

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 867**

51 Int. Cl.:

B23K 11/24 (2006.01)

B23K 11/31 (2006.01)

H01F 27/40 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **31.10.2012 PCT/AT2012/000273**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.05.2013 WO13063626**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012 E 12784411 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.03.2017 EP 2773481**

54 Título: **Transformador de alta corriente con al menos cuatro puntos de empalme**

30 Prioridad:

31.10.2011 AT 16012011

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

31.07.2017

73 Titular/es:

**FRONIUS INTERNATIONAL GMBH (100.0%)
Vorchdorfer Strasse 40
4643 Pettenbach, AT**

72 Inventor/es:

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

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 627 867 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Transformador de alta corriente con al menos cuatro puntos de empalme

La invención se refiere a un transformador de alta corriente, en especial para una fuente de corriente para proporcionar una corriente de soldadura de un dispositivo de soldadura por resistencia con al menos un devanado primario y al menos un devanado secundario con derivación central.

La presente invención se refiere principalmente, aunque no exclusivamente, a transformadores de alta corriente y a sus componentes para dispositivos de soldadura por resistencia, en especial dispositivos de soldadura por puntos, en los que se producen corrientes continuas especialmente elevadas en un orden de magnitud de algunos kA. La presente solicitud de patente comprende también como objeto transformadores de alta corriente para otros aparatos, en los que se aplican corrientes continuas tan elevadas. Ejemplos de tales objetos son aparatos de carga de baterías, aceleradores de partículas, instalaciones para galvanizar, etc. El documento WO 2007/041729 A1 describe por ejemplo un aparato de carga de baterías y un convertidor de corriente para producir una corriente continua correspondientemente elevada.

En los dispositivos de soldadura por resistencia se obtienen las elevadas corrientes continuas necesarias con ayuda de unos transformadores de alta corriente y rectificadores correspondientes. A causa de las elevadas corrientes que se producen los rectificadores de diodos son desventajosos a causa de las pérdidas relativamente elevadas, por lo que se usan principalmente rectificadores activos con elementos conmutadores, que están formados por unos transistores correspondientes. Sin embargo, también los dispositivos de soldadura por resistencia con rectificadores activos, por ejemplo rectificadores síncronos, presentan unas pérdidas relativamente elevadas y de este modo unos grados de eficacia relativamente bajos. Debido a que en el estado de la técnica se producen unas longitudes de línea considerables y con ello pérdidas de línea, a causa de la estructura habitualmente separada, por ejemplo entre el transformador de alta corriente y el rectificador, se provoca un grado de eficacia muy malo a causa de las elevadas corrientes.

Por ejemplo el estado de la técnica más próximo DE 10 2007 042 771 B3 (base del preámbulo de la reivindicación 1) describe un procedimiento para hacer funcionar un dispositivo de soldadura por resistencia mediante el uso de un rectificador síncrono, mediante el cual puede reducirse la potencia disipada y el grado de eficacia.

El documento JP 2003-318045 A describe un transformador con estructura en forma de capa de las espiras, el cual es inapropiado para aplicaciones de alta corriente.

En vías de fabricación de la industria automovilística se emplean muchos dispositivos de soldadura por puntos (con frecuencia unos 100 a 1.000 aparatos individuales) para establecer diferentes conexiones en la carrocería y en chasis del vehículo a producir. Después de que ya los dispositivos de soldadura por puntos individuales causan pérdidas muy elevadas a causa de los transformadores de alta corriente, las líneas y los elementos de conmutación, las pérdidas totales producidas se mueven dentro de unas dimensiones enormes, por ejemplo de entre 1 MW y 50 MW. Debido a que las pérdidas se plasman principalmente en forma de calor disipado, deben tomarse a su vez medidas para evacuar el calor, con lo que se empeora todavía más el balance energético total.

Se produce otro inconveniente a causa de que debido a las elevadas pérdidas de estas instalaciones se necesitan unas potencias de conexión muy altas de la red de alimentación, con lo que se producen unos costes muy elevados para la producción, la puesta en marcha y el funcionamiento de una instalación de este tipo.

Para producir un único punto de soldadura con una corriente de soldadura de 20 kA se necesita según el estado de la técnica, desde el punto de vista actual, por ejemplo una potencia de conexión de la red de alimentación de hasta 15 kW, en donde con la corriente de soldadura citada se obtienen unas pérdidas de hasta 135 kW, con lo que se consigue un grado de eficacia muy malo de tan solo aprox. el 10 %.

La tarea de la presente invención consiste por ello en producir un transformador de alta corriente, mediante el cual puedan reducirse las pérdidas y pueda mejorarse el balance energético y el grado de eficacia. Se pretende reducir o evitar los inconvenientes de dispositivos y procedimientos conocidos.

La tarea conforme a la invención es resuelta mediante un transformador de alta corriente citado anteriormente, en especial para una fuente de corriente para proporcionar una corriente de soldadura de un dispositivo de soldadura por resistencia, en el que para formar un empalme multipunto están previstos al menos cuatro contactos, con lo que la corriente de soldadura al menos se divide por dos y de este modo se reducen las pérdidas de transición; contactos que están formados por cuatro superficies de contacto, dentro de las cuales el al menos un devanado primario y el al menos un devanado secundario están dispuestos en un conexionado serie/paralelo. Mediante un empalme multipunto de este tipo pueden ahorrarse líneas, que habitualmente son necesarias para conectar el lado secundario del transformador de alta corriente al consumidor, o puede reducirse su longitud y, de este modo, reducirse las pérdidas óhmicas y las pérdidas de transición de contacto. De este modo pueden usarse unas líneas lo más cortas posibles con unas secciones transversales lo más grandes posibles. Otra ventaja estriba en que, a causa de un empalme de esta clase se reducen las pérdidas, en particular las pérdidas por resistencia de transición de contacto. A causa de los al menos cuatro contactos puede dividirse por dos la corriente a transmitir, con lo que se

produce también una reducción de las pérdidas de transición. De este modo se consigue también que las superficies de contacto activas puedan aumentarse notablemente y, de esta forma puedan reducirse a su vez las resistencias de transición. Mediante un transformador de alta corriente conforme a la invención de este tipo se consigue que, con una corriente de por ejemplo 20 kA, la tensión de conexión de aquí en adelante sólo tiene que ser de 75 kW (frente a los 150 kW en dispositivos comparables del estado de la técnica), en donde se producen pérdidas de 60 kW. De esta forma frente al estado de la técnica puede conseguirse por ejemplo una duplicación del grado de eficacia hasta aprox. el 20 % o más.

Para conseguir la relación de multiplicación necesaria del transformador de alta corriente para generar la elevada corriente secundaria, el mismo presenta conforme a otra característica de la invención varios devanados primarios conectados en serie, de forma preferida al menos 10, y varios devanados secundarios conectados en paralelo, de forma preferida al menos 10, con toma central. La corriente primaria fluye a través de los devanados primarios conectados en serie del transformador de alta corriente, mientras que la corriente secundaria relativamente alta se divide entre los varios devanados secundarios conectados en paralelo, de forma preferida al menos 10. Las corrientes parciales secundarias se alimentan a los elementos de conmutación correspondientes del rectificador síncrono. Mediante una división así se obtiene una relación de multiplicación correspondientemente elevada, a pesar de los bajos números de devanados primarios y secundarios. Mediante esta estructura se necesitan unos números menores de devanados primarios, en contraposición a los transformadores de alta corriente convencionales, con lo que puede reducirse la longitud del devanado primario y, por medio de esto, pueden reducirse las pérdidas óhmicas. Mediante el número de espiras reducido y la reducción de ello resultante de la longitud de línea se reduce a su vez la inductividad de dispersión normal en el sistema del transformador de alta corriente, con lo que el transformador de alta corriente puede hacerse funcionar con unas mayores frecuencias de conmutación, por ejemplo 10 kHz. Las mayores frecuencias de conmutación producen a su vez una reducción de la altura constructiva y del peso del transformador de alta corriente y con ello unas ventajosas posibilidades de instalación. De esta manera el transformador de alta corriente puede posicionarse lo más cerca posible del consumidor, por ejemplo los electrodos de un dispositivo de soldadura por resistencia. De este modo puede reducirse también la carga de un robot de soldadura a causa del reducido peso del transformador de alta corriente, de tal manera que puede ser suficiente con un pequeño robot más barato.

La relación de multiplicación del transformador de alta corriente es de 10 a 1.000, de forma preferida al menos de 100, para garantizar la generación de la alta corriente secundaria.

Una estructura particularmente ventajosa del transformador de alta corriente puede conseguirse por medio de que el transformador de alta corriente presente un soporte en forma de I de material eléctricamente conductor, en cuyos rebajes está dispuesto respectivamente al menos un núcleo anular, en donde respectivamente una conexión de cada devanado secundario está empalmada directamente a una superficie interior y a la placa de contacto del soporte en I, y las superficies exteriores del soporte en I forman los dos primeros contactos del transformador de alta corriente. El soporte en I forma por lo tanto la base del transformador de alta corriente, alrededor de la cual los devanados secundarios están dispuestos de tal manera, que no se necesita ninguna línea de conexión. Las superficies exteriores del soporte en I representan los dos primeros contactos del transformador de alta corriente, que se conectan directamente, es decir sin línea, a los consumidores respectivos. Se consigue una disposición que ahorra espacio por medio de que los núcleos anulares no están contruidos circularmente, sino ovalmente. De forma preferida se usan núcleos anulares cerrados. Mediante esta configuración se consigue el conexionado serie/paralelo de los devanados primarios y de los devanados secundarios, mediante la cual puede conseguirse la relación de multiplicación del transformador de alta corriente para la alta corriente continua a proporcionar, al mismo tiempo que unos bajos números de espiras de los devanados primarios y devanados secundarios. Una estructura merece la pena en particular si en cada lado del soporte en I se disponen al menos tres devanados secundarios conectados en paralelo.

La toma central del al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente está conectada ventajosamente sin línea al soporte en I. De este modo puede prescindirse de las líneas correspondientes entre los componentes aislados. Mediante la conexión directa del devanado secundario al punto central del soporte en I se consigue también un aumento fundamental de la superficie de conexión y, de esta forma, pueden reducirse de nuevo pérdidas de transición y pérdidas de línea.

En la estructura citada anteriormente del transformador de alta corriente con soporte en I, el al menos un devanado primario del transformador de alta corriente está dispuesto de modo que discurre a través del al menos un núcleo anular, en particular los núcleos anulares dispuestos simétricamente a ambos lados en los rebajes del soporte en I. Mediante una disposición de este tipo del devanado primario puede conseguirse un acoplamiento magnético óptimo a los devanados secundarios.

Como ya se ha citado anteriormente, los devanados secundarios se conectan eléctricamente entre ellos a través del soporte en I del transformador de alta corriente. Las otras conexiones respectivas de cada devanado secundario están unidas, a través de un rectificador síncrono y un circuito de activación, de forma preferida directamente a una placa de contacto respectiva de material eléctricamente conductor, cuyas placas de contacto están dispuestas sobre los rebajes del soporte en I y los devanados secundarios dispuestos en los mismos, en donde la superficie exterior de estas placas de contacto forman los otros dos contactos de la fuente de corriente.

Las conexiones del al menos un devanado primario del transformador de alta corriente son guiadas hacia fuera, conforme a otra característica de la invención, a través de al menos una abertura sobre una superficie exterior del soporte en I. Desde allí pueden conectarse las conexiones del devanado primario del transformador de alta corriente a la fuente de tensión correspondiente o a una parte de potencia.

5 Una forma de realización ventajosa del transformador de alta corriente se obtiene por medio de que respectivamente un devanado secundario con toma central está formado por dos chapas mutuamente aisladas de material eléctricamente conductor, con una recorrido fundamentalmente en forma de S diametralmente opuesto alrededor de la sección transversal de un núcleo anular y por el núcleo anular, en donde las superficies exteriores de las chapas forman los contactos para la conexión a los elementos de conmutación del rectificador síncrono, respectivamente al soporte en I, y de este modo los electrodos de un dispositivo de soldadura por resistencia. De este modo se consigue una estructura extremadamente ahorradora de espacio y compacta. Al mismo tiempo se dispone de unas superficies de contacto muy grandes para la conexión del devanado secundario al punto central o al travesaño central del soporte en I y a los elementos de conmutación del rectificador síncrono, para garantizar el gran flujo de corriente con las menores pérdidas posibles.

15 Las chapas para formar el devanado secundario del transformador de alta corriente están aisladas unas de otras mediante una capa aislante, por ejemplo una capa de papel. De este modo pueden disponerse dos devanados secundarios sobre un núcleo anular y de este modo reducirse notablemente el tamaño constructivo, el peso y las pérdidas. Mediante esta disposición se obtiene en el lado secundario un rectificador de punto medio, en donde el soporte en I con el extremo de los devanados secundarios unido, en particular soldado, forman el punto medio.

20 El soporte en I y las placas de contacto del transformador de alta corriente forman de forma preferido una unidad en forma cúbica o paralelepípedica, en donde entre el soporte en I y las placas de contacto está dispuesto 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 los otros dos contactos de la fuente de corriente, desplazados angularmente 90° respecto a los mismos. Si están integrados en esta unidad en forma cúbica o paralelepípedica otros componentes de una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua, como un rectificador síncrono, un circuito de activación, circuitos de suministro para el rectificador síncrono y el circuito de activación, se forma una unidad autónoma, que debe unirse en el lado de entrada solamente a la parte de potencia y en el lado de salida al consumidor respectivo. Puede prescindirse o al menos reducirse claramente en su longitud de las líneas habituales entre los circuitos individuales de una fuente de corriente.

30 Si en los lados frontales del soporte en I están dispuestas unas placas de cubierta, puede formarse una unidad más estable del transformador de alta corriente en forma cúbica o paralelepípedica.

Si las placas de cubierta también están formadas por un material eléctricamente conductor y pueden atornillarse a las placas de contacto, puede conseguirse una conexión eléctrica de las placas de contacto. De este modo puede prescindirse de una línea eléctrica específica, que conecte eléctricamente entre sí las dos placas de contacto, para establecer una compensación de tensión o potencial y de este modo evitar una asimetría de las dos placas de contacto. A través de las placas de cubierta se establece de este modo la conexión eléctrica de las dos placas de contacto de la disposición simétrica del transformador de alta corriente o de una fuente de corriente para proporcionar la corriente continua.

Las placas de cubierta están aisladas eléctricamente con relación al soporte en I del transformador de alta corriente.

40 El soporte en I y/o las placas de contacto y/o las placas de cubierta y/o las chapas para formar el devanado secundario del transformador de alta corriente están formados de forma preferida por cobre o una aleación de cobre, de forma preferida con un recubrimiento de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan unas características eléctricas óptimas y muestran una buena conductividad térmica, con lo que pueden evacuarse más rápidamente las pérdidas de calor que se produzcan. El recubrimiento de plata impide una oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o aleaciones de cobre entran también en cuestión aluminio o aleaciones de aluminio, que presentan frente al cobre una ventaja en cuanto al peso, si bien la resistencia a la corrosión no es tan alta. En lugar de un recubrimiento de plata es también posible un recubrimiento de estaño y de otros materiales, o bien de sus conexiones o capas.

50 Sobre las superficies exteriores del soporte en I las superficies exteriores de las placas de contacto pueden estar dispuestas unos dispositivos de unión, de forma preferida taladros con una rosca para alojar tornillos. A través de estos dispositivos de unión puede establecerse 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 de esto, a través de estos dispositivos de unión pueden fijarse otros varios elementos a las superficies exteriores del soporte en I o de las placas de contacto.

55 Conforme a otra característica de la invención está dispuesto en el primer devanado secundario de cada lado del soporte en I respectivamente un convertidor de corriente para medir la corriente a través de este devanado secundario, cuyos convertidores de corriente están conectados a un circuito de activación. A través del convertidor de corriente se realiza una medición de la corriente secundaria, basándose en la cual se accionan los elementos de

5 conmutación de un rectificador síncrono, para minimizar las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación. En el caso de una estructura simétrica del transformador de alta corriente o de una fuente de corriente que contenga el transformador de alta corriente, con un soporte en I como base del transformador de alta corriente, están dispuestos a ambos lados del soporte en I unos devanados secundarios y también en ambos lados los convertidores de corriente. Los convertidores de corriente están empalmados respectivamente de forma directa a un circuito de activación dispuesto junto a los mismos y están conectados, a través de unas líneas correspondientes, al circuito de activación respectivamente opuesto. Aquí es fundamental que, a causa del conexionado en paralelo de los devanados secundarios, en cada devanado fluya siempre la misma corriente y de este modo el flujo de corriente sólo tenga que ser tomado por un devanado secundario, para inferir todo el flujo de corriente. En el caso de un 10 conexionado en paralelo de diez devanados secundarios sólo se mide por ello una décima parte de todo el flujo de corriente secundario de los convertidores de corriente, por lo que estos pueden dimensionarse bastante más pequeños.

De este modo se consigue a su vez una reducción del tamaño constructivo del transformador de alta corriente o de la fuente de corriente.

15 Para impedir interferencias a causa de campos magnéticos externos, cada convertidor de corriente está apantallado por una carcasa y de forma referida un apantallamiento de material magnéticamente conductor. Para ello son especialmente adecuadas ferritas como materiales para apantallamientos de este tipo.

20 Para evacuar el calor disipado que se produzca en la fuente de corriente del dispositivo de soldadura por resistencia están dispuestos en el soporte en I y en las placas de contacto, de forma preferida unos canales para guiar un fluido refrigerante. Como fluido refrigerante es apropiado en especial agua, pero también pueden transportarse refrigerantes gaseosos a través de los canales de refrigeración y a través de los mismos evacuarse los calores disipados.

25 Una forma de realización preferida de los canales de refrigeración viene dada por que sobre una superficie exterior del soporte en I están dispuestas dos entradas para alimentar el fluido refrigerante y una salida para desviar el fluido refrigerante, en donde los canales de refrigeración están dispuestos de forma que discurren desde cada entrada a las placas de contacto y a través del soporte en I hasta la salida. La sección transversal de la salida se corresponde con la suma de las secciones transversales de todas las entradas. Mediante este recorrido de los canales de refrigeración se consigue que primero se refrigeren con el fluido refrigerante correspondientemente frío las placas de contacto, sobre las cuales están dispuestas las pletinas de un rectificador síncrono y de un circuito de activación con 30 unos componentes sensibles de forma correspondiente. Después de esto se refrigeran los componentes menos sensibles, en particular el soporte en I, que está conectado a los devanados secundarios.

35 Al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente está conectado de forma preferida un rectificador síncrono con elementos de conmutación y un circuito para activar los elementos de conmutación del rectificador síncrono. Mediante esta conexión de forma preferida directa, es decir sin línea, entre el transformador de alta corriente y un rectificador síncrono así como el circuito de activación pueden impedirse pérdidas óhmicas y otras pérdidas a causa de líneas de ese tipo. También los eventuales circuitos de suministro para el rectificador síncrono y el circuito de activación están integrados de forma preferida en el transformador de alta corriente. Para el suministro del transformador de alta corriente se posiciona de forma preferida la parte de potencia lo más cerca posible al mismo, para conseguir unas líneas de conexión lo más cortas posible y de este modo unas pérdidas de línea e 40 inductividades de línea lo más pequeñas posible.

45 Para minimizar las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono, el circuito de activación para activar los elementos de conmutación del rectificador síncrono está configurada para un momento preajustado antes de alcanzar el paso por cero de la corriente en el devanado secundario. Mediante este momento preajustado puede compensarse el retraso, que se produce desde la detección del paso por cero hasta la activación de los respectivos elementos de conmutación. Es decir, el momento de conexión y desconexión de los elementos de conmutación del rectificador síncrono no se determina con el paso por cero de la corriente secundaria, sino al alcanzarse un umbral de conexión y desconexión definido. El umbral de conexión y desconexión se define de forma correspondiente a los retardos de conmutación a esperar. En todo caso los umbrales de conexión y desconexión pueden estar configurados de forma graduable, para poder reducir todavía 50 más las pérdidas. Por ejemplo en un transformador de alta corriente de 20 kA puede determinarse el momento de conmutación 100 ns antes del paso por cero, de tal manera que todos los componentes, en particular los elementos de conmutación del rectificador síncrono, deben conmutarse dentro de este plazo de tiempo.

Los elementos de conmutación del rectificador síncrono están conectados de forma preferida sin línea al al menos un devanado secundario del transformador de alta corriente.

55 El circuito de activación y el rectificador síncrono está dispuestos de forma preferida sobre al menos una pletina, pletina que está dispuesta sobre la superficie interior de al menos una placa de contacto. Mediante esta disposición del circuito de activación y del rectificador síncrono en el lado interior de al menos una placa de contacto puede conseguirse un empalme directo, es decir sin línea, de las conexiones de los devanados secundarios con los elementos de conmutación del rectificador síncrono y también un empalme directo, es decir sin línea, de las salidas

del rectificador síncrono con la placa de contacto. El transformador de alta corriente o una fuente de corriente que contenga el transformador de alta corriente está construido simétricamente para proporcionar una corriente continua, en donde a ambos lados de los devanados secundarios dispuestos simétricamente está dispuesta respectivamente una platina con una parte del rectificador síncrono y del circuito de activación, respectivamente por debajo de una
5 placa de contacto.

Cada pletina del rectificador síncrono y del circuito de activación presenta de forma preferida unas aberturas, a través de las cuales 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 unos abombamientos, en especial unos abombamientos en forma de almenas, de tal manera que los elementos de conmutación pueden
10 empalmarse sin línea, a través de los abombamientos que penetran en las aberturas de la pletina, con la superficie interior de las placas de contacto. De esta manera puede prescindirse de líneas de conexión entre los elementos de conmutación del rectificador síncrono y de la placa de contacto, con lo que por un lado pueden reducirse las pérdidas óhmicas y, por otro lado, puede mejorarse la transición térmica entre los elementos de conmutación y las placas de contacto. Por último se reduce también la complejidad de fabricación, ya que no es necesario tender ni
15 conectar ninguna línea de conexión, sino que los elementos de conmutación se unen directamente a los abombamientos, de forma preferida se sueldan. También se hace posible a través de los abombamientos un posicionamiento sencillo de la pletina y, de este modo, puede simplificarse notablemente la fabricación.

También es ventajosa una conformación, en la que las conexiones de fuente de los elementos de conmutación formados por transistores de efecto de campo están conectadas eléctrica y térmicamente a través de los
20 abombamientos, en especial abombamientos en forma de colmena, directamente a las placas de contacto, ya que aquí pueden evitarse a su vez las líneas correspondientes.

Cada pletina está dispuesta de forma preferida, para formar el aislamiento eléctrico necesario entre el soporte en I y las placas de contacto. De este modo no es necesario prever un aislamiento eléctrico específico entre el soporte en I y las placas de contacto.

25 La invención se explica con más detalle basándose en los dibujos adjuntos.

Aquí muestran:

la fig. 1 un dispositivo de soldadura por resistencia del estado de la técnica con un robot y una pinza de soldadura fijada al mismo, en una exposición esquemática;

30 la fig. 2 un esquema de conexiones en bloques esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura;

la fig. 3 un dispositivo de soldadura por resistencia, en especial una pinza de soldadura, con una fuente de corriente integrada para proporcionar la corriente de soldadura, en una exposición esquemática;

la fig. 4 un esquema de conexiones en bloques esquemático de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura;

35 la fig. 5 una forma de realización de la fuente de corriente para proporcionar una corriente de soldadura;

la fig. 6 la fuente de corriente conforme a la fig. 5 en una exposición fragmentaria;

la fig. 7 la fuente de corriente conforme a la fig. 5 con recorrido dibujado de los canales de refrigeración;

la fig. 8 una vista sobre el soporte en I del transformador de alta corriente de la fuente de corriente;

la fig. 9 el soporte en I conforme a la fig. 8 en una exposición en corte;

40 la fig. 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 activación;

la fig. 11 la placa de contacto conforme a la fig. 10 en una exposición en corte;

la fig. 12 un devanado secundario del transformador de alta corriente con convertidor de corriente en una exposición fragmentaria;

45 la fig. 13 la estructura de un devanado secundario del transformador de alta corriente en una exposición fragmentaria;

la fig. 14 un esquema de conexiones en bloques de un circuito para abastecer el rectificador síncrono y el circuito de activación con energía eléctrica;

la fig. 15 un desarrollo en el tiempo de la tensión de alimentación del circuito de suministro conforme a la fig. 14; y

la fig. 16 desarrollos en el tiempo para visualizar la activación de los elementos de conmutación de un rectificador síncrono en función de las corrientes secundarias del transformador de alta corriente.

En el ejemplo de realización representado de las figs. 1 a 16 se describe una estructura de un dispositivo de soldadura por resistencia con los componentes fundamentales. Para las piezas iguales se han usado en las figuras los mismos símbolos de referencia.

En la fig. 1 se ha representado en perspectiva un dispositivo de soldadura por resistencia 1 para soldar por resistencia al menos dos piezas de trabajo 2, 3, con un robot para su 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 unos alojamientos 6 para alojar respectivamente un electrodo 7. Alrededor de los electrodos 7 circula respectivamente una banda 8, la cual reduce la resistencia de paso durante la soldadura por resistencia y protege los electrodos 7. Además de esto puede analizarse la reproducción del punto de soldadura obtenido que se produce sobre la banda 8, y puede usarse para evaluar la calidad de la soldadura. La banda 8 para proteger los electrodos 7 se desenrolla mediante un dispositivo de devanado 9, el cual puede estar dispuesto sobre la pinza de soldadura 4 o los brazos de pinza 5, y se guía a lo largo de los brazos de pinza 5, los alojamientos de electrodo 6 y los electrodos 7 de vuelta al dispositivo de devanado 9, en donde la banda 8 se vuelve a enrollar. Para llevar a cabo la soldadura por puntos la corriente de soldadura, la cual es enviada desde una parte de potencia 19 correspondiente, es conducida a través de los electrodos 7. De este modo las piezas de trabajo 2, 3 se unen entre ellas mediante un punto de soldadura que se obtiene durante el proceso de soldadura por puntos. La parte de potencia 19 se encuentra habitualmente para proporcionar la corriente de soldadura por fuera del dispositivo de soldadura por resistencia 1, como se representa esquemáticamente en la fig. 1. La corriente de soldadura es guiada a través de unas líneas 11 correspondientes hasta los electrodos 7 o los brazos de pinza 5, configurados de forma eléctricamente conductora. A causa de la amplitud de la corriente de soldadura en un margen de algunos kA se necesitan unas secciones transversales correspondientemente grandes para las líneas 11, con lo que se producen una pérdidas óhmicas correspondientemente grandes.

Además de esto una líneas de alimentación primarias largas conducen a una mayor inductividad de las líneas 11, por lo que la frecuencia de conmutación, con la que se hace funcionar un transformador de alta corriente 12 de una fuente de corriente 10, está limitada, con el resultado de unos transformador de altas corrientes 12 muy grandes. En el estado de la técnica la parte de potencia 19 se encuentra en un armario de distribución junto al robot de soldadura, de tal manera que se necesitan unas líneas de suministro muy largas, por ejemplo de hasta 30 m, hasta el transformador de alta corriente 12 para la pinza de soldadura 4 en el robot.

En la solución conforme a la invención se consigue una reducción de peso y tamaño considerable, de tal manera que se hace posible un posicionamiento de la parte de potencia 19 directamente en el robot, en especial en la zona del alojamiento de pinza. Adicionalmente la parte de potencia 19 se construye de forma preferida refrigerada por agua.

La fig. 2 muestra un esquema de conexiones en bloques de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con una fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente de soldadura. Si bien en el ejemplo de realización representado la fuente de corriente 10 se usa para proporcionar la corriente de soldadura para el dispositivo de soldadura por resistencia 1, la fuente de corriente 10, en especial toda la estructura del suministro de corriente, puede usarse también para proporcionar una corriente continua para otras aplicaciones. La fuente de corriente 10 contiene un transformador de alta corriente 12 con al menos un devanado primario 13, al menos un devanado secundario 14 con toma central y un núcleo anular 15. La corriente transformada con ayuda del transformador de alta corriente 12 se rectifica en un rectificador síncrono 16 y se alimenta a los brazos de pinza 5 o a los electrodos 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Para controlar el rectificador síncrono 16 está previsto un circuito de activación 17. El circuito de activación 17 envía unos impulsos de control correspondientes a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, basándose en las corrientes secundarias del transformador de alta corriente 12 medidas por ejemplo a través del convertidor de corriente 18.

Como es de conocimiento general, a causa de las altas corrientes de soldadura debido a la suma de la necesaria longitud de línea, se producen tanto unas notables pérdidas óhmicas y/o inductivas como pérdidas de paso y conmutación en los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Además de esto se producen también pérdidas en el rectificador, en el suministro para el rectificador síncrono 16 y en el circuito de activación 17. De forma correspondiente es bajo el grado de eficacia resultante de tales dispositivos de soldadura por resistencia 1.

Para generar la corriente primaria de transformador de alta corriente 12 está prevista una parte de potencia 19, que está dispuesta entre una red de suministro y la fuente de corriente 10. La parte de potencia 19 proporciona la corriente primaria para el transformador de alta corriente 12, respectivamente la fuente de corriente 10 con la amplitud deseada y la frecuencia deseada.

La figura 3 muestra un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con fuente de corriente 10 integrada en una exposición esquemática. Aquí la fuente de corriente 10 está dispuesta directamente, en especial como elemento portador, en la pinza de soldadura 4 o en los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, de tal manera que puede prescindirse de al menos una parte de las líneas 11 para guiar la corriente de soldadura hasta los

electrodos 7 y, de este modo, pueden acortarse notablemente las longitudes de línea, debido a que ya sólo es necesaria la unión a un brazo de pinza 5. La fuente de corriente 10 presenta conforme a la invención, para formar un empalme multipunto, al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, en donde dos primeros contactos 20, 21 de una polaridad están unidos a uno de los brazos de pinza 5 y otros dos contactos 22, 23 de una polaridad opuesta al otro brazo de pinza 5. De forma ventajosa, los dos primeros contactos 20, 21 con una polaridad y los otros dos contactos 22, 23 con la otra polaridad están dispuestos respectivamente unos frente a otros, en donde los otros dos contactos 22, 23 están dispuestos dislocados entre sí fundamentalmente 90° con respecto a los dos primeros contactos 20, 21. Mediante el empalme multipunto pueden evitarse líneas, que habitualmente son necesarias para conectar el lado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 a los brazos de pinza 5 o a los electrodos 6 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, o bien puede reducirse su longitud y de esta forma reducirse claramente las pérdidas óhmicas y las pérdidas de contacto. De esta forma pueden usarse unas líneas lo más cortas posible con unas secciones transversales lo más grandes posibles, en donde al mismo tiempo se mantiene la flexibilidad de la pinza de soldadura 4. Otra ventaja consiste en que, a causa de un empalme de este tipo, se reducen las pérdidas, en especial resistencias de transición de contacto.

Conforme a la invención, a causa de los al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, puede dividirse por dos la corriente de soldadura a transmitir, con lo que se produce también una reducción de las pérdidas de transición, ya que mediante el aumento fundamental de las superficies de contacto activas se reducen las resistencias de transición. Cada uno de los cuatro contactos 20, 21, 22, 32 presenta por ejemplo, a la hora de dimensionar un transformador de alta corriente 12 o una fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua de 20 kA, una superficie de entre 15 cm x 15 cm y 25 cm x 25 cm, de forma preferida 20 cm x 20 cm.

En el ejemplo de realización representado la fuente de corriente 10 está configurada fundamentalmente de forma cúbica, en donde las superficies laterales del cubo forman los contactos 20, 21, 22, 23. Los dos primeros contactos 20, 21 se conectan a un electrodo 7 y los otros dos contactos 22, 23 al otro electrodo 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1 a través de los brazos de pinza 5. Como puede verse en la exposición fragmentaria parcial, se une al menos un brazo de pinza 5, en especial el brazo de pinza inferior 5, a través de un elemento portador 23a del brazo de pinza inferior 5, mientras que el otro en especial el brazo de pinza superior 5 se une, a través de una abrazadera de unión 23b flexible, a los otros contactos 22, 23. Al menos un brazo de pinza 5 está unido por lo tanto directamente al transformador de alta corriente 12 y el otro brazo de pinza 5 a través de una línea muy corta, por ejemplo de menos de 50 cm, al mismo. Por medio de que 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 eliminan o resultan ser especialmente cortas, pueden reducirse las pérdidas óhmicas e inductivas.

Se obtienen unas ventajas especiales si al menos dos contactos 20, 21 se unen directamente o sin línea, y de este modo sin resistencias de transición de contacto, a un brazo de pinza 5. Esto puede conseguirse por medio de que en la fuente de corriente 10 estén casi integrados estos dos contactos 20, 21, que se unen directamente con las partes correspondientes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, en especial los brazos de pinza 5, es decir sin tendido de líneas. Mediante la unión directa de un brazo de pinza 5 a los contactos 20, 21 del transformador de alta corriente 12 se consigue de este modo una unión sin líneas, mientras que el segundo brazo de pinza 5 tiene que unirse a los contactos 22, 23 con una líneas muy cortas. De este modo puede conseguirse una reducción muy elevada de las pérdidas de potencia, debido a que la longitud de línea se reduce al mínimo. En el estado de la técnica en un caso óptimo se dispone el transformador de alta corriente lo más cerca posible de la pinza de soldadura 4, de tal manera que a continuación deben tenderse las líneas desde el transformador de alta corriente 12 hasta la pinza de soldadura 4, mientras que en la solución conforme a 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 tal manera que ya sólo tiene que conectarse el segundo brazo de pinza 5 con una o dos líneas cortas. Como es natural pueden usarse en lugar de líneas también por ejemplo contactos deslizantes u otros elementos de unión. También pueden reducirse claramente las pérdidas dentro de la fuente de corriente 10, debido a la forma constructiva compacta y a la unión directa, es decir sin líneas, de los componentes de la fuente de corriente 10.

Todos los componentes de la fuente de corriente 10, de este modo también el rectificador síncrono 16, el circuito de activación 17, los convertidores de corriente 18 y todos los circuitos de suministro para el rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17 están contenidos en la unidad cúbica o paralelepípedica. Esto quiere decir que mediante la integración de los componentes/circuitos electrónicos se obtiene una unidad constructiva en forma de un cubo, a la que el usuario en el lado primario sólo tiene que proporcionar ya energía en forma de una tensión alterna correspondiente o una corriente alterna correspondiente, para obtener en el lado secundario una corriente continua dimensionada de forma correspondiente o una tensión continua dimensionada de forma correspondiente con una elevada potencia. El control y la regulación se llevan a cabo autárquicamente en el cubo o en la fuente de corriente 10. De este modo el cubo o la fuente de corriente 10 puede emplearse de múltiples formas para suministrar alta corriente a los componentes. La fuente de corriente 10 se en especial para suministrar baja tensión y alta corriente, como es habitual en procesos de soldadura por resistencia.

En el caso de usarse en un proceso de soldadura por resistencia, también partes de la fuente de corriente 10 configurada de forma cúbica pueden estar formadas por componentes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, por ejemplo partes de los brazos de pinza 5, etc., como se ha representado. Para ello el cubo o la fuente de

corriente 10 asume una función portadora, por medio de que un brazo de pinza 5 se fija directamente al cubo. El otro brazo de pinza 5 se empalma a través de unas líneas de conexión (no representadas). Mediante esta estructura pueden evitarse largas líneas de alimentación, de tal manera que se consigue una considerable reducción de las pérdidas. Sin embargo, para que el cubo pueda integrarse en una pinza de soldadura 4 de este tipo, es necesario que su tamaño constructivo se mantenga lo más reducido posible. El cubo o la fuente de corriente 10 presenta por ejemplo, en el caso de dimensionarse la corriente continua a proporcionar con hasta 20 kA, una longitud lateral de entre 10 cm y 20 cm, en especial de 15 cm. Mediante esta configuración compacta de la fuente de corriente 10 cúbica es posible, de forma sencilla, integrar la misma por ejemplo en el cuerpo base de la pinza de soldadura 4.

La fig. 4 muestra un esquema de conexiones en bloques esquemático de la fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, en especial una corriente de soldadura. En esta variante de realización preferida de la fuente de corriente 10 están conectados en serie diez devanados primarios 13 del transformador de alta corriente 12 y diez devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 en paralelo con toma central. Mediante una construcción así del transformador de alta corriente 12 puede conseguirse la relación de multiplicación correspondientemente alta para lograr una corriente secundaria correspondientemente alta, incluso con números de espiras bajos de los devanados secundarios 14. Por ejemplo con diez devanados primarios 13 y también diez devanados secundarios 14 puede alcanzarse una relación de multiplicación de 100. La corriente primaria fluye a través de los devanados primarios 13 conectados en serie del transformador de alta corriente 12, mientras que la corriente secundaria relativamente alta se divide entre los diez devanados secundarios 14 conectados en paralelo. Las corrientes parciales secundarias se alimentan a los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16. Mediante una división así se obtiene, a pesar de unos números de espiras bajos en el lado primario y en el secundario, una relación de multiplicación correspondientemente alta (aquí 100). Mediante esta estructura se necesitan, al contrario que en los transformadores de alta corriente convencionales, menores números de espiras en el lado primario, con lo que puede reducirse la longitud del devanado primario 13 y, de este modo, pueden reducirse las pérdidas óhmicas. Mediante el reducido número de espiras del devanado primario 13 y con ello una reducción de aquí resultante de la longitud de línea se reduce a su vez la inductividad de dispersión habitual del sistema del transformador de alta corriente 12, con lo que el transformador de alta corriente 12 puede hacerse funcionar con mayores frecuencias de conmutación, por ejemplo 10 kHz. Las mayores frecuencias de conmutación con relación a los transformador de alta corrientes convencionales producen a su vez una reducción del tamaño constructivo y del peso del transformador de alta corriente 12 y de este modo una posibilidades de montaje ventajosas. De este modo el transformador de alta corriente 12 puede posicionarse por ejemplo muy cerca de los electrodos 7 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1. Con ello puede reducirse también la carga del robot de soldadura a causa del reducido peso del transformador de alta corriente 12, de tal manera que puede ser suficiente con un pequeño robot de soldadura más barato.

Los transformadores convencionales, en los que no se produce ningún conexionado serie/paralelo del devanado primario y secundario, requerirían de forma correspondiente más espiras primarias, lo que tendría como consecuencia unas longitudes de cable en el lado primario bastante más largas. A causa de la mayor longitud de cable aumentan por un lado las pérdidas óhmicas y, por otro lado, se produce una mayor inductividad de dispersión, por lo que las frecuencias con las que puede hacerse funcionar el transformador del estado de la técnica, están limitadas a algunos kHz.

Al contrario de esto, en la estructura aquí descrita del transformador de alta corriente 12 son reducidas las pérdidas óhmicas y la inductividad de dispersión inherente al sistema de los devanados primarios 13 y devanados secundarios 14, con lo que pueden usarse frecuencias en un margen de 10 kHz y superiores. De este modo puede conseguirse a su vez un tamaño constructivo bastante menor del transformador de alta corriente 12. La menor altura constructiva del transformador de alta corriente 12 o de la fuente de corriente 10 hace posible a su vez disponer el mismo o la misma más cerca del emplazamiento en el que se necesita la corriente generada, por ejemplo en los brazos de pinza 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Mediante la conexión en paralelo de los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 se divide la alta corriente secundaria resultante entre varias corrientes parciales. Estas corrientes parciales se transfieren a elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, como se ha representado esquemáticamente. Para activar los elementos de conmutación 24 está previsto un circuito de activación 17, que se ha dibujado en la zona del devanado primario 13 y del devanado secundario 14, en donde tanto el rectificador síncrono 16 como el circuito de activación 17 con el sistema de sensores correspondientes están dispuestos dentro del cubo, es decir dentro del transformador de alta corriente 12. El rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17 están configurados y dimensionados con ello de tal manera, que los mismos llevan a cabo la regulación y el control de la fuente de corriente 10 autónomamente, es decir sin influencias exteriores. El cubo no presenta por ello de forma preferida ninguna línea de control para engranar desde fuera, sino solamente conexiones o contactos para el suministro en el lado primario y conexiones o contactos para el envío de la energía generada en el lado secundario, en especial la alta corriente continua secundaria.

Sin embargo es posible que pueda conducirse hacia fuera una conexión correspondiente del circuito de activación 17, para poder prefijar unos valores nominales para el circuito de activación 17. Mediante adaptaciones externas pueda ajustarse la fuente de corriente 10 óptimamente al campo aplicativo. Como se conoce del estado de la técnica, pueden emplearse sin embargo unos sistemas para modificar o transmitir datos, que funcionen

inalámbicamente, de forma preferida inductiva, magnéticamente o por Bluetooth, de tal manera que no es necesario conducir hacia fuera ninguna conexión de control.

El control y/o la regulación de la fuente de corriente 10 se realizan a través del sistema de sensores integrado. A través de la medición de las corrientes secundarias de un devanado secundario 14, con ayuda de un convertidor de corriente 18 correspondiente, el circuito de activación 17 obtiene la información sobre en qué momentos deben conmutarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Por medio de que los convertidores de corriente 18 sólo miden una fracción, aquí una décima parte, de la corriente secundaria del transformador de alta corriente 12, pueden construirse más pequeños, lo que tiene de nuevo un efecto positivo en el tamaño constructivo de la fuente de corriente 10.

Para reducir las pérdidas de paso y pérdidas de conmutación, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmutan en lo posible en el paso por cero de las corrientes secundarias a través de los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. Debido a que desde la detección del paso por cero de la corriente secundaria a través de los convertidores de corriente 18 hasta la activación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se producen ciertos retardos, el circuito de activación 17 está configurado conforme a la invención para conmutar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 17 en un momento preajustado, antes de que se alcance el paso por cero de la corriente en el devanado secundario 14. El circuito de activación 17 produce por lo tanto la conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento, en el que las corrientes medidas a través de los convertidores de corriente en el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 descienden por debajo de o superan un determinado umbral de conexión y desconexión. Mediante esta medida puede conseguirse que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmuten fundamentalmente durante el paso por cero de las corrientes a través del devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, con lo que pueden minimizarse las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación (véase también la fig. 16).

Para un devanado primario 13 y un devanado secundario 14 se ha dibujado en la fig. 4 también el circuito de suministro 48 para suministrar energía eléctrica al rectificador síncrono 16 y al circuito de activación 17. También este circuito de suministro 48 está integrado de forma preferida en la fuente de corriente 10, es decir en el cubo. Debido a que debe garantizarse el suministro de una energía eléctrica suficiente al rectificador síncrono 16 y al circuito de activación 17 de la fuente de corriente 10 en el momento deseado de la entrega de la corriente continua, por ejemplo de la corriente de soldadura, se requiere una activación suficientemente rápida del circuito de suministro 48 (véase la fig. 15), respectivamente la misma está diseñada de tal manera que, al activar la fuente de corriente 10 lo más rápidamente posible, se dispone de una tensión de suministro suficientemente elevada y a continuación se entrega la potencia necesaria o la corriente necesaria.

La fig. 5 muestra la forma de realización de la fuente de corriente 10 conforme a la figura 3 en una exposición aumentada. La fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, por ejemplo corriente de soldadura, presenta fundamentalmente la forma de un cubo o paralelepípedo, en donde las superficies laterales del cubo o del paralelepípedo representan los contactos 20, 21, 22, 23, a través de los cuales puede transferirse la corriente continua generada hasta el 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 activación 17, el convertidor de corriente 18, el circuito de suministro 48, etc., están contenidos o integrados en este elemento cúbico o paralelepípedo de la fuente de corriente 10. Mediante esta forma constructiva compacta pueden mantenerse especialmente reducidas las pérdidas de la fuente de corriente 10 y, de este modo, aumentarse claramente su grado de eficacia, ya que se obtiene un acortamiento óptimo de las líneas y con ello de los tiempos de conmutación con la integración de los componentes electrónicos, en especial de las pletinas con el rectificador síncrono 16, del circuito de activación 17 y del circuito de suministro 48, en el cubo. Mediante la integración del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17 así como de los circuitos de suministro 48 de la fuente de corriente 10 en el transformador de alta corriente 12, así como el conexionado en paralelo de varios elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y la conexión sin línea de los elementos de conmutación 24 a los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12, no se necesita ninguna línea entre el rectificador síncrono 16 y el lado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, con lo que se eliminan toda las eventuales pérdidas óhmicas y pérdidas adicionales a causa de tales líneas. La parte de potencia 19 para el suministro al transformador de alta corriente 12 se posiciona lo más cerca posible al mismo, para conseguir unas líneas de conexión lo más cortas posible y con ello pérdidas de línea e inductancias de línea. Mediante la integración de todos los componentes se forma una unidad autárquica, que en el lado de entrada sólo tiene que unirse a la parte 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 electrodos 7. Puede prescindirse de las líneas habituales entre los circuitos individuales de la fuente de corriente 10, o al menos reducirse claramente su longitud.

La base del transformador de alta corriente 12 de la fuente de corriente 10 forma un elemento de transformador en forma de un soporte en I 25 de material eléctricamente conductor, en especial cobre o una aleación de cobre, en todo caso con un recubrimiento, por ejemplo de plata. En los rebajes 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. Con ello es ventajoso especialmente que los núcleos anulares 15 no presenten una sección transversal circular, sino oval o

plana. En el ejemplo de realización representado están dispuestos en paralelo, en cada rebaje 25a del soporte en I 25, respectivamente cinco núcleos anulares con los respectivos devanados secundarios 14. El devanado primario 13 o los devanados primarios 13 interconectados en paralelo (línea a trazos y puntos) discurren a través de los núcleos anulares 15 dispuestos en los rebajes 25a del soporte en I 25 y alrededor del travesaño central del soporte en I 25. Mediante este recorrido del devanado primario 13 a través de los núcleos anulares 15, dispuestos en especial simétricamente en los dos rebajes 25a del soporte en I 25, puede alcanzarse un acoplamiento magnético óptimo con los devanados secundarios 14. Las conexiones 26 del devanado primario 13 son conducidas hacia fuera a través de al menos una abertura 27 sobre una superficie exterior 28 del soporte en I 25. A través de estas conexiones 26 puede unirse el devanado primario 13 del transformador de alta corriente 12 a la parte 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 por ejemplo se conectan a uno de los electrodos 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Sobre los rebajes 25a del soporte en I 25 se encuentran unas placas de contacto 29, cuyas superficies exteriores forman los otros dos contactos 22, 23 de la fuente de corriente 10 y están aisladas con respecto al soporte en I 25. Las placas de contacto 29 están formadas también por un material eléctricamente conductor, por ejemplo cobre o una aleación de cobre, en cualquier caso con un recubrimiento, por ejemplo de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan una buena conductividad térmica, con lo que pueden evacuarse con mayor rapidez las pérdidas de calor que se produzcan. El recubrimiento de plata impide una oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o aleaciones de cobre entran también en cuestión aluminio o aleaciones de aluminio, que presentan frente al cobre una ventaja de peso, si bien la resistencia a la corrosión no es tan alta. En lugar de un recubrimiento de plata es también posible un recubrimiento de estaño y de otros materiales, o bien de sus conexiones o capas. Entre las placas de contacto 29 y las conexiones correspondientes del devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 están dispuestas las pletinas 35 del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17. Estas pletinas 35 o placas de circuito impreso están montadas o soldadas directamente sobre las placas de contacto 29 y se fijan a continuación aisladas sobre el soporte en I 25. Mediante esta forma constructiva pueden conectarse o empalmarse las conexiones secundarias del transformador de alta corriente 12 directamente a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, sin que sea necesario tender líneas. Las salidas del rectificador síncrono 16 están unidas de forma preferida también a las placas de contacto 29, con lo que no se necesita ninguna línea. Las placas de contacto 29 se unen al soporte en I 25, de forma preferida se atornillan (no representado). Sobre las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 así como las superficies exteriores de las placas de contacto 29 pueden estar dispuestos unos dispositivos de unión 30, por ejemplo unos taladros con unas roscas correspondientes para alojar tornillos. A través de estos dispositivos de unión 30 pueden fijarse por ejemplo las líneas a los brazos de pinza 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1, a otros aparatos a los que debe suministrarse corriente continua, o bien puede fijarse un brazo de pinza 5 directamente al soporte en I 25 o a las placas de contacto 29.

En el lado superior y el lado inferior de la fuente de corriente 10 cúbica o paralelepípedica pueden estar dispuestas unas placas de cubierta 31 y estar unidas al soporte en I 25 a las placas de contacto 29, por ejemplo atornilladas (véase la fig. 6). De forma preferida las placas de cubierta 31 están formadas también por material eléctricamente conductor y atornilladas a las placas de contacto 29, con lo que se obtiene una unidad estable del transformador de alta corriente 12, además de que a través de las placas de cubierta 31 se establece también una conexión eléctrica entre las placas de contacto 29. De este modo se consigue que a través de la placa de cubierta 31 pueda tener lugar una compensación de carga y, de este modo, no puedan producirse cargas asimétricas sobre el transformador de alta corriente 12. Por medio de esto puede prescindirse de una línea eléctrica específica, que conectaría entre sí eléctricamente las dos placas de contacto 29, para establecer la compensación de tensión o potencial y evitar asimetrías. A través de las placas de cubierta 31 se establece por lo tanto la conexión eléctrica entre 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. En este caso debe estar garantizado naturalmente un aislamiento correspondiente con respecto al soporte en I 25. Las placas de cubierta 31 están formadas, al igual que el soporte en I 25 y las placas de contacto 29, de forma preferida por cobre o una aleación de cobre, de forma preferida con un recubrimiento de plata.

Sobre una superficie exterior 28 del soporte en I 25, en especial en el primer contacto 20, están dispuestas dos entradas 32 para alimentar un fluido refrigerante y una salida 33 para desviar el fluido refrigerante, para hacer posible una refrigeración de lo componente de la fuente de corriente 10. La sección transversal de la salida 33 para desviar el fluido refrigerante presenta la suma de las secciones transversales de todas las entradas 32 para alimentar el fluido refrigerante. Para un recorrido óptimo del fluido refrigerante los canales de refrigeración 39 están dispuestos de forma correspondiente (véanse las figuras 9 y 11). Como fluido puede usarse agua u otro líquido, pero también un medio refrigerante gaseoso.

Como puede deducirse de la exposición fragmentaria de la fuente de corriente 10 conforme a la fig. 6, los convertidores de corriente 18 para medir las corrientes secundarias del transformador de alta corriente 12 están situadas directamente sobre los devanados secundarios 14 dispuestos en la parte superior, es decir, respectivamente en el primer devanado secundario 14 o el situado más arriba está dispuesto a ambos lados del soporte en I 25 un convertidor de corriente 18, de tal manera que basándose en la corriente inducida puede

establecerse la corriente a través de este devanado secundario 14. Para evitar que en las corrientes medidas a través del convertidor de corriente 18 influyan los campos magnéticos externos, está dispuesta de forma preferida una carcasa 34 de material magnéticamente conductor, por ejemplo ferritas, para apantallar sobre los convertidores de corriente 18.

5 Los convertidores de corriente 18 están dispuestos a ambos lados del soporte en I 25, respectivamente sobre el primer y segundo devanado secundario 14. A causa del flujo de corriente a través de los devanados primarios 13 la corriente sale por un lado del soporte en I 25, con lo que el devanado secundario 14 situado más arriba configura de este modo el primer devanado secundario 14, mientras que en el lado opuesto seguidamente la corriente entra en el devanado secundario 14 situado más arriba y de este modo configura el segundo devanado secundario. Mediante el
10 uso de un puente integral es necesario que el flujo de corriente sea detectado siempre por el primer y segundo devanado secundario 14 uno con independencia del otro, de tal manera que en cada caso según la dependencia de la corriente puedan activarse los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16. De esta manera es posible que los elementos de conmutación 24 de los dos lados del soporte en I 25 sean activados casi sincrónicamente por una señal de activación producida por el rectificador de corriente 18.

15 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 activación 17. Las pletinas 35 forman al mismo tiempo el aislamiento necesario entre el soporte en I 25 y las placas de contacto 29. Los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16 se empalman directamente con los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. A través de unos abombamientos 36 correspondientes, en especial abombamientos en forma de colmenas, sobre la superficie interior
20 de la placa de contacto 29 y unas aberturas 37 correspondientes sobre la pletina 35 por debajo de los elementos de conmutación 24, puede realizarse un empalme directo de los elementos de conmutación 24 con las placas de contacto 29. Los elementos de conmutación 24 están formados de forma preferida por unos transistores de efecto de campo apropiados, cuyas conexiones de drenaje están formadas por sus carcasas. Las carcasas de los transistores de efecto de campo se unen directamente o sin línea al al menos un devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, de tal manera que no se necesita ninguna línea entre estas unidades. Por ejemplo se usan transistores de efecto de campo de silicio o de nitruro de galio. Los convertidores de corriente 18 se unen directamente a la pletina 35 dispuesta de forma adyacente del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17 y, a través de una línea apropiada 38, a la pletina 35 opuesta del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17.

30 El ensamblaje de la fuente de corriente 10 conforme a las figs. 5 y 6 se realiza de forma preferida con un procedimiento de soldadura mediante el uso de dos diferentes temperaturas de soldadura. En primer lugar se unen los devanados secundarios 14 con los rebajes 25a del soporte en I 25 mediante el uso de un material de soldadura, en especial de un estaño de soldar, el cual se funde a una primera temperatura superior T_{S1} , por ejemplo 260 °C. También las placas de contacto 29 se empalman con las pletinas 35 mediante el uso de un material de soldadura,
35 que se funde a la primera temperatura superior T_{S1} , por ejemplo 260 °C. Después de esto se montan los componentes del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17 sobre la pletina 35 usando a su vez un material de soldadura, que se funde a la primera temperatura superior T_{S1} , por ejemplo 260 °C. Mediante el efecto capilar de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29 no existe riesgo de que la pletina 35 se suelte de la placa de contacto 29. Después de estos pasos de trabajo se funden los contactos exteriores de los devanados secundarios 14 y los contactos sobre las pletinas 35 con material de soldadura a una segunda temperatura de fusión T_{S2} , por ejemplo 260 °C., inferior a la primera temperatura T_{S1} , por ejemplo 180 °C, las placas de contacto 29 con las pletinas 35 se unen al soporte en I 25, de forma preferida se atornillan, y seguidamente se calientan a través de la segunda temperatura de fusión T_{S2} , por ejemplo 180 °C, de tal manera que se establece la unión de los devanados secundarios 14 a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Mediante el uso de un material de soldadura a esta segunda temperatura de fusión inferior T_{S2} , puede garantizarse que las uniones soldadas establecidas con el material de soldadura a la temperatura de fusión superior T_{S1} no se fundan o se hagan altamente óhmicas a causa de procesos de cristalización. Por último el devanado primario 13 se enhebra a través de los núcleos anulares 15, y a continuación se montan y empalman los convertidores de corriente 18 y se tiende la línea. Mediante la fijación de las placas de cubierta 31 se termina la fuente de alimentación 10. Para reducir las fuerzas de tracción y flexión sobre los componentes de la fuente de corriente 10, pueden llenarse todas las cavidades antes del montaje de las placas de cubierta 31. A través de unas aberturas 31 previstas para ello (no representadas), por ejemplo en las placas de cubierta 31, puede realizarse también un relleno después del montaje de las placas de cubierta 31.

La fig. 7 muestra la fuente de corriente 10 conforme a las figs. 5 y 6 con indicación del recorrido de los canales de refrigeración 39 (dibujados con línea de trazos). De forma correspondiente a esto los canales de refrigeración 39 discurren desde las dos entradas 32 dispuestas simétricamente primero en las placas de contacto 29, en donde se refrigeran con el fluido refrigerante frío las fuentes de calor más intensas (los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y los elementos constructivos del circuito de activación 17) y los elementos constructivos más sensibles. Después de esto los canales de refrigeración 39 discurren en los elementos exteriores del soporte en I 25 y en el travesaño central del soporte en I 25, en donde se refrigeran los devanados del transformador de alta corriente 12, en donde los dos canales de refrigeración 39 que afluyen lateralmente se reúnen en el travesaño central para formar un único canal de refrigeración 39. Después de esto los canales de refrigeración 39 desembocan
60

en la salida común 33 para el fluido refrigerante. Los canales de refrigeración en las placas de contacto 29 y en el soporte en I 25 se producen de forma preferida mediante unos taladros 40 correspondientes, que se cierran en los puntos correspondientes mediante unos elementos de cierre 41. Entre el soporte en I 25 y las placas de contacto 29 se disponen para obturar los canales de refrigeración 39 unos elementos de obturación 42 correspondientes, por ejemplo unos anillos tóricos (véase la fig. 8).

En la fig. 8 el soporte en I 25 del transformador de alta corriente 12 se ha representado aislado de los otros componentes del 12 o de la fuente de corriente 10. En los puntos de desembocadura de los canales de refrigeración 39 están dispuestos los elementos de obturación 42 citados anteriormente, por ejemplo en forma de anillos tóricos. Los rebajes 25a en el soporte en I 25 están configurados exactamente para alojar el núcleo anular 15, con lo que se consigue una estructura muy compacta. Al mismo tiempo el travesaño 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 de los devanados secundarios 14 se unen sin línea a la toma central el soporte en I 25, con lo que a su vez puede prescindirse de las líneas correspondientes. Mediante la conexión directa de los devanados secundarios 14 al soporte en I 25 se consigue también un aumento fundamental de la superficie de conexión y, de esta forma, pueden reducirse de nuevo pérdidas de transición y pérdidas de línea.

El soporte en I 25 forma la base del transformador de alta corriente 13, alrededor de la cual están dispuestos los devanados secundarios 14 de tal manera, que no se necesita ninguna línea de conexión. Las superficies exteriores del soporte en I 25 representan los dos primeros contactos 20, 21 de la fuente de corriente 10, que se conectan directamente, es decir sin línea, a los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Se consigue una disposición que ahorra espacio por medio de que los núcleos anulares 15 no están construidos circularmente, sino ovalmente o planos. De forma preferida se usan núcleos anulares 5 cerrados. Mediante esta configuración se consigue el conexionado serie/paralelo de los devanados primarios 13 y de los devanados secundarios 14, mediante la cual se consigue la relación de multiplicación necesaria del transformador de alta corriente 12 para la alta corriente continua a proporcionar, al mismo tiempo que unos bajos números de espiras de los devanados primarios 13 y devanados secundarios 14. Una estructura de este tipo merece la pena en particular si en cada lado del soporte en I 25 se disponen al menos tres devanados secundarios 14 conectados en paralelo.

La fig. 9 muestra el esquema en corte a través del soporte en I 25 de la fig. 8 a lo largo de la línea de corte IX-IX. Aquí puede verse claramente el recorrido de los canales de refrigeración 39 hasta la salida común 33 para el fluido refrigerante.

La fig. 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 encima para el rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17 en una exposición aumentada. Como ya se ha citado anteriormente, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un lado se unen directamente a los devanados secundarios 14 correspondientes del transformador de alta corriente 12 y, en el otro lado, directamente a la placa de contacto 29. Con este fin están dispuestos sobre la superficie interior de la placa de contacto 29 unos abombamientos 36, en especial abombamientos en forma de colmenas, que penetran en unas aberturas 37 correspondientes sobre la pletina 35 y allí se empalman directamente, o sin línea, con las conexiones de fuente de los elementos de conmutación 24 dispuestos sobre las aberturas 37. Mediante los abombamientos 36 puede prescindirse de líneas de conexión entre los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y las placas de contacto 29, con lo que por un lado pueden reducirse las pérdidas óhmicas y por otro lado puede mejorarse la transición térmica entre los elementos de conmutación 24 y las placas de contacto 29. Por último se reduce también la complejidad de producción, ya que no es necesario tender ni conectar ninguna línea de conexión, sino que los elementos de conmutación 24 se unen directamente a los abombamientos 36, de forma preferida se soldan. Por medio de esto puede hacerse también posible un posicionamiento sencillo de la pletina 35 y, de este modo, simplificarse notablemente la producción.

Mediante la disposición del circuito de activación 17 y del rectificador síncrono 16 sobre la pletina 36, que se dispone dentro de la placa de contacto 29 puede conseguirse el empalme directo o sin línea de las conexiones de los devanados secundarios 14 con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y también un empalme directo o sin línea de las salidas del rectificador síncrono 16 con la placa de contacto 29. De forma preferida el transformador de alta corriente 12 o la fuente de corriente 10 está estructurado(a) simétricamente para proporcionar la corriente continua, en donde a ambos lados de los devanados secundarios 14 dispuestos simétricamente está dispuesta respectivamente una pletina 35 con una parte del rectificador síncrono 16 y del circuito de activación 17 por debajo respectivamente de una placa de contacto 29.

En el rectificador síncrono 16 conforme a la fig. 10 están dispuestos respectivamente diez elementos de conmutación 24 en serie. Para garantizar que todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo se activan fundamentalmente al mismo tiempo y que las pérdidas de tiempo de recorrido tienen poco efecto, se realiza una activación simétrica de los elementos de conmutación 24 desde ambos lados, es decir, a través de unos procesadores de puerta dispuestos a ambos lados se activan respectivamente de forma preferida cinco elementos de conmutación 24 de derecha e izquierda. También pueden disponerse otras variantes de activación, como por ejemplo un procesador de puerta que discorra adicionalmente de forma central, con lo que se dividen por tres las longitudes de línea y sus inductancias. Mediante un activación paralela de este tipo de las puertas de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se garantizan unos recorridos de activación cortos y con

ello unos tiempos de conmutación casi síncronos de los elementos de conmutación 24, ya que no se produce ninguna o pocas pérdidas de tiempo de recorrido.

5 Para el montaje de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29 los abombamientos 36 de la placa de contacto 29 penetran a través de las aberturas 37 en la pletina 35, con lo que al mismo tiempo el lado trasero de la pletina 35 puede unirse o soldarse con seguridad a la placa de contacto 29 y, además de esto, los elementos de conmutación 24 dispuestos en el lado opuesto pueden unirse o soldarse también a la placa de contacto 29. De este modo puede prescindirse de la habitualmente elevada complejidad de cableado. De este modo es también posible un posicionamiento sencillo de la pletina 35 sobre la placa de contacto 29 y la misma ya no puede resbalar durante la soldadura. Si sobre la pletina 35 están dispuestos el rectificador síncrono 16, el circuito de activación 17 y el circuito de suministro 48, puede conseguirse una estructura autárquica a la hora de integrar la pletina 35 en el transformador de alta corriente 12. Es además ventajoso que el circuito de activación 17 esté dispuesto a ambos lados de los elementos de conmutación 24 dispuestos en paralelo y en serie, ya que de este modo se consigue un acortamiento de los recorridos de línea hasta los elementos de conmutación 24 individuales. De esta forma puede garantizarse que dentro de un periodo de tiempo muy corto están conectados todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo. Mediante la disposición a ambos lados del circuito de activación 17 se consigue una división por dos de la longitud de línea e inherentemente a ello una reducción de las inductancias de línea y con ello una reducción notable de los tiempos de conmutación 24. En un lado de la pletina 35 está prevista de forma preferida en toda la superficie una superficie soldable para soldarse a la placa de contacto 29, con lo que puede conseguirse una unión segura a la placa de contacto 29. De este modo pueden reducirse también bastante las resistencias de transición, ya que una conexión en toda la superficie de la pletina 35 presenta una menor resistencia de transición. En lugar de la unión directa preferida mediante soldadura pueden preverse también unos cables de conexión cortos, los llamados cables bond.

25 El circuito de suministro 48 está configurado de forma preferida para formar unas corrientes de conmutación correspondientemente altas por ejemplo de entre 800 A y 1.500 A, en especial 1.000 A, y para suministrar la tensión de suministro correspondiente a los componentes. A cauda de la corriente de conmutación muy alta puede conseguirse un tiempo de conmutación muy corto, en especial dentro de un margen de ns. De este modo puede garantizarse que los elementos de conmutación 24 se conmuten siempre en el paso por cero o justo antes del paso por cero, con una corriente de salida baja, de tal manera que no se produzca ninguna o casi ninguna pérdida de conmutación. Si está previsto un circuito de comunicación de datos para la transmisión inalámbrica de datos, de forma preferida inductiva, magnéticamente o por Bluetooth, puede transmitirse datos desde y a la pletina 35 (no representado). De este modo puede realizarse una adaptación de los momentos de conmutación a diferentes campos aplicativos del transformador de alta corriente 12. También pueden leerse datos de una memoria (no representada) dispuesta sobre la pletina 35 para el tratamiento ulterior o el control, o bien para vigilar la calidad.

35 Para producir una protección de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 contra sobretensiones es ventajoso conectar los elementos de conmutación 24, cuando no se necesiten. En el caso de aplicarse en un dispositivo de soldadura por resistencia 1 se activa por lo tanto el rectificador síncrono 16 activo en las pausas de soldadura, para evitar que se destruyan los elementos de conmutación 24. Se vigila si fluye una corriente primaria o una corriente secundaria a través del transformador de alta corriente 12 para, en el caso de que no exista flujo de corriente, mientras la pinza de soldadura 4 se posiciona de forma correspondiente para un nuevo punto de soldadura, el circuito de activación 17 activa todos los elementos de conmutación 24 mediante una activación correspondiente de la puerta. Si después del posicionamiento de la pinza de soldadura 4 se activa la fuente de corriente 10, es decir se inicia un proceso de soldadura manual o automático, se aplica al devanado primario 13 del transformador de alta corriente 12 una tensión alterna, que a su vez es detectada por el circuito de activación 17 a causa de un flujo de corriente y, de este modo, se desactiva el modo de protección de los elementos de conmutación 24. Como es natural la activación y desactivación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 pueden realizarse también a través de señales de control, que se envían por radio o bien inductiva o magnéticamente al circuito de activación 17. En los elementos de conmutación 24 conectados las eventuales sobretensiones no pueden provocar ningún daño. También puede preverse cierta protección mínima de los elementos de conmutación 24 con ayuda de diodos Zener.

50 La fig. 11 muestra un esquema en corte a través de la placa de contacto 29 conforme a la fig. 10 a lo largo de la línea de corte XI-XI. Aquí puede verse claramente el recorrido de los canales de refrigeración 39. Las aberturas en los taladros 40 para formar los canales de refrigeración 39, inherentes a la fabricación, están obturadas mediante unos elementos de cierre 41 correspondientes. Los elementos de cierre 41 pueden estar constituidos por unos tornillos correspondientes, que se atornillan en las roscas correspondientes en los taladros 40.

55 La fig. 12 muestra un núcleo anular 15 con dos devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 dispuestos encima, junto a un convertidor de corriente 18 dispuesto encima, que se ha representado en una exposición fragmentaria. El convertidor de corriente 18 se protege con la carcasa 34 apantallante y un apantallamiento 43 contra campos magnéticos externos, de tal manera que la corriente secundaria a través del devanado secundario 14 puede medirse lo más exactamente posible y puede alimentarse al circuito de activación 17, para controlar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Para apantallarse frente a los campos magnéticos las ferritas son especialmente apropiadas como materiales. El convertidor de corriente 18 se posiciona o fija con ello a través de una zona parcial de uno de los dos devanados secundarios 14 dispuestos. Como

se conoce del estado de la técnica, el convertidor de corriente 18 está formado por un núcleo magnético con devanado dispuesto por encima, en donde las conexiones del devanado se conectan al circuito de activación 17. Asimismo están dispuestos entre el núcleo anular 15 y el devanado secundario 14 el apantallamiento 43 y una chapa de núcleo para el convertidor de corriente 18, en donde el núcleo del convertidor de corriente 18 se coloca sobre esta chapa de núcleo.

En esta estructura del transformador de alta corriente 12 están dispuestos dos devanados secundarios 14 estructurados de esta forma a ambos lados del soporte en I 25, de tal manera que el circuito de activación 17 mide el flujo de corriente a través de uno de los devanados secundarios 14 conectados en paralelo y posicionados en ambos lados. Si el circuito de activación 17 está conectado a estos convertidores de corriente 18, se hace posible un control o una regulación exacto(a), ya que a través de los convertidores de corriente 18 pueden detectarse los estados en el transformador de alta corriente 12.

A causa del conexionado en paralelo antes descrito de los devanados secundarios 14, en cada devanado secundario 14 fluye la misma corriente. De este modo sólo es necesario tomar la corriente de un devanado secundario 14, para sacar conclusiones de todo el flujo de corriente. Con un conexionado paralelo de diez devanados secundarios 14 sólo se mide una décima parte de todo el flujo de corriente de los convertidores de corriente 18, con lo que estos pueden dimensionarse bastante más pequeños. De este modo se consigue a su vez una reducción del tamaño constructivo del transformador de alta corriente 12 o de la fuente de corriente 10. Es ventajoso que los convertidores de corriente 18 estén dispuestos orientados fundamentalmente con 90° respecto a la dirección de la corriente continua, en especial corriente de soldadura, debido a que de este modo pueden reducirse interferencias debidas al campo magnético producido por la corriente continua y con ello errores de medición. De esta forma puede llevarse a cabo una medición muy precisa.

Como puede deducirse de la exposición fragmentaria conforme a la fig. 13, los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 están formados de forma preferida por dos chapas 44, 45 aisladas una de otra mediante una capa aislante 46, por ejemplo una capa de papel, con un recorrido diametralmente opuesto fundamentalmente en forma de S alrededor de la sección transversal de un núcleo anular 15 y por el núcleo anular 15, que están dispuestas una dentro de la otra. En un núcleo anular 15 están dispuestos por lo tanto dos devanados secundarios 14 o partes 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 el empalme con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y el soporte en I 25, que hace de punto medio de la rectificación. De este modo no se necesita ninguna línea para conectar los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12 a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Los devanados secundarios 14, en especial las chapas 44, 45 que configuran los devanados secundarios 14, se unen directamente o sin línea a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y al travesañ central del soporte en I 25 o del punto medio de la rectificación. De este modo se consigue una estructura compacta y que ahorra mucho espacio, con poco peso y pocas pérdidas. Al mismo tiempo se dispone para la unión del devanado secundario 14 al travesañ central del soporte en I 25 y los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 de una superficies 47 relativamente grandes para un empalme, para garantizar un gran flujo de corriente con las menores pérdidas posibles. Mediante esta disposición se obtiene en el lado secundario un rectificador de punto medio, en donde el soporte en I 25 forma el punto medio con uno de los extremos unidos de los devanados secundarios 14.

El núcleo anular 15 puede formarse mediante ferritas, materiales amorfos o materiales nanocristalinos. Cuanto mejores sean los materiales usados en cuanto a las características magnéticas, más pequeño puede construirse el núcleo anular 15. Evidentemente por medio de esto aumenta naturalmente también el precio del núcleo anular 15. A la hora de configurar las chapas 44, 45 es fundamental que éstas se plieguen o doblen de tal manera, que al menos una vez sean guiadas a través del núcleo anular 15. Las dos chapas 44, 45 o los devanados secundarios 14 dispuesta(o)s sobre un núcleo anular 15 están configurada(o)s de forma diametralmente opuesta y aislada(o)s entre sí.

La fig. 14 muestra un esquema de conexiones en bloques de un circuito de suministro 48, en especial de una parte de red, para suministrar energía eléctrica al rectificador síncrono 16 y al circuito de activación 17. El circuito de suministro 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 valores de pico 49, un amplificador de tensión 50, un regulador longitudinal 51 y un divisor de tensión 52. El amplificador de tensión o booster garantiza que el suministro a los componentes de la fuente de corriente 10 esté disponible lo más rápidamente posible. Al mismo tiempo se genera lo más rápidamente posible la tensión de suministro interna del rectificador síncrono 16 activo. Mediante el uso del amplificador de tensión 50 se garantiza, en la fase inicial de la activación, que en un momento lo más temprano posible se genere primero la amplitud necesaria de la tensión de suministro, para garantizar un funcionamiento seguro del rectificador síncrono 16 integrado en el transformador de alta corriente 12 en un momento lo más temprano posible.

La figura 15 muestra el desarrollo en el tiempo de la tensión de suministro V del circuito de suministro 48 conforme a la fig. 14. La rampa del aumento de tensión $\Delta V/\Delta t$ se elige con suficiente pendiente, de tal manera que se garantiza que la tensión necesaria Vcc se aplique con un retardo temporal máximo T_d al rectificador síncrono 16 y al circuito de

activación 17. El retardo temporal debería ser por ejemplo $T_d < 200 \mu s$. Mediante un diseño correspondiente de los conexiones del rectificador de valores de pico 49 y del amplificador de tensión 50, y de forma correspondiente a unas capacidades reducidas, puede conseguirse una velocidad de aumento suficiente de la tensión. Puede decirse por lo tanto que en primer lugar se garantiza la altura mínima de la tensión de suministro con un aumento empinado y sólo a continuación se establece el suministro correcto.

La fig. 16 muestra desarrollos en el tiempo de la corriente secundaria I_S 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 activación sin pérdidas. A través de la medición de las corrientes secundarias I_S de un devanado secundario 14 con ayuda de los convertidores de corriente 18 correspondientes, el circuito de activación 17 obtiene la información sobre cuándo deben conectarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Para reducir las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conectan en lo posible en paso por cero de las corrientes secundarias a través de los devanados secundarios 14 del transformador de alta corriente 12. Debido a que desde la detección del paso por cero de la corriente secundaria I_S a través de los convertidores de corriente 18 hasta la activación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se producen ciertos retardos de tiempo t_{pre} , el circuito de activación 17 está configurada conforme a la invención para activar los elementos de activación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento preajustado antes de alcanzar el paso por cero de la corriente en el devanado secundario 14. El circuito de activación 17 produce por lo tanto la conexión de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en unos momentos, en los que las corrientes I_S medidas a través de los convertidores de corriente 18 en el devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12 descienden por debajo de o superan un umbral de conexión I_{SE} y un umbral de desconexión I_{SA} determinados. Mediante esta medida puede conseguirse que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conecten fundamentalmente durante el paso por cero de las corrientes I_S a través del devanado secundario 14 del transformador de alta corriente 12, con lo que pueden minimizarse las pérdidas de paso y las pérdidas de conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. El momento de conexión y desconexión de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se determina por lo tanto, no con el paso por cero de la corriente secundaria, sino al alcanzarse el umbral de conexión I_{SE} y el umbral de desconexión I_{SA} definidos. El umbral de conexión I_{SE} y el umbral de desconexión I_{SA} se definen de forma correspondiente a los retardos de conmutación a esperar. En cualquier caso el umbral de conexión I_{SE} y el umbral de desconexión I_{SA} pueden estar configurados de forma graduable, para poder reducir todavía más las pérdidas. En el caso de un transformador de alta corriente de 20 kA, por ejemplo, el momento de conexión puede establecerse 100 ns antes del paso por cero, de tal manera que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 tengan que conectarse dentro de este periodo 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 aprox. de 40-50 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, en donde las pérdidas totales suman aprox. 135 kW, con el resultado de un grado de eficacia de aprox. el 10 %. Por el contrario, un transformador de alta corriente 12 de la clase del objeto muestra solamente unas pérdidas de aprox. 5-6 kW. Las pérdidas de línea pueden reducirse de habitualmente 30 kW a 20 kW. De este modo, en un dispositivo de soldadura por resistencia 1 conforme a la invención para generar una corriente de soldadura de 20 kA puede reducirse la potencia de conexión a 75 kW, ya que las pérdidas totales ya sólo son de aprox. 60 kW. El grado de eficacia resultante es según esto, con aprox. un 20 %, casi el doble que en el estado de la técnica. Esta comparación muestra muy claramente el posible potencial de ahorro, en especial en vías de fabricación en la industria automovilística, con un gran número de dispositivos de soldadura por resistencia 1.

Básicamente la fuente de corriente 10 descrita o el transformador de alta corriente 12 está configurada(o) en forma cúbica o paralelepípedica, en donde dos superficies laterales están formadas por un soporte en I 25, sobre cuyas superficies laterales están dispuestas unas placas de contacto 29 eléctricamente aisladas para formar la tercera y la cuarta superficie lateral. Frontalmente se dispone además de las cuatro superficies laterales respectivamente una placa de cubierta 31, que está aislada eléctricamente con respecto al soporte en I 25, para formar la quinta y la sexta superficie lateral del cubo o paralelepípedo. Dentro del cubo en especial de las superficies laterales, están dispuestos el rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17 sobre al menos una pletina 35 o placa de circuito impreso. El cubo presenta de este modo solamente unas 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. Además de esto están previstas también unas conexiones de refrigeración, en especial las entradas 32 y la salida 33, para un fluido refrigerante. No están previstas de forma preferida líneas de control para el rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17 integrados en el cubo, ya que este sistema funciona autónomamente y de este modo no se necesitan conexiones a la parte de potencia 19 o a un dispositivo de control de la instalación. En el caso de una estructura de este tipo no se necesita de forma preferida ningún tipo de línea de control, sino que la fuente de corriente 10 se conecta ya solo en el lado primario a una parte de potencia 19, con lo que en el lado secundario se dispone de la corriente continua dimensionada de forma correspondiente de por ejemplo 15 kA a 40 kA. De esta forma el usuario no necesita realizar ningún tipo de ajuste, sino solamente conectar la fuente de corriente 10. La reunión de los componentes realmente independientes para formar una unidad común de este tipo produce que el tamaño constructivo y con ello el peso de la fuente de corriente 10 pueda reducirse notablemente. Al mismo tiempo la unidad puede emplearse también como elemento portador directamente en una

aplicación, en especial una pinza de soldadura 4. También se aumenta notablemente la ergonomía.

Es asimismo fundamental en la estructura conforme a la invención que los elementos de conmutación 24 se conecten sin línea a los componentes correspondientes, es decir que las conexiones de fuente que conducen la corriente de soldadura de los elementos de conmutación 24, formados por transistores de efecto de campo, estén unidas o soldadas directamente a los abombamientos 36 de la placa de contacto 20, en donde también las conexiones de puerta de los elementos de conmutación 24 están dispuestas o soldadas directamente sobre la pletina 35 y el circuito de activación 17 (procesador de puerta) instalado encima. De esta forma las inductancias de líneas pueden reducirse mediante un ahorro completo de las líneas, de tal manera que pueden conseguirse unas altas velocidades de conmutación y unas pérdidas de paso muy reducidas.

10 En el ejemplo de realización representado y descrito el transformador de alta corriente 12 se ha dimensionado para una corriente de 20 kA a una tensión de salida de entre 5 V y 10 V. Con ello el soporte en I 25 presenta una altura constructiva de 15 cm, de tal manera que a ambos lados pueden disponerse respectivamente cinco devanados secundarios 14 con los núcleos anulares 15. Para llegar a una relación de multiplicación correspondiente de 100, en el ejemplo de realización representado se necesitan diez devanados primarios 13.

15 Si en adelante se quiere dimensionar el transformador de alta corriente 12 para una corriente mayor de por ejemplo 30 kA, puede aumentarse fácilmente el número de devanados secundarios 14 usados. Por ejemplo pueden disponerse a ambos lados en los rebajes 25a del soporte en I 25 respectivamente siete devanados secundarios 14, en donde el soporte en I 25 se aumenta de forma correspondiente en su altura, por ejemplo se construye solamente 5 cm más alto o se usa un cuerpo base correspondientemente mayor. De este modo se complementa el soporte en I 20 25 del transformador de alta corriente 12 por ambos lado solamente en dos devanados secundarios 14, para poder proporcionar una corriente mayor. Mediante el aumento también se aumentan las superficies de refrigeración de contacto. Asimismo se disponen de forma correspondiente más elementos de conmutación 24 en paralelo. El devanado primario 13 puede reducirse hasta un menor número de espiras, por ejemplo siete espiras, de tal manera que se alcance una multiplicación de por ejemplo 98. Las mayores pérdidas de devanado primario se compensan 25 mediante la mayor corriente primaria, a causa del posible aumento de la sección transversal y la reducción de la longitud de línea.

Un aumento de la corriente de soldadura secundaria de 20 kA a 30 kA tiene de este modo como consecuencia un alargamiento del cubo o transformador de alta corriente 12 de por ejemplo 5 cm.

30 Debido a que el transformador de alta corriente 12 funciona de forma preferida autárquicamente y no presenta ninguna línea de control, debería hacerse posible para eventuales mensajes de error una comunicación hacia fuera con componentes externos, en especial un dispositivo de control. Para ello puede usarse el circuito secundario, formado por los devanados secundarios 14, el rectificador síncrono 16 y el circuito de activación 17. Con ello en determinadas circunstancias, en especial en marcha en vacío del transformador de alta corriente 12, el mismo puede cortocircuitarse deliberadamente con ayuda del rectificador síncrono 16, de tal manera que mediante una unidad de 35 vigilancia externa o un dispositivo de control se detecta un flujo de marcha en vacío en las líneas primarias y, de este modo, a causa de la corriente puede tener lugar una comunicación o un mensaje de error.

Mediante la integración de un sensor de temperatura en el transformador de alta corriente 12, en especial en el rectificador síncrono 16, puede por ejemplo detectarse y valorarse la temperatura. Si la temperatura aumenta por ejemplo por encima de un valor umbral definido, mediante el circuito de activación 17 se cortocircuita de forma 40 definida el rectificador síncrono 16 en marcha en vacío, es decir en las pausas de soldadura. Debido a que el dispositivo de control externo conoce el estado de marcha en vacío, durante el cual precisamente no se realiza ninguna soldadura, la misma se detecta o reconoce mediante el mayor flujo de corriente en las líneas primarias del transformador de alta corriente 12. A continuación el dispositivo de control exterior puede comprobar si está activado el circuito de refrigeración, o si presenta un fallo o bien se aumenta la potencia de refrigeración, de tal manera que 45 tiene lugar una mejor refrigeración.

Como es natural pueden comunicarse hacia fuera diferentes mensajes de error a través de un modelo correspondiente de conmutación o pulsación, es decir una apertura y un cierre definidos de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Por ejemplo enviarse hacia fuera diferentes valores de temperatura, tensiones secundarias, corrientes, mensajes de error, etc.

50 Sin embargo, también es posible que una comunicación de este tipo se lleve a cabo durante una soldadura, si bien una detección de este tipo se dificulta claramente. Con ello pueden modularse por ejemplo unas señales correspondientes en la corriente primaria, en especial a través de los devanados primarios 13.

REIVINDICACIONES

- 1.- Transformador de alta corriente (12) en especial para una fuente de corriente (10) para proporcionar una corriente de soldadura de un dispositivo de soldadura por resistencia (1), con al menos un devanado primario (13) y al menos un devanado secundario (14) con toma central, **caracterizado porque** para formar un empalme multipunto están previstos al menos cuatro contactos (20, 21, 22, 23), con lo que la corriente de soldadura al menos se divide por dos y de este modo se reducen las pérdidas de transición. contactos (20, 21, 22, 23) que están formados por cuatro superficies de contacto, dentro de las cuales el al menos un devanado primario (13) y el al menos un devanado secundario (14) están dispuestos en un circuito serie/paralelo.
- 2.- Transformador de alta corriente (12) según la reivindicación 1, **caracterizado porque** están previstos varios devanados primarios (13) conectados en serie, de forma preferida al menos 10, y varios devanados secundarios (14) conectados en paralelo, de forma preferida al menos 10, con toma central.
- 3.- Transformador de alta corriente (12) según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizado porque** está previsto un soporte en forma de I (25) de material eléctricamente conductor, en cuyos rebajes (25a) está dispuesto en cada caso al menos un núcleo anular (15), en donde en cada caso una conexión de cada devanado secundario (14) está empalmada directamente a una superficie interior y a la placa de contacto (29) del soporte en I (25), y porque las superficies exteriores (28) del soporte en I (25) forman dos contactos (20, 21), y la toma central del al menos un devanado secundario (14) del transformador de alta corriente (12) está unida sin línea al soporte en I (25).
- 4.- Transformador de alta corriente (12) según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el al menos un devanado primario (13) está dispuesto de modo que discurre a través del al menos un núcleo anular (15) y alrededor del travesaño central del soporte en I (25).
- 5.- Transformador de alta corriente (12) según las reivindicaciones 3 ó 4, **caracterizado porque** sobre los rebajes (25a) del soporte en I (25) y el devanado secundario (14) dispuesto en los mismos está dispuesta respectivamente una placa de contacto (29) de un material eléctricamente conductor, la cual está unida a las otras conexiones correspondientes de cada devanado secundario (14) a través de un rectificador síncrono (16) y un circuito de activación (17), en donde las superficies exteriores de las placas de contacto (29) forman los otros dos contactos (22, 23) de la fuente de corriente (10).
- 6.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** en cada caso un devanado secundario (14) con toma central está formado por dos chapas (44, 45) mutuamente aisladas de material eléctricamente conductor, con un recorrido fundamentalmente en forma de S diametralmente opuesto alrededor de la sección transversal de un núcleo anular (15) y por el núcleo anular (15), en donde las superficies exteriores (47) de las chapas (44, 45) forman contactos.
- 7.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 3 a 6, **caracterizado porque** el soporte en I (25) y las placas de contacto (29) forman una unidad en forma cúbica o paralelepípedica, en donde entre el soporte en I (25) y las placas de contacto (29) está dispuesto un aislamiento eléctrico, en los lados frontales del soporte en I (25) están dispuestas unas placas de cubierta (31), y las placas de cubierta (31) están formadas por material eléctricamente conductor y pueden atornillarse a las placas de contacto (29), de tal manera que las placas de contacto (29) están conectadas eléctricamente.
- 8.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 3 a 7, **caracterizado porque** el soporte en I (25) y/o las placas de contacto (29) y/o las placas de cubierta (31) y/o las chapas (44, 45) para formar el devanado secundario (14) están hechos de cobre o de una aleación de cobre, de forma preferida con un recubrimiento de plata.
- 9.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** en el primer devanado secundario (14) de cada lado del soporte en I (25) está dispuesto en cada caso un convertidor de corriente (18) para medir la corriente a través de este devanado secundario (14).
- 10.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 3 a 9, **caracterizado porque** en el soporte en I (25) y en las placas de contacto (29) están dispuestos de forma preferida unos canales (39) para guiar un fluido refrigerante, en donde sobre una superficie exterior del soporte en I (25) están dispuestas dos entradas (32) para alimentar el fluido refrigerante y una salida (33) para desviar el fluido refrigerante, en donde los canales de refrigeración (39) están dispuestos de forma que discurren desde cada entrada (32) hasta las placas de contacto (29) y a través del soporte en I (25) hasta la salida (33).
- 11.- Transformador de alta corriente (12) según una de las reivindicaciones 1 a 10, **caracterizado porque** al al menos un devanado secundario (14) están conectados un rectificador síncrono (16) con elementos de conmutación (24) y un circuito (17) para activar los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16).
- 12.- Transformador de alta corriente (12) según la reivindicación 11, **caracterizado porque** el circuito de activación (17) para activar los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) está configurado para un momento preajustado antes de alcanzar el paso por cero de la corriente en el devanado secundario (14).

13.- Transformador de alta corriente (12) según las reivindicaciones 11 o 12, **caracterizado porque** los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) están conectados sin línea al al menos un devanado secundario (14).

5 14.- Transformador de alta corriente (12) según las reivindicaciones 12 o 13, **caracterizado porque** el circuito de activación (17) y el rectificador síncrono (16) están dispuestos sobre al menos una pletina (35), pletina (35) que está dispuesta sobre la superficie interior de al menos una placa de contacto (29), y cada pletina (35) del rectificador síncrono (16) y del circuito de activación (17) presenta unas aberturas (37), a través de las cuales están dispuestos los elementos de conmutación (24), y porque las superficies interiores de las placas de contacto (29) presentan en los lugares de las aberturas (37) de la pletina (35) del rectificador síncrono (16) unos abombamientos (36), en especial unos abombamientos en forma de almenas, de tal manera que los elementos de conmutación (24) pueden empalmarse sin línea, a través de los abombamientos (36) que penetran en las aberturas (37) de la pletina (35), con la superficie interior de las placas de contacto (29).

10

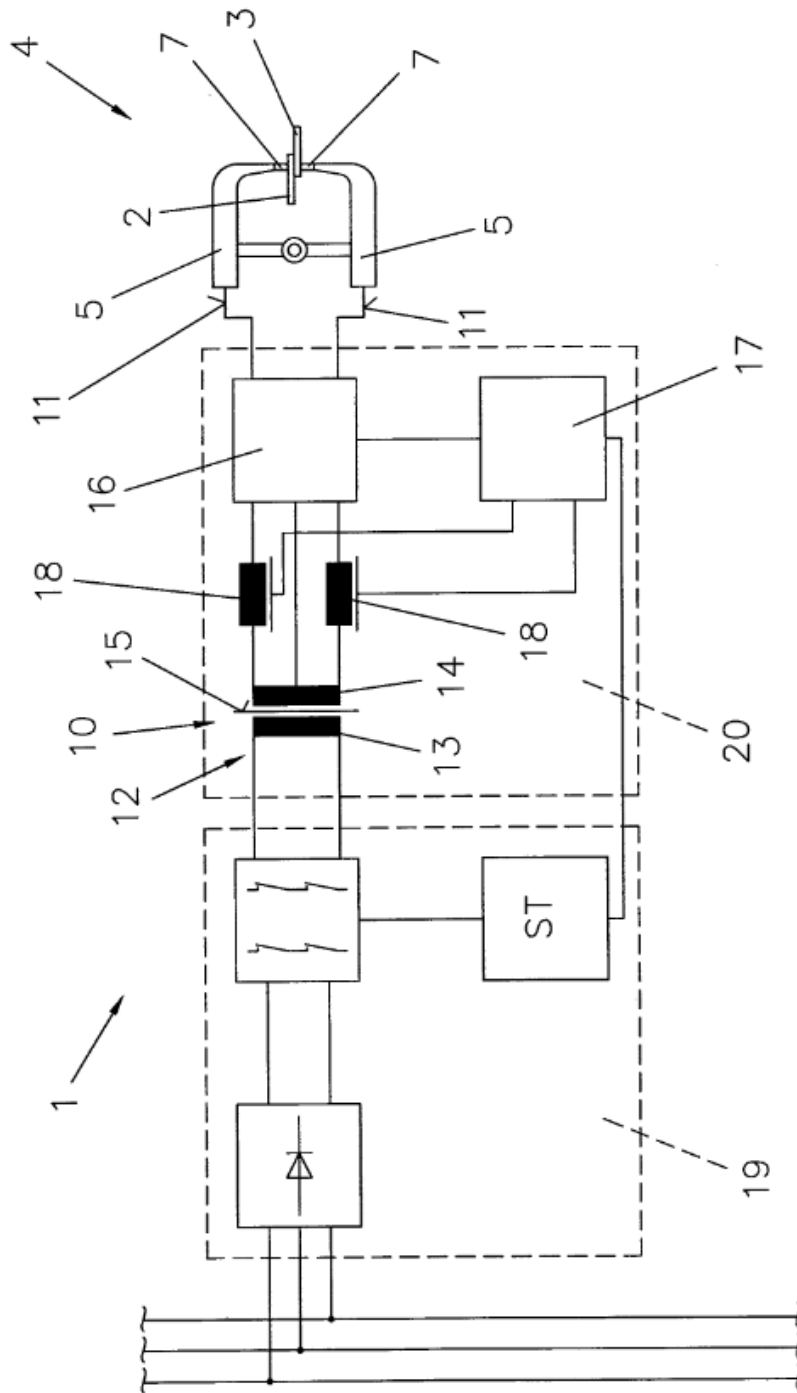


Fig.2

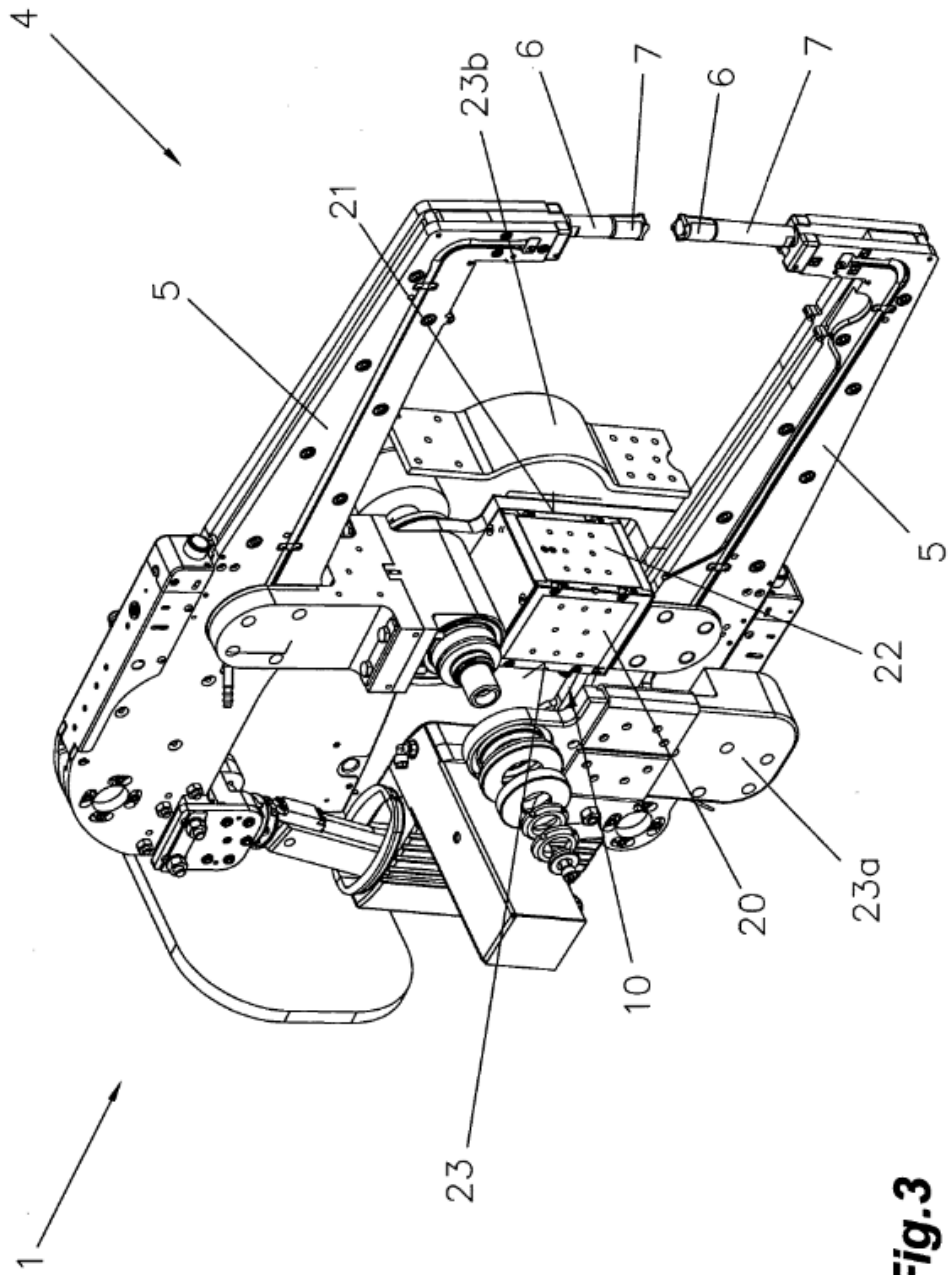


Fig.3

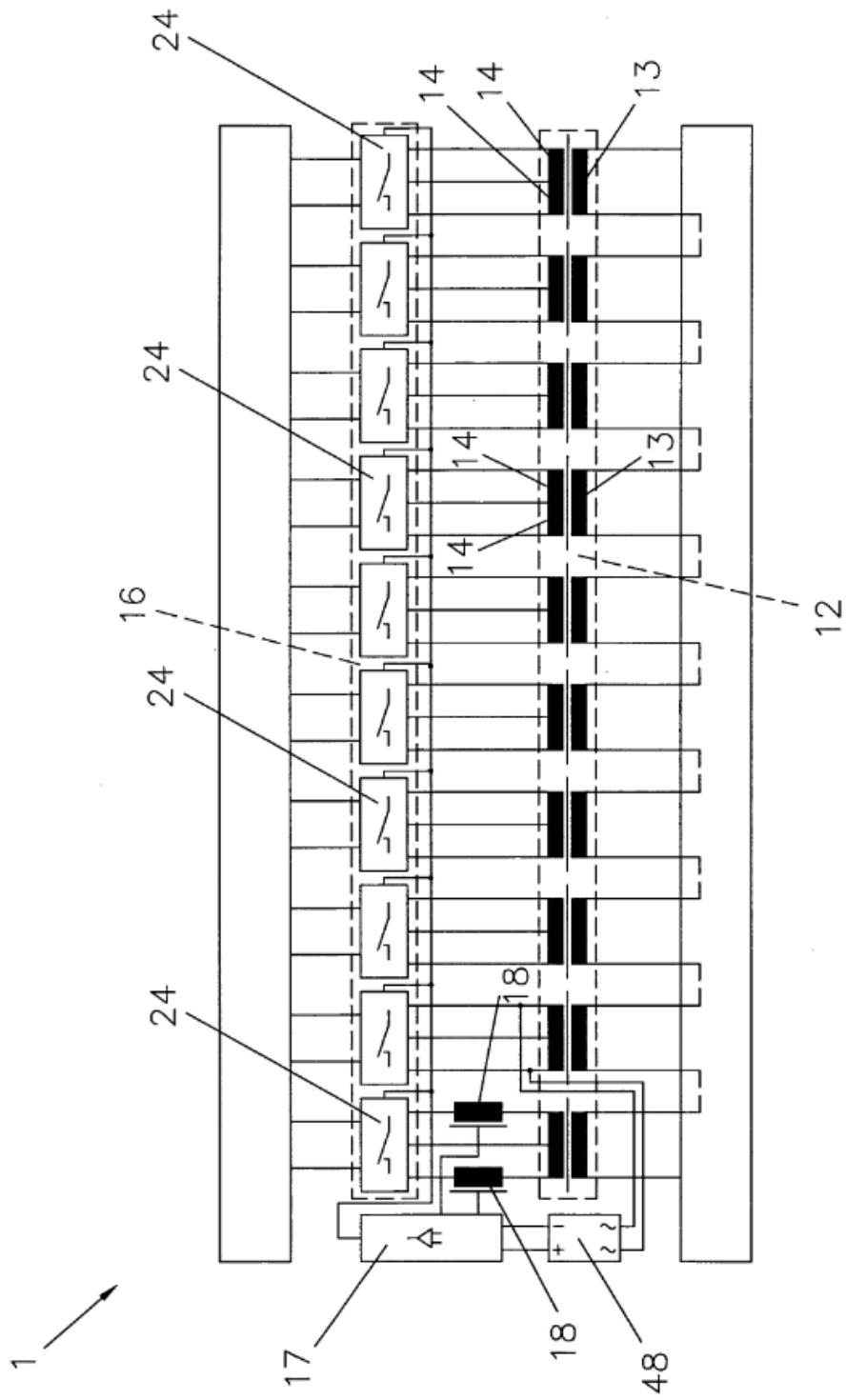


Fig.4

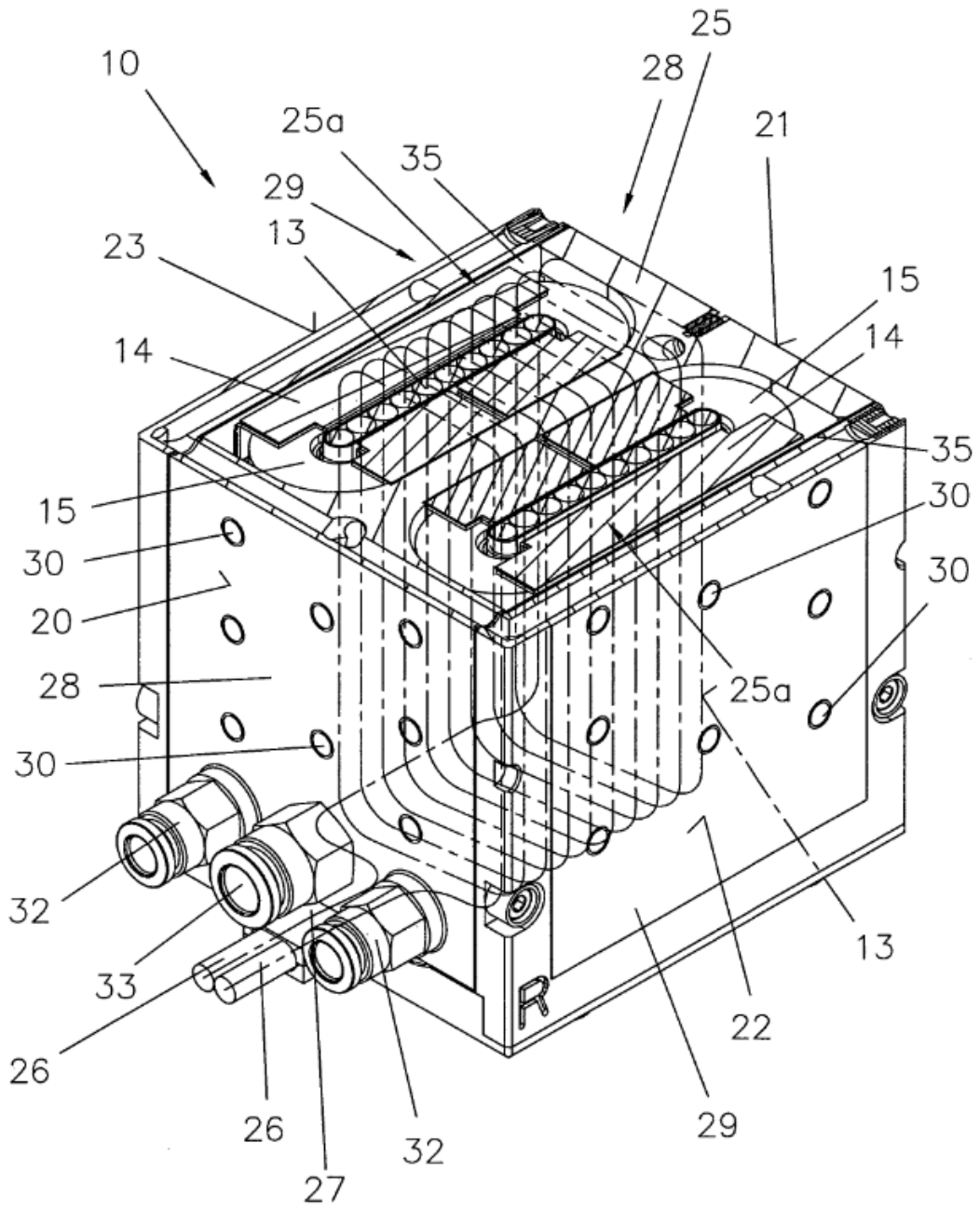


Fig.5

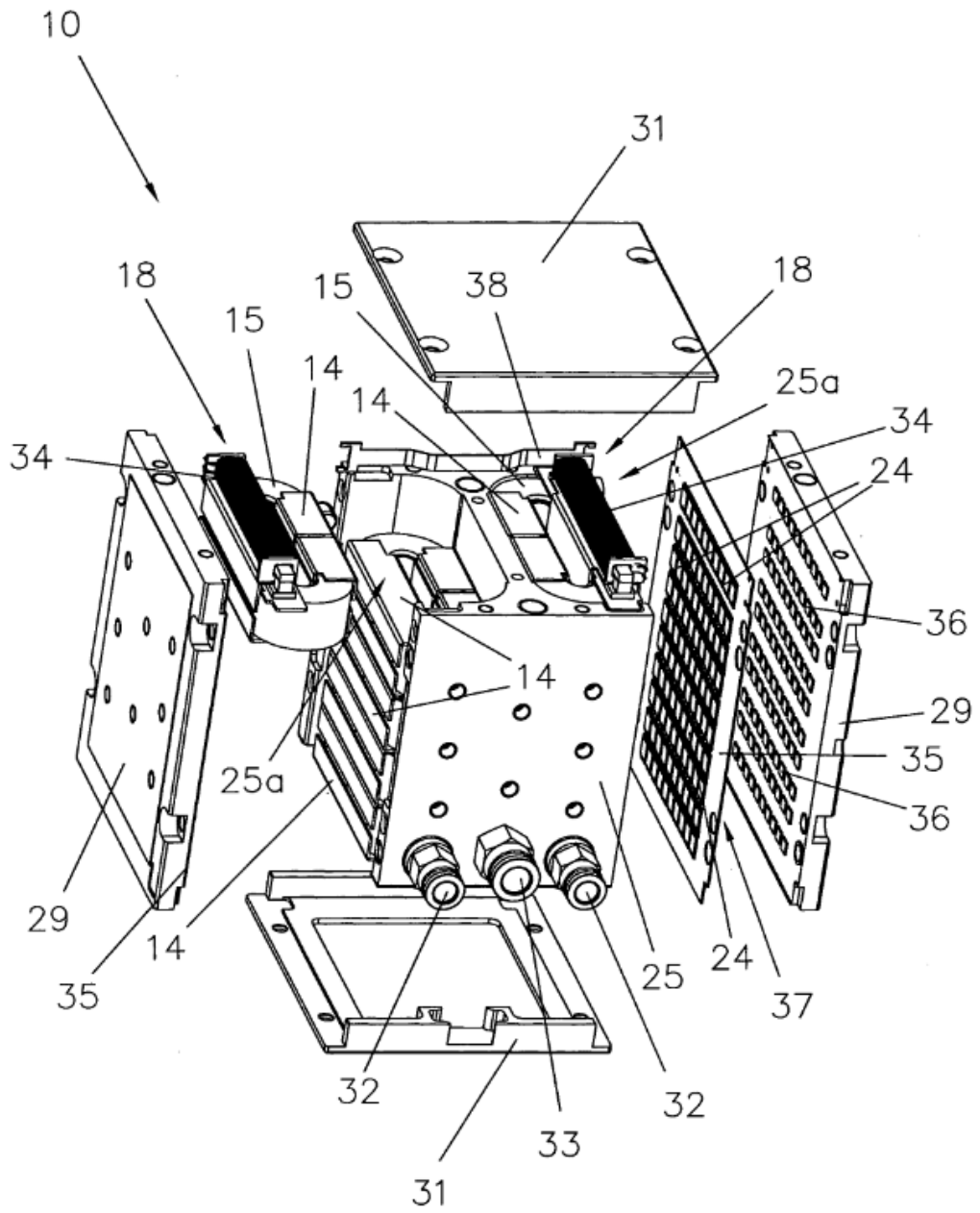


Fig.6

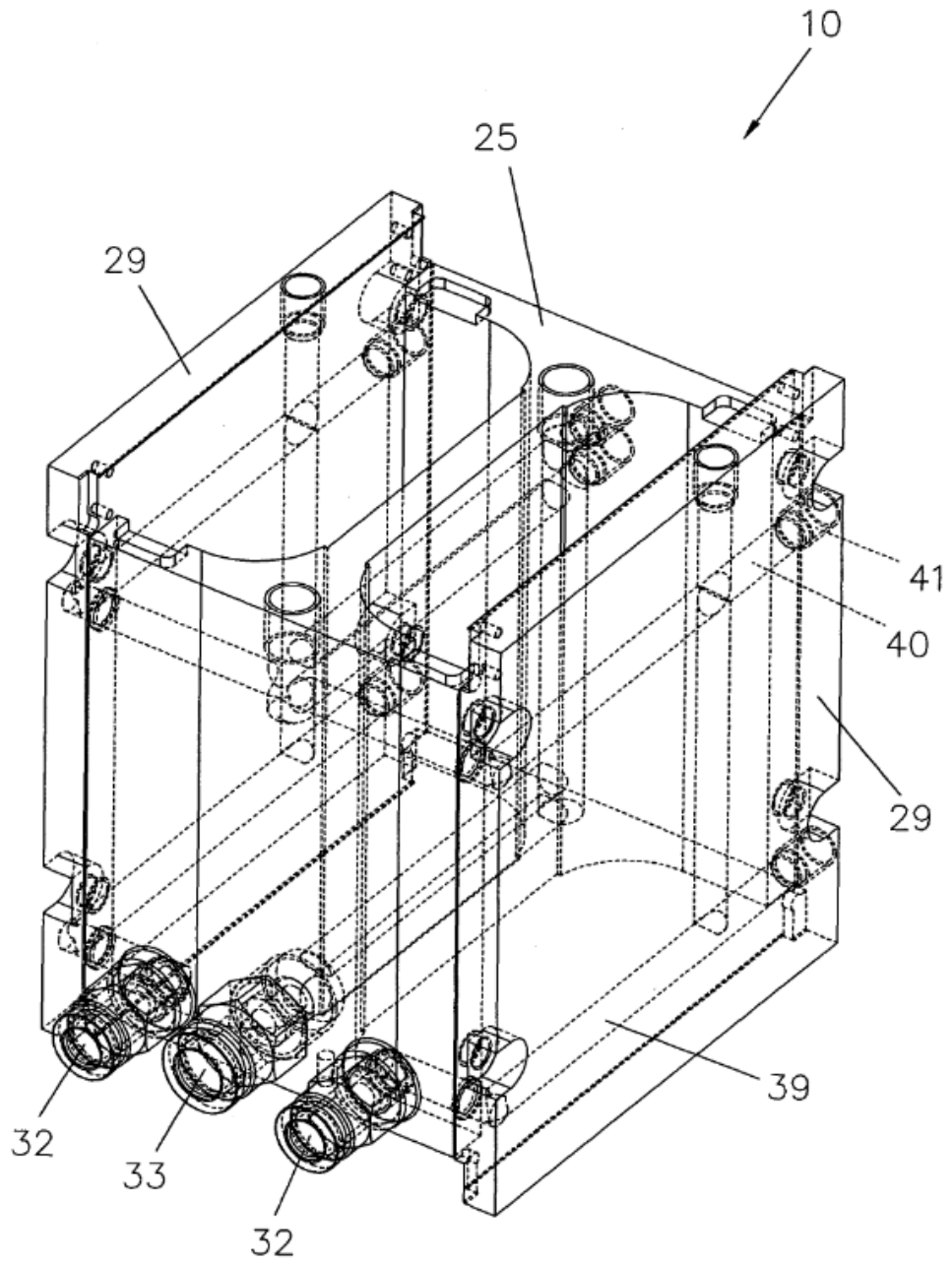


Fig.7

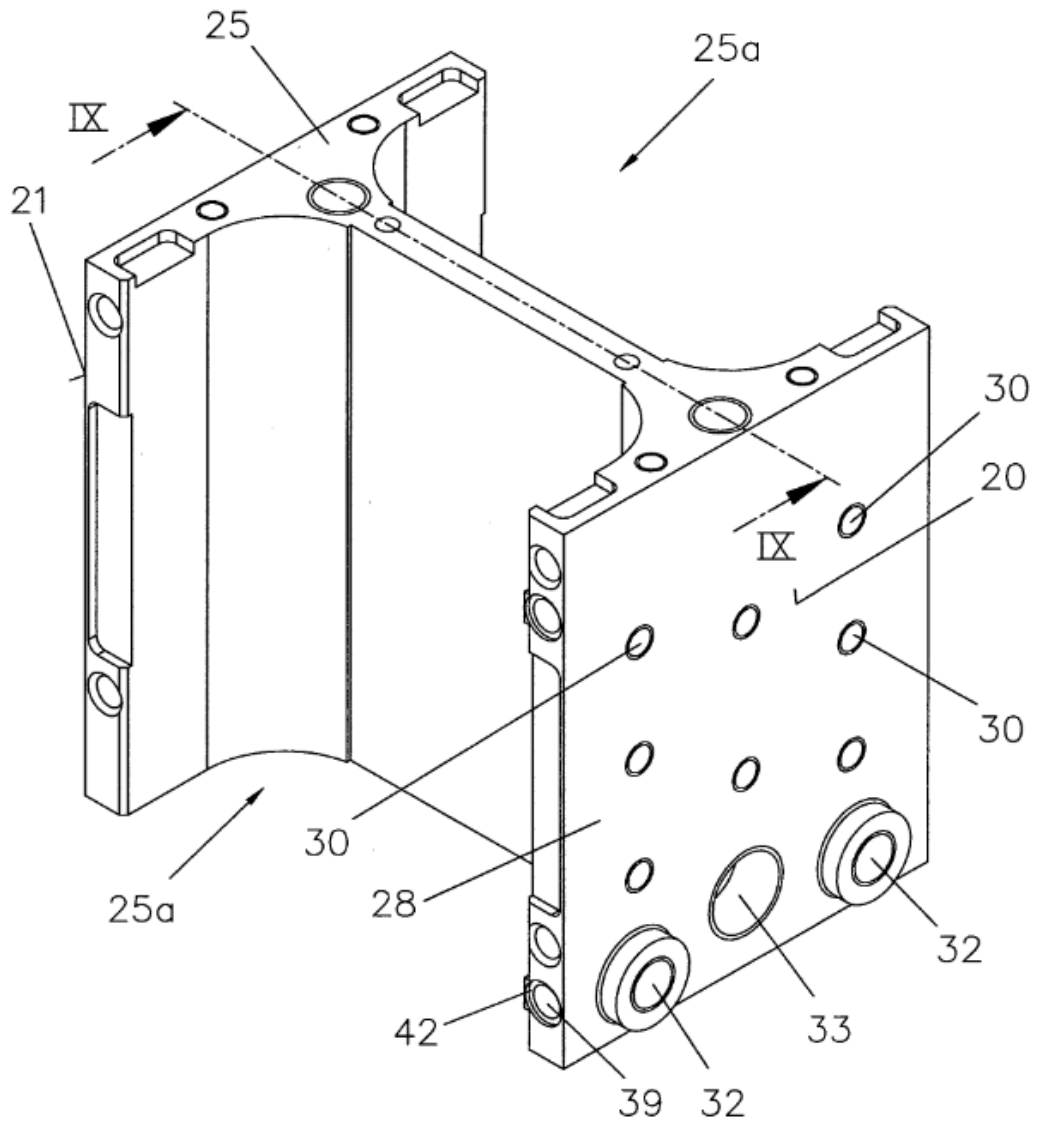


Fig.8

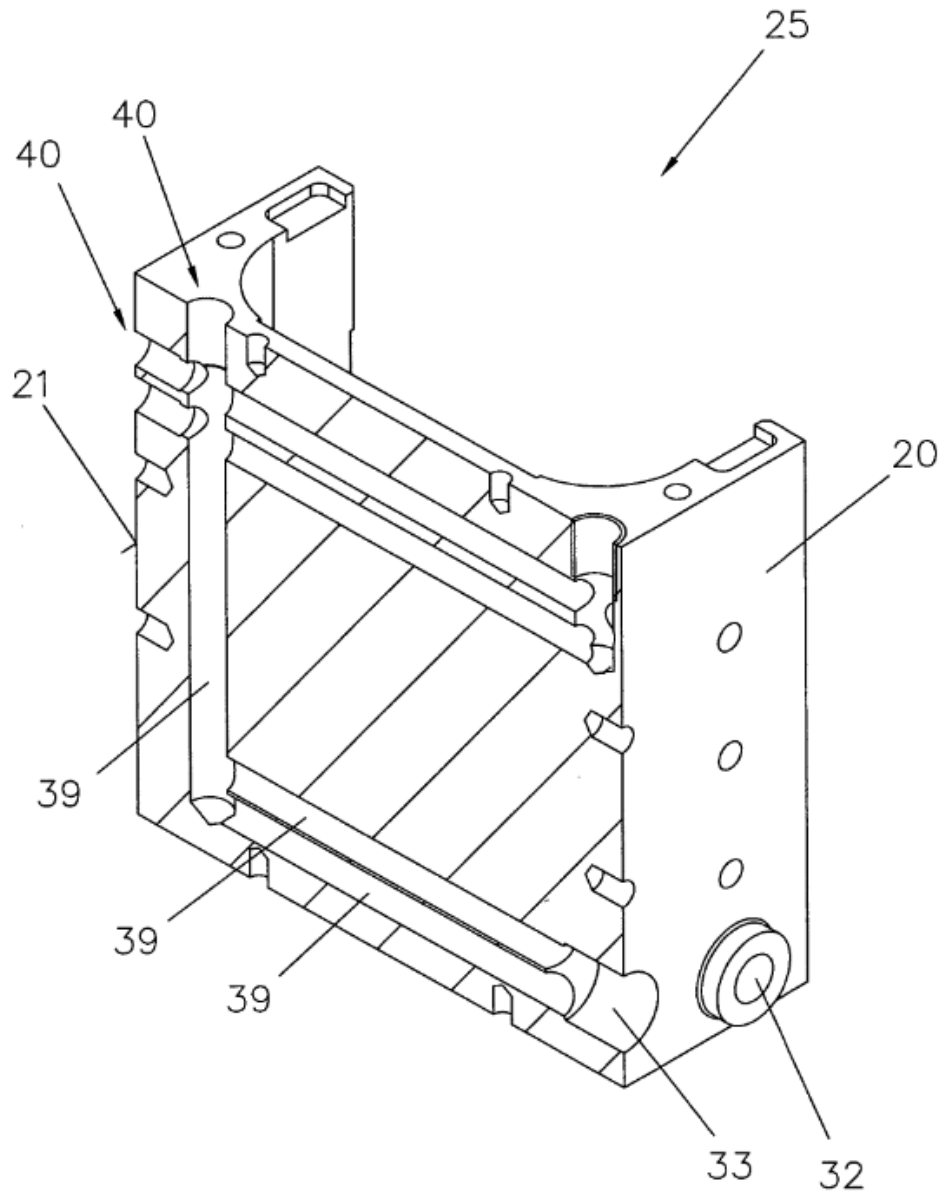


Fig.9

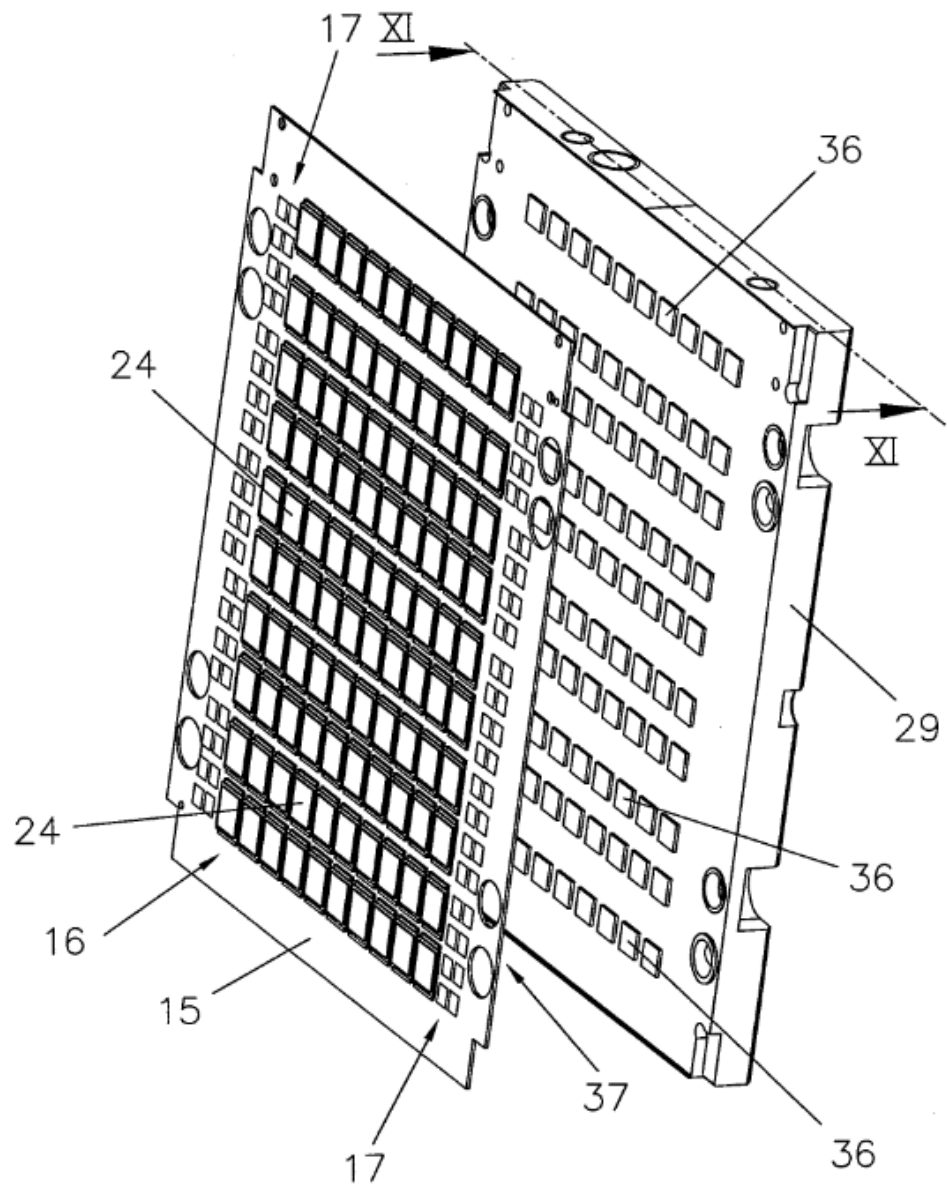


Fig.10

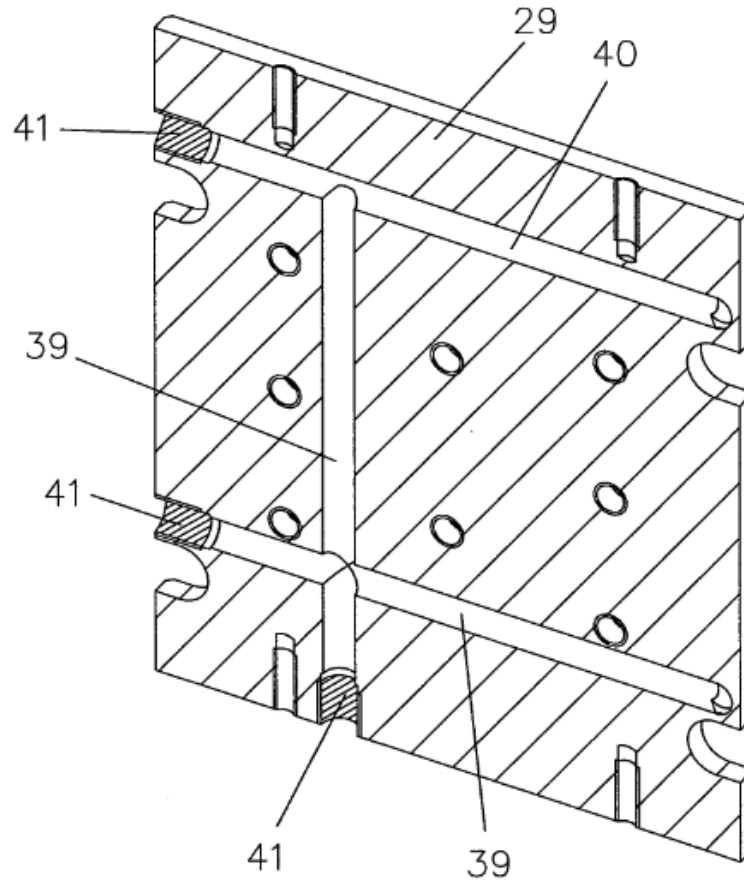


Fig.11

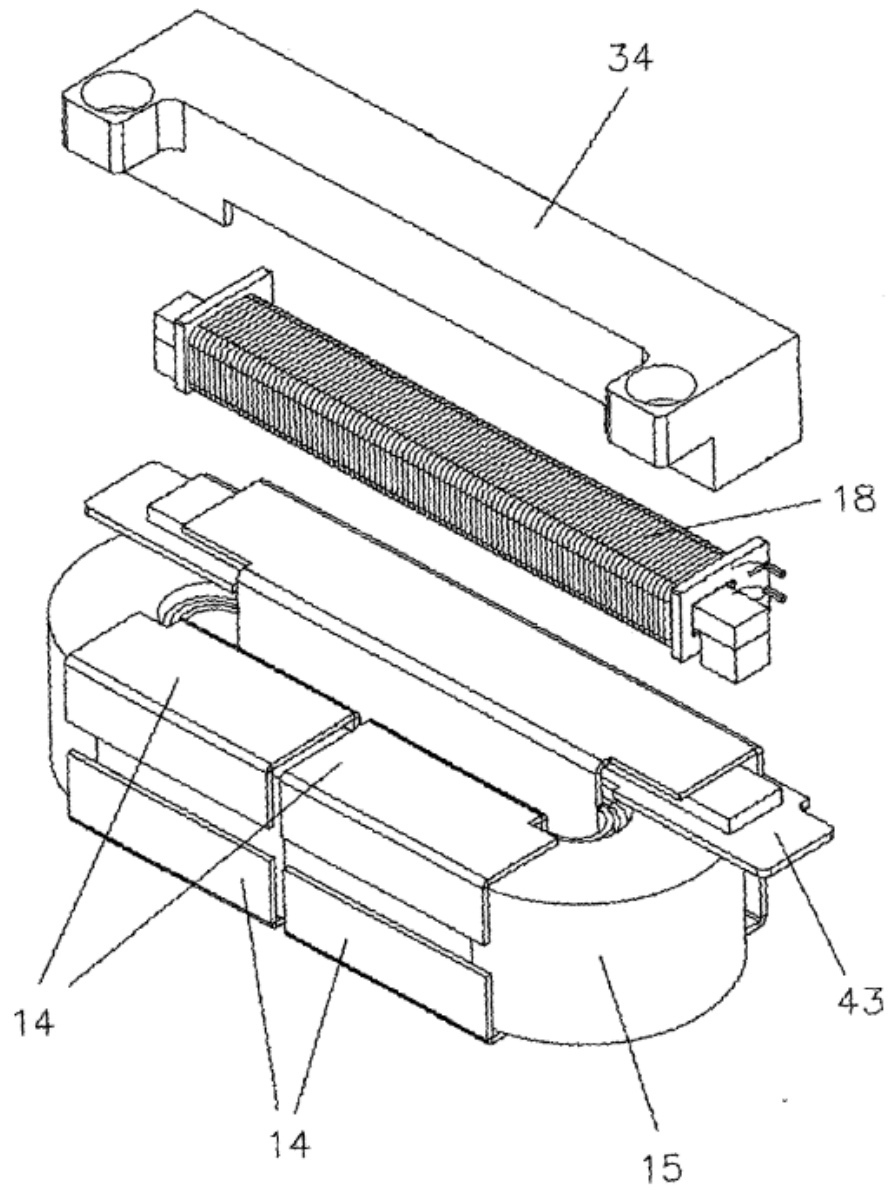


FIG.12

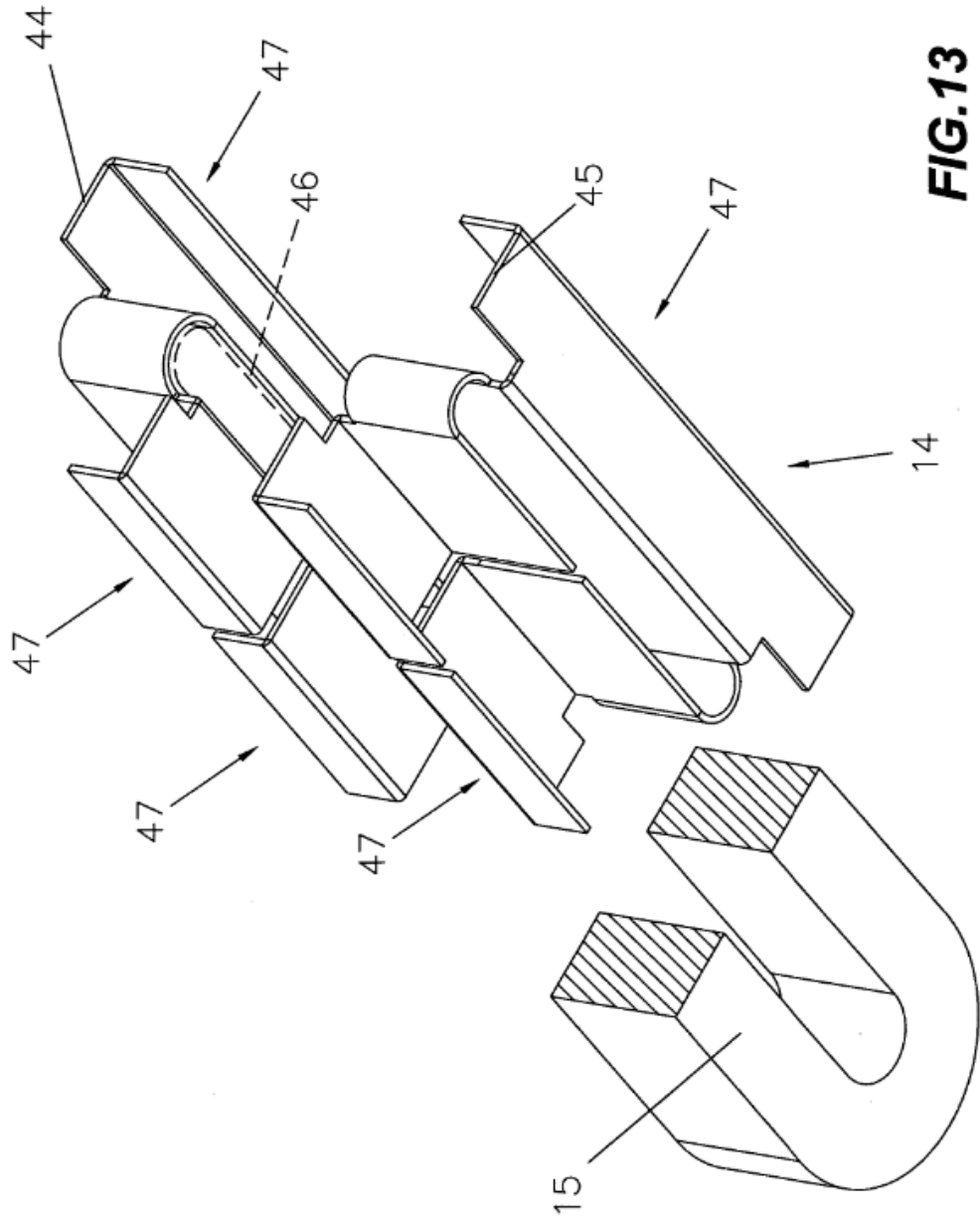


FIG.13

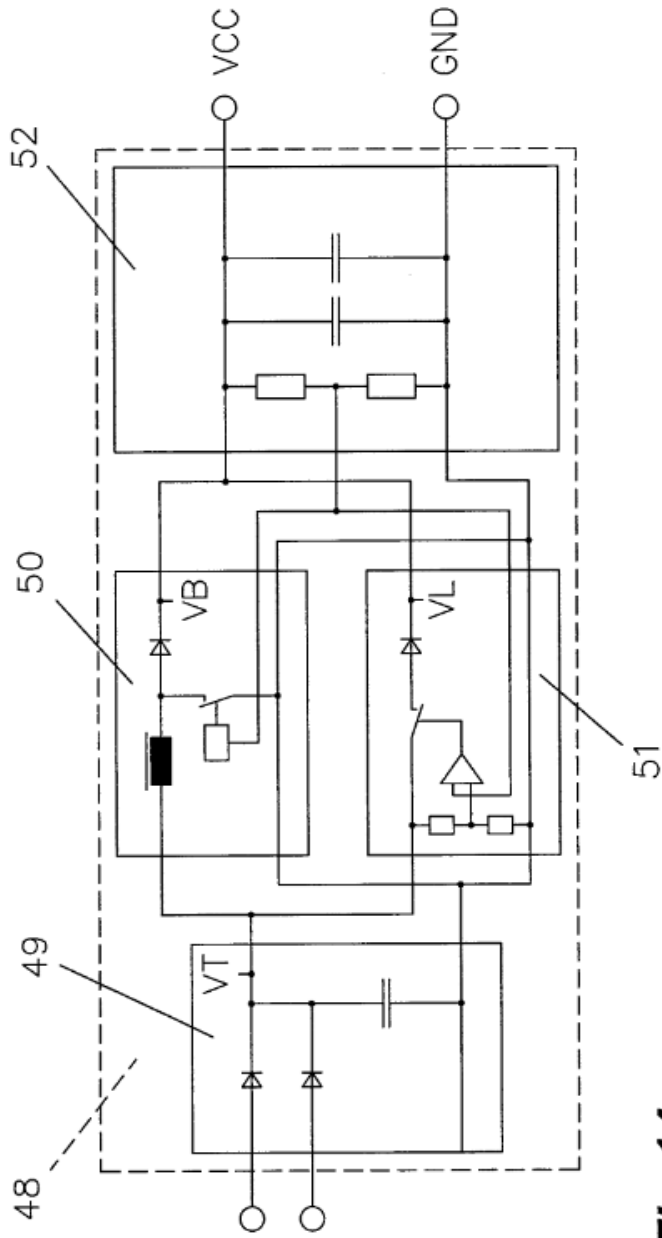


Fig.14

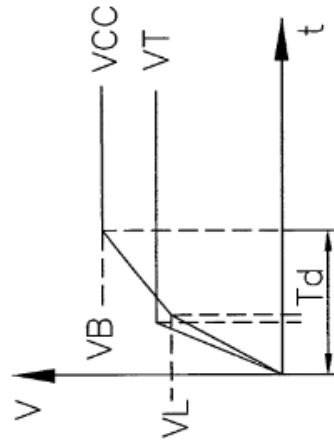


Fig.15

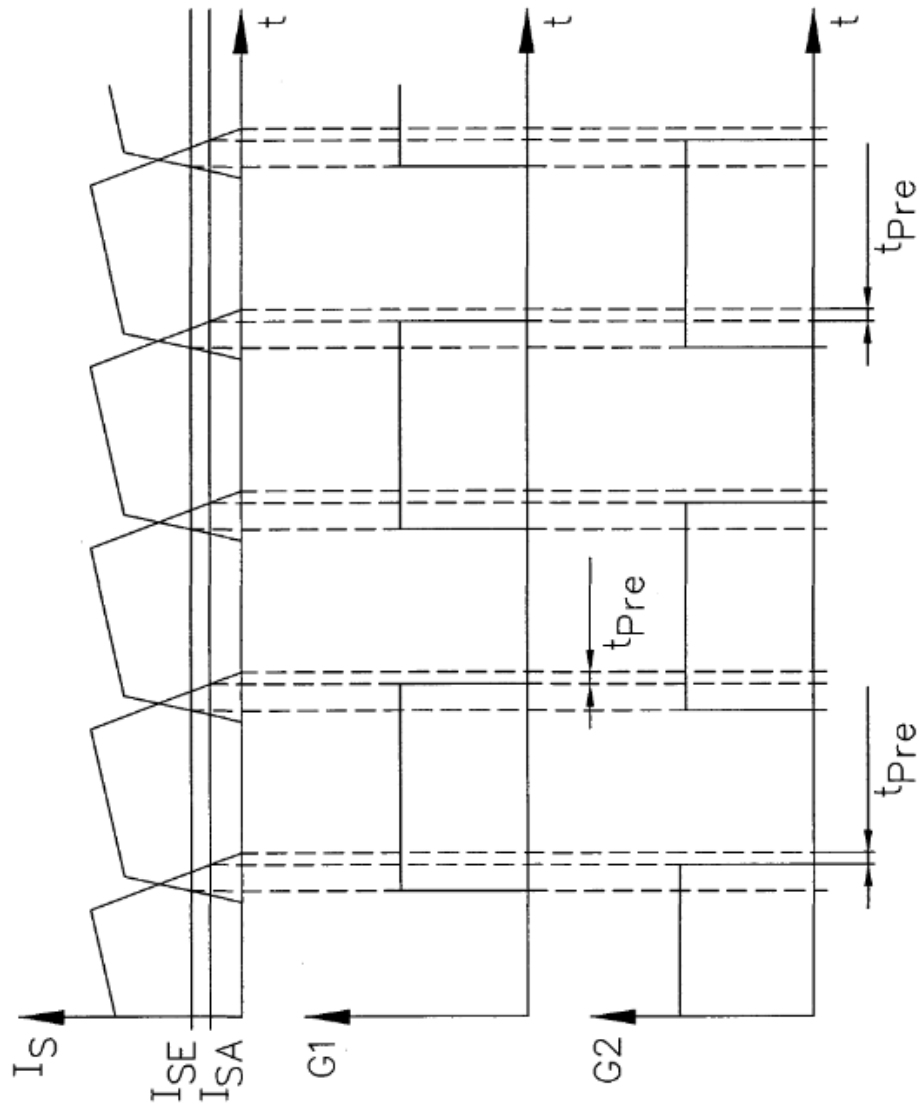


Fig.16