

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 549 220**

51 Int. Cl.:

**B23K 11/24** (2006.01)

**B23K 11/31** (2006.01)

**H01F 27/40** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **31.10.2012 E 12784413 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.08.2015 EP 2773483**

54 Título: **Dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente dispuesta en una pinza de soldadura**

30 Prioridad:

**31.10.2011 AT 15992011**

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

**26.10.2015**

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 2 549 220 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**

Dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente dispuesta en una pinza de soldadura

La invención se refiere a un dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente para proporcionar una corriente de soldadura para soldar piezas de trabajo, con una pinza de soldadura con dos brazos de pinza con respectivamente un electrodo para aplicar la corriente de soldadura a las piezas de trabajo, presentando la fuente de corriente un transformador de corriente de alta intensidad con al menos un arrollamiento primario y al menos un arrollamiento secundario con toma central, un rectificador síncrono conectado con el al menos un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad con elementos de conmutación y un circuito para el mando de los elementos de conmutación del rectificador síncrono, véase p.ej .el documento DE 10 2007 042 771 B.

La presente invención se refiere a dispositivos de soldadura por resistencia, en particular a dispositivos de soldadura por puntos, en los que se producen corrientes continuas de una intensidad especialmente alta del orden de varios kA. El objeto de la presente solicitud de patente también comprende otros equipos en los que se usan corrientes continuas de una intensidad tan alta. Ejemplos para equipos de este tipo son cargadores de acumuladores, aceleradores de partículas, dispositivos para el galvanizado o sim. El documento WO 2007/041729 A1 describe por ejemplo un cargador de acumuladores y un transformador de corriente para la generación de una corriente continua de una intensidad correspondientemente alta.

En dispositivos de soldadura por resistencia, se proporcionan las corrientes continuas elevadas necesarias con ayuda de transformadores de corriente de alta intensidad y rectificadores correspondientes. Debido a las corrientes de alta intensidad que se producen, los diodos rectificadores no son ventajosos debido a las pérdidas relativamente elevadas, por lo que se usan sobre todo rectificadores activos con elementos de conmutación formados por transistores correspondientes. Pero también los dispositivos de soldadura por resistencia con rectificadores activos, por ejemplo rectificadores síncronos, presentan pérdidas relativamente grandes y, por lo tanto, rendimientos relativamente bajos. Puesto que en el estado de la técnica hay longitudes de líneas considerables y por lo tanto pérdidas por fuga por la estructura separada habitual, por ejemplo de transformador de corriente de alta intensidad y rectificación, el resultado es un rendimiento muy malo debido a las corrientes de alta intensidad.

El documento DE 10 2007 042 771 B3 describe por ejemplo un procedimiento para el funcionamiento del suministro de corriente de un dispositivo de soldadura por resistencia usándose un rectificador síncrono, pudiendo reducirse así la pérdida por fuga y el rendimiento.

El documento DE 20 2009 012 249 U1 muestra un dispositivo de soldadura por resistencia en el que el transformador de soldadura está dispuesto entre los brazos de pinza del dispositivo de soldadura por resistencia, por lo que se consigue una forma de construcción más pequeña y más compacta y un esfuerzo de montaje reducido.

El documento JP 2003/318045 A describe un transformador en el que los arrollamientos tienen una estructura en forma de capas, aunque éste sería completamente inadecuado para el uso en un dispositivo de soldadura por resistencia con las corrientes de soldadura de alta intensidad que han de esperarse.

Finalmente, el documento KR 2009/0029971 A indica una fuente de corriente con cuatro contactos, aunque sin decir nada respecto el montaje de la fuente de corriente.

En líneas de fabricación en la industria del automóvil se usa una pluralidad de dispositivos de soldadura por puntos (en muchos casos unos 100 a 1000 equipos individuales) para realizar distintas uniones en la carrocería y en el chasis del vehículo a fabricar. Puesto que ya los dispositivos de soldadura por puntos individuales generan pérdidas muy elevadas por los transformadores de corriente de alta intensidad y las líneas y los elementos de conmutación, el total de las pérdidas que se producen en las líneas de fabricación de este tipo se sitúan en unas dimensiones enormemente elevadas, por ejemplo entre 1 MW y 50 MW. Puesto que las pérdidas se manifiestan sobre todo en forma de calor perdido, han de tomarse a su vez medidas para evacuar el calor, por lo que empeora aún más el balance total de energía.

Otro inconveniente resulta porque debido a las pérdidas elevadas se necesitan potencias de conexión muy elevadas de la red de distribución para las instalaciones de este tipo, por lo que se generan coste muy elevados para la fabricación, la puesta en marcha y el funcionamiento de una instalación de este tipo.

Para realizar un solo punto soldado 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 distribución de hasta 150 kW, resultando en la corriente de soldadura indicada pérdidas de hasta 135 kW, por lo que se consigue un rendimiento muy malo de solo aprox. un 10 %.

El objetivo de la presente invención es, por lo tanto, crear un dispositivo de soldadura por resistencia mediante el cual puedan reducirse las pérdidas pudiendo mejorarse el balance energético y el rendimiento. Deben reducirse o evitarse los inconvenientes de los dispositivos conocidos.

El objetivo de acuerdo con la invención se consigue mediante un dispositivo de soldadura por resistencia arriba indicado, en el que la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura para soldar las piezas de trabajo está dispuesta en la pinza de soldadura, presentando la fuente de corriente en la salida del rectificador síncrono al menos cuatro contactos para formar un contacto de puntos múltiples, en particular un contacto de cuatro puntos, dividiéndose la corriente de soldadura al menos por la mitad y reduciéndose gracias a ello las pérdidas de transición, estando conectados dos primeros contactos de una polaridad con un brazo de pinza y dos contactos adicionales de una polaridad opuesta con el otro brazo de pinza, y estando fijado el brazo de pinza en al menos dos contactos sin líneas. Gracias a un contacto de puntos múltiples de este tipo, es posible prescindir de líneas que se necesitan habitualmente para conectar el lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad o la salida del rectificador síncrono con los brazos de pinza o los electrodos del dispositivo de soldadura por resistencia o se puede reducir su longitud, pudiendo reducirse, por lo tanto, las pérdidas óhmicas y las pérdidas de transición de los contactos. Por lo tanto, pueden usarse líneas lo más cortos posible con secciones lo más grandes posible, manteniéndose al mismo tiempo la flexibilidad de la pinza de soldadura. Otra ventaja está en que gracias a un establecimiento de contacto de este tipo se reducen las pérdidas, en particular las pérdidas por resistencia de transición de los contactos, Gracias a los al menos cuatro contactos (dos contactos por polaridad, es decir dos contactos para el polo positivo y dos contactos para el polo negativo) la corriente continua a transmitir se divide de acuerdo con la invención por la mitad, por lo que se consigue también una reducción de las pérdidas de transición. De este modo se consigue también que puedan ampliarse sustancialmente las superficies de contacto activas, volviendo a reducirse a su vez las resistencias de transición. Gracias al dispositivo de soldadura por resistencia de acuerdo con la invención se consigue que con una corriente de soldadura de por ejemplo 20 kA, la potencia de conexión deba ser ahora solo de 75 kW (en comparación con 150 kW en dispositivos comparables del estado de la técnica), produciéndose pérdidas de 60 kW. Por lo tanto, puede conseguirse aproximadamente una duplicación del rendimiento a aproximadamente un 20 % y más en comparación con el estado de la técnica. Resultan ventajas especiales porque el brazo de pinza está fijado en al menos dos contactos sin líneas y, por lo tanto, sin resistencia de transición de los contactos. Esto puede conseguirse porque estos dos contactos están integrados en la fuente de corriente, por así decirlo, conectándose con las piezas correspondientes del dispositivo de soldadura por resistencia, en particular los brazos de pinza de forma directa, es decir, sin la colocación de líneas. Gracias a la conexión directa de un brazo de pinza con los contactos del transformador de corriente de alta intensidad se consigue, por lo tanto, una conexión sin líneas, mientras que el segundo brazo de pinza debe conectarse con líneas muy cortos con los otros contactos. De este modo pueden reducirse en un grado muy elevado las pérdidas por fuga, puesto que las longitudes de las líneas pueden reducirse al mínimo. En el estado de la técnica, en el caso óptimo, el transformador de corriente de alta intensidad se posiciona lo más cerca posible de la pinza de soldadura y a continuación se colocan las líneas desde el transformador de corriente de alta intensidad a la pinza de soldadura, mientras que en la solución de acuerdo con la invención, el transformador de corriente de alta intensidad está integrado en la pinza de soldadura estando fijado al mismo tiempo un brazo de pinza directamente en el transformador de corriente de alta intensidad, de modo que ya solo debe conectarse el segundo brazo de pinza con una línea o con dos líneas cortas. Por supuesto, en lugar de líneas también pueden usarse por ejemplo contactos deslizantes u otros elementos de conexión.

Según otra característica de la invención está previsto que los dos primeros contactos de una polaridad y los dos contactos adicionales de la polaridad opuesta estén dispuestos respectivamente en lados opuestos, estando dispuestos los dos contactos adicionales desplazados sustancialmente 90° respecto a los dos primeros contactos. Gracias a una disposición geométrica de este tipo de los contactos en la fuente de corriente, las líneas pueden evitarse del todo o pueden reducirse sus longitudes, pudiendo reducirse por lo tanto también claramente las pérdidas óhmicas y las pérdidas de contacto. De este modo también pueden crearse superficies de contacto de un tamaño lo más grande posible. Por ejemplo, en caso de un dimensionado de un transformador de corriente de alta intensidad o de una fuente de corriente para proporcionar una corriente continua de 20 kA, cada uno de los cuatro contactos presenta una superficie entre 15 cm x 15 cm a 25 cm x 25 cm, preferentemente 20 cm x 20 cm.

Pueden conseguirse otras reducciones de las pérdidas porque el rectificador síncrono y el circuito de mando de la fuente de corriente están integrados en el transformador de corriente de alta intensidad, así como porque el rectificador síncrono presenta varios elementos de conmutación conectados en paralelo y los elementos de conmutación del rectificador síncrono están conectados sin líneas con el al menos un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad. Gracias a esta construcción no son necesarias líneas entre el rectificador síncrono y el lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad, por lo que también se suprimen eventuales pérdidas óhmicas y otras pérdidas causadas por líneas de este tipo. Eventuales circuitos de suministro para el rectificador síncrono y el circuito de mando también están integrados preferentemente en el transformador de corriente de alta intensidad. Para el abastecimiento del transformador de corriente de alta intensidad, el módulo de potencia se posiciona preferentemente lo más cerca posible del mismo, para conseguir líneas de conexión con la menor longitud posible y, por lo tanto, pérdidas por fuga e inductancias de línea lo más bajas posible.

De forma ventajosa, los elementos de conmutación del rectificador síncrono están formados por transistores de efecto de campo, cuyos drenes están formados por las carcasas de los mismos, estando conectadas estas carcasas sin líneas con el al menos un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad. Esta disposición prevé, por lo tanto, que los arrollamientos secundarios del transformador de corriente de alta intensidad

establezcan directamente contacto con las carcasas de los transistores de efecto de campo del rectificador síncrono, por lo que no se necesitan líneas entre estas unidades.

Para conseguir la relación de transformación necesaria del transformador de corriente de alta intensidad para la generación de la corriente de alta intensidad del lado secundario, éste presenta según otra característica de la invención varios arrollamientos primarios, preferentemente al menos 10, conectados en serie y varios arrollamientos secundarios, preferentemente al menos 10, conectados en paralelo con toma central. La corriente primaria fluye por los arrollamientos primarios conectados en serie del transformador de corriente de alta intensidad, mientras que la corriente del lado secundario de una intensidad relativamente alta se divide entre la pluralidad, preferentemente al menos 10, arrollamientos secundarios conectados en paralelo. Las corrientes parciales del lado secundario se alimentan a los elementos de conmutación correspondientes del rectificador síncrono. Gracias a una división de este tipo resulta una relación de transformación correspondientemente elevada, a pesar de los números de espiras reducidos del lado primario y secundario. Gracias a esta construcción, a diferencia de los transformadores de corriente de alta intensidad convencionales, se necesitan números de espiras más reducidos en el lado primario, por lo que puede reducirse la longitud del arrollamiento primario y por lo que pueden reducirse las pérdidas óhmicas. Gracias al número de espiras reducido del arrollamiento primario y la reducción de la longitud de línea que resulta de ello, se reduce a su vez la inductancia de dispersión típica del sistema del transformador de corriente de alta intensidad, por lo que el transformador de corriente de alta intensidad puede hacerse funcionar a frecuencias de conmutación más elevadas, por ejemplo de 10 kHz. Las mayores frecuencias de conmutación conducen a su vez a una reducción del tamaño constructivo y del peso del transformador de corriente de alta intensidad y, por lo tanto, a posibilidades ventajosas de montaje. Por lo tanto, el transformador de corriente de alta intensidad puede posicionarse lo más cerca posible de los electrodos del dispositivo de soldadura por resistencia. Por consiguiente, también puede reducirse la carga del robot debido al menor peso del transformador de corriente de alta intensidad, de modo que es suficiente un robot pequeño, más barato.

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

Una construcción especialmente ventajosa del dispositivo de soldadura por resistencia puede conseguirse porque el transformador de corriente de alta intensidad presenta un soporte en I de un material electroconductor, en cuyas escotaduras está dispuesta respectivamente al menos un núcleo toroidal, estableciendo contacto respectivamente una conexión de cada arrollamiento secundario directamente con una superficie interior del soporte en I y formando las superficies exteriores del soporte en I los dos primeros contactos de la fuente de corriente. El soporte en I forma, por lo tanto, la base del transformador de corriente de alta intensidad, alrededor de la cual están dispuestos los arrollamientos secundarios de tal modo que no son necesarias líneas de conexión. Las superficies exteriores del soporte en I representan los dos primeros contactos de la fuente de corriente, que se conectan directamente, es decir, sin líneas, con un brazo de pinza del dispositivo de soldadura por resistencia. Se consigue una disposición que ocupa poco espacio porque los núcleos toroidales no están realizados de forma circular sino de forma ovalada. Preferentemente, se usan núcleos toroidales cerrados. Gracias a esta realización, se consigue la conexión en serie/en paralelo de los arrollamientos primarios y de los arrollamientos secundarios, mediante la cual puede conseguirse la relación de transformación del transformador de corriente de alta intensidad para la corriente continua de alta intensidad a proporcionar habiendo al mismo tiempo números de espiras reducidos de los arrollamientos primarios y de los arrollamientos secundarios. Una estructura de este tipo merece la pena, en particular, cuando a cada lado del soporte en I están dispuestos al menos tres arrollamientos secundarios conectados en paralelo.

De forma ventajosa, la toma central del al menos un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad está conectada sin líneas con el soporte en I. De este modo es posible prescindir de las líneas correspondientes entre los distintos componentes. Gracias a una conexión directa del arrollamiento secundario con el centro del soporte en I se consigue también un aumento sustancial de la superficie de conexión, pudiendo reducirse a su vez pérdidas de transición y pérdidas por fuga.

En la construcción arriba indicada del transformador de corriente de alta intensidad con soporte en I, el al menos un arrollamiento primario del transformador de corriente de alta intensidad está dispuesto de tal modo que se extiende por el al menos un núcleo toroidal, en particular los núcleos toroidales dispuestos simétricamente a los dos lados en las escotaduras del soporte en I. Gracias a una disposición de este tipo del arrollamiento primario puede conseguirse un acoplamiento magnético óptimo con los arrollamientos secundarios.

Como ya se ha mencionado anteriormente, los arrollamientos secundarios se conectan eléctricamente entre sí mediante el soporte en I del transformador de corriente de alta intensidad. Las otras conexiones correspondientes de cada arrollamiento secundario están conectadas mediante el rectificador síncrono y el circuito de mando de preferencia directamente con respectivamente una placa portacontactos de material electroconductor, estando dispuestas las placas portacontactos encima de las escotaduras del soporte en I y los arrollamientos secundarios allí dispuestos, formando las superficies exteriores de estas placas portacontactos los dos contactos adicionales de la fuente de corriente.

Las conexiones del al menos un arrollamiento primario del transformador de corriente de alta intensidad salen según otra característica de la invención a través de al menos una abertura a una superficie exterior del soporte en I.

Desde allí, las conexiones del arrollamiento primario del transformador de corriente de alta intensidad pueden conectarse con la fuente de corriente o el módulo de potencia correspondiente.

Una forma de realización ventajosa del dispositivo de soldadura por resistencia resulta porque está formado respectivamente un arrollamiento secundario con toma central del transformador de corriente de alta intensidad por dos chapas aisladas una de la otra de material electroconductor, con una extensión sustancialmente en S, diametralmente opuesta alrededor de la sección transversal de un núcleo toroidal y por el núcleo toroidal, formando las superficies de las chapas dispuestas en el exterior los contactos para la conexión con los elementos de conmutación del rectificador síncrono o de los electrodos, De este modo se consigue una estructura que ocupa muy poco espacio y compacta. Al mismo tiempo, están disponibles superficies de contacto muy grandes para la conexión del arrollamiento secundario con el centro o el alma central del soporte en I y los elementos de conmutación del rectificador síncrono, para garantizar el flujo de corriente de alta intensidad con las menores pérdidas posibles.

Las chapas para la formación del arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad están aisladas una de la otra por una capa aislante, por ejemplo una capa de papel. De este modo pueden disponerse dos arrollamientos secundarios en un núcleo toroidal, pudiendo reducirse por lo tanto sustancialmente el tamaño constructivo, el peso y las pérdidas. Gracias a esta disposición queda realizado en el lado secundario un rectificador de onda completa, formando el centro el soporte en I con el extremo conectado, en particular soldado, de los arrollamientos secundarios.

El soporte en I y las placas portacontactos del transformador de corriente de alta intensidad forman preferentemente una unidad en forma de cubo o paralelepípedo, estando dispuesto un aislamiento eléctrico entre el soporte en I y las placas portacontactos. Las dos superficies exteriores del soporte en I forman los primeros dos contactos y las dos superficies exteriores de las placas portacontactos los dos contactos adicionales de la fuente de corriente, desplazados un ángulo de 90° respecto a los otros. Cuando están integrados todos los demás componentes de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura, como el rectificador síncrono, el circuito de mando, los circuitos de suministro para el rectificador síncrono y el circuito de mando en esta unidad en forma de cubo o paralelepípedo, se forma una unidad autárquica, que en el lado de entrada solo debe conectarse con el módulo de potencia y en el lado de salida con los brazos de pinza o electrodos del dispositivo de soldadura por resistencia. Es posible prescindir de las líneas habituales entre los distintos circuitos de la fuente de corriente o al menos puede reducirse claramente su longitud.

Cuando en los lados frontales del soporte en I están dispuestas placas de cubierta, puede formarse una unidad estable del transformador de corriente de alta intensidad en forma de cubo o paralelepípedo.

Cuando las placas de cubierta también están hechas de un material electroconductor y pueden fijarse mediante tornillos en las placas portacontactos, puede conseguirse una conexión eléctrica de las placas portacontactos. Gracias a ello es posible prescindir de una línea eléctrica separada, que conecte las dos placas portacontactos eléctricamente entre sí, para realizar una compensación de tensión o una conexión equipotencial y evitar por lo tanto una asimetría de las dos placas portacontactos. Mediante las placas de cubierta se realiza, por lo tanto, la conexión eléctrica de las dos placas portacontactos de la disposición simétrica del transformador de corriente de alta intensidad o de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura para el dispositivo de soldadura por resistencia.

El soporte en I y/o las placas portacontactos y/o las placas de cubierta y/o las chapas para formar el arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad están hechos preferentemente de cobre o de una aleación de cobre, preferentemente con un revestimiento de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan propiedades eléctricas óptimas y muestran una buena conductividad térmica, por lo que puede evacuarse más rápidamente el calor perdido. El revestimiento de plata impide una oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o aleaciones de cobre también puede usarse aluminio o aleaciones de aluminio, que presentan una ventaja en cuanto al peso en comparación con el cobre, aunque en cambio no es tan buena la resistencia a la corrosión. En lugar de un revestimiento de plata, también es posible un revestimiento de estaño y de otros materiales o compuestos o capas de los mismos.

El soporte en I y/o las placas portacontactos también pueden estar formados al menos en parte por los brazos de pinza del dispositivo de soldadura por resistencia. De este modo puede formarse una construcción en la que la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura del dispositivo de soldadura por resistencia está integrada al menos en parte en éste.

En las superficies exteriores del soporte en I y las superficies exteriores de las placas portacontactos pueden estar dispuestos dispositivos de unión, preferentemente taladros con una rosca para el alojamiento de tornillos. Mediante estos dispositivos de unión puede realizarse tanto la conexión mecánica como eléctrica de la fuente de corriente con los componentes del dispositivo de soldadura por resistencia, en particular los brazos de pinza u otros equipos que han de ser alimentados con la corriente continua. Además, pueden fijarse mediante los dispositivos de unión de este tipo otros elementos distintos en las superficies exteriores del soporte en I o de las placas portacontactos.

En las conexiones de un arrollamiento secundario está dispuesto según otra característica de la invención respectivamente un transformador de corriente para la medición de la corriente que pasa por este arrollamiento secundario, estando conectados estos transformadores de corriente con el circuito de mando. Mediante el transformador de corriente se realiza una medición de la corriente del lado secundario, con la que se accionan los elementos de conmutación del rectificador síncrono, para minimizar las pérdidas de transición y las pérdidas por conmutación. En caso de una estructura simétrica de la fuente de corriente con un soporte en I como base del transformador de corriente de alta intensidad, a los dos lados del soporte en I están dispuestos arrollamientos secundarios y también los transformadores de corriente están dispuestos a los dos lados. Los transformadores de corriente establecen respectivamente contacto directo con el circuito de mando dispuesto al lado y están conectados mediante líneas correspondientes con el circuito de mando opuesto correspondiente. Aquí es fundamental que, gracias a la conexión en paralelo de los arrollamientos secundarios, en cada arrollamiento fluya siempre la misma corriente, por lo que el flujo de la corriente solo debe tomarse de un arrollamiento secundario, para sacar conclusiones acerca del flujo total de corriente. En una conexión en paralelo de diez arrollamientos secundarios se mide, por lo tanto, solo una décima parte de todo el flujo de corriente del lado secundario mediante los transformadores de corriente, por lo que éstos pueden dimensionarse sustancialmente más pequeños. De este modo se consigue nuevamente una reducción del tamaño constructivo del transformador de corriente de alta intensidad o de la fuente de corriente.

Es ventajoso que los transformadores de corriente estén orientados sustancialmente  $90^\circ$  respecto a la dirección de la corriente de soldadura, puesto que de este modo pueden reducirse perturbaciones por el campo magnético provocado por la corriente de soldadura y, por lo tanto, errores de medición. Por lo tanto, puede realizarse una medición muy exacta.

Para impedir perturbaciones por campos magnéticos ajenos, cada transformador de corriente está blindado preferentemente mediante una carcasa y un blindaje de material magnéticamente conductivo. Unos materiales especialmente adecuados para los blindajes de este tipo son las ferritas.

Para minimizar las pérdidas de transición y las pérdidas por conmutación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono, el circuito de mando está realizado para la activación de los elementos de conmutación del rectificador síncrono en un momento predeterminado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario. Gracias a este momento predeterminado, puede compensarse el retardo, que se produce desde la detección del pasaje por cero de la corriente del lado secundario hasta la activación de los elementos de conmutación correspondientes. Es decir, el momento de conexión y desconexión de los elementos de conmutación del rectificador síncrono no se define con el pasaje por cero de la corriente del lado secundario sino al alcanzarse un umbral de conexión y desconexión definido. El umbral de conexión y desconexión se define según los retardos de conmutación a esperar. En cualquier caso, los umbrales de conexión y desconexión pueden estar realizados de forma ajustable, para poder reducir aún más las pérdidas. En un transformador de corriente de alta intensidad de 20 kA, el momento de conmutación puede definirse por ejemplo 100 ns antes del pasaje por cero, de modo que todos los componentes, en particular los elementos de conmutación del rectificador síncrono, deben conmutarse durante este intervalo de tiempo.

Para la evacuación del calor perdido que se genera en la fuente de corriente del dispositivo de soldadura por resistencia, en el soporte en I y en las placas portacontactos están dispuestos preferentemente canales para conducir un fluido refrigerante. El agua es especialmente adecuada como fluido refrigerante, aunque también pueden transportarse medios refrigerantes gaseosos por los canales de refrigeración, evacuándose el calor perdido a través de los mismos.

Una forma de realización preferible de los canales de refrigeración consiste en que en una superficie exterior del soporte en I están dispuestas dos entradas para la alimentación del fluido refrigerante y una salida para la evacuación del fluido refrigerante, estando dispuestos los canales de refrigeración de tal modo que se extienden desde cada entrada a las placas portacontactos y a través del soporte en I hacia la salida. La sección transversal de la salida corresponde a la suma de las secciones transversales de todas las entradas. Gracias a esta extensión de los canales de refrigeración se consigue que se enfríen en primer lugar las placas portacontactos, en las que están dispuestas las placas de circuitos impresos del rectificador síncrono y del circuito de mando con los componentes más sensibles, con el fluido refrigerante correspondientemente frío. A continuación, se enfrían los componentes menos sensibles, en particular las partes del transformador de corriente de alta intensidad, es decir, el soporte en I, que está conectado con los arrollamientos secundarios.

El circuito de mando y el rectificador síncrono están dispuestos preferentemente en al menos una placa de circuitos impresos, estando dispuesta esta placa de circuitos impresos en la superficie interior de al menos una placa portacontactos. Gracias a esta disposición del circuito de mando y del rectificador síncrono en el lado interior de al menos una placa portacontactos puede conseguirse un establecimiento de contacto directo, es decir, sin líneas, de las conexiones de los arrollamientos secundarios con los elementos de conmutación del rectificador síncrono y también un establecimiento de contacto directo o sin líneas de las salidas del rectificador síncrono con la placa portacontactos. El transformador de corriente de alta intensidad o la fuente de corriente presentan preferentemente una estructura simétrica para proporcionar la corriente de soldadura, estando dispuesta a los dos lados de los arrollamientos secundarios simétricamente dispuestos respectivamente una placa de circuitos impresos con una

parte del rectificador síncrono y del circuito de mando por debajo de respectivamente una placa portacontactos.

Cada placa de circuitos impresos del rectificador síncrono y del circuito de mando presenta preferentemente aberturas, por encima de las cuales están dispuestos los elementos de conmutación y las superficies interiores de las placas portacontactos presentan en los puntos de las aberturas en la placa de circuitos impresos del rectificador síncrono protuberancias, en particular protuberancias en forma de almenas, de modo que puede establecerse un contacto sin líneas con los elementos de conmutación mediante las protuberancias que pasan por las aberturas de la placa de circuitos impresos en la superficie interior de las placas portacontactos. De este modo puede renunciarse a líneas de conexión entre los elementos de conmutación del rectificador síncrono y de las placas portacontactos, por lo que pueden reducirse, por un lado, las pérdidas óhmicas y puede mejorarse, por otro lado, la transición térmica entre los elementos de conmutación y las placas portacontactos. Finalmente, se reduce también el esfuerzo de fabricación, puesto que no hay que colocar ni conectar líneas de conexión sino que los elementos de conmutación quedan conectados, preferentemente soldados, directamente en las protuberancias. Gracias a las protuberancias también es posible un posicionamiento sencillo de la placa de circuitos impresos por lo que puede simplificarse sustancialmente la fabricación.

También es ventajosa una configuración en la que las conexiones de la fuente de los elementos de conmutación formados por transistores de efecto de campo están conectadas eléctrica y térmicamente mediante las protuberancias, en particular las protuberancias en forma de almenas, directamente con la placa portacontactos, puesto que aquí es posible prescindir nuevamente de las líneas correspondientes.

Cada placa de circuitos impresos está dispuesta preferentemente entre el soporte en I y las placas portacontactos para formar el aislamiento eléctrico necesario. De este modo no es necesario prever un aislamiento eléctrico separado entre el soporte en I y las placas portacontactos.

La invención se explicará más detalladamente con ayuda de los dibujos adjuntos.

Muestran:

- La Figura 1 un dispositivo de soldadura por resistencia del estado de la técnica con un robot y una pinza de soldadura fijada en el mismo en una representación esquemática.
- La Figura 2 un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia con una fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura.
- La Figura 3 un dispositivo de soldadura por resistencia, en particular una pinza de soldadura, con una fuente de corriente integrada para proporcionar la corriente de soldadura en una representación esquemática.
- La Figura 4 un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente para proporcionar la corriente de soldadura.
- La Figura 5 una forma de realización de la fuente de corriente para proporcionar una corriente continua.
- La Figura 6 la fuente de corriente según la Figura 5 en una representación despiezada.
- La Figura 7 la fuente de corriente según la Figura 5 con la extensión de las canales de refrigeración representada.
- La Figura 8 una vista del soporte en I del transformador de corriente de alta intensidad de la fuente de corriente.
- La Figura 9 el soporte en I según la Figura 8 en una representación en corte.
- La Figura 10 una placa portacontactos del transformador de corriente de alta intensidad de la fuente de corriente junto con la placa de circuitos impresos del rectificador síncrono y del circuito de mando.
- La Figura 11 la placa portacontactos según la Figura 10 en una representación en corte.
- La Figura 12 un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad con transformador de corriente en una representación despiezada.
- La Figura 13 la estructura de un arrollamiento secundario del transformador de corriente de alta intensidad en una representación despiezada.
- La Figura 14 un diagrama de bloques de un circuito para el abastecimiento del rectificador síncrono y del circuito de mando con energía eléctrica.
- La Figura 15 un desarrollo en el tiempo de la tensión de alimentación del circuito de abastecimiento según la Figura 14.
- La Figura 16 desarrollos en el tiempo para ilustrar el mando de los elementos de conmutación de un rectificador síncrono en función de las corrientes del lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad.

En el ejemplo de realización representado de las Figuras 1 a 16 se describe una estructura de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con los componentes esenciales. Para los mismos elementos se han usado los mismos signos de referencia en las Figuras.

En la Figura 1 se muestra una representación en perspectiva de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 para la soldadura por resistencia de al menos dos piezas de trabajo 2, 3 con un robot para la manipulación. El dispositivo de soldadura por resistencia 1 está formado por una pinza de soldadura 4 fijada en el robot con dos brazos de pinza 5,

en los que están dispuestos alojamientos 6 para el alojamiento de respectivamente un electrodo 7. Alrededor de los electrodos 7 pasa respectivamente una cinta 8, que reduce la resistencia de transición durante la soldadura por resistencia y protege los electrodos 7. Además, puede analizarse la reproducción del punto soldado realizado que se forma en la cinta 8 y usarse para la evaluación de la calidad de soldadura. La cinta 8 para la protección de los electrodos 7 se desarrolla de un dispositivo de bobinado 9, que puede estar dispuesto en 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 electrodos 6 y los electrodos 7 y nuevamente hacia atrás hacia el dispositivo de bobinado 9, donde la cinta 8 vuelve a arrollarse. Para realizar la soldadura por puntos, la corriente de soldadura, que es suministrada por un módulo de potencia 19 correspondiente, pasa por los electrodos 7. Gracias a ello, las piezas de trabajo 2, 3 son unidas entre sí mediante un punto soldado que se forma durante un proceso de soldadura por puntos. Habitualmente, el módulo de potencia 19 para proporcionar la corriente de soldadura se encuentra en el exterior del dispositivo de soldadura por resistencia 1, como está representado de forma esquemática en la Figura 1. La corriente de soldadura pasa por líneas 11 correspondientes a los electrodos 7 o a los brazos de pinza 5 realizados de forma electroconductora. Debido a la amplitud de la corriente de soldadura del orden de algunos kA se necesitan secciones correspondientemente grandes de las líneas 11, por lo que resultan pérdidas óhmicas correspondientemente elevadas.

Además, las líneas de alimentación primarias largas conducen a una mayor inductancia de las líneas 11, por lo que la frecuencia de conmutación con la que se hace funcionar un transformador de corriente de alta intensidad 12 de una fuente de corriente 10 está limitada, lo que conduce a unos transformadores de corriente de alta intensidad 12 muy grandes. En el estado de la técnica, el módulo de potencia 19 se encuentra en un armario de distribución al lado del robot de soldadura, de modo que se necesitan líneas de alimentación muy largas, por ejemplo de hasta 30 m, hasta el transformador de corriente de alta intensidad 12 para la pinza de soldadura 4 en el robot.

En la solución de acuerdo con la invención se consigue una reducción considerable del peso y del tamaño, de modo que es posible un posicionamiento del módulo de potencia 19 directamente en el robot, en particular en la zona del alojamiento de la pinza. Además, el módulo de potencia 19 está realizado preferentemente con una refrigeración por agua.

La Figura 2 muestra un diagrama de bloques esquemático de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con una fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente de soldadura. Aunque en el ejemplo de realización representado, la fuente de corriente 10 sirve para proporcionar la corriente de soldadura para el dispositivo de soldadura por resistencia 1, la fuente de corriente 10, en particular toda la estructura del suministro de corriente, también puede usarse para proporcionar una corriente continua para otras aplicaciones. La fuente de corriente 10 comprende un transformador de corriente de alta intensidad 12 con al menos un arrollamiento primario 13, al menos un arrollamiento secundario 14 con toma central y un núcleo toroidal 15. La corriente transformada con ayuda del transformador de corriente de alta intensidad 12 se rectifica en un rectificador síncrono 16 y se alimenta a los brazos de pinza 5 o electrodos 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Para el control del rectificador síncrono 16 está previsto un circuito de mando 17. El circuito de mando 17 envía impulsos de control correspondientes a los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 basándose en las corrientes del lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad 12, medidas por ejemplo mediante transformadores de corriente 18.

Como es generalmente conocido, debido a las corrientes de soldadura de alta intensidad se producen pérdidas óhmicas y/o inductivas considerables por la suma de la longitud de las líneas necesarias, así como pérdidas de transición y pérdidas por conmutación en los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Además, también se producen pérdidas en el rectificador, en la alimentación para el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17. El rendimiento resultante de los dispositivos de soldadura por resistencia 1 de este tipo es correspondientemente bajo.

Para la generación de la corriente del lado primario del transformador de corriente de alta intensidad 12 está previsto un módulo de potencia 19, que está dispuesto entre una red de distribución y la fuente de corriente 10. El módulo de potencia 19 proporciona la corriente del lado primario para el transformador de corriente de alta intensidad 12 o la fuente de corriente 10 con la amplitud deseada y la frecuencia deseada.

La Figura 3 muestra en una representación esquemática un dispositivo de soldadura por resistencia 1 con fuente de corriente 10 integrada. Aquí, la fuente de corriente 10 está dispuesta directamente, en particular como elemento portador, en la pinza de soldadura 4 o los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1, de modo que es posible prescindir al menos de una parte de las líneas 11 para conducir la corriente de soldadura a los electrodos 7, por lo que se acortan sustancialmente las longitudes de las líneas, puesto que ya solo es necesaria la conexión con un brazo de pinza 5. Para formar un contacto de puntos múltiples, la fuente de corriente 10 presenta al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, estando conectados dos primeros contactos 20, 21 de una polaridad con un brazo de pinza 5 y dos contactos adicionales 22, 23 de una polaridad opuesta con el otro brazo de pinza 5. De forma ventajosa, los dos primeros contactos 20, 21 con una polaridad y los dos contactos adicionales 22, 23 con la otra polaridad están dispuestos respectivamente en lados opuestos, estando dispuestos los dos contactos adicionales 22, 23 desplazados sustancialmente 90° respecto a los dos primeros contactos 20, 21. Gracias al contacto de puntos múltiples pueden evitarse las líneas que habitualmente son necesarias para la conexión del lado secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 con los brazos de pinza 5 o los electrodos 6 del dispositivo de soldadura por resistencia 1 o puede reducirse su longitud, pudiendo reducirse de este modo claramente las pérdidas

5 óhmicas como también las pérdidas de los contactos. Por lo tanto, pueden usarse líneas lo más cortas posible con secciones lo más grandes posible, manteniéndose al mismo tiempo la flexibilidad de la pinza de soldadura 4. Otra ventaja está en que gracias a un establecimiento de contacto de este tipo se reducen las pérdidas, en particular las pérdidas de transición de los contactos. Gracias a los al menos cuatro contactos 20, 21, 22, 23, la corriente de soldadura a transmitir puede dividirse por la mitad, por lo que también se provoca una reducción de las pérdidas de transición, puesto que por el aumento sustancial de las superficies de contacto activas se reducen las resistencias de transición. Por ejemplo, cada uno de los cuatro contactos 20, 21, 22, 23 presenta en el dimensionado de un transformador de corriente de alta intensidad 12 o de una fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua de 20 kA una superficie entre 15 cm x 15 cm a 25 cm x 25 cm, preferentemente 20 cm x 20 cm.

10 En el ejemplo de realización representado, la fuente de corriente 10 está realizada sustancialmente en forma de cubo, formando la superficie lateral del cubo los contactos 20, 21, 22, 23. Los dos primeros contactos 20, 21 se conectan mediante los brazos de pinza 5 con un electrodo y los dos contactos adicionales 22, 23 con el otro electrodo 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Como puede verse en la representación despiezada parcial, al menos un brazo de pinza 5, en particular el brazo de pinza 5 inferior, se conecta mediante un elemento portador 23a del brazo de pinza 5 inferior, mientras que el otro brazo de pinza 5, en particular el superior, está conectado mediante una abrazadera de unión 23b flexible con los otros contactos 22, 23. Al menos un brazo de pinza 5 está conectado, por lo tanto, directamente con el transformador de corriente de alta intensidad 12 y el otro brazo de pinza 5 mediante una línea muy corta, por ejemplo más corta de 50 cm con éste. Puesto que se suprimen 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 o las mismas están realizadas de forma especialmente corta, pueden reducirse claramente las pérdidas óhmicas e inductivas.

15 Resultan ventajas especiales cuando se conectan al menos dos contactos 20, 21 directamente o sin líneas y, por lo tanto, sin resistencias de transición de los contactos con un brazo de pinza 5. Esto puede conseguirse porque en la fuente de corriente 10 están integrados estos dos contactos 20, 21, por así decirlo, que se conectan directamente con las partes correspondientes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, en particular los brazos de pinza 5, es decir, sin la colocación de líneas. Gracias a la conexión directa de un brazo de pinza 5 con los contactos 20, 21 del transformador de corriente de alta intensidad 12 se consigue, por lo tanto, una conexión sin líneas, mientras que el segundo brazo de pinza 5 debe conectarse con líneas muy cortas con los contactos 22, 23. De este modo puede conseguirse una reducción muy grande de las pérdidas por fuga, puesto que las longitudes de las líneas se reducen al mínimo. En el estado de la técnica, en el caso óptimo, el transformador de corriente de alta intensidad se posiciona lo más cerca posible de la pinza de soldadura 4, de modo que a continuación deben colocarse las líneas del transformador de corriente de alta intensidad 12 a la pinza de soldadura 4, mientras que en la solución de acuerdo con la invención, el transformador de corriente de alta intensidad 12 está integrado en la pinza de soldadura estando fijado al mismo tiempo un brazo de pinza 5 directamente en el transformador de corriente de alta intensidad 12, de modo que ya solo debe conectarse el segundo brazo de pinza 5 con una o dos líneas cortas. Por supuesto, en lugar de las líneas también pueden usarse por ejemplo contactos deslizantes u otros elementos de conexión. También pueden reducirse claramente las pérdidas en el interior de la fuente de corriente 10 gracias a la forma de construcción compacta y la conexión directa, es decir, sin líneas de los componentes de la fuente de corriente 10.

20 De forma ventajosa, todos los componentes de la fuente de corriente 10, es decir, también el rectificador síncrono 16, el circuito de mando 17, el transformador de corriente 18 y todos los circuitos de suministro para el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17 están contenidos en la unidad en forma de cubo o paralelepípedo. Es decir, que gracias a la integración de los componentes/circuitos electrónicos se crea una unidad constructiva en forma de un cubo, en el que el usuario ya solo debe proporcionar en el lado primario energía en forma de una tensión alterna o una corriente alterna correspondiente, para obtener en el lado secundario una corriente continua correspondientemente dimensionada o una tensión continua correspondientemente dimensionada de alta potencia. El control y la regulación se realizan de forma autárquica en el cubo o la fuente de corriente 10. De este modo, el cubo o la fuente de corriente 10 puede aplicarse de forma versátil para la alimentación de componentes con corriente continua de alta intensidad. En particular, la fuente de corriente 10 sirve para el abastecimiento con tensión baja y corriente de alta intensidad, como es habitual en procesos de soldadura por resistencia.

25 Al usarse en un proceso de soldadura por resistencia, también es posible que partes de la fuente de corriente 10 realizada en forma de cubo estén formadas por componentes del dispositivo de soldadura por resistencia 1, por ejemplo partes de los brazos de pinza 5 o similares, como está representado. El cubo o la fuente de corriente 10 asumen aquí una función de soporte, estando fijado un brazo de pinza 5 directamente en el cubo. El establecimiento de contacto con el otro brazo de pinza 5 se realiza mediante líneas de conexión (no representadas). Gracias a esta estructura pueden evitarse líneas de alimentación largas, de modo que se consigue una reducción esencial de las pérdidas. Para que el cubo pueda integrarse a pesar de ello en una pinza de soldadura 4 de este tipo, es necesario mantener su tamaño constructivo lo más pequeño posible. El cubo o la fuente de corriente 10 presenta por ejemplo en caso de un dimensionado de la corriente continua a proporcionar de hasta 20 kA una longitud de lado entre 10 cm y 20 cm, en particular de 15 cm. Gracias a esta configuración compacta de la fuente de corriente 10 en forma de cubo es fácilmente posible integrarla por ejemplo en el cuerpo base de la pinza de soldadura 4.

30 La Figura 4 muestra un diagrama de bloques esquemático de la fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, en particular una corriente de soldadura. En esta variante de realización preferible de la fuente de

corriente 10, diez arrollamientos primarios 13 del transformador de corriente de alta intensidad están conectados en serie y diez arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 están conectados en paralelo con toma central. Gracias a una realización del transformador de corriente de alta intensidad 12 de este tipo, puede conseguirse la relación de transformación correspondientemente elevada para conseguir una corriente del lado secundario de una intensidad correspondientemente alta, también en caso de números de espiras reducidos de los arrollamientos primarios 13 y números de espiras reducidos de los arrollamientos secundarios 14. Con diez arrollamientos primarios 13 y también diez arrollamientos secundarios 14 puede conseguirse, por ejemplo, una relación de transformación de 100. La corriente primaria fluye por los arrollamientos primarios 13 conectados en serie del transformador de corriente de alta intensidad 12, mientras que la corriente del lado secundario de una intensidad relativamente alta se divide entre los diez arrollamientos secundarios 14 conectados en paralelo. Las corrientes parciales del lado secundario se alimentan a los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16. Gracias a una división de este tipo, resulta una relación de transformación correspondientemente elevada (aquí 100) a pesar de los números de espiras reducidos del lado primario y del lado secundario. Gracias a esta construcción, a diferencia de los transformadores de corriente de alta intensidad convencionales, se necesitan números de espiras más reducidos en el lado primario, por lo que puede reducirse la longitud del arrollamiento primario 13, pudiendo reducirse, por lo tanto, las pérdidas óhmicas. Gracias al número de espiras reducido del arrollamiento primario 13 y una reducción de la longitud de la línea que resulta de ello, se reduce a su vez la inductancia de dispersión típica del sistema del transformador de corriente de alta intensidad 12, por lo que el transformador de corriente de alta intensidad 12 puede hacerse funcionar con frecuencias de conmutación más elevadas, por ejemplo de 10 kHz. Las frecuencias de conmutación más elevadas en comparación con los transformadores de corriente de alta intensidad convencionales conllevan a su vez una reducción del tamaño constructivo y del peso del transformador de corriente de alta intensidad 12 y, por lo tanto, posibilidades ventajosas de montaje. De este modo, el transformador de corriente de alta intensidad 12 puede posicionarse por ejemplo muy cerca de los electrodos 7 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1. Por lo tanto, también puede reducirse la carga del robot de soldadura debido al peso reducido del transformador de corriente de alta intensidad 12, de modo que puede ser suficiente un robot de soldadura pequeño, más barato.

Los transformadores convencionales, en los que no se realiza una conexión en serie/en paralelo del arrollamiento primario y arrollamiento secundario, se necesitaría un número correspondientemente más elevado de espiras primarias, lo que conllevaría longitudes de alambre sustancialmente más largas del lado primario. Debido a la mayor longitud de alambre, aumentan por un lado las pérdidas óhmicas y resulta por otro lado una mayor inductancia de dispersión, por lo que las frecuencias con las que puede hacerse funcionar un transformador del estado de la técnica están limitadas con algunos kHz.

A diferencia de ello, en la construcción aquí descrita del transformador de corriente de alta intensidad 12 son bajas las pérdidas óhmicas y la inductancia de dispersión debido al sistema de los arrollamientos primarios 13 y de los arrollamientos secundarios 14, por lo que pueden usarse frecuencias del orden de 10 kHz y más. Gracias a ello puede conseguirse a su vez un tamaño constructivo sustancialmente más pequeño del transformador de corriente de alta intensidad 12. El tamaño constructivo más pequeño del transformador de corriente de alta intensidad 12 o de la fuente de corriente 10 permite, a su vez, disponer el mismo o la misma más cerca de lugar en el que se necesita la corriente generada, por ejemplo en los brazos de pinza 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Gracias a la conexión en paralelo de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 se divide la corriente resultante, de alta intensidad del lado secundario en varias corrientes parciales. Estas corrientes parciales se conducen a elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, como está representado de forma esquemática. Para la activación de los elementos de conmutación 24 está previsto un circuito de mando 17, que está dibujado en la zona del arrollamiento primario 13 y del arrollamiento secundario 14, estando dispuestos tanto el rectificador síncrono 16 como el circuito de mando 17 con los sensores correspondientes en el interior del cubo, es decir, en el interior del transformador de corriente de alta intensidad 12. El rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17 están realizados y dimensionados aquí de tal modo que realizan de forma autónoma, es decir, sin influencias desde el exterior, la regulación y el control de la fuente de corriente 10. Por lo tanto, el cubo no presenta líneas piloto para encajar desde el exterior, sino solo conexiones o contactos para la alimentación del lado primario y conexiones o contactos para el suministro de la energía generada del lado secundario, en particular de la corriente continua secundaria de alta intensidad.

No obstante, es posible que una conexión correspondiente del circuito de mando 17 tenga una salida, para poder transmitir valores teóricos al circuito de mando 17. Mediante adaptaciones externas, la fuente de corriente 10 puede adaptarse de forma óptima al campo de aplicación. Como es conocido por el estado de la técnica, pueden usarse, no obstante, sistemas para modificar o transmitir datos, que trabajan de forma inalámbrica, preferentemente de forma inductiva, magnética o por bluetooth, de modo que no debe haber una salida en forma de una conexión de control.

El control y/o la regulación de la fuente de corriente 10 se realizan mediante los sensores integrados. Mediante la medición de las corrientes del lado secundario de un arrollamiento secundario 14 con ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de mando 17 recibe la información en qué momentos deben conmutarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Puesto que los transformadores de corriente 18 miden solo una fracción, aquí una décima parte, de la corriente del lado secundario del transformador de corriente de alta

intensidad 12, los mismos pueden estar realizados más pequeños, lo que tiene a su vez un efecto positivo en el tamaño constructivo de la fuente de corriente 10.

Para la reducción de las pérdidas de transición y las pérdidas por conmutación, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmutan a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12. Puesto que se producen cierto retardos desde la detección del pasaje por cero de la corriente del lado secundario por los transformadores de corriente 18 hasta la activación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, el circuito de mando 17 está realizado de acuerdo con la invención para conmutar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento predeterminado antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario 14. El circuito de mando 17 provoca, por lo tanto, la conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento en el que las corrientes medidas por los transformadores de corriente 18 en el arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 están por debajo o por encima de un umbral de conexión y desconexión determinado. Gracias a esta medida, puede conseguirse que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes por el arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12, por lo que pueden minimizarse las pérdidas de transición y las pérdidas por conmutación (véase también la Figura 16).

Para un arrollamiento primario 13 y un arrollamiento secundario, en la Figura 4 también está dibujado el circuito de suministro 47 para el abastecimiento del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17 con energía eléctrica. También este circuito de suministro 48 está integrado preferentemente en la fuente de corriente 10, es decir, en el cubo. Puesto que debe estar garantizado el abastecimiento del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17 de la fuente de corriente 10 con suficiente energía eléctrica en el momento deseado del suministro de la corriente continua, por ejemplo de la corriente de soldadura, es necesaria una activación suficientemente rápida del circuito de suministro 48 (véase la Figura 15) o éste está concebido de tal modo que en el momento de la activación de la fuente de corriente 10 se proporciona lo más rápidamente posible una tensión de alimentación suficientemente elevada, suministrándose a continuación la potencia necesaria o la corriente necesaria.

La Figura 5 muestra la forma de realización de la fuente de corriente 10 según la Figura 3 en una vista a escala ampliada. La fuente de corriente 10 para proporcionar una corriente continua, por ejemplo una corriente de soldadura, presenta sustancialmente la forma de un cubo o un paralelepípedo, representando las superficies laterales del cubo o paralelepípedo los contactos 20, 21, 22, 23, mediante los cuales la corriente continua generada puede transmitirse al consumidor correspondiente, por ejemplo los brazos de pinza 5 o los electrodos 7 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1. Todos los componentes de la fuente de corriente 10, es decir, el rectificador síncrono 16, el circuito de mando 17, los transformadores de corriente 18, el circuito de suministro 48, etc. están contenidos o integrados en este elemento en forma de cubo o paralelepípedo de la fuente de corriente 10. Gracias a esta forma constructiva compacta pueden mantenerse especialmente reducidas las pérdidas de la fuente de corriente 10 pudiendo aumentarse, por lo tanto, claramente su rendimiento, puesto que un acortamiento óptimo de las líneas y, por lo tanto, de los tiempos de conmutación se consigue con la integración de los componentes electrónicos, en particular las placas de circuitos impresos con el rectificador síncrono 16, el circuito de mando 17 y el circuito de suministro 48 en el cubo. Gracias a la integración del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17, así como de los circuitos de suministro 48 de la fuente de corriente 10 en el transformador de corriente de alta intensidad 12, así como gracias a la conexión en paralelo de varios elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y la conexión sin líneas de los elementos de conmutación 24 con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 no se necesitan líneas entre el rectificador síncrono 16 y el lado secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12, por lo que también se suprimen eventuales pérdidas óhmicas y otras pérdidas por fuga de este tipo. El módulo de potencia 19 para el abastecimiento del transformador de corriente de alta intensidad 12 se posiciona lo más cerca posible del mismo para conseguir líneas de conexión lo más cortas posible y, por lo tanto, pérdidas por fuga e inductancias de línea reducidas. Gracias a la integración de todos los componentes se forma una unidad autárquica, que en el lado de entrada solo debe conectarse con el módulo de potencia 19 y en el lado de salida, en el caso de un dispositivo de soldadura por resistencia 1, con los brazos de pinza 5 o los electrodos 7. Es posible prescindir de las líneas habituales entre los distintos circuitos de la fuente de corriente 10 o al menos puede reducirse claramente su longitud.

La base del transformador de corriente de alta intensidad 12 de la fuente de corriente 10 forma un elemento transformador en forma de un soporte en I 25 de material electroconductor, en particular cobre o una aleación de cobre, eventualmente con un revestimiento de plata. En las escotaduras 25a del soporte en I 25, a los dos lados, se disponen los núcleos toroidales 25 con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12. En cuanto al espacio, es ventajoso que los núcleos toroidales 15 no presenten una sección transversal circular, sino ovalada o plana. En el ejemplo de realización representado, en cada escotadura 25a del soporte en I 25 están dispuestos respectivamente cinco núcleos toroidales 15 con los arrollamientos secundarios 14 correspondientes en paralelo. El arrollamiento primario 13 o los arrollamientos primarios 13 conectados en serie (línea de trazo interrumpido) se extienden por los núcleos toroidales 15 dispuestos en las escotaduras 25a del soporte en I 25 y alrededor del alma central del soporte en I 25. Gracias a esta extensión del arrollamiento primario 13 por los núcleos toroidales 15 dispuestos en particular de forma simétrica en las dos escotaduras 25a del soporte en I 25, puede conseguirse un acoplamiento magnético óptimo a los arrollamientos secundarios 14. Las conexiones

26 del arrollamiento primario 13 salen a través de al menos una abertura 27 en una superficie exterior 28 del soporte en I 25. A través de estas conexiones 26, el arrollamiento primario 13 del transformador de corriente de alta intensidad 12 puede conectarse con el módulo de potencia 19 correspondiente. Las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 forman los dos primeros contactos 20, 21 de la fuente de corriente 10, que se conectan por ejemplo con un electrodo 7 del dispositivo de soldadura por resistencia 1.

Por encima de las escotaduras 25a del soporte en I 25 se encuentran placas portacontactos 29, cuyas superficies exteriores forman los dos contactos adicionales 22, 23 de la fuente de corriente y que están aisladas respecto al soporte en I 25. Las placas portacontactos 29 también están hechas de un material electroconductor, por ejemplo cobre o una aleación de cobre, eventualmente con un revestimiento, por ejemplo de plata. El cobre o las aleaciones de cobre presentan propiedades eléctricas óptimas y muestran una buena conductividad térmica, por lo que puede evacuarse más rápidamente el calor perdido que se produce. El revestimiento de plata impide una oxidación del cobre o de la aleación de cobre. En lugar de cobre o aleaciones de cobre también pueden usarse aluminio o aleaciones de aluminio, que presentan una ventaja en cuanto al peso en comparación con el cobre, aunque en cambio no es tan buena la resistencia a la corrosión. En lugar de un revestimiento de plata, también es posible un revestimiento de estaño y de otros materiales o de compuestos o capas de los mismos. Entre las placas portacontactos 29 y las conexiones correspondientes de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 están dispuestas las placas de circuitos impresos 35 del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17. Estas placas de circuitos impresos 35 están montadas o soldadas directamente en las placas portacontactos 29 y se fijan a continuación de forma aislada en el soporte en I 25. Gracias a esta forma de construcción, las conexiones del lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad 12 pueden conectarse directamente o puede establecerse directamente contacto con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, sin que haya que colocar líneas. Las salidas del rectificador síncrono 16 están conectadas preferentemente también directamente con las placas portacontactos 29, por lo que no se necesitan líneas. Las placas portacontactos 29 se conectan con el soporte en I 25, preferentemente mediante tornillos (no representados). En las superficies exteriores 28 del soporte en I 25 así como en las superficies exteriores de las placas portacontactos 29 pueden estar dispuestos dispositivos de conexión 30, por ejemplo taladros con roscas correspondientes para el alojamiento de tornillos. Mediante estos dispositivos de conexión 30 pueden fijarse por ejemplo las líneas a los brazos de pinza 5 de un dispositivo de soldadura por resistencia 1 o de otros equipos que han de ser abastecidos con corriente continua o puede fijarse un brazo de pinza 5 directamente en el soporte en I 25 o en las placas portacontactos 29.

En el lado superior y en el lado interior de la fuente de corriente 10 en forma de cubo o paralelepípedo pueden estar dispuestas placas de cubierta 31 y pueden estar conectadas con el soporte en I 25 y las placas portacontactos 29, por ejemplo mediante tornillos (véase la Figura 6). Las placas de cubierta 31 también están hechas preferentemente de un material electroconductor y están fijadas mediante tornillos en las placas portacontactos 29, por lo que resulta una unidad estable del transformador de corriente de alta intensidad 12, además de establecerse mediante las placas de cubierta 31 también una conexión eléctrica entre las placas portacontactos 29. De este modo se consigue que mediante la placa de cubierta 31 pueda tener lugar una compensación de carga, por lo que no pueden producirse cargas asimétricas del transformador de corriente de alta intensidad 12. De este modo es posible prescindir de una línea eléctrica independiente, que conectaría las dos placas portacontactos 29 eléctricamente entre sí, para realizar una compensación de tensión o una conexión equipotencial y evitar asimetrías. Mediante las placas de cubierta 31 se realiza, por lo tanto, la conexión eléctrica de las dos placas portacontactos 29 de la disposición simétrica del transformador de corriente de alta intensidad 12 o de la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente de soldadura. En este caso, debe estar garantizado naturalmente un aislamiento correspondiente respecto al soporte en I 25. Las placas portacontactos 31 al igual que el soporte en I 25 y las placas portacontactos 29 están hechas preferentemente de cobre o de una aleación de cobre, preferentemente con un revestimiento de plata. En una superficie exterior 28 del soporte en I 25, en particular el primer contacto 20, están dispuestas dos entradas 32 para la alimentación de un fluido refrigerante y una salida 33 para la evacuación del fluido refrigerante, para permitir una refrigeración de los componentes de la fuente de corriente 10. La sección transversal de la salida 33 para la evacuación del fluido refrigerante presenta la suma de las secciones transversales de todas las entradas 32 para la alimentación del fluido refrigerante. Para una distribución óptima del fluido refrigerante, los canales de refrigeración están dispuestos correspondientemente (véanse las Figuras 9 y 11). Como fluido refrigerante puede usarse agua u otro líquido, pero también un refrigerante gaseoso.

Como puede verse en la representación despiezada de la fuente de corriente 10 según la Figura 6, los transformadores de corriente 18 para la medición de las corrientes del lado secundario del transformador de corriente de alta intensidad 12 están colocados directamente en los arrollamientos secundarios 14 dispuestos arriba del todo, es decir, respectivamente en el primer arrollamiento secundario o en el arrollamiento secundario 14 dispuesto más arriba, a los dos lados del soporte en I 25, está dispuesto un transformador de corriente 18 de tal modo que puede determinarse la corriente que pasa por este arrollamiento secundario 14 por la corriente inducida. Para evitar que influyan campos magnéticos ajenos en las corrientes medidas por los transformadores de corriente 18, está dispuesta preferentemente una carcasa 34 de un material magnéticamente conductivo, por ejemplo de ferritas, para el blindaje encima de los transformadores de corriente 18.

Los transformadores de corriente 18 están dispuestos a los dos lados del soporte en I 25, respectivamente en el primero y segundo arrollamiento secundario 14. Debido al flujo de corriente por los arrollamientos primarios 13, la

corriente sale en un lado del soporte en I 25, por lo que el arrollamiento secundario 14 dispuesto más arriba forma, por lo tanto, el primer arrollamiento secundario 14, mientras que en el lado opuesto entra ahora la corriente en el arrollamiento secundario 14 dispuesto más arriba realizando por lo tanto el segundo arrollamiento secundario. Gracias al uso de un puente integral, es necesario que el flujo de corriente sea detectado siempre por el primero y el segundo arrollamiento secundario 14, uno independientemente del otro, de modo que pueden mandarse los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16 en función de la corriente. Gracias a ello es posible que los elementos de conmutación 24 de los dos lados del soporte en I 25 se manden casi de forma sincrónica con una señal de mando provocada por un transformador de corriente 18.

Entre las placas portacontactos 29 y el soporte en I 25 están dispuestas las placas de circuitos impresos 35 del rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17. Las placas de circuitos impresos 35 forman al mismo tiempo el aislamiento necesario entre el soporte en I y las placas portacontactos 29. Los elementos de conmutación 24 correspondientes del rectificador síncrono 16 establecen directamente contacto con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12. Mediante unas protuberancias 36 correspondientes, en particular protuberancias en forma de almenas, en la superficie interior de la placa portacontactos 29 y aberturas 37 correspondientes en la placa de circuitos impresos 35 por debajo de los elementos de conmutación 24 puede realizarse un establecimiento de contacto directo entre los elementos de conmutación 24 y las placas portacontactos 29. Los elementos de conmutación 24 están formados preferentemente por unos transistores de efecto de campo adecuados, cuyos drenes están formados por las carcasas de los mismos. Las carcasas de los transistores de efecto de campo se conectan directamente o sin líneas con el al menos un arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12, de modo que no se necesitan líneas entre estas unidades. Se usan por ejemplo transistores de efecto de campo de silicio o nitruro de galio. Los transformadores de corriente 18 se conectan directamente con la placa de circuitos impresos 35 dispuesta al lado del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17 y mediante una línea 38 adecuada con la placa de circuitos impresos 35 opuesta del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17.

El ensamblaje de la fuente de corriente 10 según las Figuras 5 y 6 se realiza preferentemente con un procedimiento de soldadura indirecta, usándose dos temperaturas diferentes para la soldadura indirecta. En primer lugar, se unen los arrollamientos secundarios 14 con las escotaduras 25a del soporte en I 25 usándose un material para soldar, en particular un estaño para soldar, que se funde a una primera temperatura más elevada  $T_{S1}$ , de por ejemplo 260°C. También las placas portacontactos 29 establecen contacto con las placas de circuitos impresos 35 usándose un material para soldar, que funde a la primera temperatura de fusión más elevada  $T_{S1}$ , de por ejemplo 260°. A continuación, los componentes del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17 se montan en la placa de circuitos impresos 35, usándose nuevamente un material para soldar que se funde a la primera temperatura de fusión  $T_{S1}$ , de por ejemplo 260°C. Gracias al efecto capilar de la placa de circuitos impresos 35 en la placa portacontactos 29 no hay ningún peligro de soltarse la placa de circuitos impresos 35 de la placa portacontactos 29. Después de estas etapas de trabajo, se criba material para soldar con una segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$ , de por ejemplo 180°C, inferior a la primera temperatura de fusión  $T_{S1}$ , encima de los contactos del lado exterior de los arrollamientos secundarios 14 y los contactos en las placas de circuitos impresos 35, se unen las placas portacontactos 29 a las placas de circuitos impresos 35 y al soporte en I 25, preferentemente mediante tornillos, y a continuación se calienta a una temperatura superior a la segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$  del material para soldar, por ejemplo 180°C, de modo que se establece la unión entre los arrollamientos secundarios 14 y los elementos de conmutación 24 de los rectificadores síncronos 16. Gracias al uso de un material para soldar con esta segunda temperatura de fusión  $T_{S2}$  más baja puede garantizarse que las uniones soldadas establecidas con el material para soldar con temperatura de fusión  $T_{S1}$  más elevada no se fundan o se conviertan en uniones soldadas de alta resistencia por procesos de cristalización. Finalmente, el arrollamiento primario 13 se enhebra a través de los núcleos toroidales 15 y a continuación se montan los transformadores de corriente 18 y se establece contacto con ellos y se coloca la línea 38. Mediante la fijación de las placas de cubierta 31, se acaba la fuente de corriente 10. Para reducir las fuerzas de tracción y flexión sobre los componentes de la fuente de corriente 10 pueden sellarse todos los espacios huecos antes del montaje de las placas de cubierta 31. Mediante aberturas previstas para ello (no representadas), por ejemplo en las placas de cubierta 31, un sellado también puede realizarse después del montaje de las placas de cubierta 31.

La Figura 7 muestra la fuente de corriente 10 según las Figuras 5 y 6 con la extensión esbozada de los canales de refrigeración 39 (dibujados con una línea de trazo interrumpido). Por consiguiente, los canales de refrigeración 39 se extienden desde las dos entradas 32 dispuestas de forma simétrica en primer lugar a las placas portacontactos 29, donde se enfrían las fuentes de calor más fuertes (los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y los componentes del circuito de mando 17) y los componentes más sensibles con el fluido refrigerante frío. A continuación, los canales de refrigeración 39 se extienden a los elementos exteriores del soporte en I 25 y al alma central del soporte en I 25, donde se enfrían los arrollamientos del transformador de corriente de alta intensidad 12, reuniéndose los dos canales de refrigeración 39 que entran lateralmente en el alma central formando un solo canal de refrigeración 39. A continuación, los canales de refrigeración 39 desembocan en la salida 33 común para el fluido refrigerante. Los canales de refrigeración en las placas portacontactos 29 y en el soporte en I 25 se realizan preferentemente mediante taladros 40 correspondientes, que se cierran en los puntos correspondientes mediante elementos terminales 41. Entre el soporte en I 25 y las placas portacontactos 29 se disponen elementos de estanqueidad 42 correspondientes para estanqueizar los canales de refrigeración 39, por ejemplo anillos tóricos

(véase la Figura 8).

En la Figura 8, el soporte en I 25 del transformador de corriente de alta intensidad 12 está representado aislado de los otros componentes del transformador de corriente de alta intensidad 12 o de la fuente de corriente 10. En los puntos de desembocadura de los canales de refrigeración 29 están dispuestos los elementos de estanqueidad 42 arriba indicados, por ejemplo en forma de anillos tóricos. Las escotaduras 25a en el soporte en I 25 están realizadas exactamente para el alojamiento del núcleo toroidal 15, por lo que se consigue una estructura muy compacta. Al mismo tiempo, el alma central del soporte en I 25 forma la superficie de contacto para la toma central de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12. Las tomas centrales de los arrollamientos secundarios 14 se conectan sin líneas con el alma central del soporte en I 25, por lo que es posible prescindir nuevamente de las líneas correspondientes. Gracias a la conexión directa de los arrollamientos secundarios 14 con el soporte en I 25 se consigue también un aumento esencial de la superficie de conexión y pueden evitarse nuevamente pérdidas de transición y pérdidas por fuga.

El soporte en I 25 forma la base del transformador de corriente de alta intensidad 12, alrededor de la cual los arrollamientos secundarios 14 están dispuestos de tal modo que no se necesitan líneas 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 líneas con los brazos de pinza 5 del dispositivo de soldadura por resistencia 1. Una disposición que ocupa poco espacio se consigue porque los núcleos toroidales no están realizados de forma circular, sino de forma ovalada o plana. Se usan preferentemente núcleos toroidales 15 cerrados. Gracias a esta realización, puede realizarse la conexión en serie/en paralelo de los arrollamientos primarios 13 y los arrollamientos secundarios 14, gracias a la que se consigue la relación de transformación necesaria del transformador de corriente de alta intensidad 12 para la corriente continua de alta intensidad a proporcionar con el número de espiras reducido de los arrollamientos primarios 13 y de los arrollamientos secundarios 14. Una estructura de este tipo merece la pena, en particular, cuando a cada lado del soporte en I 25 están dispuestos al menos tres arrollamientos secundarios 14 conectados en paralelo.

La Figura 9 muestra la vista en corte del soporte en I 25 de la Figura 8 a lo largo de la línea de corte IX-IX. A partir de ello puede verse claramente la extensión de los canales de refrigeración 39 hacia la salida 33 común para el fluido refrigerante.

La Figura 10 muestra una placa portacontactos 29 del transformador de corriente de alta intensidad 12 o de la fuente de corriente 10, así como la placa de circuitos impresos 35 dispuesta por encima para el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17 en una vista a escala ampliada. Como ya se ha mencionado anteriormente, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un lado establecen directamente contacto con los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 y se conectan en el otro lado directamente con la placa portacontactos 29. Para este fin, en la superficie interior de la placa portacontactos 29 están dispuestas protuberancias 36, en particular protuberancias en forma de almenas, que se asoman a aberturas 37 correspondientes en la placa de circuitos impresos 35 y que establecen allí contacto directo o sin líneas con las conexiones de fuente de los elementos de conmutación 24 dispuestos por encima de las aberturas 37. Gracias a las protuberancias 36 puede prescindirse de líneas de conexión entre los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y las placas portacontactos 29, por lo que pueden reducirse, por un lado, las pérdidas óhmicas y mejorarse, por otro lado, la transición térmica entre los elementos de conmutación 24 y las placas portacontactos 29. Finalmente se reduce también el esfuerzo de fabricación, puesto que no deben colocarse ni conectarse líneas de conexión, conectándose, preferentemente soldándose, los elementos de conmutación 24 directamente en las protuberancias 36. De este modo también es posible un posicionamiento sencillo de la placa de circuitos impresos 35 pudiendo simplificarse, por lo tanto, sustancialmente la fabricación.

Gracias a la disposición del circuito de mando 17 y del rectificador síncrono 16 en la placa de circuitos impresos 35, que está dispuesta en el lado interior de la placa portacontactos 29, puede conseguirse un establecimiento de contacto directo o sin líneas de las conexiones de los arrollamientos secundarios 14 con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y también un establecimiento de contacto directo o sin líneas de las salidas del rectificador síncrono 16 con la placa portacontactos 29. El transformador de corriente de alta intensidad 12 o la fuente de corriente 10 para proporcionar la corriente continua presentan preferentemente una estructura simétrica, estando dispuesta a los dos lados de los arrollamientos secundarios 14 dispuestos de forma simétrica respectivamente una placa de circuitos impresos 35 con una parte del rectificador síncrono 16 y del circuito de mando 17 por debajo de respectivamente una placa portacontactos 29.

En el rectificador síncrono 16 según la Figura 10 están dispuestos respectivamente diez elementos de conmutación 24 en una fila. Para garantizar que todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo se manden sustancialmente al mismo tiempo y que las pérdidas por tiempo de tránsito influya solo muy poco, se realiza un mando simétrico de los elementos de conmutación 24 desde dos lados, es decir, mediante controladores de compuerta dispuestos a los dos lados se mandan respectivamente de preferencia cinco elementos de conmutación 24 desde el lado derecho e izquierdo. También pueden disponerse otras variantes de mando, como por ejemplo un controlador de compuerta adicional, que se extiende de forma central, por lo que las longitudes de las líneas y las inductancias de los mismos se dividen por tres. Gracias a un mando paralelo de este tipo de las compuertas de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se garantizan recorridos cortos de mando y, por lo tanto,

tiempos de conmutación aproximadamente sincrónicos de los elementos de conmutación 24, puesto que no se producen pérdidas por tiempo de tránsito o no se producen apenas.

En el montaje de la placa de circuitos impresos 35 en la placa portacontactos 29, las protuberancias 36 de la placa portacontactos 29 pasan por las aberturas 37 en la placa de circuitos impresos 35, por lo que puede conectarse o soldarse al mismo tiempo el lado posterior de la placa de circuitos impresos 35 de elementos de conmutación 24 dispuestos en el lado opuesto también con la placa portacontactos 29. Gracias a ello, no es necesario el esfuerzo de cableado grande, que es lo habitual. Gracias a ello, también es posible un posicionamiento sencillo de la placa de circuitos impresos 35 en la placa portacontactos 29 y ya no puede desplazarse de forma no intencionada durante la soldadura indirecta. Cuando en la placa de circuitos impresos 35 están dispuestos el rectificador síncrono 16, el circuito de mando 17 y el circuito de suministro 48, puede conseguirse una estructura autárquica en caso de una integración de la placa de circuitos impresos 35 en el transformador de corriente de alta intensidad 12. También es ventajoso que el circuito de mando 17 esté dispuesto a los dos lados de los elementos de conmutación 24 dispuestos en paralelo y en serie, puesto que de este modo se consigue un acortamiento de los recorridos de las líneas a los distintos elementos de conmutación 24. Por lo tanto, puede garantizarse que se conecten en un intervalo de tiempo muy corto todos los elementos de conmutación 24 conectados en paralelo. Gracias a la disposición del circuito de mando 17 a los dos lados, se consigue dividir la longitud de la línea por la mitad y debido a ello una reducción de las inductancias de línea y, por lo tanto, un acortamiento esencial de los tiempos de conmutación 24. En un lado de la placa de circuitos impresos 35 está prevista preferentemente en toda la superficie una superficie soldable, para soldar en la placa de circuitos impresos 29, por lo que puede conseguirse una unión segura a la placa portacontactos 29. Por lo tanto, también pueden reducirse sustancialmente las resistencias de transición, puesto que una unión de la placa de circuitos impresos 35 en toda la superficie ofrece una resistencia de transición más reducida. En lugar de la unión directa preferible mediante soldadura indirecta, también pueden estar previstos alambres de conexión cortos, llamados alambres bond.

El circuito de suministro 48 está realizado preferentemente para forma corrientes de conmutación de una intensidad correspondientemente alta, por ejemplo entre 800 A y 1500 A, en particular de 1000 A y para el abastecimiento de los componentes con una tensión de alimentación correspondiente. Debido a la corriente de conmutación de intensidad muy alta, puede conseguirse un tiempo de conmutación muy reducido, en particular del orden de ns. De este modo puede garantizarse que los elementos de conmutación 24 se conmuten siempre en el pasaje por cero o muy poco antes del pasaje por cero cuando la corriente de salida es reducida, de modo que apenas se producen pérdidas por conmutación. Cuando está previsto un circuito de comunicación de datos para la transmisión inalámbrica de datos, preferentemente de forma inductiva, magnética por bluetooth, los datos pueden transmitirse de forma inalámbrica de y a la placa de circuitos impresos 35 (no representada). De este modo puede realizarse una adaptación de los momentos de conmutación a diferentes campos de aplicación del transformador de corriente de alta intensidad 12. Del mismo modo pueden leerse datos para el procesamiento posterior o control o para un control de calidad de una memoria (no representada) dispuesta en la placa de circuitos impresos 35.

Para crear 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 necesitan. En caso de la aplicación en un dispositivo de soldadura por resistencia 1, se activa por lo tanto en las pausas de soldadura el rectificador síncrono 16 activo, para evitar una destrucción de los elementos de conmutación 24. Se controla si fluye una corriente primaria o una corriente secundaria por el transformador de corriente de alta intensidad 12 y en caso de que no haya flujo de corriente, mientras la pinza de soldadura 4 se posiciona correspondientemente para un nuevo punto a soldar, el circuito de mando 17 activa todos los elementos de conmutación 24 mediante un mando correspondiente de las compuertas. 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 una tensión alterna al arrollamiento primario 13 del transformador de corriente de alta intensidad 12, que es detectada a su vez por el circuito de mando 17 por un flujo de corriente, desactivándose por lo tanto el modo de protección de los elementos de conmutación 24. Por supuesto, la activación y desactivación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 también puede realizarse mediante señales de mando que se envían por radio o de forma inductiva o magnética al circuito de mando 17. En los elementos de conmutación 24 conectados, las eventuales sobretensiones no pueden producir daños. También puede preverse cierta protección mínima de los elementos de conmutación 24 con ayuda de diodos Zener.

La Figura 11 muestra una vista en corte de la placa portacontactos 29 según la Figura 10 a lo largo de la línea de corte XI-XI. A partir de la misma puede verse claramente la extensión de los canales de refrigeración 39. Las aberturas que se producen por la fabricación en los taladros 40 para la formación de los canales de refrigeración 39 están estanqueizados mediante elementos terminales 41 correspondientes. Los elementos terminales 41 pueden estar realizados en forma de tornillos correspondientes, que se enroscan en roscas correspondientes en los taladros 40.

La Figura 12 muestra un núcleo toroidal 15 con arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 dispuestos encima del mismo, junto con el transformador de corriente 18 dispuesto por encima, que está representado en una representación despiezada. El transformador de corriente 18 se protege con la carcasa 34 que lo blindada y un blindaje 43 de campos magnéticos ajenos, de modo que la corriente del lado secundario que pasa

por el arrollamiento secundario 14 puede medirse con la máxima precisión posible y puede alimentarse al circuito de mando 17 para el control de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Unos materiales especialmente adecuados para el blindaje de campos magnéticos son las ferritas. El transformador de corriente 18 se posiciona o fija encima de una zona parcial de uno de los dos arrollamientos secundarios 14 dispuestos allí.

5 Como se conoce por el estado de la técnica, el transformador de corriente 18 está formado por un núcleo magnético con arrollamiento dispuesto encima del mismo, conectándose las conexiones del arrollamiento con el circuito de mando 17. Además, entre el núcleo toroidal 15 y el arrollamiento secundario 14 están dispuestos el blindaje 43 y una chapa de núcleo para el transformador de corriente 18, colocándose el núcleo del transformador de corriente 18 en esta chapa del núcleo.

10 En esta estructura del transformador de corriente de alta intensidad 12, dos arrollamientos secundarios 14 de una estructura de este tipo están dispuestos a los dos lados del soporte en I 25, de modo que el circuito de mando 17 mide el flujo de corriente por uno de los arrollamientos secundarios 14 conectados a los dos lados en paralelo y posicionados allí. Cuando el circuito de mando 17 está conectado con estos transformadores de corriente 18, es posible un control o una regulación exacta, puesto que mediante los transformadores de corriente 18 pueden detectarse los estados en el transformador de corriente de alta intensidad 12.

15 Debido a la conexión en paralelo arriba descrita de los arrollamientos secundarios 14, en cada arrollamiento secundario 14 fluye la misma corriente. Por lo tanto, debe tomarse la corriente de un solo arrollamiento secundario 14 para poder sacar conclusiones acerca del flujo de corriente total. En caso de una conexión en paralelo de diez arrollamientos secundarios 14, los transformadores de corriente 18 miden solo una décima parte del flujo de corriente total, por lo que pueden dimensionarse sustancialmente más pequeños. Por lo tanto, se vuelve a conseguir una reducción del tamaño constructivo del transformador de corriente de alta intensidad 12 o de la fuente de corriente 10. Es ventajoso que los transformadores de corriente 18 estén orientados sustancialmente 90° respecto a la dirección de la corriente continua, en particular de la corriente de soldadura, puesto que de este modo pueden reducirse perturbaciones por el campo magnético provocado por la corriente continua y, por lo tanto, errores de medición. Por lo tanto, puede realizarse una medición muy exacta.

20 Como puede verse en la representación despiezada según la Figura 13, los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 están formados preferentemente por dos chapas 44, 45 aisladas una de la otra mediante una capa de aislamiento 46, por ejemplo una capa de papel, con una extensión sustancialmente en forma de S, diametralmente opuesta, alrededor de la sección transversal de un núcleo toroidal 15 y por el núcleo toroidal 15, que están dispuestos unos en otros. En un núcleo toroidal 15 están dispuestos, por lo tanto, dos arrollamientos secundarios 14 o las partes del arrollamiento secundario 14 con toma central. Las superficies 47 dispuestas en el exterior de las chapas 44, 45 de los arrollamientos secundarios 14 forman al mismo tiempo las superficies de contacto para el establecimiento de contacto con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y del soporte en I 25, que actúa como centro de la rectificación. Por lo tanto, no se necesitan líneas para la conexión de los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Los arrollamientos secundarios 14, en particular las chapas 44, 45 que forman los arrollamientos secundarios 14, se conectan directamente o sin líneas con los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 y con el alma central del soporte en I 25 o el centro de la rectificación. Por lo tanto, se consigue una estructura que ocupa muy poco espacio y compacta con un peso reducido y pérdidas reducidas. Al mismo tiempo, están disponibles superficies 47 relativamente grandes para un establecimiento de contacto para la conexión del arrollamiento secundario 14 con el alma central del soporte en I 25 y los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16, para garantizar el flujo de corriente de alta intensidad con las menores pérdidas posible. Gracias a esta disposición se realiza en el lado secundario un rectificador de onda completa, formando el centro el soporte en I 25 con el extremo conectado de los arrollamientos secundarios 14.

25 El núcleo toroidal 15 puede estar hecho de ferritas, materiales amorfos o materiales nanocristalinos. Cuanto mejores sean los materiales usados respecto a las propiedades magnéticas tanto más pequeño puede realizarse el núcleo toroidal 15. No obstante, esto hace subir naturalmente también el precio para el núcleo toroidal. Lo esencial en la realización de las chapas 44, 45 es que éstas se plieguen o doblen de tal modo que pasen al menos una vez por el núcleo toroidal 15. Las dos chapas 44, 45 o arrollamientos secundarios 14 dispuestos en un núcleo toroidal están realizados de forma diametralmente opuesta y están aislados unos de otros.

30 La Figura 14 muestra un diagrama de bloques de un circuito de suministro 48, en particular de un bloque de alimentación para el abastecimiento del rectificador síncrono 16 y del circuito de suministro 17 con energía eléctrica. El circuito de suministro 48 se conecta con el lado secundario o las conexiones del arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 y contiene un rectificador de valores de cresta 49, un elevador de tensión 50, un regulador longitudinal 51 y un divisor de tensión 52. El elevador de tensión 50 o booster garantiza que el abastecimiento de los componentes de la fuente de corriente 10 esté disponible lo más rápidamente posible. Al mismo tiempo se genera lo más rápidamente posible la tensión de alimentación interna del rectificador síncrono 16 activo. Gracias al uso del elevador de tensión 50 se garantiza en la fase inicial de la activación que en un momento lo más temprano posible se genere en primer lugar la amplitud necesaria de la tensión de alimentación para garantizar un funcionamiento seguro del rectificador síncrono 16 integrado en el transformador de corriente de alta intensidad 12 en un momento lo más temprano posible.

La Figura 15 muestra el desarrollo en el tiempo de la tensión de alimentación  $V$  del circuito de suministro 48 según la Figura 14. La rampa del aumento de tensión  $\Delta V/\Delta t$  se elige suficientemente escarpada, de modo que queda garantizado que la tensión VCC necesaria se aplique con un retardo máximo en el tiempo de  $T_d$  al rectificador síncrono 16 y al circuito de mando 17. El retardo en el tiempo debería ser de  $T_d < 200 \mu s$ . Gracias a un dimensionado correspondiente de los circuitos del rectificador de valores de cresta 49 y del elevador de tensión 50 y capacidades correspondientemente bajas puede conseguirse una velocidad de elevación suficiente de la tensión. Por lo tanto, puede decirse que se garantiza en primer lugar el valor mínimo de la tensión de alimentación con un aumento escarpado, estableciéndose a continuación el abastecimiento correcto.

La Figura 16 muestra los desarrollos en el tiempo de la corriente del lado secundario  $I_s$  del transformador de corriente de alta intensidad 12 y de las señales de control  $G_1$  y  $G_2$  para los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 para ilustrar el mando sin pérdidas. Mediante la medición de las corrientes del lado secundario  $I_s$  de un arrollamiento secundario 14 con ayuda de transformadores de corriente 18 correspondientes, el circuito de mando 17 recibe la información de cuando deben conmutarse los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Para reducir las pérdidas de transición y las pérdidas por fuga, los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono se conmutan a ser posible en el pasaje por cero de las corrientes del lado secundario por los arrollamientos secundarios 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12. Puesto que desde la detección del pasaje por cero de la corriente del lado secundario  $I_s$  por los transformadores de corriente 18 hasta la activación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se producen determinados retardos  $T_{Pre}$ , el circuito de mando 17 está realizado de acuerdo con la invención para mandar los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en un momento predeterminado antes de alcanzarse el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario 14. El circuito de mando 17 provoca, por lo tanto, la conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 en momentos, en los que las corrientes  $I_s$  medidas por los transformadores de corriente 18 en el arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12 están por debajo o por encima de un umbral de conexión  $I_{SE}$  y umbral de desconexión  $I_{SA}$  determinado. Gracias a esta medida puede conseguirse que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se conmuten sustancialmente durante el pasaje por cero de las corrientes  $I_s$  por el arrollamiento secundario 14 del transformador de corriente de alta intensidad 12, por lo que pueden minimizarse las pérdidas de transición y las pérdidas por conmutación de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. El momento de conexión y de desconexión de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 se define por lo tanto no con el pasaje por cero de la corriente del lado secundario sino al alcanzarse el umbral de conexión  $I_{SE}$  definido y el umbral de desconexión  $I_{SA}$  definido. El umbral de conexión  $I_{SE}$  y el umbral de desconexión  $I_{SA}$  se define de acuerdo con los retardos de conmutación a esperar. Eventualmente, el umbral de conexión  $I_{SE}$  y el umbral de desconexión  $I_{SA}$  pueden estar realizados de forma ajustable, para poder reducir aún más las pérdidas. En un transformador de corriente de alta intensidad 12 de 20 kA, el momento de conmutación puede definirse por ejemplo 100 ns antes del pasaje por cero, de modo que los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16 deben conmutarse en este intervalo de tiempo.

Un transformador de corriente de alta intensidad 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 pérdidas de aproximadamente 40-50 kW. En conjunto, 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, siendo las pérdidas de un total de aproximadamente 135 kW, por lo que resulta un rendimiento de aproximadamente el 10 %. Un transformador de corriente de alta intensidad 12 del tipo aquí descrito tiene en cambio solo pérdidas de aproximadamente 5 – 6 kW. Las pérdidas por fuga pueden bajarse de los 30 kW habituales a 20 kW. Por lo tanto, en un dispositivo de soldadura por resistencia 1 de acuerdo con la invención para la generación de una corriente de soldadura de 20 kA, la potencia de conexión puede reducirse a 75 kW, puesto que las pérdidas ya solo suman un total de aproximadamente 60 kW. Con aproximadamente un 20 %, el rendimiento resultante corresponde por lo tanto aproximadamente al doble de lo que se obtiene en el estado de la técnica. Esta comparación muestra muy claramente el potencial de ahorro posible, en particular en líneas de fabricación en la industria del automóvil con una pluralidad de dispositivos de soldadura por resistencia.

En principio, la fuente de corriente 10 o el transformador de corriente de alta intensidad 12 descritos está realizada/o en forma de un cubo o paralelepípedo, estando formadas dos superficies laterales por un soporte en I 25, estando dispuestas en estas superficies laterales placas portacontactos 29 eléctricamente aisladas para formar la tercera y cuarta superficie lateral. En el lado frontal se dispone además de las cuatro superficies laterales respectivamente una placa de cubierta 31, que está eléctricamente aislada respecto al soporte en I 25, para formar la quinta y sexta superficie lateral del cubo o paralelepípedo. En el interior del cubo, en particular las superficies laterales, están dispuestos el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17 en al menos una placa de circuitos impresos 35. El cubo presenta por lo tanto solo conexiones 26 para los arrollamientos primarios 23 del transformador de corriente de alta intensidad 12 y las superficies laterales como superficies de contacto para la toma de la corriente continua o la tensión continua. Adicionalmente, están previstas conexiones de refrigeración, en particular las entradas 32 y la salida 33 para un fluido refrigerante. Preferentemente no están previstas líneas piloto para el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17 integrados en el cubo, puesto que este sistema trabaja de forma autárquica, por lo que no son necesarias conexiones al módulo de potencia 19 o a un dispositivo de control de la instalación. En una estructura de este tipo preferentemente no se necesitan líneas piloto sino que la fuente de corriente 10 ya solo está

conectada en el lado primario con un módulo de potencia 19, estando disponible a continuación en el lado secundario la corriente continua correspondientemente dimensionada de por ejemplo 15 kA a 40 kA. Por lo tanto, el usuario no tiene que hacer ningún ajuste, sino que solo tiene que conectar la fuente de corriente 10. La reunión de los componentes individuales, en principio independientes, formando una unidad común de este tipo hace que pueda reducirse sustancialmente el tamaño constructivo y por lo tanto el peso de la fuente de corriente 10. Al mismo tiempo, la unidad también puede usarse como elemento portador directamente en una aplicación, en particular un brazo de pinza 4. También se aumenta sustancialmente la facilidad de manejo.

En la estructura de acuerdo con la invención también es esencial que los elementos de conmutación 24 se conecten sin líneas con 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 conectados o soldados directamente con las protuberancias 36 de la placa portacontactos 29, estando dispuestas o soldadas también las conexiones de compuerta de los elementos de conmutación 24 directamente en la placa de circuitos impresos 35 y el circuito de mando 17 (controlador de compuerta) montado en la misma. Por lo tanto, pueden reducirse las inductancias de las líneas prescindiéndose completamente de las líneas, de modo que pueden conseguirse velocidades de conmutación muy elevadas y pérdidas de transición muy reducidas.

En el ejemplo de realización representado y descrito, el transformador de corriente de alta intensidad 12 estaba dimensionado para una corriente de 20 kA con una tensión de salida entre 5 V y 10 V. El soporte en I 25 presenta una altura de construcción de 15 cm, de modo que a los dos lados pueden estar dispuestos respectivamente cinco arrollamientos secundarios 14 con los núcleos toroidales 15. Para llegar a una relación de transformación correspondiente de 100, en el ejemplo de realización representado se necesitan diez arrollamientos primarios 13.

Si se pretende ahora dimensionar el transformador de corriente de alta intensidad 12 para una corriente más elevada de por ejemplo 30 kA, puede aumentarse simplemente el número de arrollamientos secundarios 14 usados. Pueden disponerse por ejemplo a los dos lados en las escotaduras 25a del soporte en I 25 respectivamente siete arrollamientos secundarios 14, aumentándose el soporte en I 25 correspondientemente en su altura, realizándose por ejemplo con una altura solo 5 cm mayor o usándose un cuerpo base correspondientemente más grande. Por lo tanto, el soporte en I 25 del transformador de corriente de alta intensidad 12 se completa a los dos lados con solo dos arrollamientos secundarios 14, para poder proporcionar una corriente de una intensidad más alta. Gracias al aumento, también aumentan las superficies de refrigeración de contacto. Además, está dispuesto un número correspondientemente más elevado de elementos de conmutación 24 conectados en paralelo. El arrollamiento primario 13 puede reducirse a un número de espiras más reducido, por ejemplo a siete espiras, de modo que se consigue una transformación de por ejemplo 98. Las pérdidas en los arrollamientos más elevadas en el lado primario son compensadas por la corriente primaria de mayor intensidad debido al posible aumento de la sección transversal y la reducción de la longitud de las líneas.

Un aumento de la corriente de soldadura secundaria de 20 kA a 30 kA conduce por lo tanto solo a una prolongación de por ejemplo 5 cm del cubo o del transformador de corriente de alta intensidad 12.

Puesto que el transformador de corriente de alta intensidad 12 trabaja preferentemente de forma autárquica y no presenta líneas piloto, debería ser posible una comunicación hacia el exterior con componentes externos, en particular un dispositivo de control, para eventuales mensajes de error. Para ello puede usarse el circuito secundario, formado por los arrollamientos secundarios 14 y el rectificador síncrono 16 y el circuito de mando 17. En determinados estados, en particular en la marcha en vacío del transformador de corriente de alta intensidad 12, éste puede ponerse conscientemente en cortocircuito con ayuda del rectificador síncrono 16, de modo que una unidad de vigilancia externa o un dispositivo de control detecta un flujo de corriente en marcha en vacío en las líneas primarias, pudiendo tener lugar por lo tanto gracias a la corriente una comunicación o pudiendo enviarse un mensaje de error.

Por ejemplo mediante la integración de un sensor de temperatura en el transformador de corriente de alta intensidad 12, en particular en el rectificador síncrono 16, puede registrarse y evaluarse la temperatura. Si la temperatura sube por ejemplo por encima de un valor umbral definido, el circuito de mando 17 pone el rectificador síncrono 16 de forma definida en cortocircuito en la marcha en vacío, es decir, en las pausas de soldadura. Puesto que el dispositivo de control externo conoce el estado de marcha en vacío, durante el cual no se realiza ninguna soldadura, éste se detecta o reconoce por el mayor flujo de corriente en las líneas primarias del transformador de corriente de alta intensidad 12. Ahora, el dispositivo de control externo puede comprobar si está activado el circuito de refrigeración o si éste presenta un error o si se aumenta la potencia de refrigeración, de modo que tenga lugar una mejor refrigeración.

Por supuesto, pueden comunicarse en la marcha en vacío distintos mensajes de error hacia el exterior mediante secuencias de conmutación o impulsos correspondientes, es decir, apertura y cierre definido de los elementos de conmutación 24 del rectificador síncrono 16. Pueden enviarse hacia el exterior por ejemplo distintos valores de temperatura, tensiones secundarias, corrientes, mensajes de error, etc.

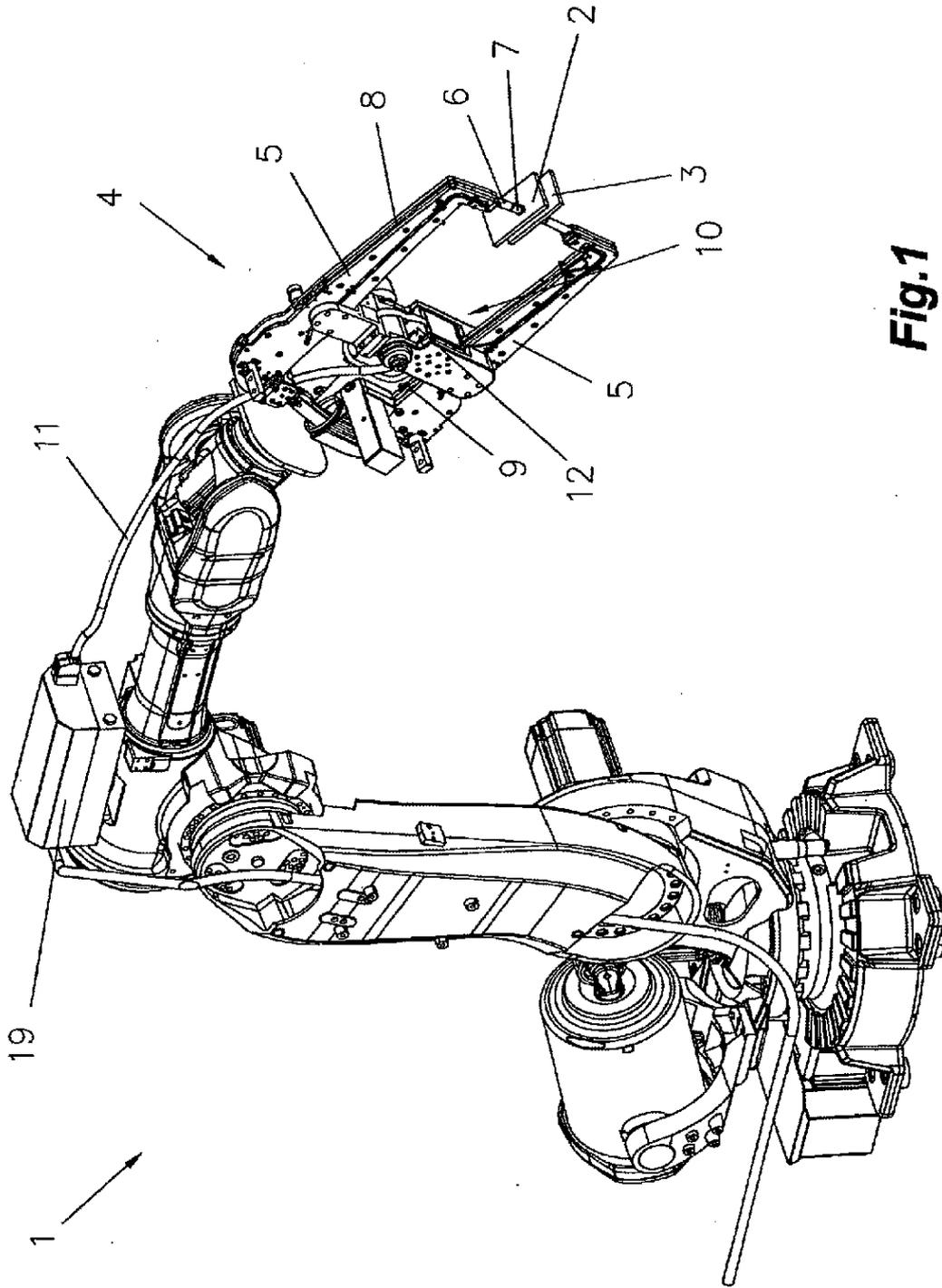
No obstante, también es posible que una comunicación de este tipo se realice durante una soldadura, aunque eso complique claramente una detección de este tipo. Es posible modular por ejemplo señales correspondientes en la corriente del lado primario, en particular mediante los arrollamientos primarios 13.

## REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de soldadura por resistencia (1) con una fuente de corriente (10) para proporcionar una corriente de soldadura para soldar piezas de trabajo (2, 3), con una pinza de soldadura (4) con dos brazos de pinza (5) con respectivamente un electrodo (7) para aplicar la corriente de soldadura a las piezas de trabajo (2, 3), presentando la fuente de corriente (10) un transformador de corriente de alta intensidad (12) con al menos un arrollamiento primario (13) y al menos un arrollamiento secundario (14) con toma central, un rectificador síncrono (16) conectado con el al menos un arrollamiento secundario (14) del transformador de corriente de alta intensidad (12) con elementos de conmutación (24) y un circuito (17) para el mando de los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16), **caracterizado porque** la fuente de corriente (10) está dispuesta en la pinza de soldadura (4) y la fuente de corriente (10) presenta en la salida del rectificador síncrono (16) al menos cuatro contactos (20, 21, 22, 23) para formar un contacto de puntos múltiples, por lo que la corriente de soldadura se divide al menos por la mitad y se reducen las pérdidas de transición, estando conectados dos primeros contactos (20, 21) de una polaridad con un brazo de pinza (5) y dos contactos adicionales (22, 23) de una polaridad opuesta con el otro brazo de pinza (5), y estando fijado el brazo de pinza (5) en al menos dos contactos (20, 21, 22, 23) sin líneas.
2. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** los dos primeros contactos (20, 21) de una polaridad y los dos contactos adicionales (22, 23) de la polaridad opuesta están dispuestos respectivamente en lados opuestos, estando dispuestos los dos contactos (22, 23) adicionales desplazados sustancialmente 90° respecto a los dos primeros contactos (20, 21).
3. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado porque** el rectificador síncrono (16) y el circuito de mando (17) están integrados en el transformador de corriente de alta intensidad (12).
4. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el rectificador síncrono (16) presenta varios elementos de conmutación (24) conectados en paralelo y los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) están conectados sin líneas con el al menos un arrollamiento secundario (14) del transformador de corriente de alta intensidad (12).
5. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el transformador de corriente de alta intensidad (12) presenta varios arrollamientos primarios (13), preferentemente al menos 10, conectados en serie y varios arrollamientos secundarios (14), preferentemente al menos 10, conectados en paralelo con toma central.
6. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el transformador de corriente de alta intensidad (12) presenta un soporte en I (25) de un material electroconductor, en cuyas escotaduras (25a) está dispuesta respectivamente al menos un núcleo toroidal (15), estableciendo respectivamente una conexión de cada arrollamiento secundario (14) un contacto directo con una superficie interior del soporte en I (25) y formando las superficies exteriores (28) del soporte en I (25) los dos primeros contactos (20, 21) de la fuente de corriente (10) y estando conectada la toma central del al menos un arrollamiento secundario (14) del transformador de corriente de alta intensidad (12) sin líneas con el soporte en I (25).
7. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizado porque** el al menos un arrollamiento primario (13) del transformador de corriente de alta intensidad (12) está dispuesto de tal modo que se extiende por el al menos un núcleo toroidal (15).
8. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 6 o 7, **caracterizado porque** por encima de las escotaduras (25a) del soporte en I (25) está dispuesta respectivamente una placa portacontactos (29) de material electroconductor, que está conectada mediante el rectificador síncrono (16) y el circuito de mando (17) respectivamente con las otras conexiones de cada arrollamiento secundario (14), formando las superficies exteriores de las placas portacontactos (29) los dos contactos adicionales (22, 23) de la fuente de corriente (10).
9. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque** está formado respectivamente por un arrollamiento secundario (14) con toma central por dos chapas (44, 45) aisladas una de la otra de material electroconductor con una extensión sustancialmente en S, diametralmente opuesta alrededor de la sección transversal de un núcleo toroidal (15) y por el núcleo toroidal (15), formando las superficies (47) de las chapas (44, 45) dispuestas en el exterior los contactos para la conexión con los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) o con los electrodos (7).
10. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, **caracterizado porque** el soporte en I (25) y las placas portacontactos (29) del transformador de corriente de alta intensidad (12) forman una unidad en forma de cubo o paralelepípedo, estando dispuesto un aislamiento eléctrico entre el soporte en I (25) y las placas portacontactos (29), estando dispuestas las placas de cubierta (31) en los lados frontales del soporte en I (25) y estando hechas las placas de cubierta (31) de un material electroconductor y pudiendo fijarse mediante tornillos en las placas portacontactos (29), de modo que las placas portacontactos (29) están conectadas eléctricamente.

11. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 10, **caracterizado porque** el soporte en I (25) y/o las placas portacontactos (29) y/o las placas de cubierta (31) y/o las chapas (44, 45) para formar el arrollamiento secundario (14) del transformador de corriente de alta intensidad (12) están hechos de cobre o de una aleación de cobre, preferentemente con un revestimiento de plata.
- 5 12. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 6 a 11, **caracterizado porque** el soporte en I (25) y/o las placas portacontactos (29) están formadas al menos en parte por los brazos de pinza (5).
- 10 13. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 12, **caracterizado porque** en las conexiones de un arrollamiento secundario (14) está dispuesto respectivamente un transformador de corriente (18) para la medición de la corriente que pasa por este arrollamiento secundario (14), estando conectados estos transformadores de corriente (18) con el circuito de mando (17).
14. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 13, **caracterizado porque** los transformadores de corriente (18) están orientados sustancialmente 90° respecto a la dirección de la corriente de soldadura.
- 15 15. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con la reivindicación 13 o 14, **caracterizado porque** el circuito de mando (17) está realizado para la activación de los elementos de conmutación (24) del rectificador síncrono (16) en un momento predeterminado, antes de alcanzar el pasaje por cero de la corriente en el arrollamiento secundario (14).
- 20 16. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 15, **caracterizado porque** en el soporte en I (25) y en las placas portacontactos (29) están dispuestos canales (39) para conducir un fluido refrigerante, estando dispuestas en una superficie exterior (28) del soporte en I (25) dos entradas (32) para la alimentación del fluido refrigerante y una salida (33) para la evacuación del fluido refrigerante, estando dispuestos los canales de refrigeración (39) de tal modo que se extienden desde cada entrada (32) a las placas portacontactos (29) y a través del soporte en I (25) hacia la salida (33).
- 25 17. El dispositivo de soldadura por resistencia (1) de acuerdo con una de las reivindicaciones 8 a 16, **caracterizado porque** el circuito de mando (17) y el rectificador síncrono (16) están dispuestos en al menos una placa de circuitos impresos (35), estando dispuesta esta placa de circuitos impresos (35) en la superficie interior de al menos una placa portacontactos (29), y presentando cada placa de circuitos impresos (35) del rectificador síncrono (16) y del circuito de mando (17) aberturas (37), por encima de las cuales están dispuestos los elementos de conmutación (24) y porque la superficie interior de las placas portacontactos (29) presentan en los puntos de las aberturas (37) en la placa de circuitos impresos (35) del rectificador síncrono (16) protuberancias (36), en particular protuberancias en forma de almenas, de modo que puede establecerse un contacto sin líneas con los elementos de conmutación (24) mediante las protuberancias (36) que pasan por las aberturas (37) de la placa de circuitos impresos (35) en la superficie interior de las placas portacontactos (35).

35



**Fig.1**

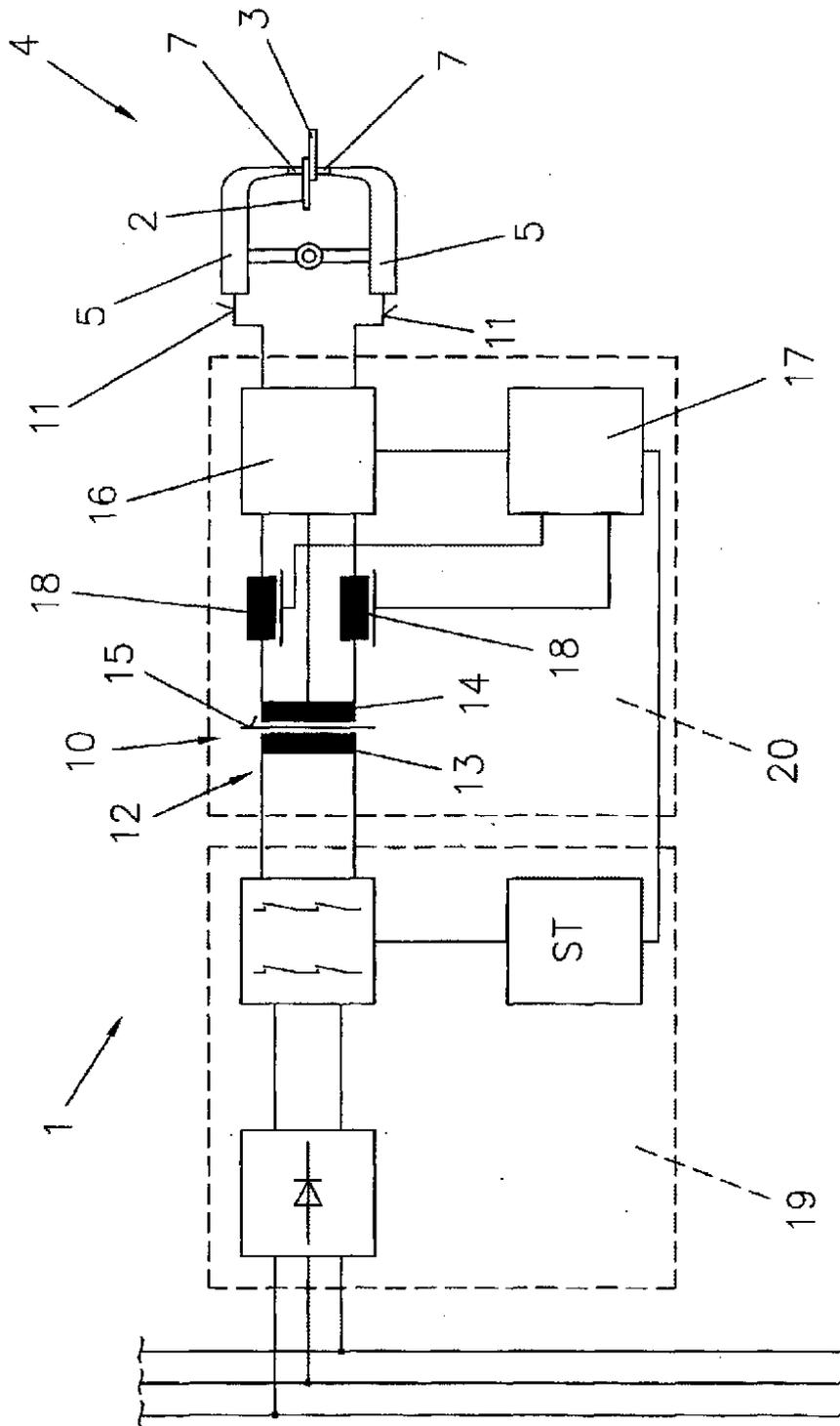
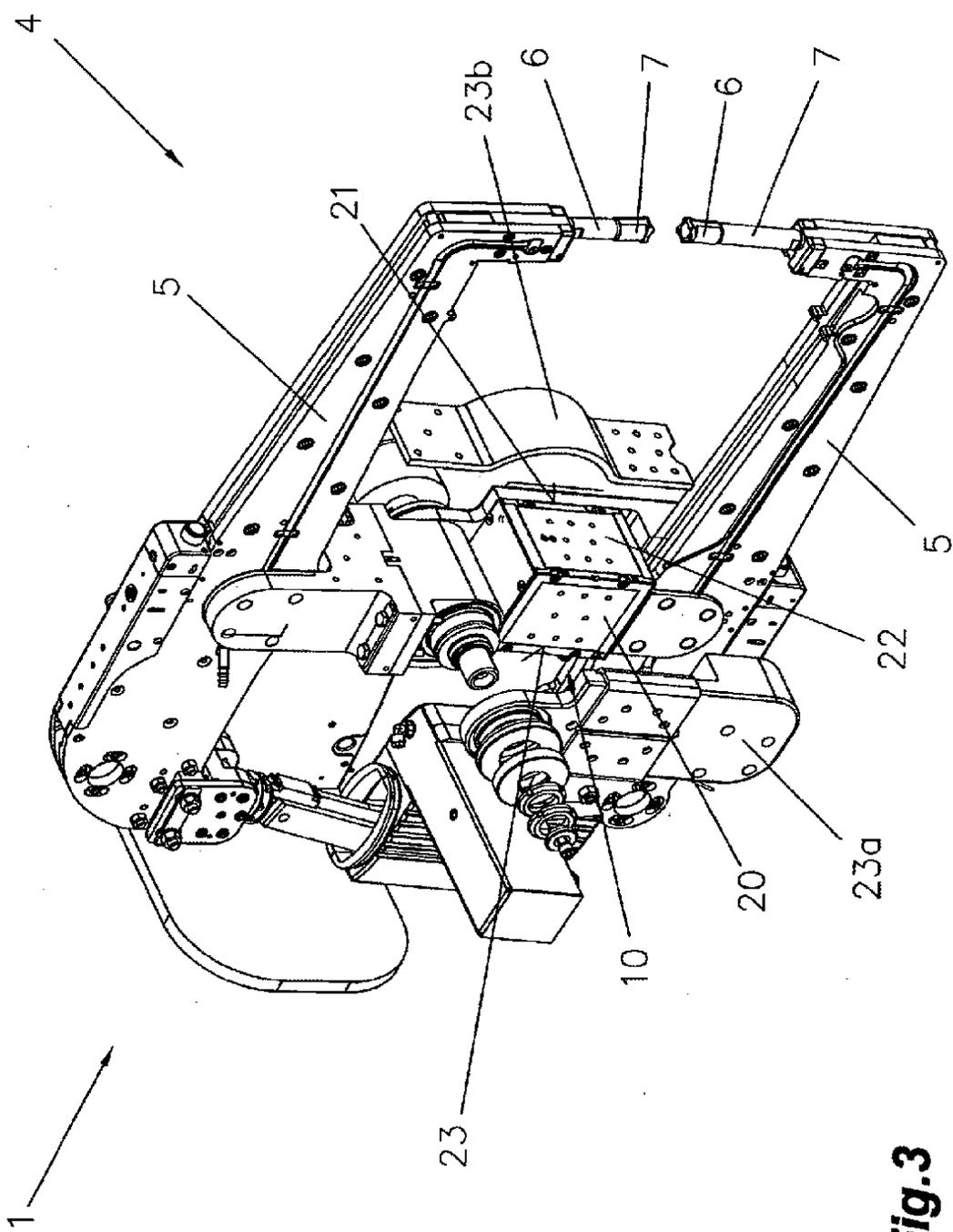
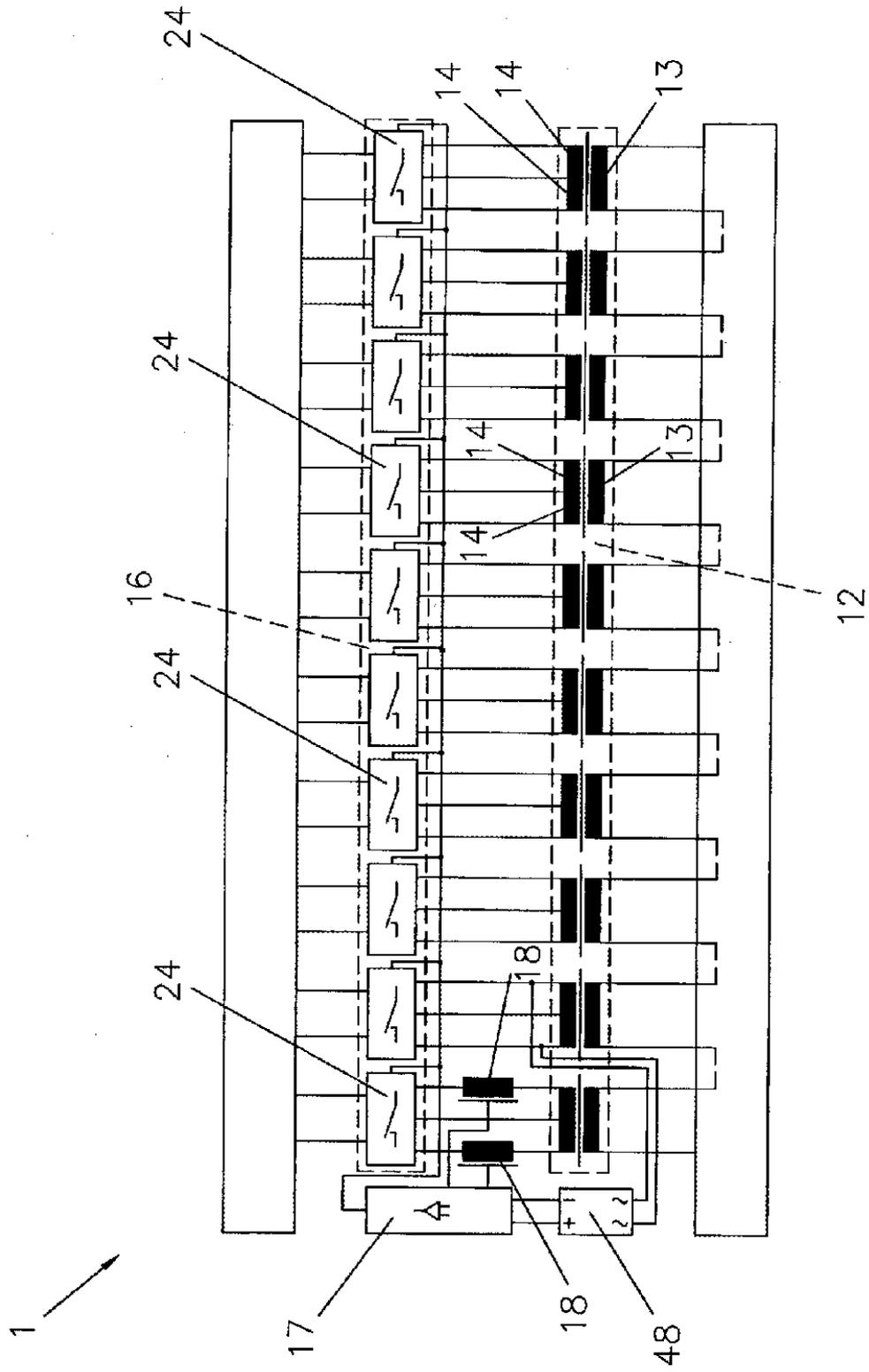


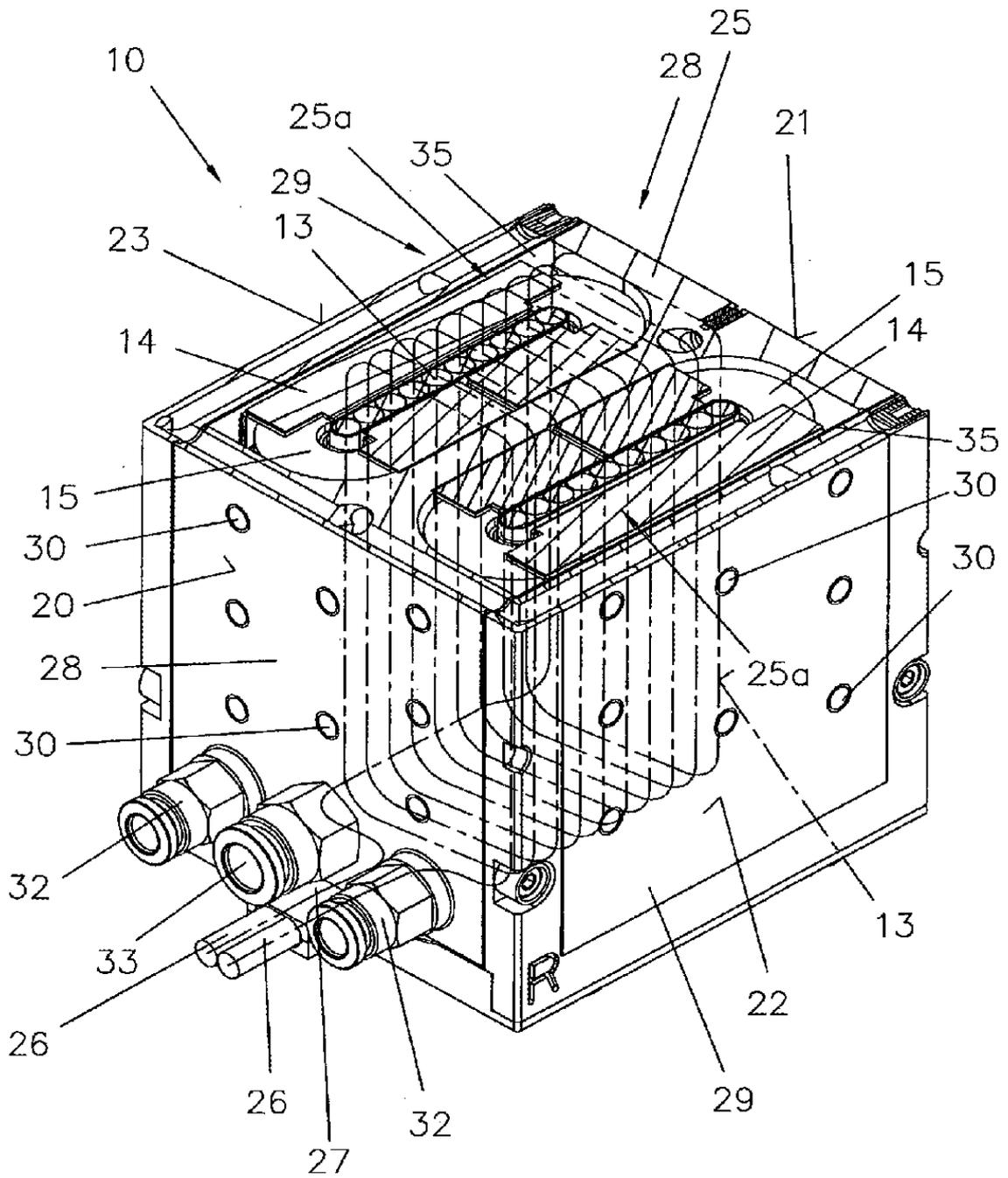
Fig.2



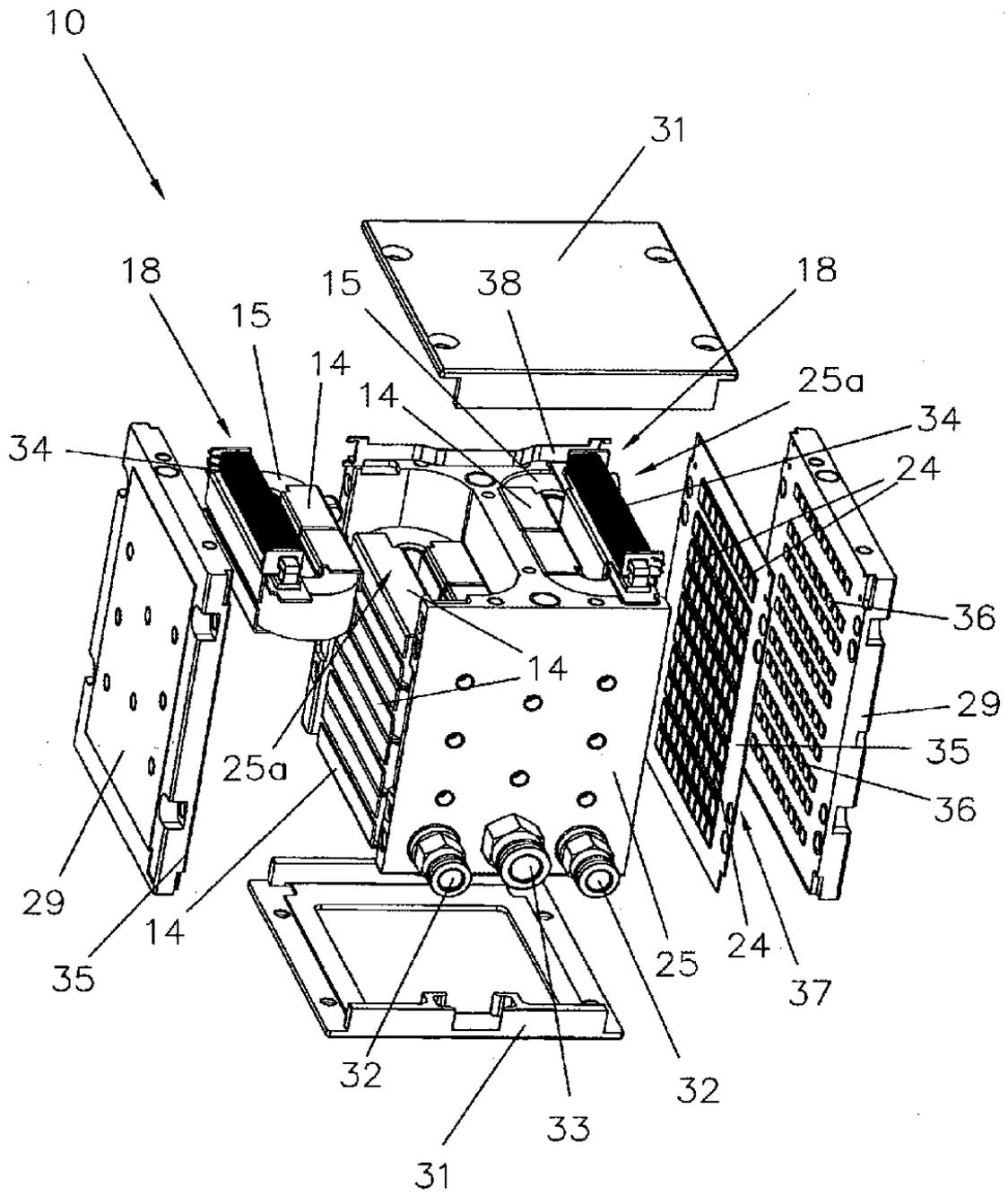
**Fig.3**



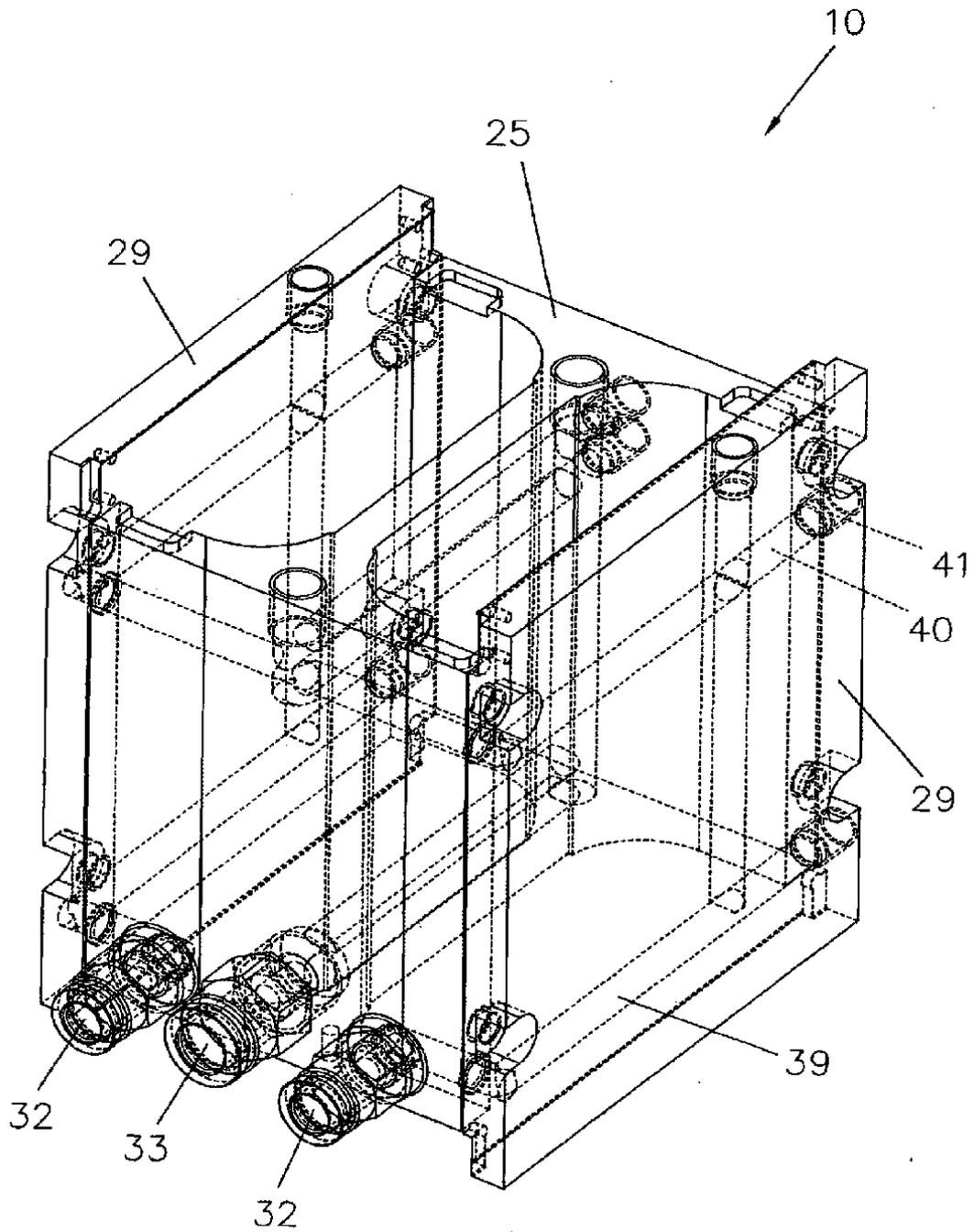
**Fig.4**



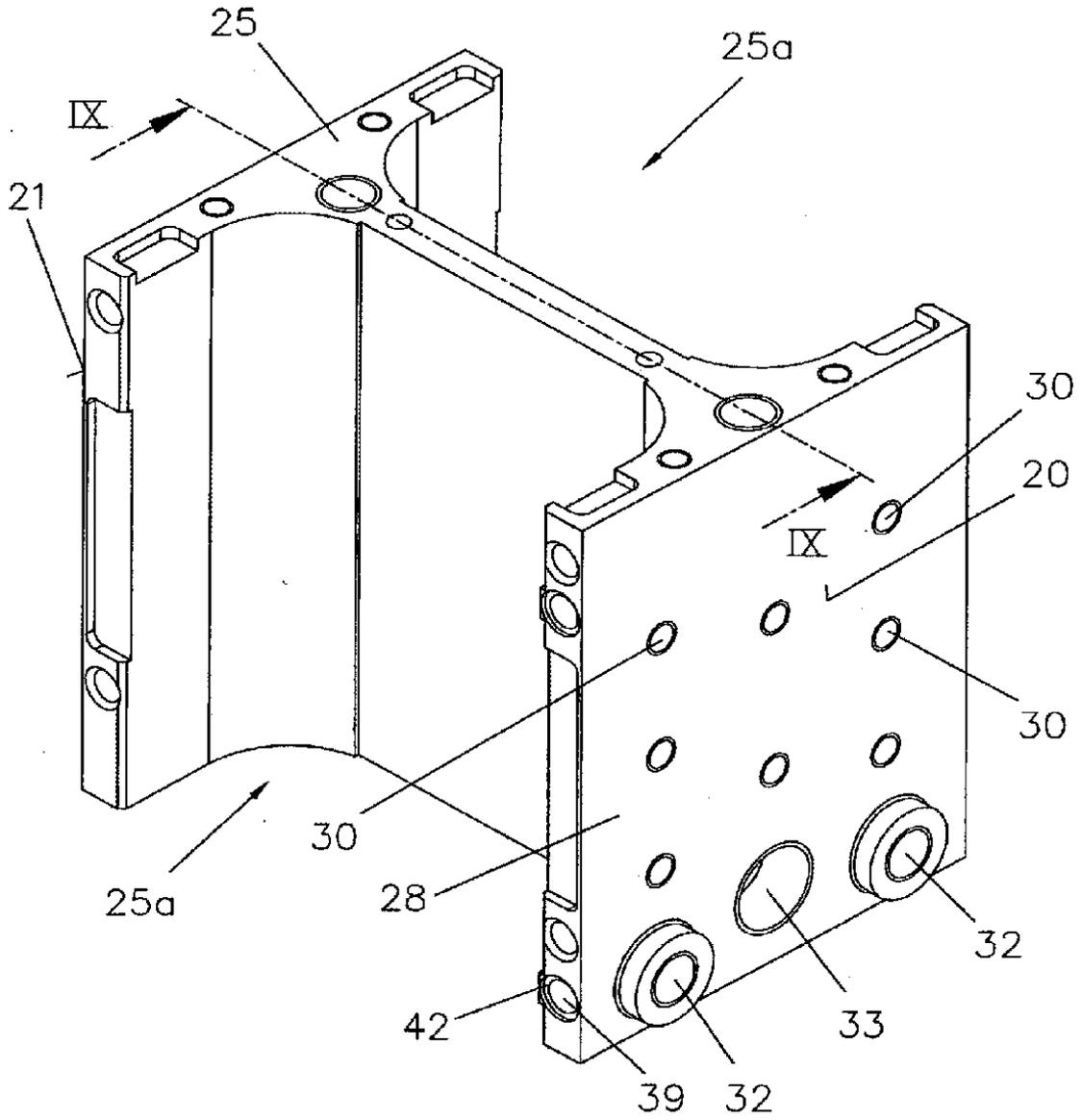
**Fig.5**



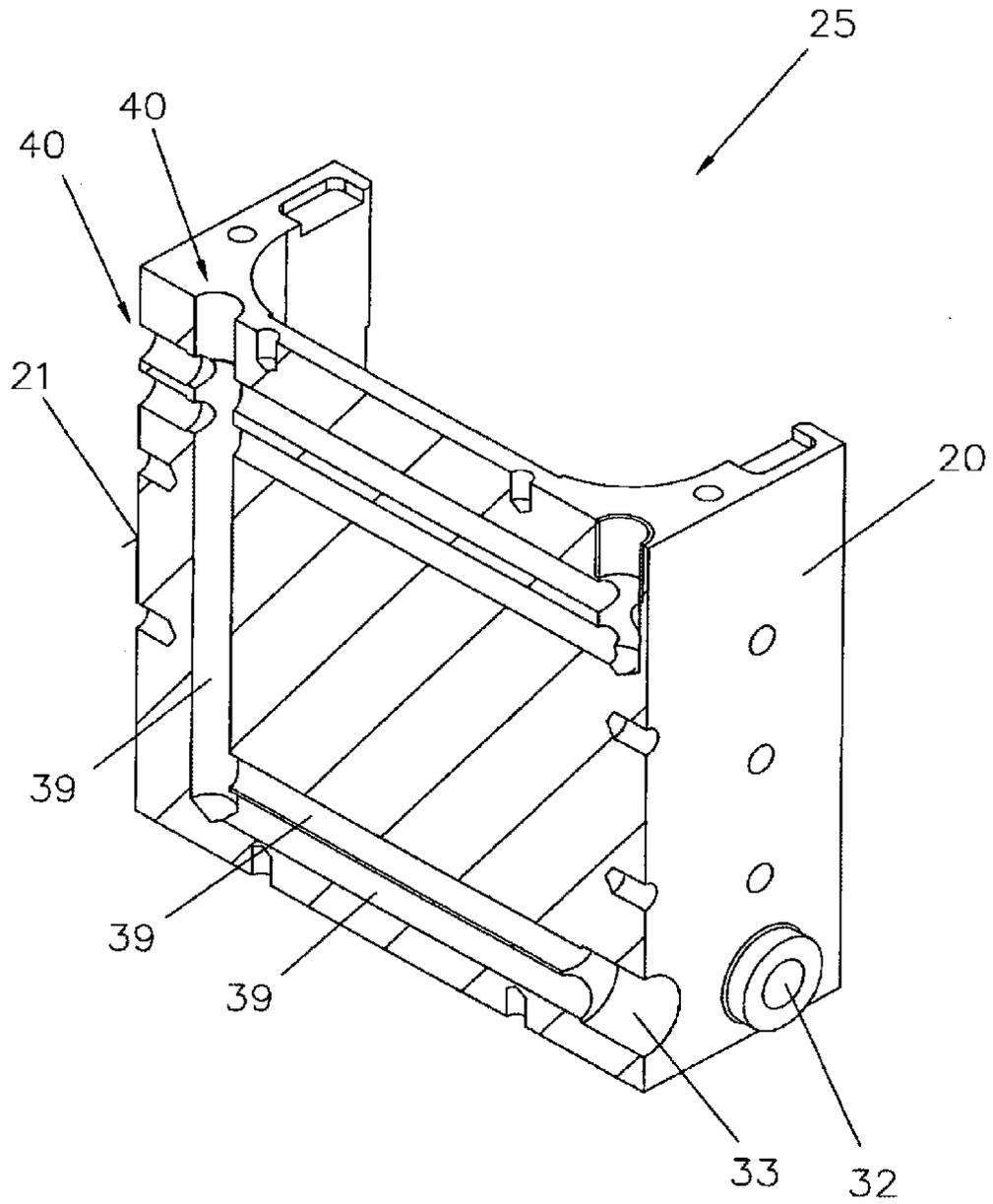
**Fig.6**



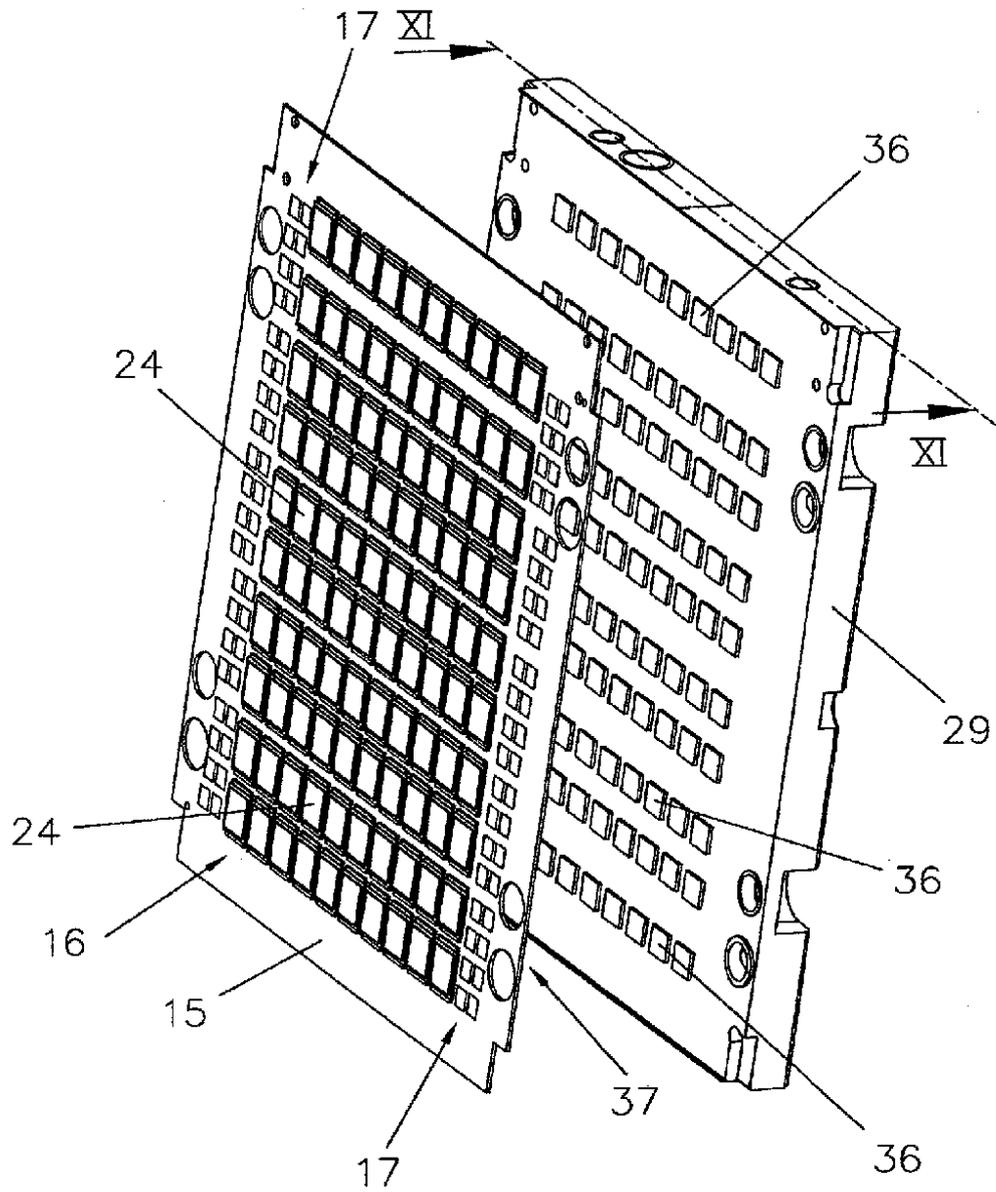
**Fig.7**



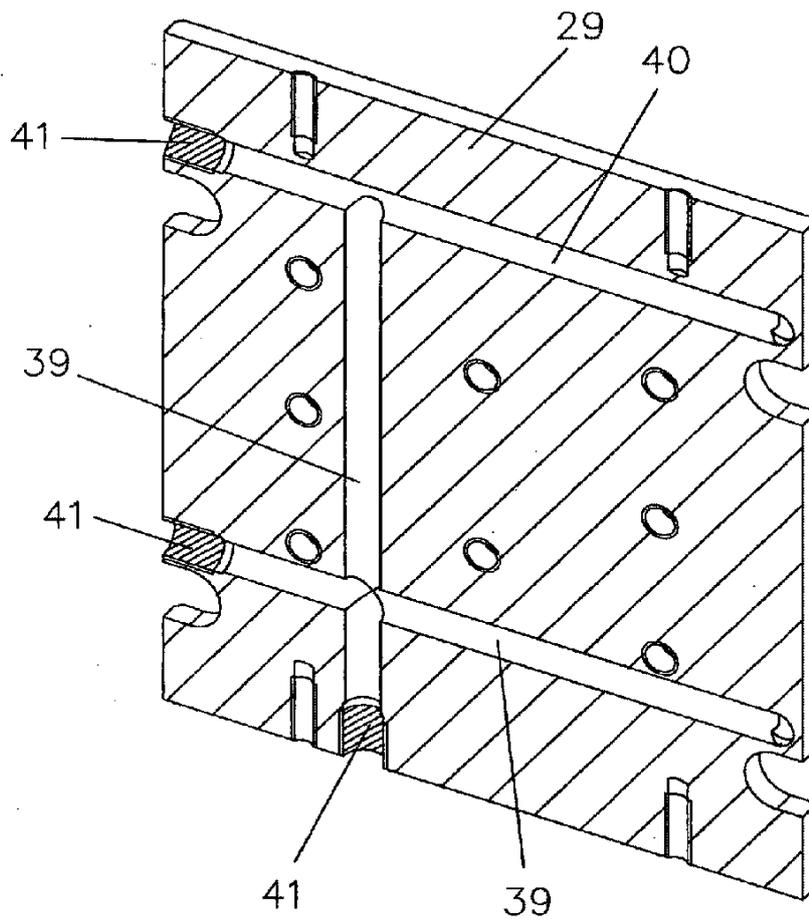
**Fig.8**



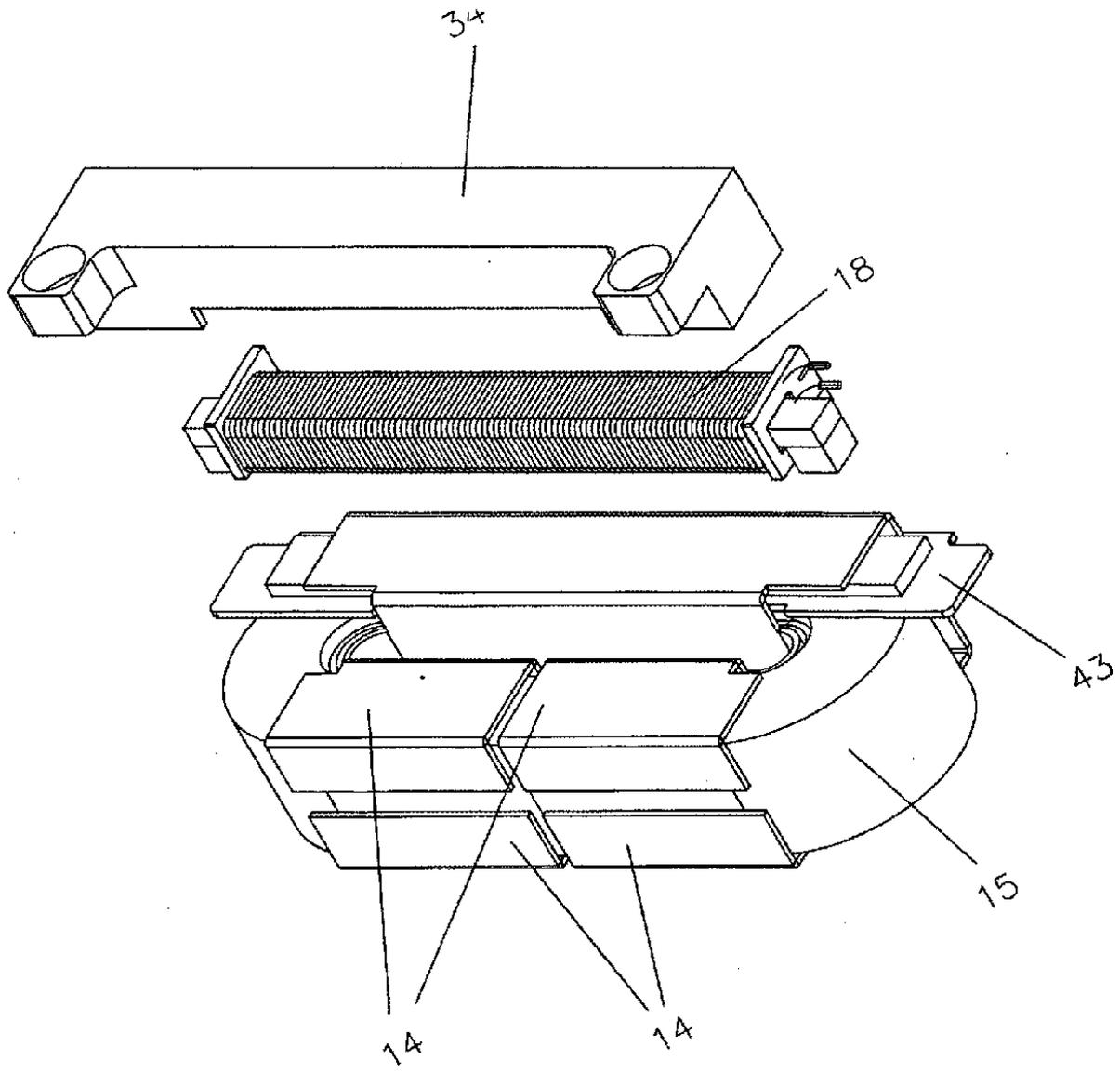
**Fig.9**



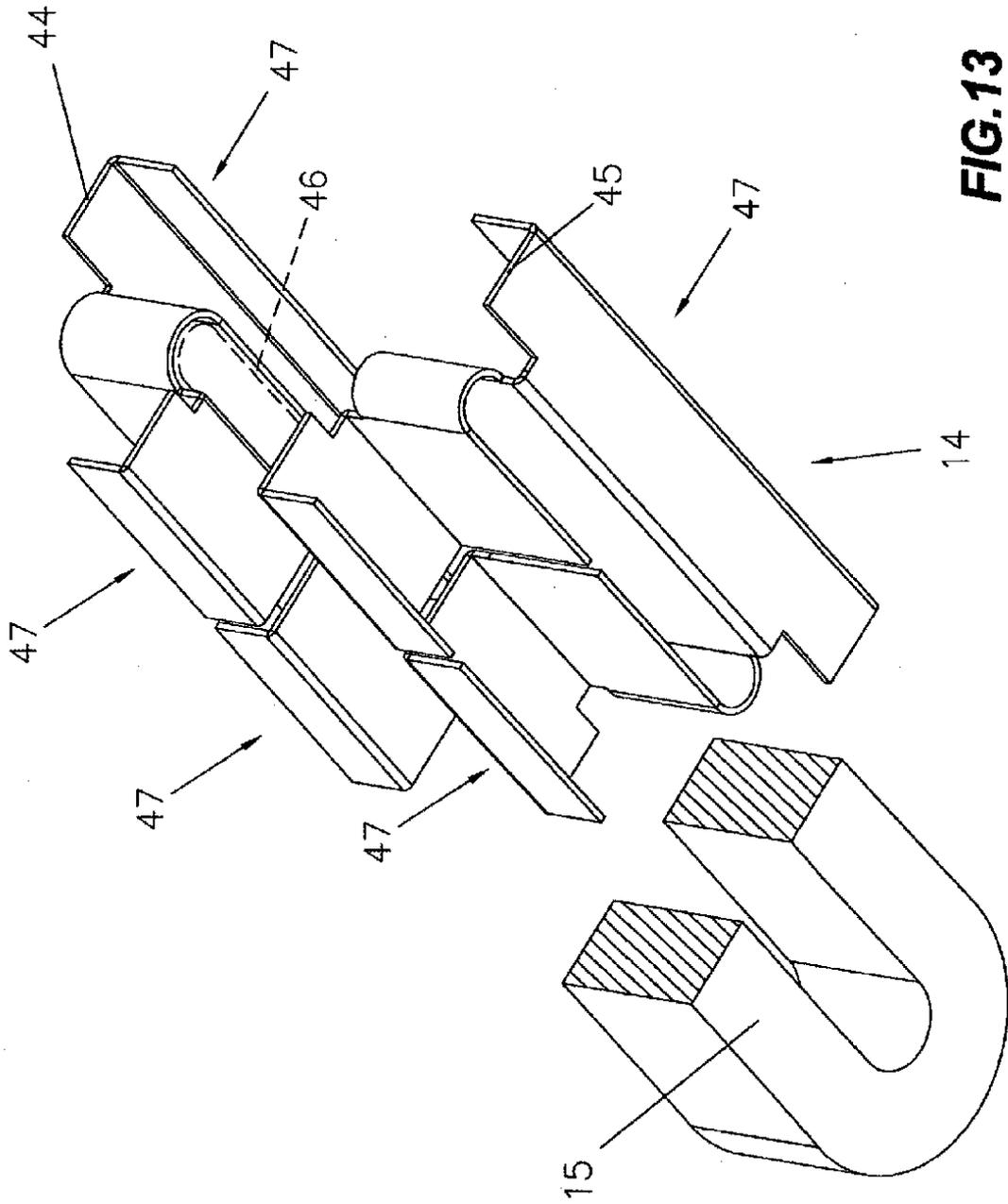
**Fig.10**



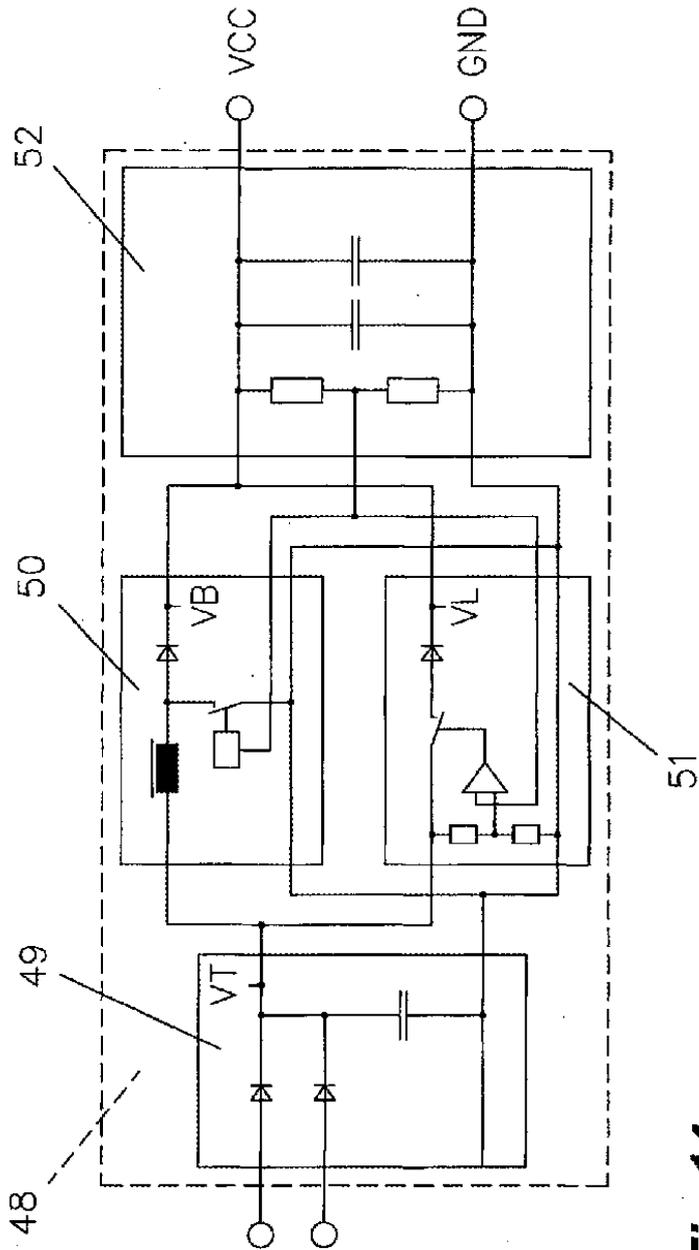
**Fig.11**



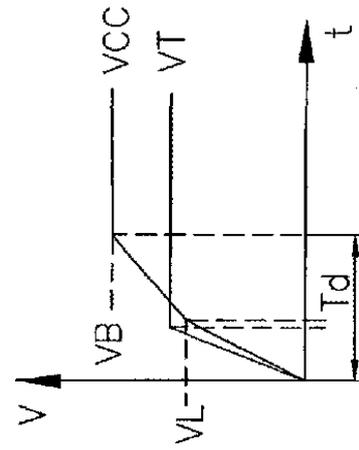
**FIG.12**



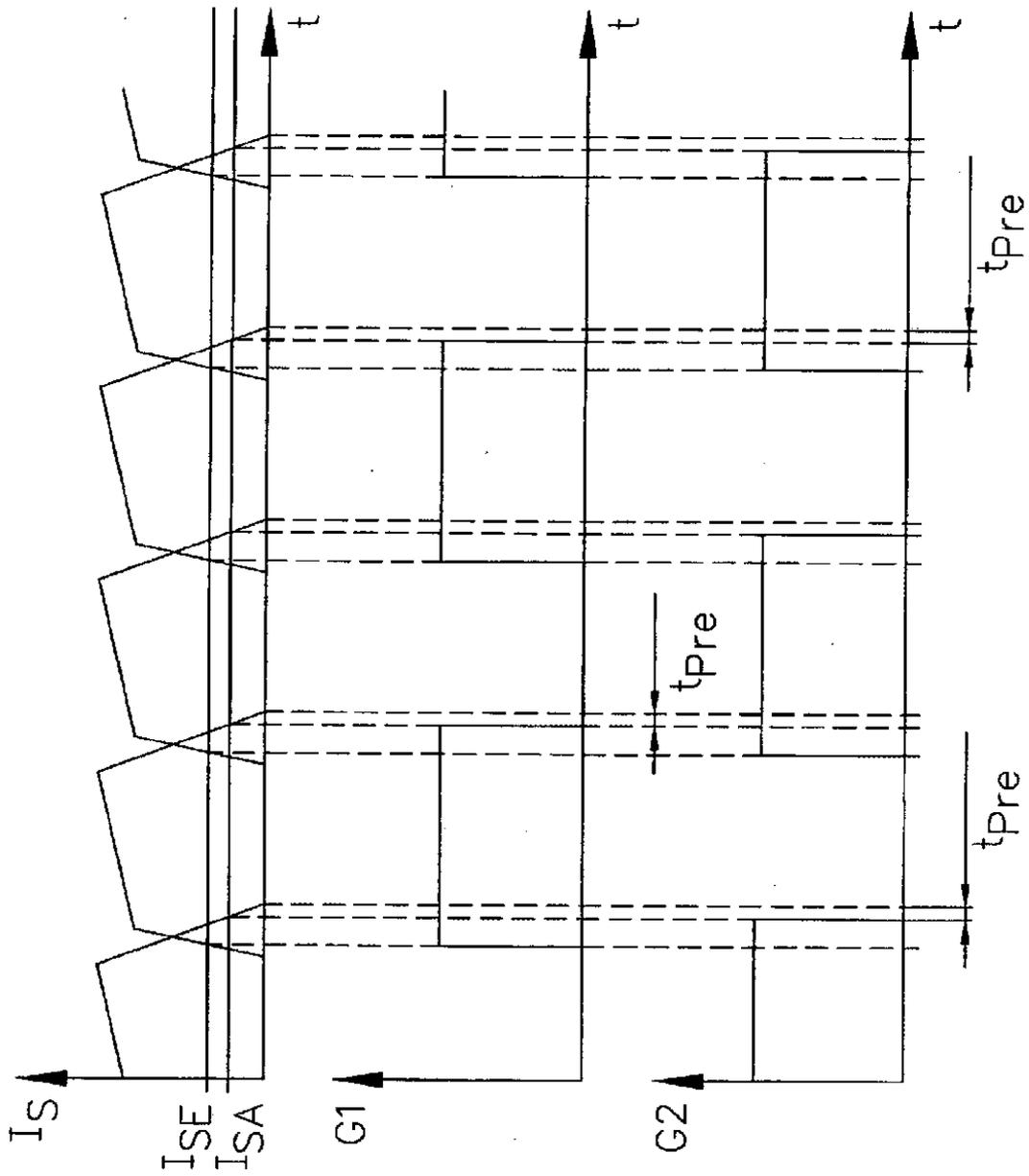
**FIG.13**



**Fig. 14**



**Fig. 15**



**Fig.16**