preferentemente taladros con una rosca para recibir tornillos. A través de estos dispositivos de unión se puede realizar la unión tanto mecánica como eléctrica de la fuente de corriente a los componentes del consumidor, por ejemplo los brazos de pinza de un dispositivo de soldadura por resistencia. Además, a través de este tipo de dispositivos de unión se pueden fijar diversos otros elementos a las superficies exteriores del soporte en I o de las placas de contacto.

Según otra característica de la invención, en las conexiones de un devanado secundario está dispuesto respectivamente un transformador de corriente para la medición de la corriente por dicho devanado secundario, estando conectados dichos transformadores de corriente al circuito de excitación. A través del transformador de corriente se realiza una medición de la corriente en el lado secundario por el que se accionan los elementos de conmutación del rectificador síncrono, para minimizar las pérdidas en estado de conducción y las pérdidas por conmutación. En el caso de una estructura simétrica de la fuente de corriente con un soporte en I como base del transformador de alta corriente, a ambos lados del soporte en I están dispuestos devanados secundarios, e igualmente a ambos lados están dispuestos los transformadores de corriente. Los transformadores de corriente están puestos en contacto respectivamente directamente con el circuito de excitación dispuesto al lado, y a través de líneas correspondientes están conectados al circuito de excitación opuesto correspondiente. Lo esencial es que a causa de la conexión en paralelo de los devanados secundarios, en cada devanado fluye siempre la misma corriente y por tanto el flujo de corriente ha de tomarse sólo de un devanado secundario para poder deducir el flujo de corriente total. Por lo tanto, en el caso de una conexión en paralelo de diez devanados secundarios, los transformadores de corriente miden sólo una décima parte del flujo de corriente total en el lado secundario, por lo que estos se pueden dimensionar notablemente más pequeños. De esta manera, se consigue a su vez una reducción del tamaño de construcción del transformador de alta corriente o de la fuente de corriente.

Resulta ventajoso si los transformadores de corriente están dispuestos sustancialmente con una orientación de 90° con respecto a la dirección de la corriente continua, porque de esta manera se reducen las perturbaciones por el campo magnético causado por la corriente continua y, por tanto, los errores de medición. De esta manera, se puede realizar una medición muy exacta.

Para evitar perturbaciones por campos magnéticos extraños, cada transformador de corriente está apantallado por una carcasa, preferentemente por un apantallamiento compuesto de un material magnetoconductor. Como materiales para este tipo de apantallamientos resultan especialmente adecuadas las ferritas.

Para minimizar las pérdidas en estado de conducción y las pérdidas por conmutación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono, el circuito de excitación está realizado para la activación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el devanado secundario. Mediante este momento preajustado se puede compensar el retraso que se produce desde el registro del pasaje por cero de la corriente en el lado secundario hasta la activación de los elementos de conmutación correspondientes. Esto quiere decir que el momento de conexión y de desconexión de los elementos de conmutación del rectificador síncrono no se determina con el pasaje por cero de la corriente en el lado secundario, sino con el alcance de un umbral de conexión y de desconexión definido. El umbral de conexión y de desconexión se define según los retrasos de conmutación esperados. En todo caso, los umbrales de conexión y de desconexión pueden estar realizados de forma ajustable para poder reducir aún más las pérdidas. Por ejemplo, en un transformador de alta corriente de 20 kA, el momento de conmutación se puede determinar 100nseg antes del pasaje por cero, de manera que todos los componentes, especialmente los elementos de conmutación del rectificador síncrono tienen que estar conmutados dentro de este período de tiempo.

Para la evacuación del calor perdido producido en la fuente de corriente del dispositivo de soldadura por resistencia, dentro del soporte en I y de las placas de contacto están dispuestos preferentemente canales para llevar un fluido refrigerante. Como fluido refrigerante resulta adecuada especialmente agua, pero también se pueden transportar por los canales de refrigeración refrigerantes gaseosos y evacuar a través de estos el calor perdido.

Una forma de realización preferible de los canales de refrigeración resulta porque en una superficie exterior del soporte en I están dispuestas dos entradas para suministrar el fluido refrigerante y una salida para evacuar el fluido refrigerante, estando dispuestos los canales de refrigeración extendiéndose de cada entrada hacia las placas de contacto y a través del soporte en I hacia la salida. La sección transversal de la salida corresponde a la suma de las secciones transversales de todas las entradas. Mediante esta extensión de los canales de refrigeración se consigue que se refrigeren con el fluido refrigerante correspondientemente frío en primer lugar las placas de contacto en las que están dispuestas las pletinas del rectificador síncrono y del circuito de excitación con los componentes más sensibles. Después, se refrigeran los componentes menos sensibles, especialmente las piezas del transformador de alta corriente, en concreto, el soporte en I que está conectado a los devanados secundarios.

El circuito de excitación y el rectificador síncrono preferentemente están dispuestos sobre al menos una pletina, estando dispuesta dicha pletina en la superficie interior de al menos una placa de contacto. Mediante esta disposición del circuito de excitación y del rectificador síncrono en el lado interior de al menos una placa de contacto se puede conseguir una puesta en contacto directa, es decir, sin líneas, de las conexiones de los devanados secundarios con los elementos de conmutación del rectificador síncrono así como una puesta en contacto directa, es decir, sin líneas, de las salidas del rectificador síncrono con la placa de contacto. Preferentemente, el transformador de alta corriente o la fuente de corriente para proporcionar la corriente continua están estructurados

de forma simétrica, estando dispuesta a ambos lados de los devanados secundarios dispuestos de forma simétrica respectivamente una pletina con una parte del rectificador síncrono y del circuito de excitación, por debajo de respectivamente una placa de contacto.

5 Cada pletina del rectificador síncrono y del circuito de excitación presenta preferentemente aberturas, encima de las que están dispuestos los elementos de conmutación, y las superficies interiores de las placas de contacto presentan en los puntos de las aberturas en la pletina del rectificador síncrono escotaduras especialmente en forma de almenas, de tal forma que los elementos de conmutación se pueden poner en contacto sin líneas a través de las escotaduras en la superficie interior de las placas de contacto, que pasan por las aberturas de la pletina. De esta  
10 manera, se puede prescindir de líneas de conexión entre los elementos de conmutación del rectificador síncrono y la placa de contacto, por lo que por una parte se pueden reducir las pérdidas óhmicas y por otra parte se puede mejorar la transición térmica entre los elementos de conmutación y las placas de contacto. Finalmente, se reduce también el gasto de fabricación, ya que no es necesario tender y conectar líneas de conexión, sino que los elementos de conmutación se unen directamente a las escotaduras por soldadura indirecta. Además, a través de las  
15 escotaduras es posible un posicionamiento sencillo de la pletina y por tanto se puede simplificar considerablemente la fabricación.

También resulta ventajosa una realización en la que las conexiones de fuente de los elementos de conmutación formados por transistores de efecto de campo están unidas directamente a la placa de contacto eléctricamente y  
20 térmicamente a través de las escotaduras, especialmente escotaduras en forma de almenas, ya que se pueden evitar a su vez las líneas correspondientes.

Cada pletina está dispuesta preferentemente para la formación del aislamiento eléctrico necesario entre el soporte en I y las placas de contacto. De esta manera, no es necesario prever un aislamiento eléctrico separado entre el  
25 soporte en I y las placas de contacto.

El objetivo según la invención se consigue también mediante un procedimiento mencionado anteriormente para la refrigeración de una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua, siendo llevado el fluido refrigerante en primer lugar a través del al menos un circuito de excitación y el rectificador síncrono y después a través del al  
30 menos un devanado secundario del transformador de alta corriente. De esta manera, se refrigeran con el fluido refrigerante correspondientemente frío en primer lugar los componentes más sensibles del rectificador síncrono y del circuito de excitación y después los componentes menos sensibles, especialmente el devanado secundario del transformador de alta corriente o las piezas que están unidos térmicamente con este.

35 Como fluido refrigerante se usa preferentemente agua, pero también se pueden transportar por los canales de refrigeración refrigerantes gaseosos, evacuando a través de estos el calor perdido.

Preferentemente, el fluido refrigerante se lleva en un circuito cerrado.

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

Muestran:

45 la figura 1, un dispositivo de soldadura por resistencia del estado de la técnica con un robot y una pinza de soldadura fijada a este, en una representación esquemática;

la figura 2, un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura;

la figura 3, un dispositivo de soldadura por resistencia, especialmente una pinza de soldadura, con una fuente de corriente integrada para proporcionar la corriente de soldadura, en una representación esquemática;

50 la figura 4, un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura;

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 representación de despiece,

la figura 7, la fuente de corriente según la figura 5, estando representado el recorrido de los canales de refrigeración;

55 la figura 8, una vista desde arriba del soporte en I del transformador de alta corriente de la fuente de corriente;

la figura 9, el soporte en I según la figura 8, representado en sección;

la figura 10, una placa de contacto del transformador de alta corriente de la fuente de corriente junto a la pletina del rectificador síncrono y del circuito de excitación;

la figura 11, la placa de contacto según la figura 10, representada en sección;

60 la figura 12, un devanado secundario del transformador de alta corriente con un transformador de corriente, en una representación de despiece;

la figura 13, la estructura de un devanado secundario del transformador de alta corriente, en una representación de

despiece;

la figura 14, un diagrama de bloques de un circuito para la alimentación del rectificador síncrono y del circuito de excitación con energía eléctrica;

la figura 15, un curso de tiempo de la tensión de alimentación del circuito de alimentación según la figura 14; y

5 la figura 16, cursos de tiempo para ilustrar la excitación de los elementos de conmutación de un rectificador síncrono en función de las corrientes del transformador de alta corriente en el lado secundario.

10 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. Las piezas idénticas llevan los mismos signos de referencia en las figuras.

15 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 una pinza de soldadura 4 fijada al robot, con dos brazos de pinza 5 en los que están dispuestos alojamientos 6 para alojar respectivamente un electrodo 7. Alrededor de los electrodos 7 se extiende respectivamente una cinta 8 que reduce la resistencia por transición durante la soldadura por resistencia, protegiendo los electrodos 7. Además, puede analizarse y usarse para valorar la calidad de la soldadura la reproducción del punto de soldadura realizado, que se produce en la cinta 8. La cinta 8 para la protección de los electrodos 7 se desenrolla por un dispositivo enrollador que puede estar dispuesto en la pinza de soldadura 4 o los  
20 brazos de pinza 5, y a lo largo de los brazos de pinza 5, de los alojamientos de electrodo 6 y de los electrodos 7 se vuelve a guiar de vuelta al dispositivo enrollador 9 donde la cinta 8 vuelve a ser enrollada. Para realizar la soldadura por puntos, la corriente de soldadura 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 que se produce durante el procedimiento de soldadura por puntos. Habitualmente, la unidad de potencia 19 para proporcionar la corriente de soldadura se encuentra fuera del dispositivo de soldadura por resistencia 1, como está representado esquemáticamente en la figura 1. La corriente de soldadura se lleva a través de líneas 11 correspondientes a los electrodos 7 o los brazos de pinza 5 realizados de forma electroconductor. A causa de la amplitud de la corriente de soldadura del rango de unos kA, se requieren unas secciones transversales correspondientemente grandes para las líneas 11, por lo que resultan unas pérdidas óhmicas correspondientemente  
30 altas.

Además, unas líneas de alimentación primarias largas conducen a una inductividad más elevada de las líneas 11, por lo que está limitada la frecuencia de conmutación con la que se hace funcionar un transformador de alta corriente 12 de una fuente de corriente 10, resultando en unos transformadores de alta corriente 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 soldadura, de manera que se necesitan unas líneas de alimentación muy largas, por ejemplo de hasta 30m, hacia el transformador de alta corriente 12 para la pinza de soldadura 4 en el robot.

40 En la solución según la invención 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 pinza. Adicionalmente, la unidad de potencia 19 preferentemente se realiza con refrigeración por agua.

45 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 de soldadura. Aunque en el ejemplo de realización representado, la fuente de corriente 10 sirve para proporcionar la corriente de soldadura para el dispositivo de soldadura por resistencia 1, la fuente de corriente 10, especialmente la estructura completa de la alimentación de corriente, también se puede utilizar para proporcionar una corriente continua para otras aplicaciones. La fuente de corriente 10 incluye un transformador de alta corriente 13 con al menos un devanado primario 13, al menos un devanado secundario 14 con toma central y con un núcleo anular 15. La corriente transformada con la ayuda del transformador de alta corriente 13 se rectifica en un rectificador síncrono 15 y se suministra a los brazos de pinza 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 de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 a causa de las corrientes del transformador de alta corriente 13 en el lado secundario medidas por ejemplo a través de transformadores de corriente 18.

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



5 Para generar la corriente en el lado primario del transformador de alta corriente 12 está prevista una unidad de potencia 19 que está dispuesta entre una red de alimentación y la fuente de corriente 10. La unidad de potencia 19 pone a disposición la corriente en el lado primario para el transformador de alta corriente 12 o la fuente de corriente 10 con la amplitud deseada y la frecuencia deseada.

10 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 de soporte, en la pinza de soldadura 4 o los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, de manera que se puede suprimir al menos una parte de las líneas 11 para conducir la corriente de soldadura a los electrodos 7 y por tanto se reducen notablemente las longitudes de línea, porque ya sólo es necesaria la unión a un brazo de pinza 5. La fuente de corriente 10 presenta para la forma de una puesta en contacto por múltiples puntos al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, estando unidos dos primeros contactos 20, 21 de una polaridad a un brazo de pinza 5 y estando unidos dos contactos 22, 23 adicionales de una polaridad contraria al otro brazo de pinza 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 de forma opuesta, estando dispuestos los dos contactos 22, 23 adicionales de forma desplazada entre sí sustancialmente en 90° con respecto a los dos primeros contactos 20, 21. Por la puesta en contacto por múltiples puntos, es posible evitar o reducir la longitud las líneas que habitualmente se necesitan para unir el lado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 a los brazos de pinza 5 o los electrodos 6 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, y por tanto reducir notablemente las pérdidas óhmicas así como las pérdidas de contacto. De esta manera, se pueden emplear líneas lo más cortas posible con secciones transversales lo más grandes posible, manteniéndose al mismo tiempo la flexibilidad de la pinza de soldadura 4. Otra ventaja consiste en que a causa de una puesta en 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 de soldadura que ha de ser transmitida, con lo que se consigue también una reducción de las pérdidas de transición, ya que por el considerable aumento 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 alta corriente 12 o de una fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua de 20 kA una superficie de entre 15 cm x 15 cm a 25 cm x 25 cm, preferentemente 20 cm x 20 cm.

35 En el ejemplo de realización representado, la fuente de corriente 10 está realizada sustancialmente en forma de cubo, formando 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 pinza 5.

40 Como se puede ver en la representación de despiece parcial, al menos un brazo de pinza 5, especialmente el brazo de pinza 5 inferior, se conecta a través de un elemento de soporte 23a del brazo de pinza 5 inferior, mientras que el brazo de pinza 5 adicional, especialmente el superior, está unido a través de una abrazadera de unión 23b flexible a los demás contactos 22, 23. Por lo tanto, al menos un brazo de pinza 5 está conectado directamente al transformador de alta corriente 12, y el otro brazo de pinza 5 está conectado a este a través de una línea muy corta, por ejemplo más corta de 50 cm. Dado que se suprimen o se pueden realizar de forma especialmente corta las líneas 11 entre la fuente de corriente 10 y los electrodos 7 o los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, se consigue reducir notablemente las pérdidas óhmicas y las pérdidas inductivas.

45 Ventajas especiales resultan si al menos dos contactos 20, 21 se conectan a un brazo de pinza 5 de forma directa, es decir, sin líneas y por tanto sin resistencias de transición de contacto. Esto se puede conseguir si en la fuente de corriente 10 están casi integrados estos dos contactos 20, 21 que se pueden conectar a las piezas correspondientes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, especialmente los brazos de pinza 5, directamente, es decir, sin tender líneas. Por la conexión directa de un brazo de pinza 5 a los contactos 20, 21 del transformador de alta corriente 12 se consigue por tanto una conexión sin líneas, mientras que el segundo brazo de pinza 5 ha de conectarse con líneas muy cortas a los contactos 22, 23. De esta manera, se puede conseguir una reducción muy elevada de las pérdidas por conducción, ya que la longitud de conducción ha de reducirse al mínimo. En el estado de la técnica, en el caso óptimo, el transformador de alta corriente se posiciona lo más cerca posible de la pinza de soldadura 4, de manera que a continuación se han de tender las líneas del transformador de alta corriente 12 a la pinza de soldadura 4, mientras que en la solución según la invención, el transformador de alta corriente 12 está integrado en la pinza de soldadura 4 y, al mismo tiempo, un brazo de pinza 5 está fijado directamente al transformador de alta corriente 12, de manera que ya sólo el segundo brazo de pinza 5 ha de conectarse con una o dos líneas cortas. Evidentemente, en lugar de líneas también se pueden usar por ejemplo contactos deslizantes u otros elementos de conexión. Por el modo de construcción compacto y la conexión directa, es decir, sin líneas, de los componentes de la fuente de corriente 10 también se consigue reducir sensiblemente las pérdidas dentro de la fuente de corriente 10,

De manera ventajosa, todos los componentes de la fuente de corriente 10, así como el rectificador síncrono 16, el circuito de excitación 17, los transformadores de corriente 18 y todos los circuitos de alimentación para el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17 están contenidos en la unidad en forma de cubo o de paralelepípedo. Esto quiere decir que por la integración de los componentes / circuitos electrónicos queda creada una unidad de construcción en forma de un cubo en el que el usuario ya sólo tiene que proporcionar en el lado primario energía en forma de una tensión alterna correspondiente o una 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. De esta manera, el cubo o la fuente de corriente 10 se puede aplicar de manera versátil para la alimentación de componentes con una alta corriente continua. Especialmente, la fuente de corriente 10 sirve para la alimentación de baja tensión y alta corriente, como es habitual en los procesos de soldadura por resistencia.

En caso del uso en un proceso de soldadura por resistencia, partes de la fuente de corriente 10 realizada en forma de cubo también pueden estar formadas por componentes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, por ejemplo partes de los brazos de pinza 5 o similares, tal como está representado. En este caso, el cubo o la fuente de corriente 20 realizan una función de soporte, de tal forma que un brazo de pinza 5 está fijado directamente al cubo. El brazo de pinza 5 adicional se pone en contacto a través de líneas de conexión (no representadas). Mediante esta estructura se pueden evitar líneas largas, de manera que se consigue una reducción esencial de las pérdidas. Sin embargo, para que el cubo pueda ser integrado en una pinza de soldadura 4 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 presentan una longitud de lados entre 10 cm y 20 cm, especialmente de 15 cm. Mediante esta realización compacta de la fuente de corriente 10 en forma de cubo es posible fácilmente integrar esta por ejemplo en el cuerpo base de la pinza de soldadura 4.

La figura 4 muestra un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, especialmente una corriente de soldadura. En esta variante de realización preferible de la fuente de corriente 10 están conectados en serie diez devanados primarios 13 del transformador de alta corriente 12 y están conectados en paralelo diez devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 con toma central. Mediante esta realización del transformador de alta corriente 12 se puede conseguir la relación de transformación correspondientemente alta para conseguir una corriente correspondientemente alta en el lado secundario, incluso con reducidos números de espiras de los devanados primarios 13 y reducidos números de espiras de los devanados secundarios 14. Por ejemplo, con diez devanados primarios 13 e igualmente diez devanados secundarios 14 se puede conseguir una relación de transformación de 100. La corriente primaria fluye por los devanados primarios 13 conectados en serie del transformador de alta corriente 12, mientras que la corriente relativamente alta en el lado secundario se divide entre los diez devanados secundarios 14 conectados en paralelo. Las corrientes parciales en el lado secundario se suministran a los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16. Mediante una división de este tipo, a pesar de reducidos números de espiras en los lados primario y secundario resulta una relación de transformación relativamente alta (aquí de 100). Mediante esta construcción, en comparación con transformadores de alta corriente convencionales, en el lado primario se requieren menores números de espiras, por lo que se puede reducir la longitud del devanado primario 13 y de esta manera se pueden reducir las pérdidas óhmicas. Por el número de espiras reducido del devanado primario 13 y por tanto por una reducción resultante de la longitud de conducción se reduce a su vez la inductividad de dispersión típica del sistema del transformador de alta corriente 12, por lo que el transformador de alta corriente 12 se puede hacer funcionar con frecuencias de conmutación más altas, por ejemplo de 10 kHz. Las frecuencias de conmutación más altas en comparación con los transformadores de alta corriente convencionales producen a su vez una reducción del tamaño de construcción y del peso del transformador de alta corriente 12 y por tanto posibilidades de montaje ventajosas. De esta manera, el transformador de alta corriente 12 por ejemplo se puede posicionar muy cerca de los electrodos 7 de un transformador de alta corriente 1. De esta manera, por el peso reducido del transformador de alta corriente 12 se puede reducir también la carga del robot de soldadura, de manera que basta con un robot de soldadura pequeño más barato.

Los transformadores convencionales en los que no se produce ninguna conmutación en serie / en paralelo de los devanados primario y 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 alambre aumentan por una parte las pérdidas óhmicas y, por otra parte, resulta una mayor inductividad de dispersión, por lo que las frecuencias con las que se puede hacer funcionar el transformador del estado de la técnica están limitadas con unos kHz.

Al contrario, en la construcción descrita aquí del transformador de alta corriente 12 son reducidas las pérdidas óhmicas y la inductividad de dispersión debida al sistema de los devanados primarios 13 y de los devanados

secundarios 14, por lo que se pueden usar frecuencias del rango de 10 kHz y superior. De esta manera, se puede conseguir un tamaño de construcción notablemente más pequeño del transformador de alta corriente 12. El menor tamaño de construcción del transformador de alta corriente 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 pinza 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Por la conexión en paralelo del devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, la alta corriente resultante en el lado secundario se divide en varios flujos parciales. Dichos flujos parciales se transmiten a elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, tal como está representado esquemáticamente. Para activar los elementos de conmutación 24 está previsto un circuito de excitación 17 que está representado en la zona del devanado primario 13 y del devanado secundario 14, estando dispuestos dentro del cubo, es decir, dentro del transformador de alta corriente 12, tanto el rectificador síncrono 16 como el circuito de excitación 17 con el sistema sensorial correspondiente. El rectificador síncrono 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 líneas de control para la intervención desde fuera, sino tan sólo conexiones o contactos para la alimentación en el lado primario y conexiones o contactos para el suministro de la energía generada en el lado secundario, especialmente la alta corriente continua secundaria.

No obstante, también es posible que una conexión correspondiente del circuito de excitación 17 se extienda hacia fuera para poder predefinir valores teóricos para el circuito de excitación 17. Mediante adaptaciones externas, la fuente de corriente 10 se puede adaptar óptimamente al campo de aplicación. No obstante, como es conocido por el estado de la técnica, se pueden emplear sistemas para modificar o transferir datos, que trabajen de forma inalámbrica, preferentemente de forma inductiva, magnética o por Bluetooth, de manera que no se tenga que extender hacia fuera ninguna conexión de control.

El control y/o la regulación de la fuente de corriente 10 se realizan a través del sistema sensorial integrado. A través de la medición de las corrientes en el lado secundario de un devanado secundario 14 con la ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de excitación 17 recibe la información de en qué momentos deben conmutarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Puesto que los transformadores de corriente 18 miden sólo una fracción, en este caso una décima parte, de la corriente del lado secundario del transformador de alta corriente 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 en estado de conducción y las pérdidas por conmutación, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 son conmutadas a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 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 de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se producen ciertos retardos, el circuito de excitación 17 según la invención está realizado para conmutar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el devanado secundario 14. El circuito de excitación 17 provoca por tanto la conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento en el que las corrientes medidas por los transformadores de corriente 18 en el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 quedan por debajo o por encima de un umbral de conexión y de desconexión determinado. Mediante estas medida se puede conseguir que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes por el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, por lo que se consigue minimizar las pérdidas en estado de conducción y las pérdidas por conmutación (véase también la figura 16).

Para un devanado primario 13 y un devanado secundario 14, en la figura 4 está representado también el circuito de alimentación 48 para la alimentación del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 con energía eléctrica. También este circuito de alimentación 48 está integrado preferentemente en la fuente de corriente 10, es decir, en el cubo. Dado que tiene que quedar garantizada la alimentación del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 de la fuente de corriente 19 con energía eléctrica suficiente en el momento deseado del suministro de la corriente continua, por ejemplo de la corriente de soldadura, es necesaria una activación suficientemente rápida del circuito de alimentación 48 (véase la figura 15), es decir que esta está concebida de tal forma que en caso de la activación de la fuente de corriente 19 esté disponible lo más rápidamente posible una tensión de alimentación suficientemente alta y que a continuación se suministre la potencia requerida o la corriente requerida.

La figura 5 muestra la forma de realización de la fuente de corriente 10 según la figura 3 en una vista aumentada. La fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, por ejemplo una corriente de soldadura, presenta sustancialmente la forma de un cubo o paralelepípedo, constituyendo las superficies laterales del cubo o del

paralelepípedo los contactos 20, 21, 22, 23, a través de los que la corriente continua generada se puede transmitir al consumidor correspondiente, por ejemplo los brazos de pinza 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 alta corriente 12, el rectificador síncrono 16, el circuito de excitación 17, los transformadores de corriente 18, el circuito de alimentación 48 etc. están contenidos o integrados en este elemento en forma de cubo o de paralelepípedo 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 grado de eficacia, ya que se consigue una reducción óptima de las líneas y por tanto de los tiempos de conmutación con la integración de los componentes electrónicos en el cubo, especialmente las pletinas con el rectificador síncrono 16, el circuito de excitación 17 y el circuito de alimentación 48. Por la integración del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 así como de los circuitos de alimentación 48 de la fuente de corriente 10 en el transformador de alta corriente 12 así como la conexión en paralelo de varios elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y la conexión sin línea de los elementos de conmutación 24 con los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 no se necesitan líneas entre el rectificador síncrono 16 y el lado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, por lo que se suprimen también posibles pérdidas óhmicas y otras pérdidas por líneas de este tipo. La unidad de potencia 19 para la alimentación del transformador de alta corriente 12 se posiciona lo más cerca posible de este para conseguir unas líneas de conexión cortas y por tanto unas pérdidas por conducción e inductancias de conducción reducidas. Por la integración de todos los componentes queda formada una unidad autónoma que en el lado de entrada ha de conectarse tan sólo 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 pinza 5 o los electrodos 7. Las líneas habituales entre los distintos circuitos de la fuente de corriente 10 se pueden suprimir o al menos se puede reducir notablemente su longitud.

La base del transformador de alta corriente 12 de la fuente de corriente 10 la 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 cavidades 25a del soporte en I 25 se disponen a ambos lados los núcleos anulares 15 con los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. En cuanto al espacio resulta ventajoso si los núcleos anulares 15 no presentan una sección transversal circular, sino ovalada o plana. En el presente ejemplo de realización, en cada cavidad 25a del soporte en I 25 están dispuestos respectivamente cinco núcleos anulares 15 paralelamente con los devanados secundarios 14 correspondientes. El devanado primario 13 o los devanados primarios 13 interconectados en serie (línea de puntos y rayas) se extienden a través de los núcleos anulares 15, dispuestos en las cavidades 25a del soporte en I 25, y alrededor del alma central del soporte en I 25. Por esta extensión del devanado primario 13 a través de los núcleos anulares 15 dispuestos especialmente de forma simétrica en las dos cavidades 25a del soporte en I 25 se consigue un acoplamiento magnético óptimo a los devanados secundarios 14. Las conexiones 26 del devanado primario 13 se extienden hacia fuera 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 devanado primario 13 del transformador de alta corriente 12 puede conectarse 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 cavidades 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 19 estando aisladas frente 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 características eléctricas óptimas y presentan una buena termoconductividad, por lo que las pérdidas de calor producidas pueden evacuarse de forma más rápida. El recubrimiento de plata impide la oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o de aleaciones de cobre entran en consideración también el aluminio o las aleaciones de aluminio que frente al cobre ofrecen una ventaja de peso, aunque no es tan alta su resistencia a la corrosión. En lugar de un recubrimiento de plata es posible también 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 devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 están dispuestas las pletinas 35 del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17. Dichas pletinas 35 o placas de circuitos impresos están montadas o soldadas 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 alta corriente 12 pueden conectarse o ponerse en contacto directamente con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, sin necesidad de tender líneas. Las salidas del rectificador síncrono 16 preferentemente están conectadas igualmente directamente a las placas de contacto 29, por lo que no se requieren líneas. Las placas de contacto 29 se conectan directamente al soporte en I 25, preferentemente por atornilladura (no está representado). En las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 así como 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 las líneas hacia los brazos de pinza

5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 u otros aparatos que han de ser alimentados con la corriente continua, o un brazo de pinza 5 puede fijarse directamente al soporte en I 25 o a las placas de contacto 29.

5 En el lado superior y el lado inferior de la fuente de corriente 10 en forma de cubo o de paralelepípedo pueden estar dispuestas placas de recubrimiento 31 y estar unidas, por ejemplo atornilladas, al soporte en I 25 y las placas de contacto 29 (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 alta corriente 12 y a través de las placas de recubrimiento 31 se establece también una unión 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 asimétricas del transformador de alta corriente 12. De esta manera, se puede suprimir una línea eléctrica separada que uniría las dos placas de contacto 29 eléctricamente entre ellas para establecer la compensación de tensión o de potencial y evitar asimetrías. Por lo tanto, a través de las placas de recubrimiento 31 se establece la conexión eléctrica de las dos placas de contacto 29 de la disposición simétrica del transformador de alta corriente 12 o de la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente de soldadura. Evidentemente, en este caso, debe quedar garantizado un aislamiento correspondiente hacia el soporte en I 25. Al igual que el soporte en I 25 y las placas de contacto 29, las placas de recubrimiento 31 están hechas de cobre o una aleación de cobre, preferentemente con un recubrimiento de plata.

20 En una superficie exterior 28 del soporte en I 25, especialmente en el primer contacto 20, están dispuestas dos entradas 33 para el suministro de un fluido refrigerante y una salida 33 para la evacuación del fluido refrigerante 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 refrigerante presenta la suma de las secciones transversales de todas las entradas 32 para el suministro del fluido refrigerante. Para un recorrido óptimo del fluido refrigerante, los canales de refrigeración 39 están dispuestos correspondientemente (véanse las figuras 9 y 11). Como fluido refrigerante se puede usar agua u otro líquido, pero también un refrigerante gaseoso.

30 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 alta corriente 12 están situados directamente en los devanados secundarios 14 dispuestos arriba del todo, es decir que respectivamente en el primer devanado secundario 14, es decir el superior, está dispuesto a ambos lados del soporte en I 25 un transformador de corriente 18, de tal forma que a causa de la corriente inducida, puede ser determinada la corriente por este devanado secundario 14. Para evitar la influenciación de las corrientes medidas por los transformadores de corriente 18 por campos magnéticos extraños, preferentemente, encima de los transformadores de corriente 18 está dispuesta para el apantallamiento una carcasa 34 de un material conductor magnéticamente, por ejemplo ferritas.

40 Los transformadores de corriente 18 están dispuestos a ambos lados del soporte en I 25 respectivamente en el primer y el segundo devanado secundario 14. A causa del flujo de corriente por los devanados primarios 13, la corriente sale por un lado del soporte en I 25, por lo que el devanado secundario 14 superior forma por tanto el primer devanado secundario 14, mientras que en el lado opuesto entra ahora la corriente en el devanado secundario 14 superior formando por tanto el segundo devanado secundario. Por el uso de un puente integral es necesario que el flujo de corriente sea recibido siempre por el primer y el segundo devanado secundario 14 independientemente entre sí, de manera que en función de la corriente se puedan excitar los elementos de conmutación 24 correspondientes del transformador síncrono 16. De esta manera es posible que los elementos de conmutación 24 de los dos lados del soporte en I 25 sean excitados de forma casi síncrona por una señal de excitación provocada por el transformador de corriente 18.

50 Entre las placas de contacto 29 y el soporte en I 25 están dispuestas las pletinas 35 del rectificador síncrono 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 de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16 se ponen en contacto directamente con los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. A través de escotaduras 36 correspondientes, especialmente escotaduras 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 de conmutación 24 puede realizarse una puesta en contacto directa de los elementos de conmutación 24 con las placas de contacto 29. Los elementos de conmutación 24 están formados preferentemente por transistores de efecto de campo adecuados, cuyas conexiones de drenaje están formadas por sus carcasas. Las carcasas de los transistores de efecto de campo se conectan directamente, es decir, sin líneas, al al menos un devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, de manera que no se requieren líneas entre estas unidades. Por ejemplo, se usan transistores de efecto de campo de silicio o de nitruro de galio. Los transformadores de corriente 18 se conectan directamente a la pletina 35, dispuesta al lado, del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 y a través de una línea 38 adecuada se conectan a la pletina 35 opuesta del rectificador síncrono 16 y del circuito de

excitación 17.

El ensamblaje de la fuente de corriente 10 según las figuras 5 y 6 se realiza preferentemente con un procedimiento de soldadura indirecta usando dos temperaturas de soldadura indirecta distintas. En primer lugar, los devanados secundarios 14 se unen a las cavidades 25a del soporte en I 25 usando un material de soldadura indirecta, especialmente un estaño de soldadura, que se funde a una primera temperatura  $T_{S1}$  más elevada, por ejemplo de 260°C. También las placas de contacto 29 se ponen en contacto con las pletinas 35 usando un material de soldadura indirecta que se funde a la primera temperatura de fusión  $T_{S1}$  más elevada, por ejemplo de 260°C. Después, los componentes del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 se montan sobre la pletina 35, usando a su vez un material de soldadura que se funde a la primera temperatura de fusión  $T_{S1}$  más elevada, por ejemplo de 260°C. 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 devanados secundarios 14 y los contactos en las pletinas 35 se aplica material de soldadura indirecta con una segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$  inferior a la primera temperatura de fusión  $T_{S1}$  más elevada, por ejemplo de 180°C, las placas de contacto 29 con las pletinas 35 se unen al soporte en I 25, preferentemente por atornilladura, y a continuación, se calienta a través de la segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$  del material de soldadura indirecta, por ejemplo de 180°C, de manera que queda establecida la unión de los devanados secundarios 14 a los elementos de conmutación 24 de los rectificadores síncronos. Mediante el uso de un material de soldadura indirecta con esta segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$  más baja se puede garantizar que las uniones por soldadura indirecta realizadas con el material de soldadura con la temperatura de fusión  $T_{S1}$  más elevada no se fundan o que suba su ohmioje por procesos de cristalización. Finalmente, el devanado primario 13 se enhebra a través de los núcleos anulares 15 y, a continuación, se montan y se contactan los transformadores de corriente 18 y se tiende la línea 38. Mediante la fijación de las placas de recubrimiento 31 se acaba la fuente de corriente 10. Para la reducción de fuerzas de tracción y de flexión sobre los componentes de la fuente de corriente 10, todos los espacios huecos pueden sellarse antes del montaje de las placas de recubrimiento 31. A través de aberturas (no representadas) previstas para ello por ejemplo en las placas de recubrimiento 31 se puede realizar un sellado incluso después del montaje de las placas de recubrimiento 31.

La figura 7 muestra la fuente de corriente 10 según las figuras 5 y 6 estando representado esquemáticamente (en líneas discontinuas) el recorrido de los canales de refrigeración 39. Por consiguiente, los canales de refrigeración 39 se extienden desde ambas entradas 32 dispuestas simétricamente, en primer lugar al interior de las placas de contacto 29 donde se refrigeran con el fluido refrigerante frío las fuentes de calor más fuertes (los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y los elementos constructivos del circuito de excitación 17) y los elementos constructivos más sensibles. A continuación, los canales de refrigeración 39 discurren al interior de los elementos exteriores del soporte en I 25 y al interior del alma central del soporte en I 25 donde se refrigeran los devanados del transformador de alta corriente 12, reuniéndose en el alma central formando un solo canal de refrigeración los dos canales de refrigeración 39 que entran lateralmente. Después, los canales de refrigeración 39 desembocan en la salida 33 común para el fluido refrigerante. Los canales de refrigeración en las placas de contacto 29 y dentro del 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, para la estanqueización de los canales de refrigeración 39 se disponen 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 alta corriente 12 está representado de forma aislada de los demás componentes del transformador de alta corriente 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 cavidades 25a en el soporte en I 25 están realizadas exactamente para recibir el núcleo anular 15, por 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 devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. Las tomas centrales del devanado secundario 14 se conectan sin líneas al alma central del soporte en I 25, por lo que se pueden suprimir a su vez las líneas correspondientes. Mediante la unión directa de los devanados secundarios 14 al soporte en I 25 se consigue también un considerable aumento de las superficies de conexión y por tanto se pueden evitar a su vez pérdidas por transición y pérdidas por conducción.

El soporte en I 25 forma la base del transformador de alta corriente 12, alrededor de la que están dispuestos los devanados secundario 14 de tal forma que no se requieren líneas 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 unen directamente, es decir sin líneas, a los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Una disposición ahorrativa de 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 devanados primarios 13 y devanados secundarios 14, mediante los que se

consigue la relación de transformación necesaria del transformador de alta corriente 12 para la alta corriente continua que ha de ser proporcionada, con unos números de espiras reducidos de los devanados primarios 13 y devanados secundarios 14. Una estructura de este tipo resulta ventajosa especialmente si en cada lado del soporte en I 25 se disponen al menos tres devanados secundarios 14 conectados en paralelo.

5 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. Aquí se puede ver claramente el recorrido de los canales de refrigeración 39 hacia la salida 33 común para el fluido refrigerante.

10 La figura 10 muestra una placa de contacto 29 del transformador de alta corriente 12 o de la fuente de corriente 10 así como la pletina 35 dispuesta por encima para el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17 en una vista aumentada. Como ya se ha mencionado anteriormente, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un lado se ponen en contacto directamente con los devanados secundarios 14 correspondientes del transformador de alta corriente 12 y en el otro lado se unen directamente a la placa de contacto 29. Para este fin, en  
15 la superficie interior de la placa de contacto 29 están dispuestas cavidades 36, especialmente escotaduras en forma de almenas que se extienden al interior de aberturas 37 correspondientes de la pletina 35 contactando allí directamente, es decir sin línea, los elementos de conmutación 24 dispuestos encima de las aberturas 37. Por las escotaduras 36 se puede prescindir de líneas de conexión entre los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y las placas de contacto 29, por lo que por una parte se pueden reducir pérdidas óhmicas y, por otra  
20 parte, se puede mejorar la transición térmica entre los elementos de conmutación 24 y las placas de contacto 29. Finalmente, se reduce también el gasto de fabricación, ya que no es necesario tender ni conectar líneas de conexión, sino que los elementos de conmutación 24 se conectan directamente, preferentemente por soldadura indirecta, a las escotaduras 36. Además, de esta manera se puede conseguir un fácil posicionamiento de la pletina 35 y por tanto simplificar considerablemente la fabricación.

25 Por la disposición del circuito de excitación 17 y del rectificador síncrono 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, es decir sin líneas, de las conexiones de los devanados secundarios 14 a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 así como una puesta en contacto directa, es decir sin líneas, de las salidas del rectificador síncrono 16 a la placa de  
30 contacto 29. Preferentemente, el transformador de alta corriente 12 o la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente continua están estructurados de forma simétrica, estando dispuesta, a ambos lados de los devanados secundarios 14 dispuestos de forma simétrica, respectivamente una pletina 35 con una parte del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 respectivamente por debajo de una placa de contacto 29.

35 En el rectificador síncrono 16 según la figura 10 están dispuestos en una fila respectivamente diez elementos de conmutación 24. Para garantizar que todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo sean excitados sustancialmente al mismo tiempo y que tengan poca repercusión las pérdidas por retardo, se realiza una excitación simétrica de los elementos de conmutación 24 desde ambos lados, es decir que a través de controladores de puerto  
40 dispuestos bilateralmente se excitan preferentemente respectivamente cinco elementos de conmutación 24 desde la derecha y la izquierda. También se pueden disponer otras variantes de excitación como por ejemplo un controlador de puerto que discurre adicionalmente de forma central, por lo que se reducen a la tercera parte las longitudes de conducción y sus inductividades. Mediante una excitación paralela de este tipo de los puertos de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se garantizan unos cortos trayectos de excitación y por tanto unos  
45 tiempos de conmutación aproximadamente sincrónicos de los elementos de conmutación 24, ya que no se producen o apenas se producen pérdidas por retardo.

Durante el montaje de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29, las escotaduras 36 pasan por las aberturas 37 en la pletina 35, por lo que al mismo tiempo el lado posterior de la pletina 35 se puede unir o soldar de forma segura a la placa de contacto 29 y, adicionalmente, los elementos de conmutación 24 dispuestos en el lado opuesto  
50 igualmente se pueden unir o soldar a la placa de contacto 29. De esta manera, se puede suprimir el gasto de cableado habitualmente alto. Además, de esta manera es posible un fácil posicionamiento de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29 y esta ya no puede resbalar durante la soldadura. Si sobre la pletina 35 están dispuestos el rectificador síncrono 16, el circuito de excitación 17 y el circuito de alimentación 48, se puede conseguir una estructura autónoma durante la integración de la pletina 35 en el transformador de alta corriente 12. Resulta ventajoso además si el circuito de excitación 17 está dispuesto a ambos lados de los elementos de conmutación 24  
55 dispuestos paralelamente y en serie, ya que de esta manera se consigue una reducción de los trayectos de conducción hacia los distintos elementos de conmutación 24. De esta manera, se puede garantizar que dentro de un intervalo de tiempo muy corto están encendidos todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo. Por la disposición bilateral del circuito de excitación 17 se consigue reducir a la mitad la longitud de conducción y, por consiguiente, una reducción de las inductividades de conducción y, por tanto, una reducción notable de los  
60 tiempos de conmutación 24. A un lado de la pletina 35 está prevista preferentemente por toda la superficie una superficie soldable para la unión por soldadura indirecta a la placa de contacto 29, con lo que se consigue una unión

segura a la placa de contacto 29. De esta manera, también se consigue reducir notablemente las resistencias por transición, ya que una unión de la pletina 35 por toda la superficie presente una menor resistencia por transición. En lugar de la unión preferentemente directa por soldadura indirecta también se pueden prever alambres de unión cortas, los llamados alambres de conexión eléctrica.

5 El circuito de alimentación 48 preferentemente está realizado para la formación de corrientes de conmutación correspondientemente altas, por ejemplo entre 800A y 1500A, especialmente de 1000A, y para la alimentación de los componentes con la tensión de alimentación correspondiente. A causa de la corriente de conmutación muy alta se consigue un tiempo de conmutación muy reducido, especialmente del orden de nseg. De esta manera, se puede garantizar que los elementos de conmutación 24 se conmuten siempre durante el pasaje por cero o inmediatamente antes del pasaje por cero con una reducida corriente de salida, 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, se pueden transmitir datos de forma inalámbrica 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 alta corriente 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.

20 Para crear una protección de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 contra sobretensiones, resulta ventajoso encender los elementos de conmutación 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 síncrono 16 activo para evitar la destrucción de los elementos de conmutación 24. Se supervisa si una corriente primaria o una corriente secundaria fluye por el transformador de alta corriente 12, y en caso de ausencia de flujo de corriente mientras la pinza de soldadura 4 se posiciona correspondientemente para un nuevo punto de soldadura, el circuito de excitación 17 excita todos los elementos de conmutación 24 mediante la excitación correspondiente de los puertos. Si después del posicionamiento de la pinza de soldadura 4 se activa la fuente de corriente 10, es decir, si se inicia un procedimiento de soldadura manual o automático, en el devanado primario 13 del transformador de alta corriente 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 de conmutación 24. Evidentemente, la activación y la desactivación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 también puede realizarse a través de señales de control que se envían al circuito de excitación 17 por radioenlace o de forma inductiva o magnética. En los elementos de conmutación 24 encendidos no pueden causar daños posibles sobretensiones. También se puede prever cierta protección mínima de los elementos de conmutación 24 con la ayuda de diodos Zener.

35 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. En esta se puede ver claramente el recorrido de los canales de refrigeración 39. Las aberturas en los taladros 40 que resultan al realizar estos para la formación de los canales de refrigeración 39 se estanqueizan por los elementos de cierre 41 correspondientes. Los elementos de cierre 41 pueden realizarse mediante tornillos correspondientes que se enroscan en roscas correspondientes en los taladros 40.

45 La figura 12 muestra un núcleo anular 15 con dos devanados secundarios 14, dispuestos sobre este, del transformador de alta corriente 12 junto al transformador de corriente 18 dispuesto encima de este, que se representó en una representación de despiece. El transformador de corriente 18 se protege contra campos magnéticos extraños con la carcasa 34 que apantalla y un apantallamiento 43, de manera que la corriente secundaria por el devanado secundario 14 puede ser medida con la mayor precisión posible y ser suministrada al circuito de excitación 17 para el control de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Para apantallar campos magnéticos, resultan especialmente adecuadas las ferritas como materiales. El transformador de corriente 18 se posiciona o fija a través de una zona parcial de uno o ambos devanados secundarios 14 dispuestos. De la manera conocida por el estado de la técnica, el transformador de corriente 18 se forma a partir de un núcleo magnético con un devanado dispuesto encima de este, conectándose las conexiones del devanado al circuito de excitación 17. Además, entre el núcleo anular 15 y el devanado secundario 14 están dispuestos el apantallamiento 43 y una chapa de núcleo para el transformador de corriente 18, colocándose el núcleo del transformador de corriente 18 sobre dicha chapa de núcleo.

55 Con esta estructura del transformador de alta corriente 12, dos devanados secundarios 14 estructurados de esta manera están dispuestos a ambos lados del soporte en I 25, de tal forma que el circuito de excitación 17 mide el flujo de corriente por uno de los devanados secundarios 14 conectados en paralelo y posicionados a ambos lados. Cuando el circuito de excitación 17 está conectado a estos transformadores de corriente 18, es posible un control o una regulación exactos, ya que a través de los transformadores de corriente 18 se pueden detectar los estados en el transformador de alta corriente 12.



A causa de la conexión en paralelo descrita anteriormente de los devanados secundarios 14, en cada devanado secundario 14 fluye la misma corriente. Por lo tanto, se ha de tomar la corriente de sólo un devanado secundario 14 para poder deducir el flujo de corriente total. En el caso de una conexión en paralelo de diez devanados secundarios 14, sólo la décima parte del flujo de corriente total es medida por los transformadores de corriente 18, por lo que estos pueden dimensionarse de forma notablemente más pequeña. De esta manera, se consigue a su vez una reducción del tamaño de construcción del transformador de corriente 12 o de la fuente de corriente 10. Resulta ventajoso si los transformadores de corriente 18 están dispuestos con una orientación de sustancialmente 90° con respecto a la dirección de la corriente continua, especialmente de la corriente de soldadura, ya que de esta manera se pueden reducir perturbaciones por el campo magnético provocado por la corriente continua y, por consiguiente, 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 devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 preferentemente están formados por dos chapas 44, 45 aisladas entre sí por una capa aislante 46, por ejemplo una capa de papel, con una extensión diametralmente opuesta sustancialmente en forma de S alrededor de la sección transversal de un núcleo anular 15 y por el núcleo anular 15, que se disponen una dentro de otra. Por lo tanto, en un núcleo anular 15 están dispuestos dos devanados secundarios 14 o las piezas del devanado secundario 14 con toma central. Las superficies exteriores 47 de las chapas 44, 45 de los devanados secundarios 14 forman al mismo tiempo las superficies de contacto para la puesta en contacto con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y el soporte en I 25 que sirve de punto central de la rectificación. Por lo tanto, no se requieren líneas para la conexión de los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Los devanados secundarios 14, especialmente las chapas 44, 45 que forman los devanados secundarios 14 se conectan directamente, es decir sin líneas, a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y al alma central del soporte en I 25 o del punto central de la rectificación. De esta manera, se consigue una estructura muy ahorrativa de espacio y compacta con un peso reducido y pérdidas reducidas. Al mismo tiempo, para la conexión del devanado secundario 14 al alma central del soporte en I 25 y a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 están disponibles superficies 47 relativamente grandes para una puesta en contacto, para garantizar con las menores pérdidas posibles el alto flujo de corriente. Mediante esta disposición queda realizado en el lado secundario un rectificador síncrono, formando el soporte en I 25 con el extremo conectado de los devanados secundarios 14 el punto central.

El núcleo anular 15 puede formarse a partir de ferritas, materiales amorfos o materiales nanocristalinos. Cuanto mejores sean los materiales empleados en cuanto a las características magnéticas, más pequeño puede realizarse el núcleo anular 15. Sin embargo, por ello también aumenta el precio del núcleo anular 15. Lo esencial en la realización de las chapas 44, 45 es que estas se plieguen o se doblen de tal forma que pasen al menos una vez por el núcleo anular 15. Las dos chapas 44, 45 o devanados secundarios 14 dispuestos sobre un núcleo anular 15 se realizan de forma diametralmente opuesta y se aíslan entre sí.

La figura 14 muestra un diagrama de bloques de un circuito de alimentación 48, especialmente de una fuente de alimentación, para la alimentación del rectificador síncrono 16 y del circuito de excitación 17 con energía eléctrica. El circuito de alimentación 48 se conecta al lado secundario o a las conexiones del devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 y contiene un rectificador de valor cresta 49, un elevador de tensión 50, un regulador longitudinal 51 y un divisor de tensión 52. El elevador de tensión 50 o reforzador garantiza que la alimentación de los componentes de la fuente de corriente 10 esté disponible lo más rápidamente posible. Al mismo tiempo, lo más rápidamente posible se genera la tensión de alimentación interna del rectificador síncrono 16 activo. Mediante el uso del elevador de tensión 50, en la fase inicial de la activación de asegura que en un momento lo más temprano posible se genera en primer lugar la amplitud requerida de la tensión de alimentación, para garantizar en un momento lo más temprano posible un funcionamiento seguro del rectificador síncrono 16 integrado en el transformador de alta corriente 12.

La figura 15 muestra el transcurso de la tensión de alimentación  $V$  del circuito de alimentación 48 según la figura 14. La rampa del incremento de tensión  $\Delta V/\Delta t$  se elige suficientemente empinada, de manera que queda garantizado que la tensión VCC necesaria está presente con un retardo  $T_d$  máximo en el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17. Por ejemplo, el retardo  $T_d$  debería ser  $< 200\mu s$ . Mediante la concepción correspondiente de los circuitos del rectificador de valor cresta 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 alimentación con una subida empinada y, sólo a continuación, se establece la alimentación correcta.

La figura 16 muestra transcurros de la corriente  $I_S$  del lado secundario del transformador de alta corriente 12 y de las señales de control  $G_1$  y  $G_2$  para los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 para ilustrar la excitación sin pérdidas. A través de la medición de las corrientes  $I_S$  del lado secundario de un devanado secundario

14 con la ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de excitación 17 obtiene la información de cuándo han de conmutarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Para reducir las pérdidas en estado de conducción y las pérdidas por conmutación, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmutan a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 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 de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se producen ciertos retrasos  $t_{pre}$ , según la invención el circuito de excitación 17 está realizado para excitar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el devanado secundario 14. Por lo tanto, el circuito de excitación 17 provoca la conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en momentos en los que las corrientes  $I_S$  en el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, medidas por los transformadores de corriente 18, quedan 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 de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes  $I_S$  por el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, por lo que se consigue minimizar las pérdidas en estado de conducción y las pérdidas por conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. El momento de conexión y de desconexión de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 por lo tanto no se determina con el pasaje por cero de la corriente en el 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 retardos de conmutación esperados. Eventualmente, 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 alta corriente 12 de 20 kA, por ejemplo, el momento de conmutación se puede fijar 100nseg antes del pasaje por cero, de tal forma que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se tienen que conmutar dentro de este período de tiempo.

Un transformador de alta corriente habitual del estado de la técnica para un dispositivo de soldadura por resistencia para proporcionar una corriente de soldadura de por ejemplo 20 kA presenta unas pérdidas de aprox. 40 a 50 kW. En total, para proporcionar una corriente de soldadura de 20 kA según el estado de la técnica se necesita una potencia de conexión de hasta 150 kW, ascendiendo las pérdidas en total a aprox. 135 kW, lo que resulta en un grado de eficacia de aprox. 10 %. En cambio, un transformador de alta corriente 12 del presente tipo tiene habitualmente sólo unas pérdidas de 5 a 6 kW. Las pérdidas por conducción se pueden reducir de los 30 kW habituales a 20 kW. Por lo tanto, en un dispositivo de soldadura por resistencia 1 según la invención para generar una corriente de soldadura de 20 kA, la potencia de conexión se puede reducir a 75 kW, ya que el total de pérdidas es ya de tan sólo aprox. 60 kW. Por lo tanto, el grado de eficacia resultante de aprox. 20 % es aproximadamente dos veces más alto que en el estado de la técnica. Esta comparación muestra muy claramente que 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 o el transformador de alta corriente 12 descritos están realizados en forma de cubo o de paralelepípedo, estando formadas dos superficies laterales por un soporte en I 25, estando dispuestas en dichas superficies laterales placas de contacto 29 aislantes eléctricamente para formar 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 del paralelepípedo. Dentro del cubo, especialmente las superficies laterales, el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17 están dispuestos sobre al menos una pletina 35 o placa de circuitos impresos. Por lo tanto, el cubo presenta sólo conexiones 26 para los devanados primarios 13 del transformador de alta corriente 12 y las superficies laterales como superficies de contacto para tomar 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 refrigerante. Preferentemente, no están previstas líneas de control para el rectificador síncrono 16 integrado en el cubo y el circuito de excitación 17, 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 necesita ningún tipo de líneas de control, sino que la fuente de corriente 10 ya sólo está conectada a una unidad de potencia 19 en 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 ajustes, sino únicamente conectar la fuente de corriente 10. La reunión de los componentes en principio autónomos, independientes, formando una unidad común de este tipo hace que se puedan reducir notablemente 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 de soporte directamente en una aplicación, especialmente en una pinza de soldadura 4. También se aumenta notablemente la facilidad de uso.

En la estructura según la invención es esencial además el hecho de que los elementos de conmutación 24 se conectan sin líneas a los componentes correspondientes, es decir que las conexiones de fuente, que conducen la

5 corriente de soldadura, de los elementos de conmutación 24 formados por transistores de efecto de campo están unidos o soldados directamente a las escotaduras 36 de la placa de contacto 29, estando dispuestas o soldadas también las conexiones de puerto de los elementos de conmutación 24 directamente sobre la pletina 35 y el circuito de excitación 17 (controlador de puerto) dispuesto sobre este. De esta manera, se pueden reducir las inductancias de líneas por la supresión total de las líneas, de manera que se pueden conseguir altas velocidades de conmutación y unas reducidas pérdidas en estado de conducción.

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

15 Si ahora se desea dimensionar el transformador de alta corriente 12 para una corriente más alta, por ejemplo de 30 kA, se puede aumentar fácilmente el número de los devanados secundarios 14. Por ejemplo, bilateralmente en las cavidades 25a del soporte en I 25 pueden disponerse respectivamente siete devanados secundarios 14, para lo que la altura del soporte en I 25 se aumenta de manera correspondiente, por ejemplo se realiza tan sólo 5 cm más alto o se emplea un cuerpo base correspondientemente más grande. Por lo tanto, el soporte en I 25 del transformador de alta corriente 12 se complementa bilateralmente tan sólo con dos devanados secundarios 14 para poder proporcionar una corriente más alta. Por el aumento se aumentan también las superficies de refrigeración de contacto. Además, se disponen paralelamente un número correspondientemente mayor de elementos de conmutación 24. El devanado primario 13 se puede reducir a un menor número de espiras, por ejemplo siete espiras, de manera que se consigue una multiplicación de por ejemplo 98. Pérdidas mayores del devanado primario se compensan mediante la corriente primaria más alta a causa del posible aumento de la sección transversal y la reducción de la longitud de conducción.

Un aumento de la corriente de soldadura secundaria de 20 kA a 30 kA tiene como consecuencia por tanto tan sólo un alargamiento del cubo, es decir, del transformador de alta corriente 12 en por ejemplo 5 cm.

30 Dado que el transformador de alta corriente 12 preferentemente trabaja de forma autónoma y no presenta líneas de control, para posibles mensajes de error debe ser posible una comunicación hacia fuera con componentes externos, especialmente con un dispositivo de control. Para ello, se puede usar el circuito secundario, compuesto por los devanados secundarios 14 y el rectificador síncrono 16 y el circuito de excitación 17. En determinados estados, especialmente en el régimen en vacío del transformador de alta corriente 12, este se puede cortocircuitar de forma intencionada con la ayuda del rectificador síncrono 16, de manera que una unidad de vigilancia externa o un dispositivo de control detecten 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.

40 Por ejemplo, mediante la integración de un sensor de temperatura en el transformador de alta corriente 12, especialmente en el rectificador síncrono 16, se puede detectar y evaluar la temperatura. Si la temperatura sube por ejemplo por encima de un valor umbral definido, el circuito de excitación 17 cortocircuita el rectificador síncrono 16 de manera definida en el régimen en vacío, es decir, en las pausas de soldadura. Dado que el dispositivo de control externo conoce el estado en vacío, durante el que no se está realizando ninguna soldadura, este se detecta o se reconoce por el flujo de corriente más elevado en las líneas primarias del transformador de alta corriente 12. Ahora, el dispositivo de control externo puede comprobar si el circuito de refrigeración está activado o si este presenta errores o si se aumenta la potencia de refrigeración, de manera que se produce una mejor refrigeración.

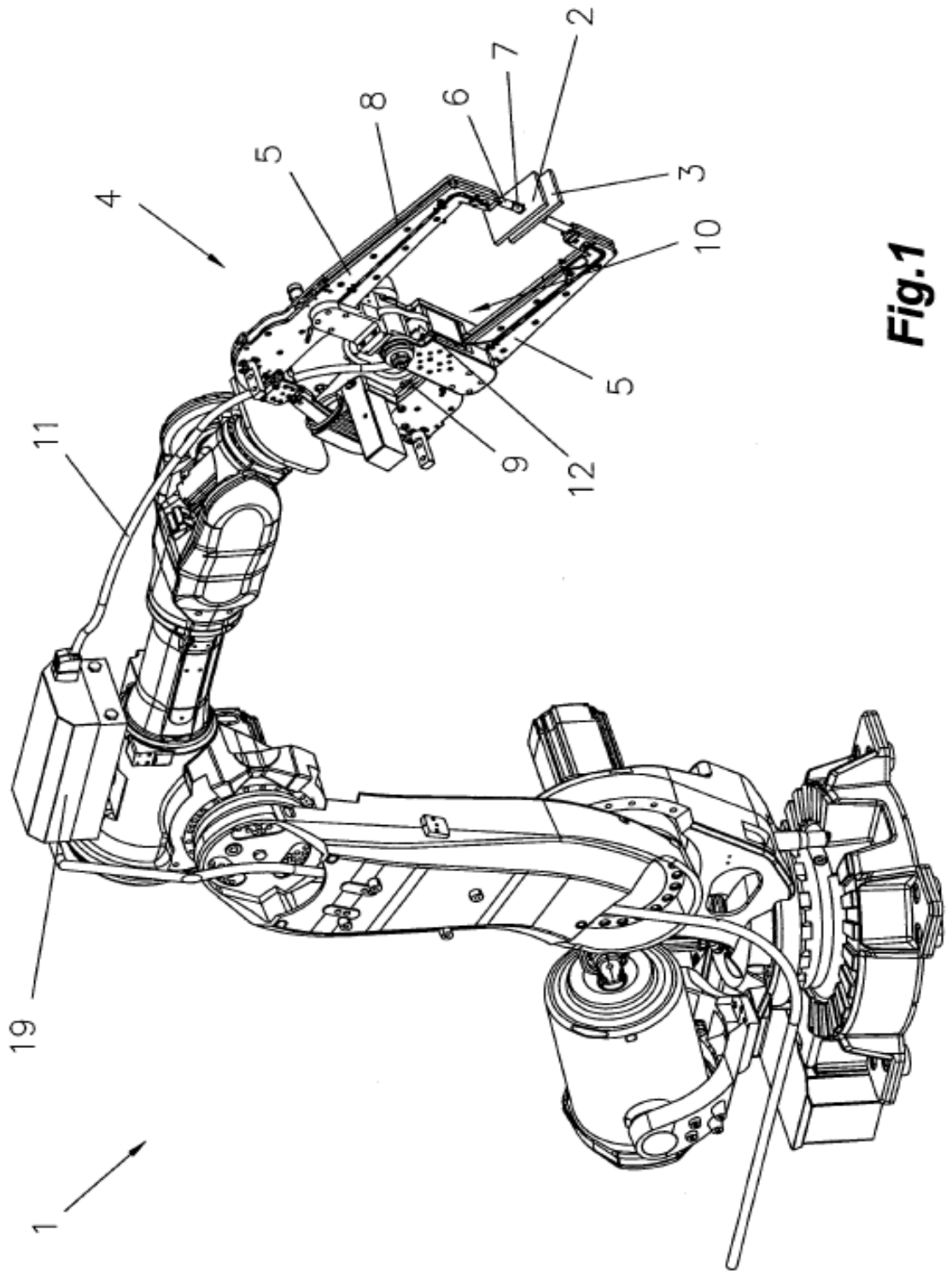
50 Evidentemente, a través de patrones de conmutación o de impulso correspondientes, es decir, la apertura y el cierre definidos de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en régimen en vacío, se pueden comunicar al exterior diferentes mensajes de error. Por ejemplo, se pueden enviar al exterior diferentes valores de temperatura, tensiones secundarias, corrientes, mensajes de error etc.

55 Pero también es posible que una comunicación de este tipo se realice durante una soldadura, aunque una detección de este tipo resulta claramente más difícil. Para ello, por ejemplo, se pueden modular señales correspondientes en la corriente del lado primario, especialmente por los devanados primarios 13.

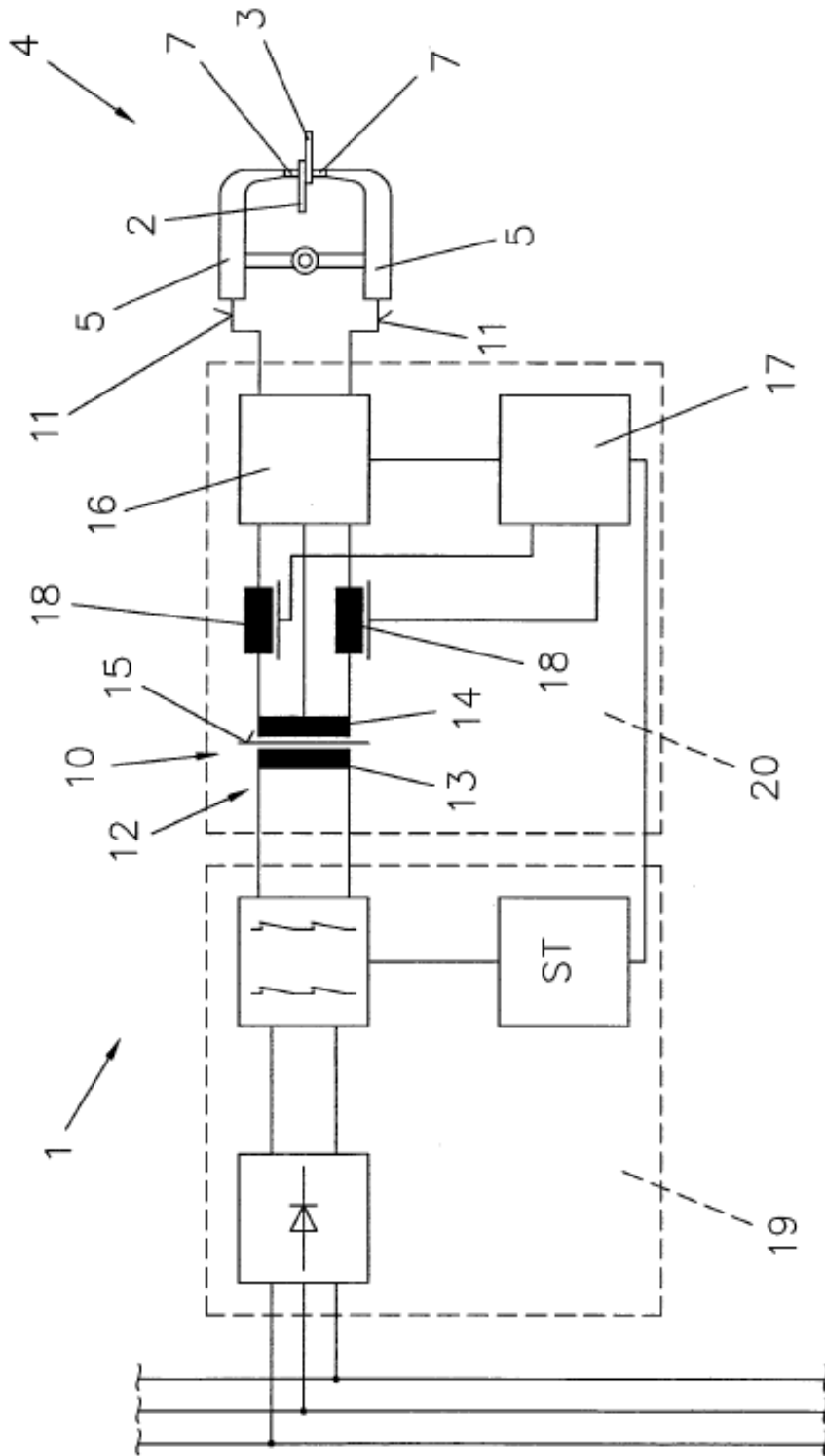
## REIVINDICACIONES

- 5 1.- Fuente de corriente (10) para proporcionar una corriente continua, con un transformador de alta corriente (12) con al menos un devanado primario (13) y al menos un devanado secundario (14) con toma central, con un rectificador síncrono (16) conectado al al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12) con elementos de conmutación (24) y con un circuito (17) para excitar los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) y con un circuito de alimentación (48) para alimentar el rectificador síncrono (16) y el circuito de excitación (17), **caracterizada porque** el rectificador síncrono (16) y el circuito de excitación (17) y su circuito de alimentación (48) están integrados en el transformador de alta corriente (12), porque en el transformador de alta corriente (12), para formar una puesta en contacto por múltiples puntos, están dispuestos al menos cuatro contactos (20, 21, 22, 23) para proporcionar la corriente continua, por lo que la corriente continua se reduce al menos a la mitad y de esta manera se reducen las pérdidas por transición.
- 15 2.- Fuente de corriente (10) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** dos primeros contactos (20, 21) de una polaridad y dos contactos (22, 23) adicionales de una polaridad contraria están dispuestos respectivamente de forma opuesta, estando dispuestos los dos contactos (22, 23) adicionales con un desplazamiento entre sí sustancialmente de 90° con respecto a los dos primeros contactos (20, 21).
- 20 3.- Fuente de corriente (10) según la reivindicación 2, **caracterizada porque** los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) están conectados sin líneas al al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12).
- 25 4.- Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el transformador de alta corriente (12) presenta varios, preferentemente al menos 10, devanados primarios (13) conectados en serie y varios, preferentemente al menos 10, devanados secundarios (14) conectados en paralelo con toma central.
- 30 5.- Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** el transformador de alta corriente (12) presenta un soporte en I (25) de un material electroconductor, en cuyas cavidades (25a) está dispuesto en cada caso al menos un núcleo anular (15), estando puesta en contacto en cada caso una conexión de cada devanado secundario (13) directamente con una superficie interior del soporte en I (25), y porque las superficies exteriores (28) del soporte en I (25) forman los dos primeros contactos (20, 21), y la toma central del al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12) está conectada sin líneas al soporte en I (25).
- 35 6.- Fuente de corriente (10) según la reivindicación 5, **caracterizada porque** el al menos un devanado primario (13) del transformador de alta corriente (12) está dispuesto de tal forma que se extiende por el al menos un núcleo anular (15).
- 40 7.- Fuente de corriente (10) según las reivindicaciones 5 o 6, **caracterizada porque** encima de las cavidades (25a) del soporte en I (25) está dispuesta en cada caso una placa de contacto (29) de un material electroconductor, que a través del rectificador síncrono (16) y del circuito de excitación (17) está conectada respectivamente a las otras conexiones de cada devanado secundario (14), formando las superficies exteriores de las placas de contacto (29) los dos contactos (22, 23) adicionales de la fuente de corriente (10).
- 45 8.- Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizada porque** cada devanado secundario (14) con toma central está formado por dos chapas (44, 45) aisladas entre sí de un material electroconductor que se extienden de forma diametralmente opuesta, sustancialmente en forma de S, alrededor de la sección transversal del núcleo anular (15) y por el núcleo anular (15), formando las superficies exteriores (47) de las chapas (44, 45) los contactos para la unión a los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) o a los electrodos (7).
- 50 9.- Fuente de corriente (10) según las reivindicaciones 7 u 8, **caracterizada porque** el soporte en I (25) y las placas de contacto (29) del transformador de alta corriente (12) forman preferentemente una unidad en forma de cubo o de paralelepípedo, estando dispuestas en los lados frontales del soporte en I (25) placas de recubrimiento (31), y las placas de recubrimiento (31) están formadas por un material electroconductor y se pueden atornillar a las placas de contacto (29), de tal forma que las placas de contacto (29) quedan unidas eléctricamente.
- 55 10.- Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 5 a 9, **caracterizada porque** el soporte en I (25) y/o las placas de contacto (29) y/o las placas de recubrimiento (31) y/o las chapas (44, 45) para formar el devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12) están hechas de cobre o de una aleación de cobre, preferentemente con un recubrimiento de plata.
- 60

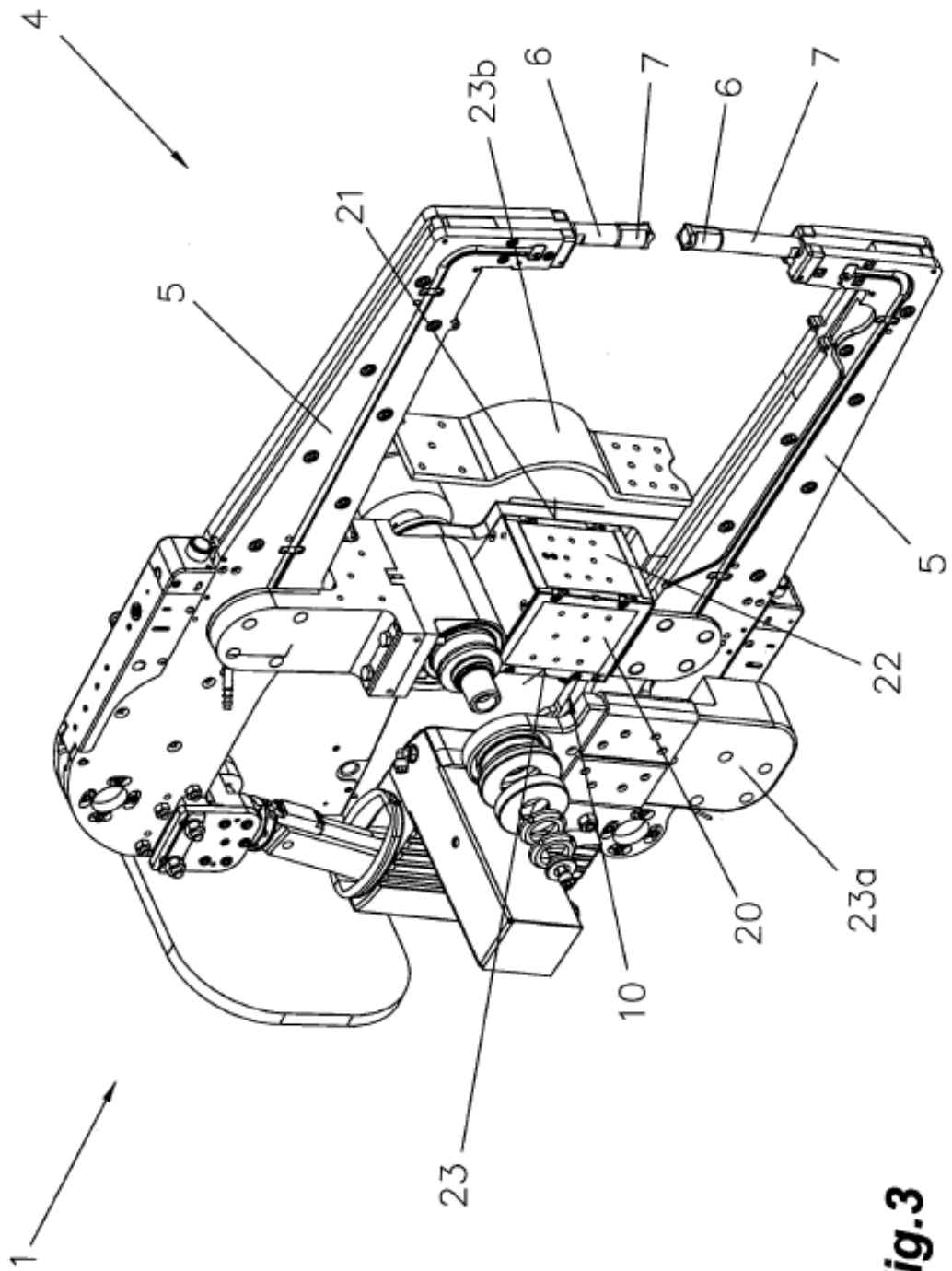
- 5 **11.-** Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizada porque** en las conexiones de un devanado secundario (14) está dispuesto en cada caso un transformador de corriente (18) para la medición de la corriente por dicho devanado secundario (14), estando conectados dichos transformadores de corriente (18) al circuito de excitación (17).
- 10 **12.-** Fuente de corriente (10) según la reivindicación 11, **caracterizada porque** los transformadores de corriente (18) están dispuestos sustancialmente con una orientación de 90° con respecto a la dirección de la corriente continua.
- 15 **13.-** Fuente de corriente (10) según las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizada porque** el circuito de excitación (17) está realizado para la activación de los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) en un momento preajustado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el devanado secundario (14).
- 20 **14.-** Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 5 a 12, **caracterizada porque** en el soporte en I (25) y en las placas de contacto (29) están dispuestos canales (39) para llevar un fluido refrigerante, estando dispuestas en una superficie exterior (28) del soporte en I (25) dos entradas (33) para suministrar el fluido refrigerante y una salida (33) para evacuar el fluido refrigerante, estando dispuestos los canales de refrigeración (39) extendiéndose de cada entrada (32) hacia las placas de contacto (29) y a través del soporte en I (25) hacia la salida (33).
- 25 **15.-** Fuente de corriente (10) según una de las reivindicaciones 7 a 14, **caracterizada porque** el circuito de excitación (17) y el rectificador síncrono (16) están dispuestos sobre al menos una pletina (35), estando dispuesta dicha pletina (35) en la superficie interior de al menos una placa de contacto (29), y cada pletina (35) del rectificador síncrono (16) y del circuito de excitación (17) presenta aberturas (37), encima de las que están dispuestos los elementos de conmutación (24), y porque las superficies interiores de las placas de contacto (29) presentan en los puntos de las aberturas (37) en la pletina (35) del rectificador síncrono (16) escotaduras (36), especialmente escotaduras en forma de almenas, de tal manera que los elementos de conmutación (24) se pueden poner en contacto sin líneas a través de las escotaduras (36) de la superficie interior de las placas de contacto (29), que pasan por las aberturas (37) de la pletina (35).
- 30 **16.-** Procedimiento para la refrigeración de una fuente de corriente (10) para proporcionar una corriente continua, con un transformador de alta corriente (12) con al menos un devanado primario (13) y al menos un devanado secundario (14) con toma central, con un rectificador síncrono (16) conectado al al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12) con elementos de conmutación (24) y con un circuito (17) para la excitación de los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16), con la ayuda de un fluido refrigerante, **caracterizado porque** el fluido refrigerante se lleva dentro de una placa de contacto y de un soporte en I del transformador de alta corriente, de tal forma que se refrigeran en primer lugar el al menos un circuito de excitación (17) y el rectificador síncrono (16) y después el al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12).
- 35 **17.-** Procedimiento de refrigeración según la reivindicación 16, **caracterizado porque** el fluido refrigerante se lleva en un circuito cerrado en sí mismo.
- 40



**Fig.1**

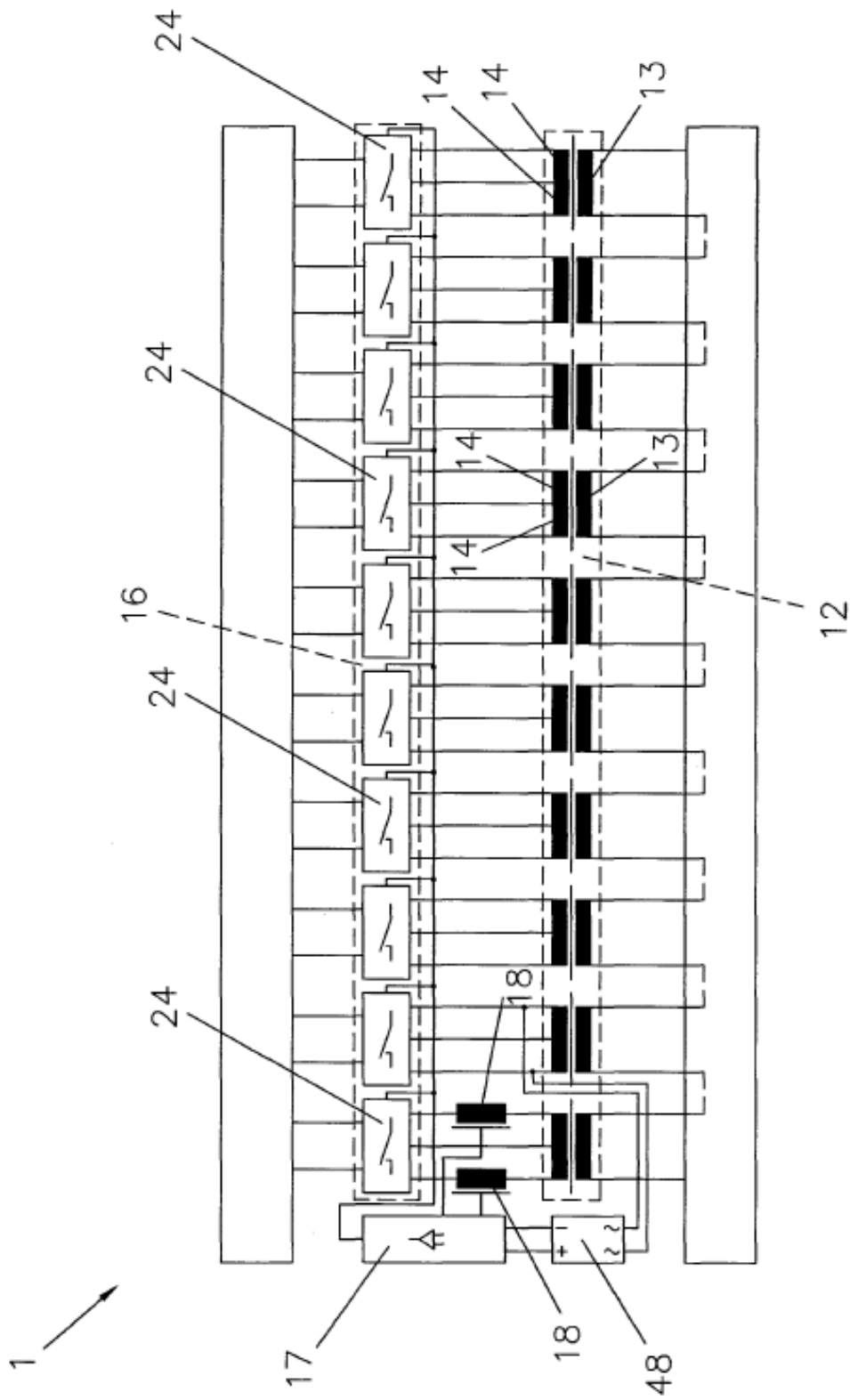


**Fig.2**

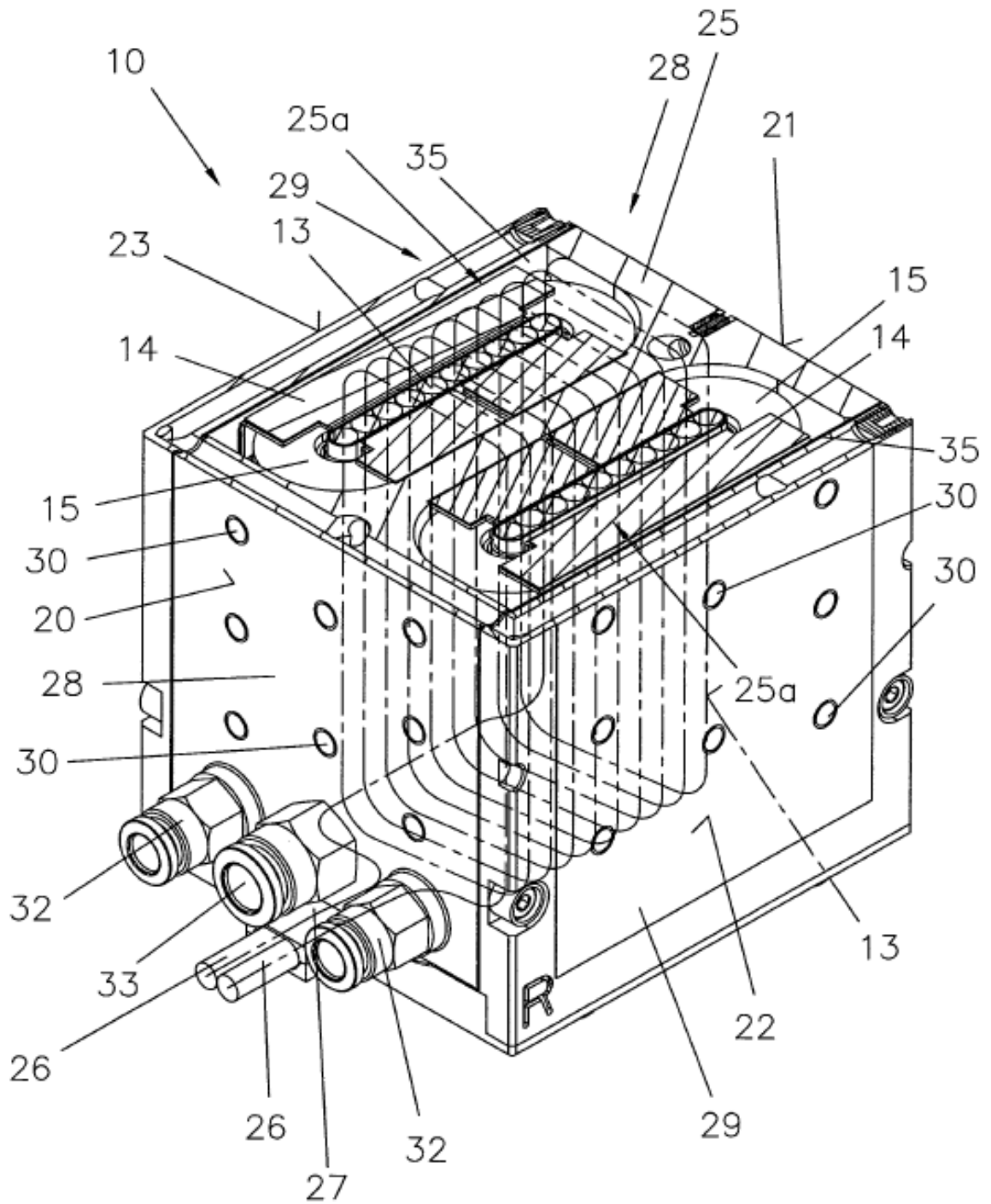


**Fig.3**

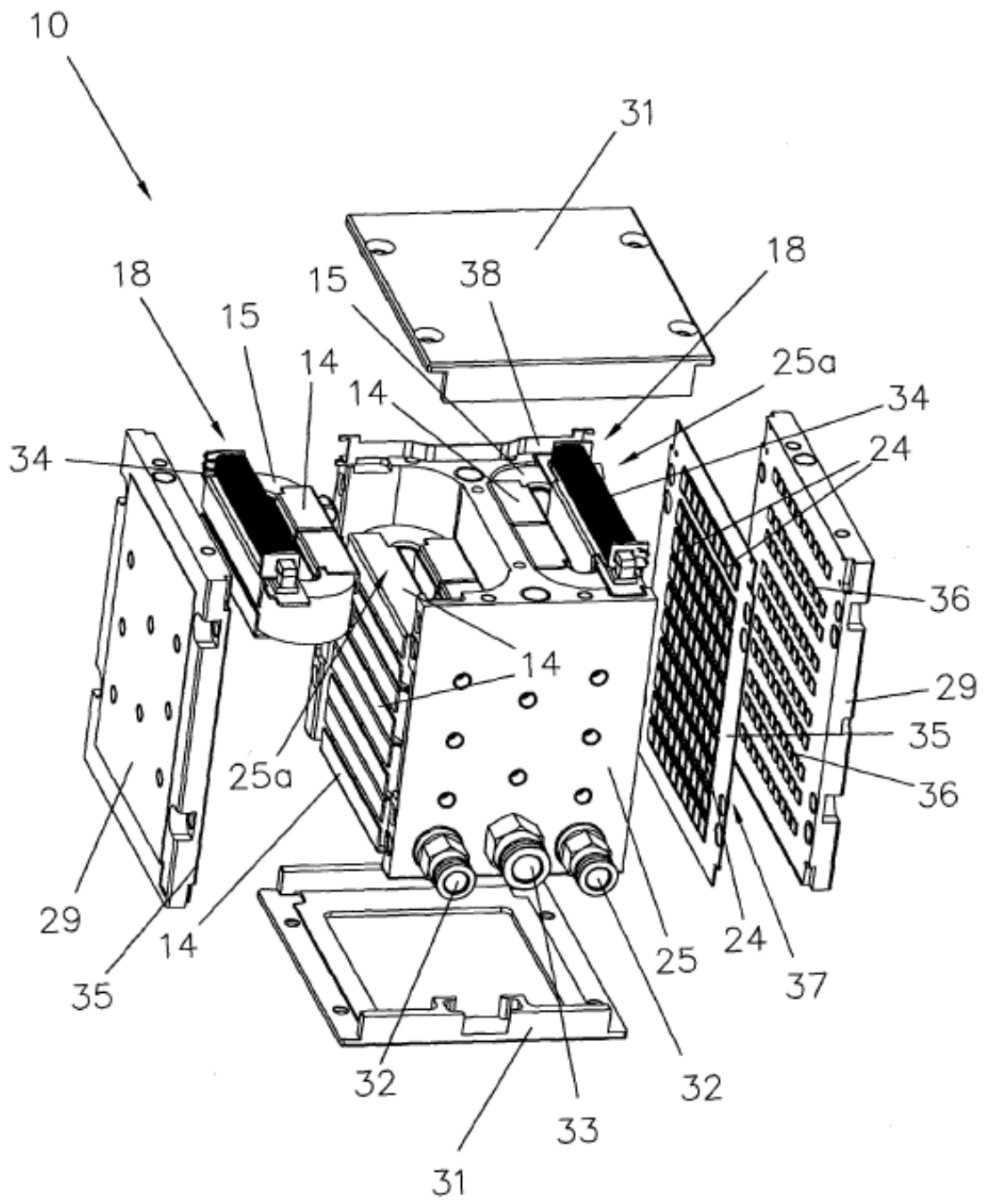




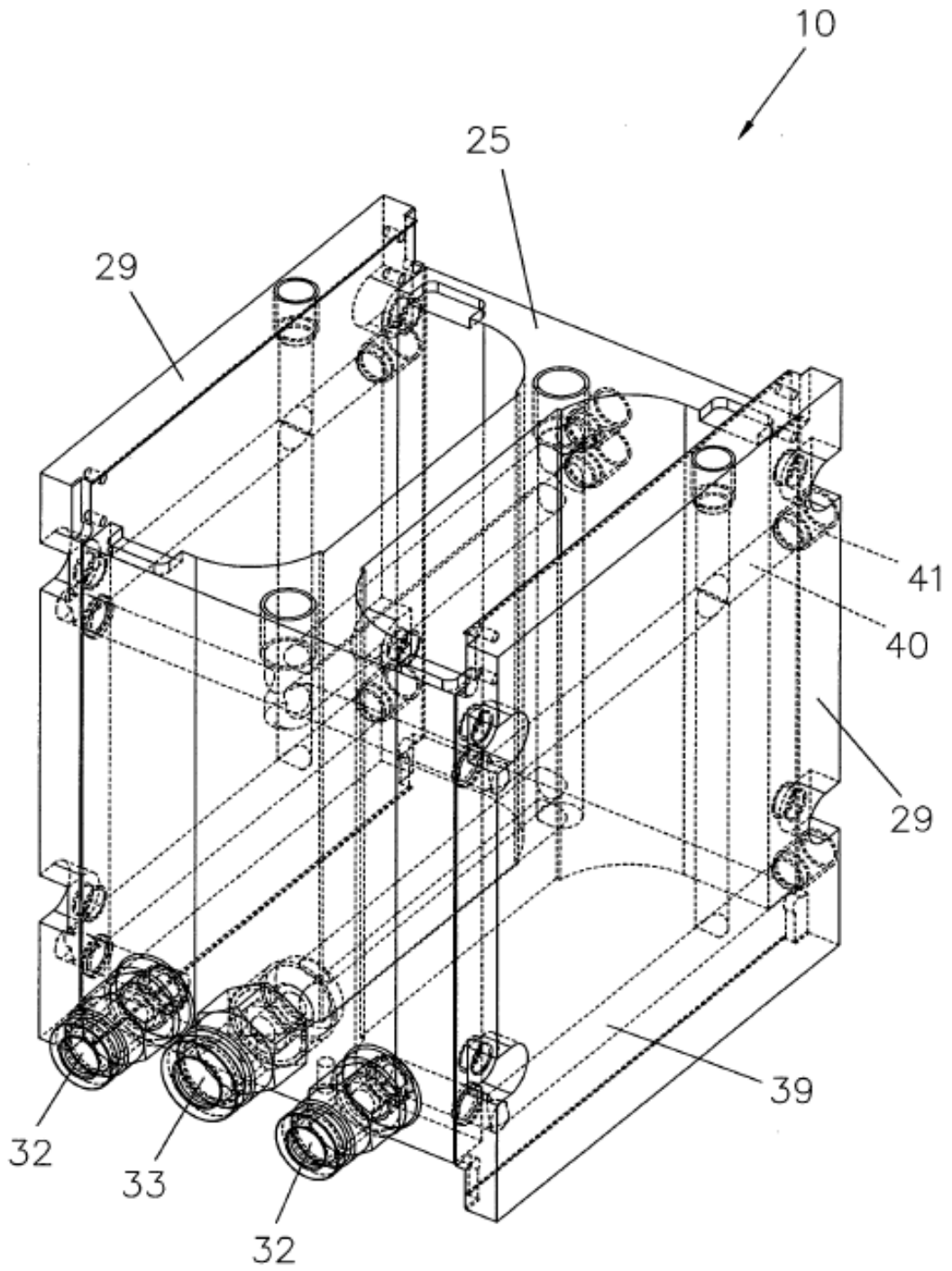
**Fig.4**



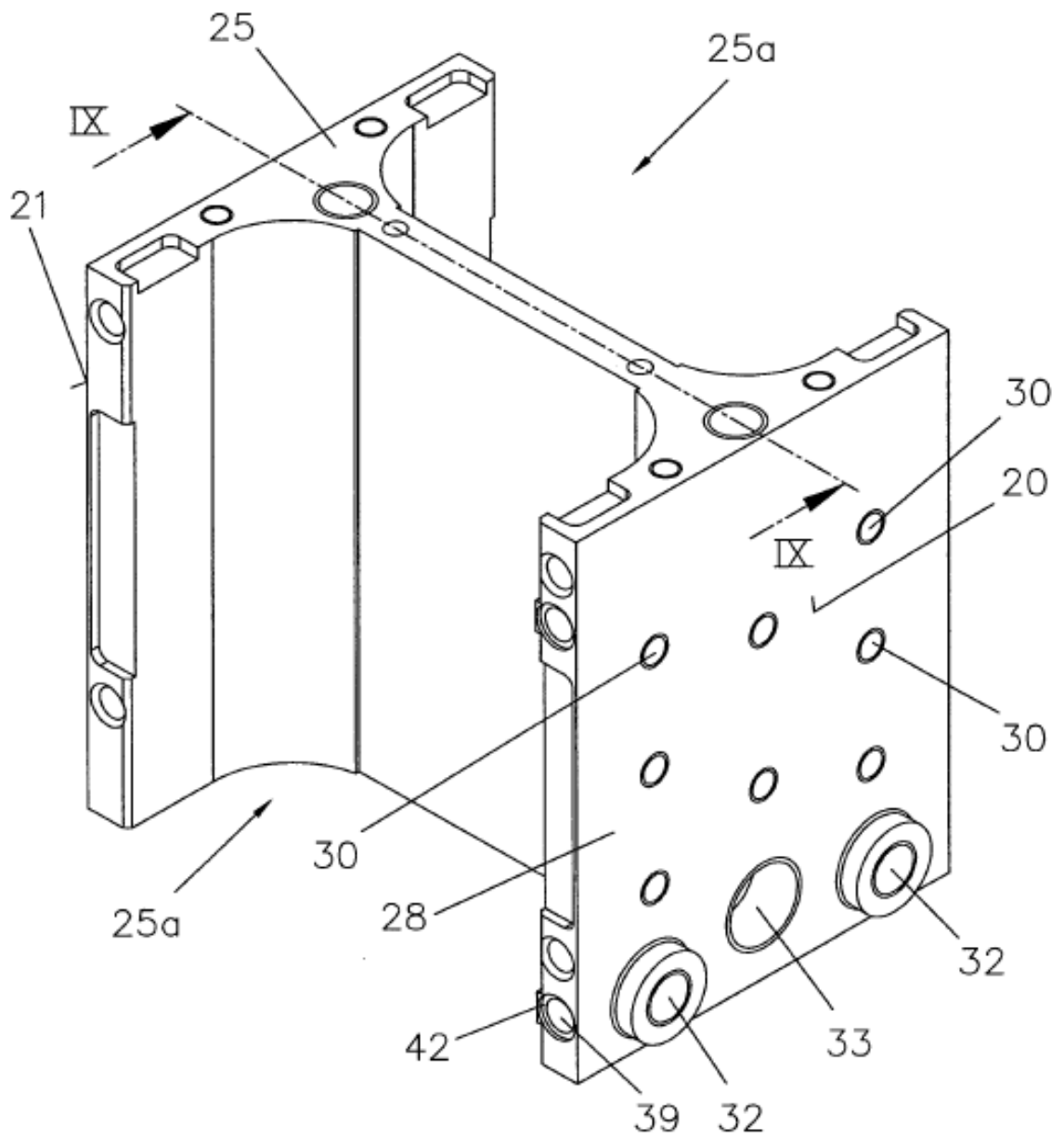
**Fig.5**



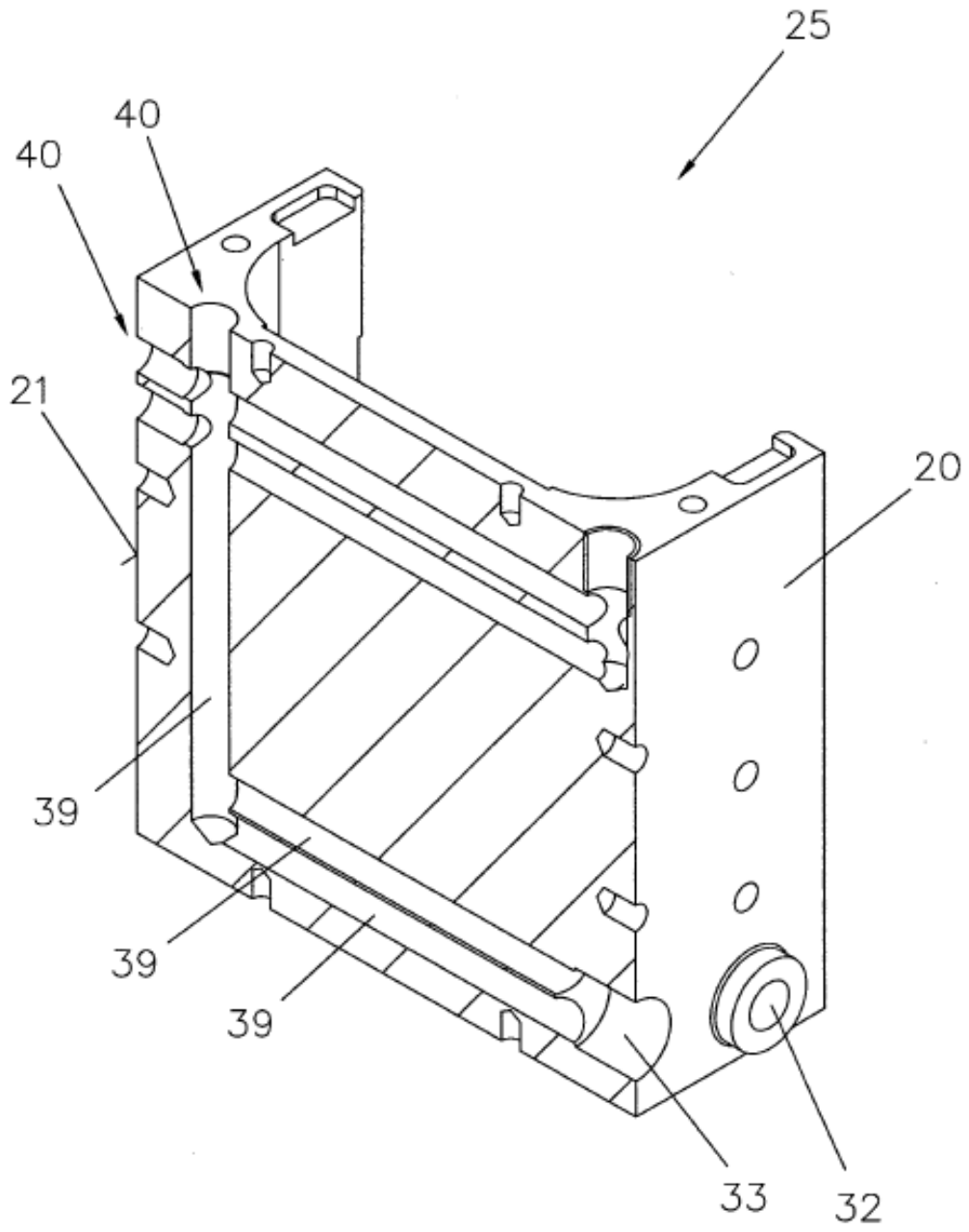
**Fig.6**



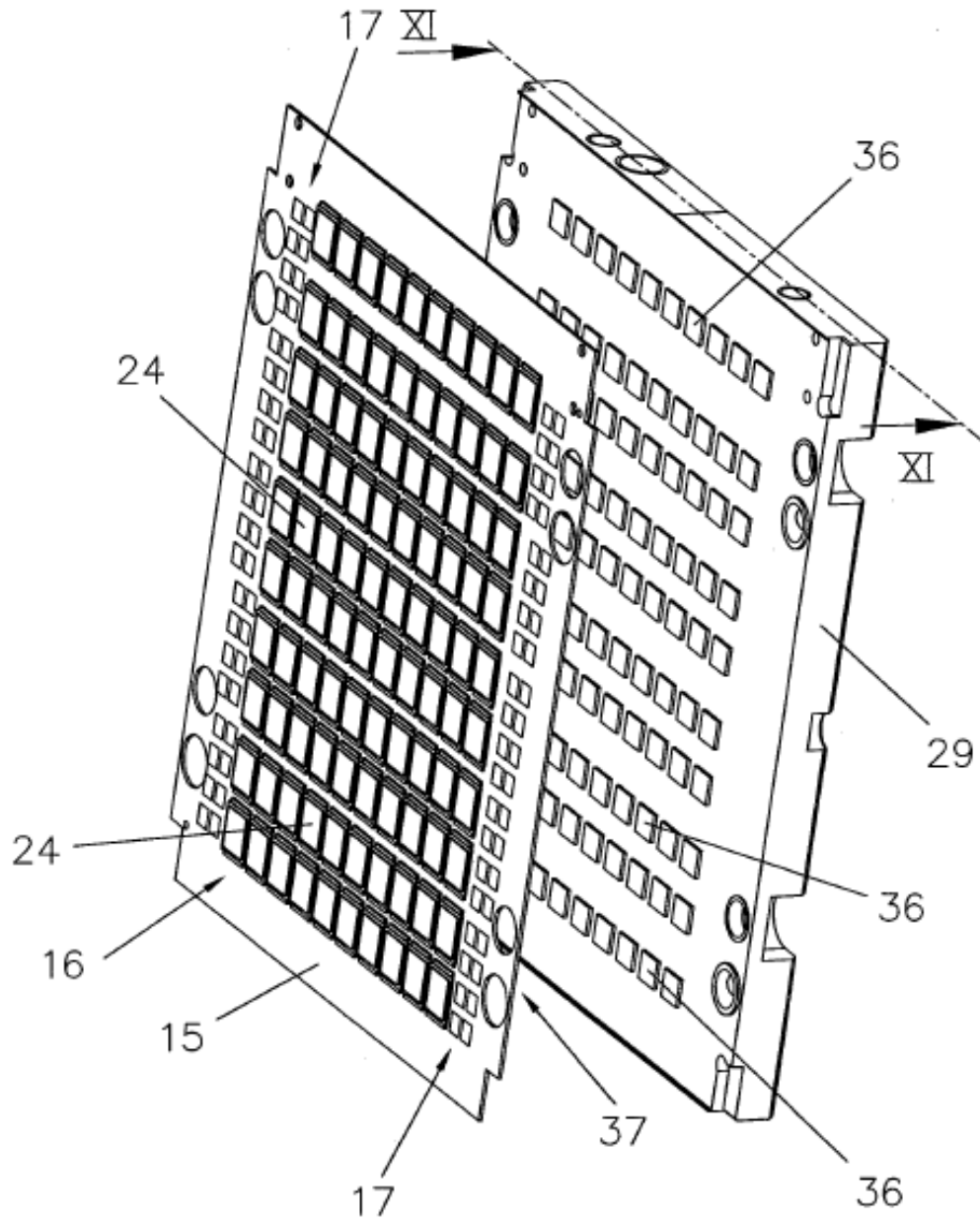
**Fig.7**



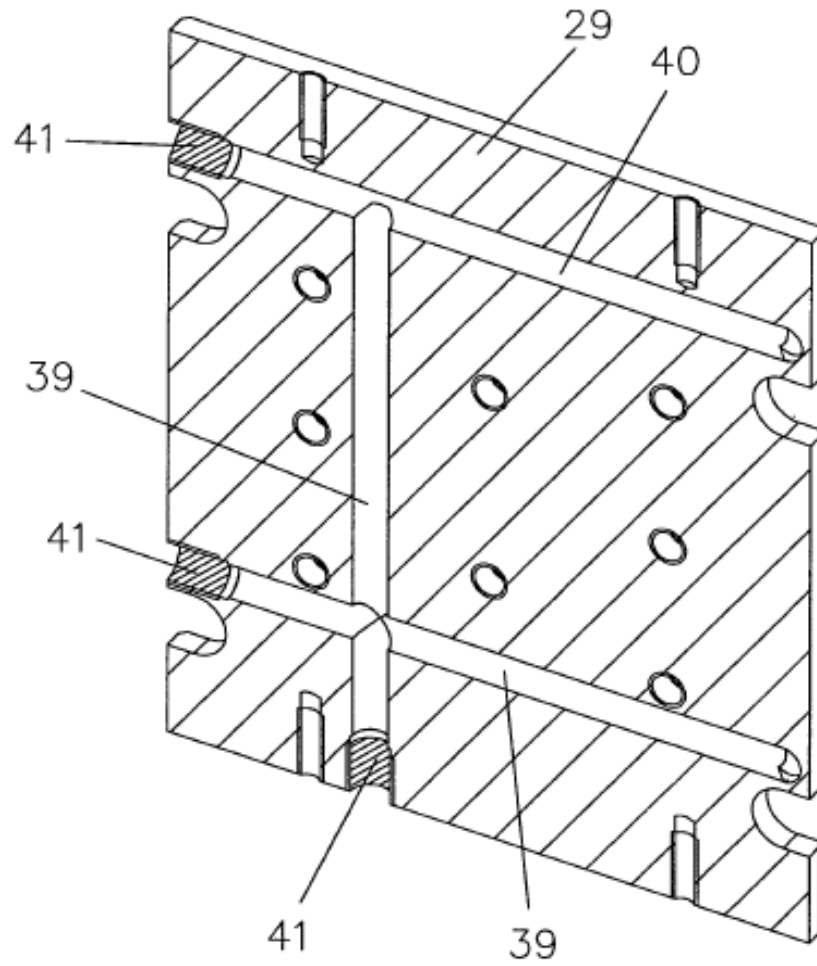
**Fig.8**



**Fig.9**

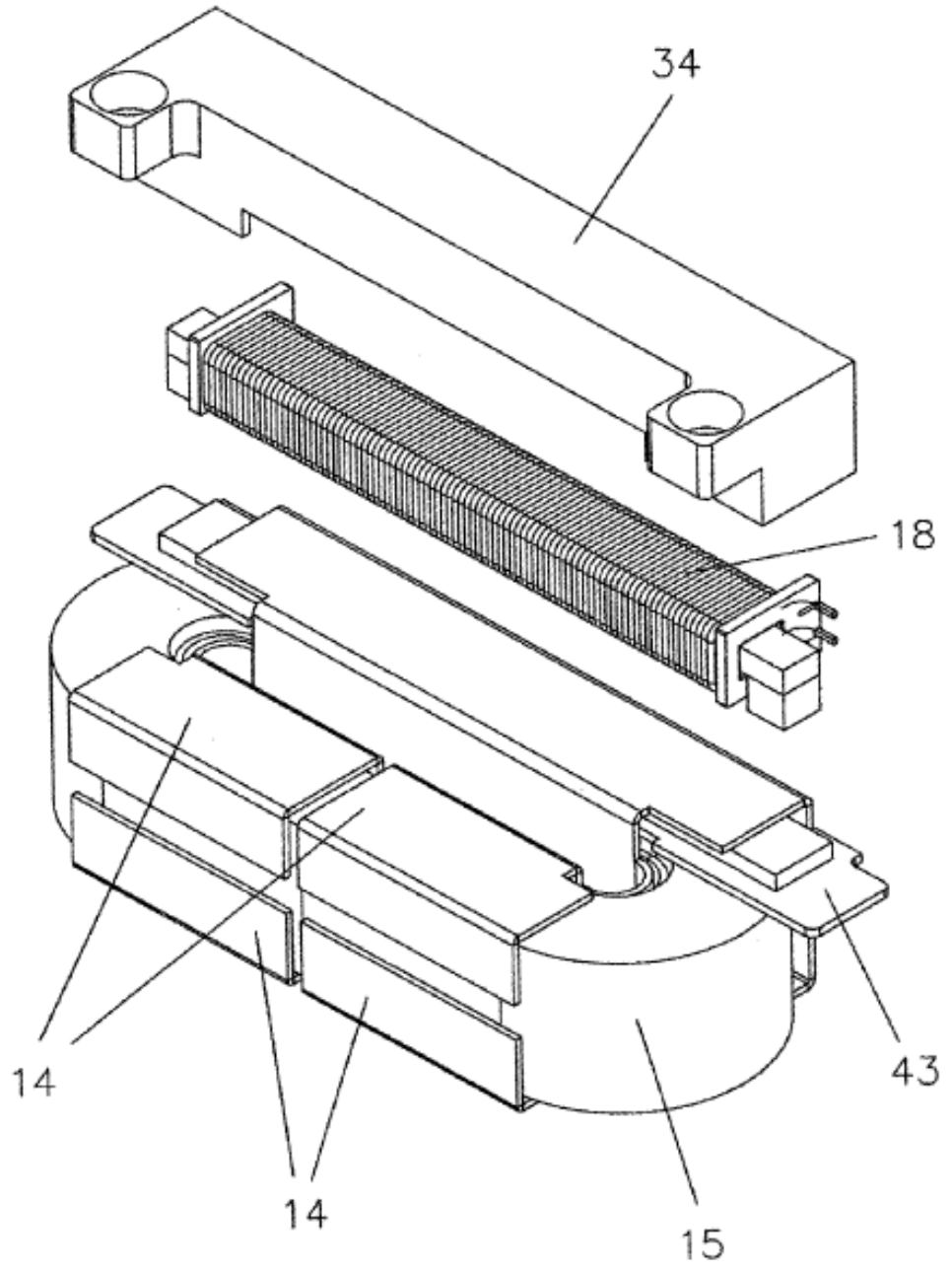


**Fig.10**

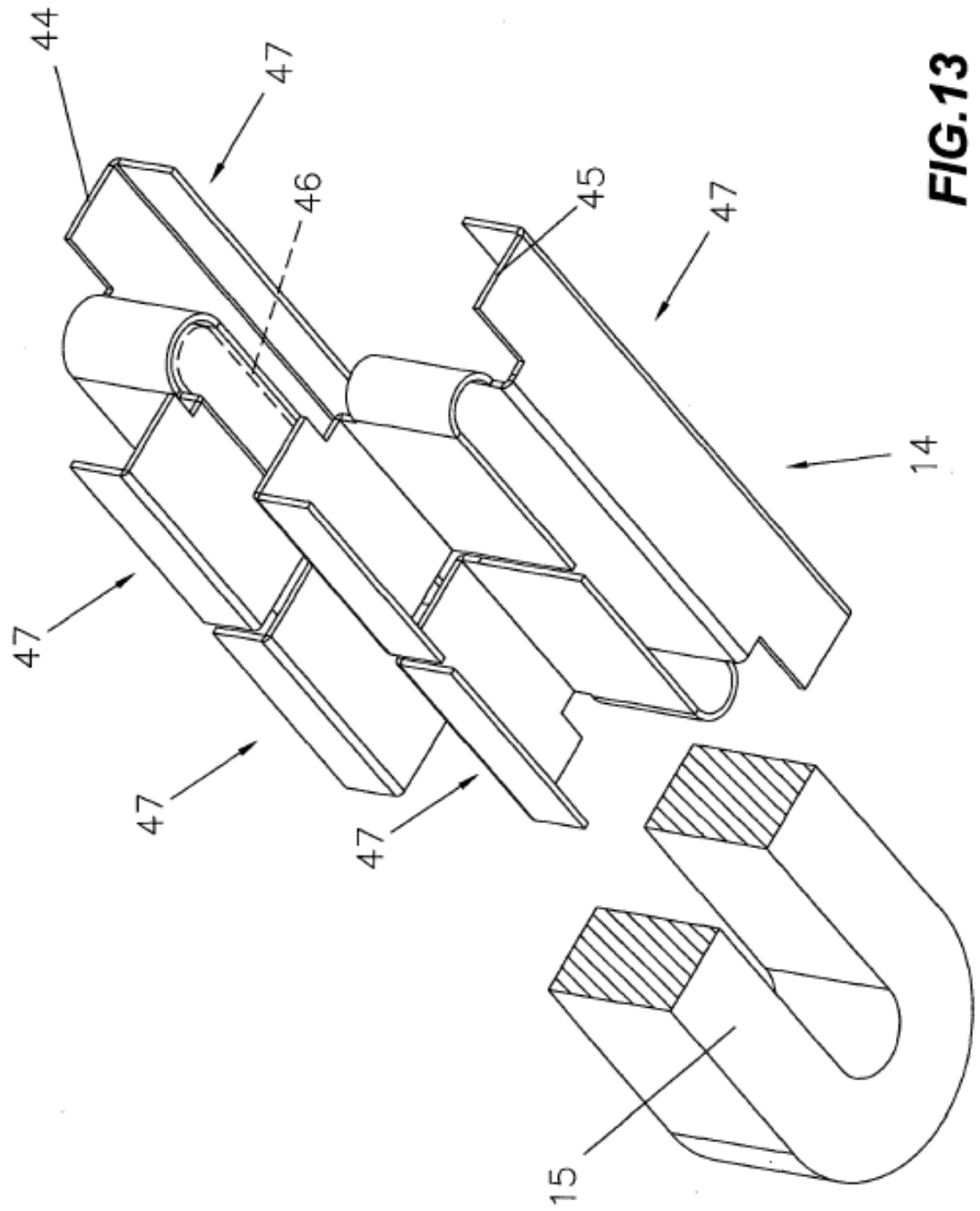


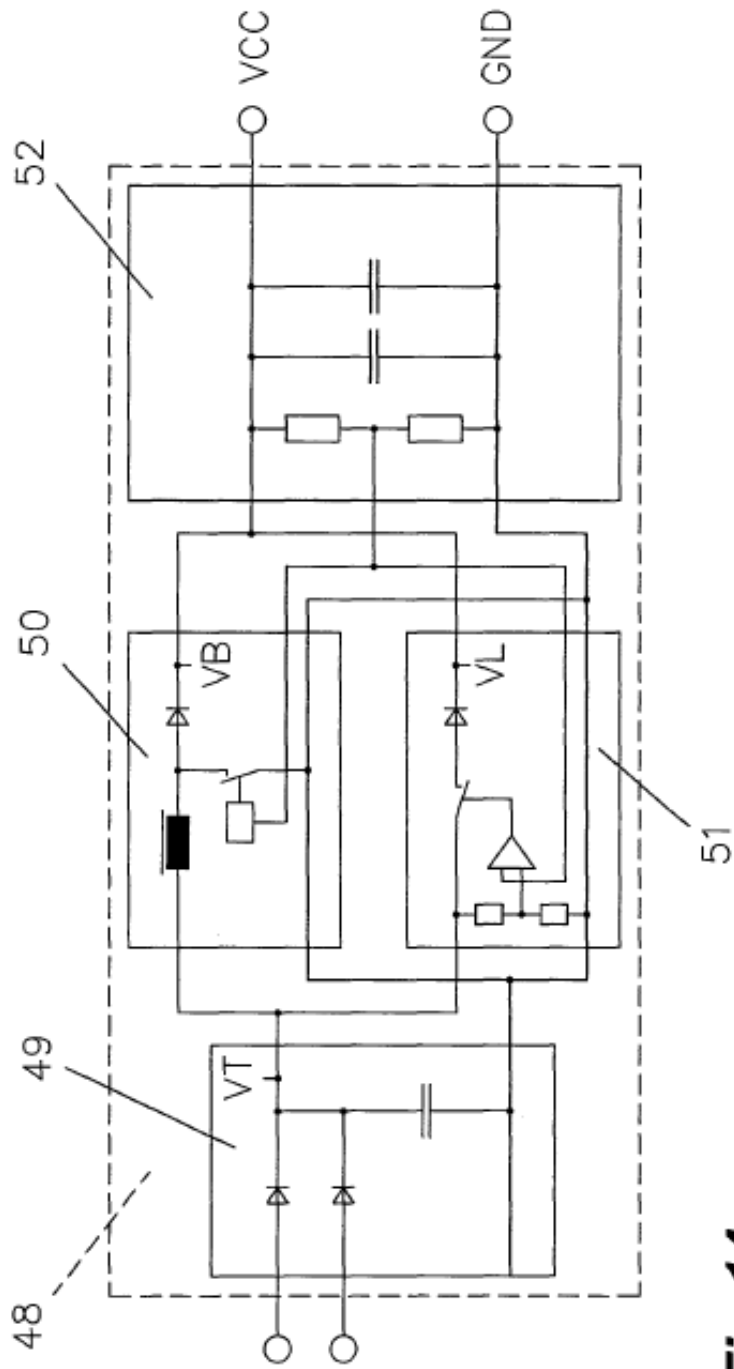
**Fig.11**



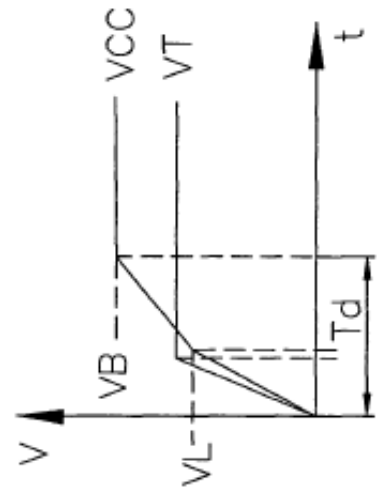


**FIG.12**

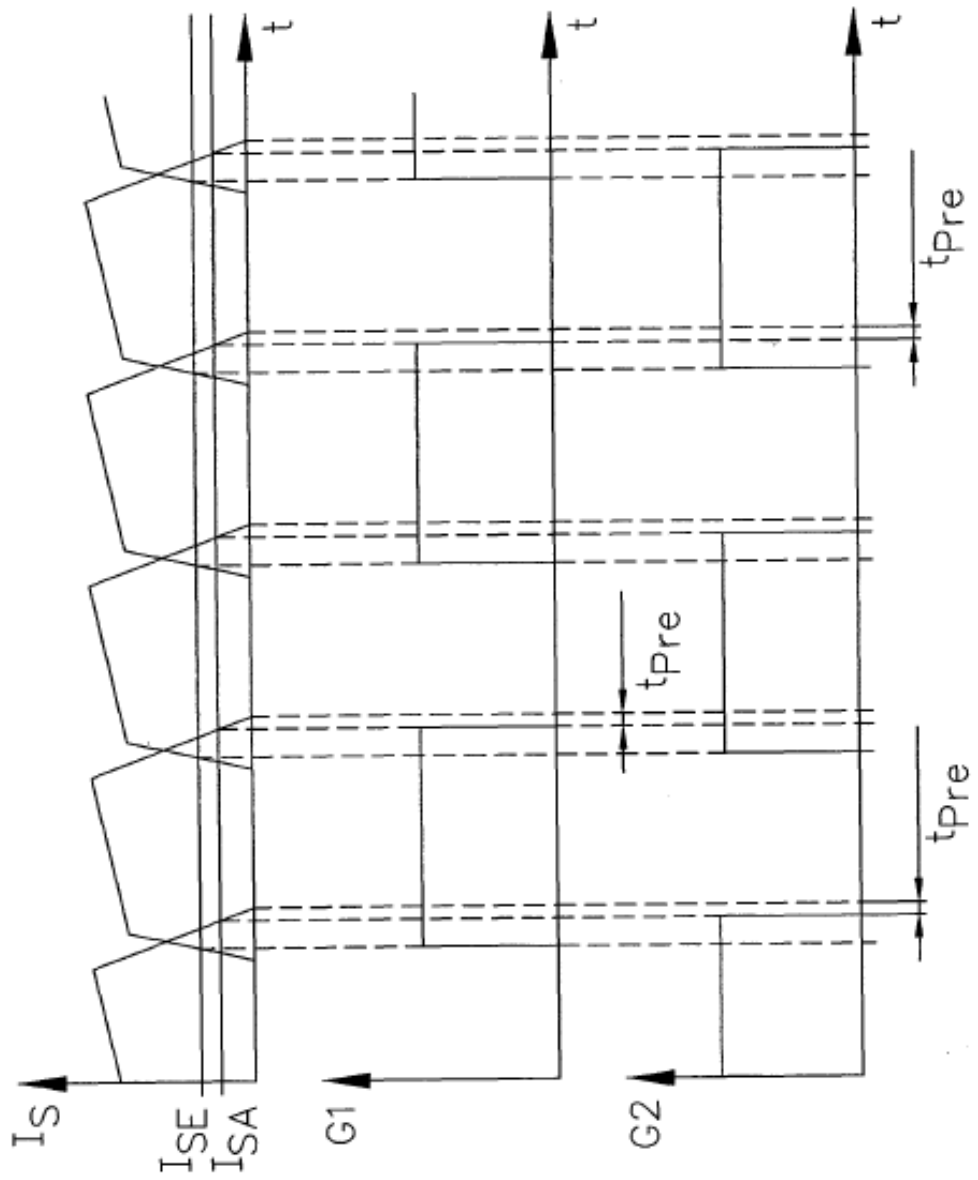




**Fig.14**



**Fig.15**



**Fig.16**