



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej
Polskiej

(96) Data i numer zgłoszenia patentu europejskiego:
31.10.2012 15152081.4

(97) O udzieleniu patentu europejskiego ogłoszono:
**22.06.2016 Europejski Biuletyn Patentowy 2016/25
EP 2913136 B1**

(13) **T3**
(51) Int.Cl.
B23K 11/24 (2006.01)
B23K 11/31 (2006.01)
H01F 27/40 (2006.01)
H01F 27/08 (2006.01)
H01F 27/29 (2006.01)
H05K 1/18 (2006.01)
H05K 3/34 (2006.01)

(54) Tytuł wynalazku:

Sposób wytwarzania transformatora wielokoprdowego

(30) Pierwszeństwo:
31.10.2011 AT 16012011

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
02.09.2015 w Europejskim Biuletynie Patentowym nr 2015/36

(45) O złożeniu tłumaczenia patentu ogłoszono:
30.12.2016 Wiadomości Urzędu Patentowego 2016/12

(73) Uprawniony z patentu:
Fronius International GmbH, Pettenbach, AT

(72) Twórca(y) wynalazku:
BERNHARD ARTELSMAIR, Pettenbach, AT
CHRISTOPH SCHULTSCHIK, Pettenbach, AT
JOHANNES NEUBÖCK, Steinerkirchen/Tr., AT
STEFAN WOLFSGRUBER, Gmunden, AT

(74) Pełnomocnik:
rzecz. pat. Andrzej Rosa
POLSERVICE
KANCELARIA RZECZNIKÓW
PATENTOWYCH SP. Z O.O.
ul. Bluszczańska 73
00-712 Warszawa

PL/EP 2913136 T3

Uwaga:

W ciągu dziewięciu miesięcy od publikacji informacji o udzieleniu patentu europejskiego, każda osoba może wnieść do Europejskiego Urzędu Patentowego sprzeciw dotyczący udzielonego patentu europejskiego. Sprzeciw wnosi się w formie uzasadnionego na piśmie oświadczenia. Uważa się go za wniesiony dopiero z chwilą wniesienia opłaty za sprzeciw (Art. 99 (1) Konwencji o udzielaniu patentów europejskich).

Opis

[0001] Wynalazek dotyczy sposobu wytwarzania transformatora wielkoprądowego, w szczególności dla źródła prądu w celu dostarczania prądu zgrzewania urządzenia do zgrzewania oporowego, z co najmniej jednym uzwojeniem pierwotnym oraz 5 co najmniej jednym uzwojeniem wtórnym z powierzchniami do kontaktu.

[0002] Niniejszy wynalazek odnosi się głównie, ale nie wyłącznie, do transformatorów wielkoprądowych oraz ich 10 komponentów dla urządzeń do zgrzewania oporowego, w szczególności urządzeń do zgrzewania punktowego, w przypadku których występują szczególnie wielkie prądy stałe rzędu wielkości kilku kA. Również transformatory wielkoprądowe dla innych sprzętów, w których są stosowane 15 tak wielkie prądy stałe, są objęte przez przedmiot niniejszego zgłoszenia patentowego. Przykładami tego rodzaju sprzętów są urządzenia do ładowania baterii, akcelerator cząstek, urządzenia do galwanizacji lub tym podobne. Dokument WO 2007/041729 A1 opisuje przykładowo 20 urządzenie do ładowania baterii oraz przekładnik prądowy do wytwarzania odpowiednio wielkiego prądu stałego.

[0003] W przypadku urządzeń do zgrzewania oporowego, wymagane wielkie prądy stałe są dostarczane za pomocą odpowiednich transformatorów wielkoprądowych oraz 25 prostowników. Ze względu na wielkie występujące prądy, prostowniki diodowe są niekorzystne ze względu na stosunkowo wysokie straty, w związku z czym stosowane są głównie aktywne prostowniki z elementami przełączającymi, które są utworzone przez odpowiednie tranzystory. Jednakże, 30 również urządzenia do zgrzewania oporowego z aktywnymi prostownikami, jak prostownikami synchronicznymi, mają stosunkowo wysokie straty, a tym samym stosunkowo małe

-

współczynniki sprawności. Ponieważ w przypadku stanu techniki przez zwykłą oddzielną budowę, przykładowo transformatora wielkoprądowego oraz prostowania prądu, powstają znaczne długości przewodów, a tym samym straty
5 przewodzenia, to generowany jest bardzo słaby współczynnik sprawności ze względu na wielkie prądy.

[0004] Przykładowo, dokument DE 10 2007 042 771 B3 opisuje sposób według części przedznamiennej zastrzeżenia patentowego 1, działania zasilania w energię elektryczną urządzenia do zgrzewania oporowego przy zastosowaniu prostownika synchronicznego, dzięki któremu mogą być
10 zredukowane straty mocy oraz można poprawić współczynnik sprawności.

[0005] Dokument JP 2003/318045 A opisuje transformator z warstwową budową zwojów, który nie nadaje się do zastosowań wielkoprądowych.

[0006] W przypadku linii produkcyjnych w przemyśle motoryzacyjnym stosuje się wiele urządzeń do zgrzewania punktowego (często kilka od 100 do 1000 pojedynczych
20 sprzętów) do wytwarzania różnych połączeń na karoserii oraz na podwoziu pojazdu, który ma być wyprodukowany. Ponieważ poszczególne urządzenia do zgrzewania punktowego powodują bardzo wysokie straty ze względu na transformatory wielkoprądowe oraz przewody i elementy przełączające,
25 całość występujących strat mieści się w tego rodzaju liniach produkcyjnych w niezwykle wysokich wymiarach, przykładowo pomiędzy 1MW a 50MW. Ponieważ straty znajdują wyraz głównie w postaci straty ciepła, w związku z tym należy podjąć środki, w celu odprowadzenia ciepła, przez co
30 łączny bilans energetyczny pogarsza się jeszcze bardziej.

[0007] Kolejna wada wynika z tego, że przez wysokie straty dla tego rodzaju obiektów potrzebne są bardzo duże moce przyłączowe sieci zasilającej, przez co powstają bardzo

-

wysokie koszty produkcji, uruchomienia oraz działania tego rodzaju obiektu.

5 [0008] W celu wytworzenia pojedynczej zgrzeiny punktowej prądem zgrzewania 20kA potrzebne jest według stanu techniki z dzisiejszego punktu widzenia przykładowo moc przyłączowa sieci zasilającej aż do 150kW, przy czym w przypadku wymienionego prądu zgrzewania wynikają straty aż do 135kW, przez co osiągany jest bardzo słaby współczynnik sprawności tylko około 10%.

10 [0009] Celem niniejszego wynalazku jest zatem opracowanie sposobu wytwarzania transformatora wielkoprądowego, dzięki któremu mogą zostać zredukowane straty oraz może być poprawiony bilans energetyczny i współczynnik sprawności. Wady znanych urządzeń i sposobów należy redukować lub ich
15 unikać.

[0010] Cel według wynalazku osiąga się za pomocą wymienionego powyżej sposobu wytwarzania transformatora wielkoprądowego z co najmniej jednym uzwojeniem pierwotnym oraz co najmniej jednym uzwojeniem wtórnym z powierzchniami
20 do kontaktu, w którym najpierw wewnętrzne powierzchnie co najmniej jednego uzwojenia wtórnego są łączone z belką dwuteową z materiału przewodzącego prąd elektryczny transformatora wielkoprądowego z pierwszym materiałem lutowniczym z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia, a
25 następnie co najmniej jedna płytka stykowa z materiału przewodzącego prąd elektryczny jest lutowana z zewnętrznymi powierzchniami co najmniej jednego uzwojenia wtórnego z drugim materiałem lutowniczym z drugą, niższą w stosunku do pierwszej temperaturą topnienia, temperaturą topnienia.
30 Korzystne jest przy tym to, że w ten sposób może być zautomatyzowane wytwarzanie, w szczególności przylutowywanie, ponieważ ze względu na różną temperaturę topnienia podczas procesu lutowania połączenia wytworzone

-

już w pierwszym procesie lutowania nie mogą topić się. Tym samym istotnie zmniejszane są koszty produkcji. Również w ten sposób osiąga się to, że może być stosowany najlepszy rodzaj połączenia, tak że tworzone są możliwie
5 małe straty przejściowe. W przypadku zabiegu, w którym z co najmniej jedną płytką stykową jest łączona płytką obwodu drukowanego z pierwszym materiałem lutowniczym z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia, osiąga się w korzystny sposób to, że płytką stykową może być później w każdej chwili
10 wystawiana na kolejne procesy lutowania.

[0011] Po połączeniu co najmniej jednej płytki stykowej z płytką obwodu drukowanego mogą być łączone elementy przełączające z płytką obwodu drukowanego i/lub płytką stykową, w szczególności z wypukłościami na płytce
15 stykowej, przy zastosowaniu pierwszego materiału lutowniczego z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia. Przy tym może następować w pełni zautomatyzowane pozycjonowanie oraz przylutowywanie elementów przełączających, jak również kolejnych elektronicznych
20 elementów.

[0012] Według zabiegu, w którym elementy przełączające, w szczególności złącza wzgl. obudowy elementów przełączających, są łączone z powierzchniami co najmniej jednego uzwojenia wtórnego z drugim materiałem lutowniczym
25 z drugą, niższą temperaturą topnienia, osiąga się to, że połączenie pomiędzy płytką stykową a płytką obwodu drukowanego nie może topić się. Tym samym cała jednostka, a więc płytką stykową, płytką obwodu drukowanego, elementy przełączające oraz kolejne elementy, może być doprowadzana
30 do opłacalnego oraz bezpiecznego wytworzenia przylutowania przez kąpiel lutowniczą.

- [0013] Zaletą jest to, że ma się pierwszy materiał lutowniczy z pierwszą, wyższą temperaturą pomiędzy 220°C a 300°C, w szczególności 260°C oraz drugi materiał lutowniczy z drugą, niższą temperaturą topnienia pomiędzy 120°C a 5 220°C, w szczególności 180°C. W ten sposób jest zapewnione to, że podczas drugiego procesu lutowania z niższą temperaturą topnienia części utrwalone podczas pierwszego procesu lutowania nie są oddzielane, wzgl. jakość połączeń nie pogorszałaby się.
- 10 [0014] Wynalazek zostanie bliżej objaśniony w oparciu o załączone rysunki.
- [0015] Na których:
- Fig. 1 przedstawia urządzenie do zgrzewania oporowego ze stanu techniki z robotem oraz umocowanym do niego 15 pistoletem do zgrzewania w schematycznym przedstawieniu;
- Fig. 2 przedstawia schematyczny schemat blokowy urządzenia do zgrzewania oporowego ze źródłem prądu w celu dostarczania prądu zgrzewania;
- 20 Fig. 3 przedstawia urządzenie do zgrzewania oporowego, w szczególności pistolet do zgrzewania, ze zintegrowanym źródłem prądu w celu dostarczania prądu zgrzewania w schematycznym przedstawieniu;
- Fig. 4 przedstawia schematyczny schemat blokowy źródła prądu w celu dostarczania prądu zgrzewania; 25
- Fig. 5 przedstawia postać wykonania źródła prądu w celu dostarczania prądu stałego;
- Fig. 6 przedstawia źródło prądu według Fig. 5 w widoku zespołu rozebranego;
- 30 Fig. 7 przedstawia źródło prądu według Fig. 5 z wrysowanym przebiegiem kanałów chłodzących;

-

- Fig. 8 przedstawia widok na belkę dwuteową transformatora wielkopiędowego Źródła prądu;
- Fig. 9 przedstawia belkę dwuteową według Fig. 8 w przekrojowym przedstawieniu;
- 5 Fig. 10 przedstawia płytke stykową transformatora wielkopiędowego Źródła prądu wraz z płytka obwodu drukowanego prostownika synchronicznego oraz układu sterującego;
- Fig. 11 przedstawia płytke stykową według Fig. 10 w
10 przekrojowym przedstawieniu;
- Fig. 12 przedstawia uzwojenie wtórne transformatora wielkopiędowego z przekładnikiem prądowym w widoku zespołu rozebranego;
- Fig. 13 przedstawia budowę uzwojenia wtórnego
15 transformatora wielkopiędowego w widoku zespołu rozebranego;
- Fig. 14 przedstawia schemat blokowy układu do zasilania w energię elektryczną prostownika synchronicznego oraz układu sterującego;
- 20 Fig. 15 przedstawia przebieg w czasie napięcia zasilającego układu zasilającego według Fig. 14; oraz
- Fig. 16 przedstawia przebiegi w czasie w celu zilustrowania sterowania elementami
25 przełączającymi prostownika synchronicznego w zależności od prądów po stronie wtórnej transformatora wielkopiędowego.

[0016] W przykładzie wykonania zilustrowanym na Fig. od 1 do 16 opisana jest budowa urządzenia 1 do zgrzewania
30 oporowego z istotnymi komponentami. Tym samym częściom zostały przydzielone na Figurach te same oznaczenia odsyłające.

-

[0017] Na Fig. 1 jest przedstawione perspektywicznie urządzenie 1 do zgrzewania oporowego dla zgrzewania oporowego co najmniej dwóch przedmiotów obrabianych 2, 3 z robotem do manipulacji. Urządzenie 1 do zgrzewania oporowego składa się z umocowanego do robota pistoletu 4 do zgrzewania z dwoma ramionami 5 pistoletu, na których umieszczone są chwytaki 6 do przyjmowania każdorazowo jednej elektrody 7. Wokół elektrod 7 przebiega każdorazowo jedna taśma 8, która redukuje rezystancję przejściową przy zgrzewaniu oporowym oraz chroni elektrody 7. Poza tym, powstające na taśmie 8 odwzorowanie wytworzonej zgrzeiny punktowej może być analizowane oraz stosowane do oceny jakości zgrzewania. Taśma 8 do ochrony elektrod 7 jest odwijana przez zwijarkę 9, która może być umieszczona na pistolecie 4 do zgrzewania wzgl. ramionach 5 pistoletu, oraz prowadzona wzdłuż ramion 5 pistoletu, chwytaków 6 elektrod oraz elektrod 7 z powrotem do zwijarki 9, gdzie taśma 8 jest z powrotem zwijana. W celu przeprowadzenia zgrzewania punktowego, prąd zgrzewania, który jest dostarczany przez odpowiedni moduł mocy 19, jest kierowany przez elektrody 7. W ten sposób przedmioty obrabiane 2, 3 są ze sobą łączone przez zgrzeinę punktową powstającą podczas procesu zgrzewania punktowego. Zazwyczaj moduł mocy 19 w celu dostarczania prądu zgrzewania znajduje się poza urządzeniem 1 do zgrzewania oporowego, tak jak przedstawiono schematycznie na Fig. 1. Prąd zgrzewania jest prowadzony za pośrednictwem odpowiednich przewodów 11 do elektrod 7 wzgl. do wykonanych w postaci elektrycznie przewodzących ramion 5 pistoletu. Ze względu na amplitudę prądu zgrzewania w zakresie kilku kA wymagane są odpowiednio duże przekroje poprzeczne dla przewodów 11, przez co wynikają odpowiednio wysokie straty oporowe.

-

[0018] Ponadto, długie główne przewody doprowadzające prowadzą do zwiększonej indukcyjności przewodów 11, w związku z czym ograniczona jest częstotliwość przełączania, z którą działa transformator wielkoprądowy 12 źródła prądu 10, co daje w rezultacie bardzo duży transformator wielkoprądowy 12. W stanie techniki moduł mocy 19 znajduje się w szafie rozdzielczej obok robota do zgrzewania, tak że bardzo długie przewody zasilające, przykładowo aż do 30m, wymagane są do transformatora wielkoprądowego 12 dla pistoletu 4 do zgrzewania na robocie.

[0019] W przypadku rozwiązania osiąga się znaczną redukcję wagi oraz wielkości, tak że umożliwia się pozycjonowanie modułu mocy 19 bezpośrednio na robocie, w szczególności w obszarze chwytaków pistoletu. Dodatkowo moduł mocy 19 jest korzystnie wykonywany w taki sposób, że jest chłodzony wodą.

[0020] Fig. 2 przedstawia schematyczny schemat blokowy urządzenia 1 do zgrzewania oporowego ze źródłem prądu 10 w celu dostarczania prądu zgrzewania. Chociaż w przedstawionym przykładzie wykonania, źródło prądu 10 w celu dostarczania prądu zgrzewania służy dla urządzenia 1 do zgrzewania oporowego, to źródło prądu 10, w szczególności cała budowa zasilania w energię elektryczną, w celu dostarczania prądu stałego może być używane również do innych zastosowań. Źródło prądu 10 zawiera transformator wielkoprądowy 12 z co najmniej jednym uzwojeniem pierwotnym 13, co najmniej jednym uzwojeniem wtórnym 14 z odczepem środkowym oraz rdzeniem pierścieniowym 15. Prąd przekształcony za pomocą transformatora wielkoprądowego 12 jest prostowany w prostowniku synchronicznym 16 oraz doprowadzany do ramion 5 pistoletu wzgl.

-

[0021] elektrod 7 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego. Układ sterujący 17 przewidziany jest do sterowania prostownikiem synchronicznym 16. Układ sterujący 17 wysyła odpowiednie impulsy sterujące do elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 na podstawie przykładowo 5 zmierzonych za pośrednictwem przekładnika prądowego 18 prądów po stronie wtórnej transformatora wielkoprądowego 12.

[0022] Jak powszechnie wiadomo, ze względu na wielkie prądy zgrzewania poprzez sumę wymaganej długości przewodów występują zarówno znaczne straty oporowe i/lub straty indukcyjne, jak również straty przewodzenia i przełączania w elementach przełączających 24 prostownika synchronicznego 16. Obok występują straty również w prostowniku, w 15 zasilaniu dla prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Odpowiednio do tego, wynikający współczynnik sprawności tego rodzaju urządzenia 1 do zgrzewania oporowego jest niski.

[0023] W celu generowania prądu po stronie pierwotnej 20 transformatora wielkoprądowego 12 przewidziany jest moduł mocy 19, który jest umieszczony pomiędzy siecią zasilającą a źródłem prądu 10. Moduł mocy 19 udostępnia prąd po stronie pierwotnej dla transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła prądu 10 z pożądaną amplitudą oraz pożądaną 25 częstotliwością.

[0024] Fig. 3 przedstawia w schematycznym przedstawieniu urządzenie 1 do zgrzewania oporowego ze zintegrowanym źródłem prądu 10. Przy tym źródło prądu 10, w szczególności jako nośny element, jest umieszczone na pistolecie 4 do 30 zgrzewania wzgl. ramionach 5 pistoletu urządzenia 1 do zgrzewania oporowego, tak że przynajmniej część przewodów 11 w celu prowadzenia prądu zgrzewania do elektrod 7 może być pominięta, a tym samym długości przewodów są znacznie

skracane, ponieważ wymagane jest tylko połączenie z ramieniem 5 pistoletu. Źródło prądu 10 ma co najmniej cztery styki 20, 21, 22, 23 do tworzenia kontaktu wielopunktowego, przy czym dwa pierwsze styki 20, 21 o 5 jednej biegunowości są połączone z jednym ramieniem 5 pistoletu a dwa kolejne styki 22, 23 o przeciwnej biegunowości z drugim ramieniem 5 pistoletu. Korzystnie, dwa pierwsze styki 20, 21 o jednej biegunowości oraz dwa kolejne styki 22, 23 o przeciwnej biegunowości są 10 umieszczone każdorazowo przeciwległe, przy czym dwa kolejne styki 22, 23 umieszczone są w przemieszczeniu względem siebie zasadniczo o 90° w stosunku do dwóch pierwszych styków 20, 21. Dzięki kontaktowi wielopunktowemu możliwe jest uniknięcie przewodów, które są zazwyczaj wymagane w 15 celu łączenia strony wtórnej 14 transformatora wielkoprądowego 12 z ramionami 5 pistoletu wzgl. elektrodami 6 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego, lub można skracać ich długość i tym samym wyraźnie zredukować straty oporowe, jak również straty stykowe. Tak więc można 20 stosować możliwie krótkie przewody z możliwie dużymi przekrojami poprzecznymi, przy czym jednocześnie pozostaje zachowana elastyczność pistoletu 4 do zgrzewania. Kolejna zaleta tkwi w tym, że ze względu na tego rodzaju kontakt straty, w szczególności rezystancje przejściowe 25 zestyku, są redukowane. Ze względu na co najmniej cztery styki 20, 21, 22, 23 prąd zgrzewania przeznaczony do przesyłania może być według wynalazku zmniejszany o połowę, przez co uzyskuje się również redukcję strat przejściowych, ponieważ dzięki znacznemu zwiększeniu aktywnych powierzchni 30 stykowych redukowane są rezystancje przejściowe. Przykładowo, każdy z czterech styków 20, 21, 22, 23 ma przy wymiarowaniu transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła

prądu 10 dla dostarczenia prądu stałego 20kA powierzchnię pomiędzy 15cm x 15cm a 25cm x 25cm, korzystnie 20cm x 20cm.

[0025] W przedstawionym przykładzie, źródło prądu 10 ma zasadniczo postać sześciianu, przy czym powierzchnie boczne sześciianu tworzą styki 20, 21, 22, 23. Oba pierwsze styki 20, 21 są łączone z jedną elektrodą 7 a dwa kolejne styki 22, 23 z drugą elektrodą 7 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego za pośrednictwem ramion 5 pistoletu. Jak wynika z częściowego widoku zespołu rozebranego, co najmniej jedno ramię 5 pistoletu, w szczególności dolne ramię 5 pistoletu, jest połączone za pośrednictwem nośnego elementu 23a dolnego ramienia 5 pistoletu, podczas gdy kolejne, w szczególności górne ramię 5 pistoletu jest połączone za pośrednictwem elastycznego zacisku łączącego 23b z kolejnymi stykami 22, 23. Co najmniej jedno ramię 5 pistoletu jest więc połączone bezpośrednio z transformatorem wielkoprądowym 12 a kolejne ramię 5 pistoletu z nim za pośrednictwem bardzo krótkiego przewodu, przykładowo krótszego niż 50cm. Dzięki temu, że przewody 11 pomiędzy źródłem prądu 10 a elektrodami 7 wzgl. ramionami 5 pistoletu urządzenia 1 do zgrzewania oporowego są pomijane wzgl. są szczególnie krótkie, straty oporowe i indukcyjne mogą być wyraźnie zredukowane.

[0026] Szczególne korzyści wynikają wtedy, gdy co najmniej dwa styki 20, 21 są łączone bezpośrednio wzgl. bezprzewodowo, a tym samym bez rezystancji przejściowej zestyku z ramieniem 5 pistoletu. Można to osiągać w ten sposób, że w źródle prądu 10 te oba styki 20, 21 są quasi zintegrowane, które są łączone z odpowiednimi częściami urządzenia 1 do zgrzewania oporowego, w szczególności ramionami 5 pistoletu, bezpośrednio, a więc bez układania przewodów. Przez bezpośrednie połączenie ramienia 5 pistoletu ze stykami 20, 21 transformatora wielkoprądowego

12 można tym samym osiągać bezprzewodowe połączenie, podczas gdy drugie ramię 5 pistoletu z bardzo krótkimi przewodami musi być łączone ze stykami 22, 23. Tym samym można uzyskiwać bardzo wysoką redukcję strat

5 przewodzenia, ponieważ długości przewodów są redukowane do minimum. W stanie techniki transformator wielkoprądowy jest w optymalnym przypadku pozycjonowany możliwie blisko na pistolecie 4 do zgrzewania, tak że następnie muszą być

10 kładzione przewody od transformatora wielkoprądowego 12 do pistoletu 4 do zgrzewania, podczas gdy transformator wielkoprądowy 12 jest zintegrowany w pistolecie 4 do zgrzewania i jednocześnie jedno ramię 5 pistoletu jest umocowane bezpośrednio do transformatora wielkoprądowego

15 12, tak że musi być podłączane jeszcze tylko drugie ramię 5 pistoletu z jednym wzgl. z dwoma krótkimi przewodami. Oczywiście, zamiast przewodów mogą być stosowane również przykładowo styki ślizgowe lub inne elementy złączne. Także straty wewnątrz źródła prądu 10 mogą być wyraźnie

20 zmniejszane ze względu na zwarty rodzaj budowy oraz bezpośrednio, a więc bezprzewodowe połączenie komponentów źródła prądu 10.

[0027] Korzystnie, wszystkie komponenty źródła prądu 10, a więc również prostownik synchroniczny 16, układ sterujący 17, przekładniki prądowe 18 oraz wszystkie układy

25 zasilające dla prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 są zawarte w jednostce w kształcie sześcianu wzgl. prostopadłościanu. Oznacza to, że przez integrację elektronicznych komponentów/układów stwarza się jednostkę w postaci sześcianu, na której użytkownik po stronie

30 pierwotnej musi dostarczyć tylko energii w postaci odpowiedniego napięcia przemiennego wzgl. odpowiedniego prądu przemiennego, aby otrzymać po stronie wtórnej odpowiednio zwymiarowany prąd stały wzgl. odpowiednio

zwymerowane napięcie stałe z dużą mocą. Sterowanie oraz regulowanie jest przeprowadzane autarkicznie w sześciannie wzgl. źródle prądu 10. Tym samym sześciannie wzgl. źródło prądu 10 może być wielostronnie stosowany do zasilania 5 komponentów w wielki prąd stały. W szczególności źródło prądu 10 służy do zasilania w małe napięcie oraz w wielki prąd, tak jak to jest ogólnie przyjęte podczas procesów zgrzewania oporowego.

[0028] W przypadku zastosowania w procesie zgrzewania oporowego również części źródła prądu 10 mającego postać sześciannie mogą być utworzone przez komponenty urządzenia 1 do zgrzewania oporowego, przykładowo części ramion 5 pistoletu lub tym podobne, tak jak to jest przedstawione. Przy tym sześciannie wzgl. źródło prądu 10 przejmuje główną 15 funkcję poprzez to, że ramię 5 pistoletu jest umocowane bezpośrednio do sześciannie. Kolejne ramię 5 pistoletu styka się za pośrednictwem przewodów łączących (nie przedstawione). Dzięki tej budowie można zapobiegać długim przewodom doprowadzającym, tak że osiąga się znaczącą 20 redukcję strat. Aby sześciannie mógł być jednak integrowany w tego rodzaju pistolecie 4 do zgrzewania, jest wymagane to, że utrzymywana jest możliwie mała jego wielkość. Przykładowo, sześciannie wzgl. źródło prądu 10 ma przy wymiarowaniu prądu stałego przeznaczonego do dostarczenia 25 aż do 20kA długość boczną pomiędzy 10cm a 20cm, w szczególności 15cm. Dzięki tej zwartej postaci wykonania źródła prądu 10 w kształcie sześciannie możliwa jest w łatwy sposób jego integracja przykładowo w korpusie pistoletu 4 do zgrzewania.

30 [0029] Fig. 4 przedstawia schematyczny schemat blokowy źródła prądu 10 w celu dostarczania prądu stałego, w szczególności prądu zgrzewania. W przypadku tego korzystnego wariantu wykonania źródła prądu 10, połączonych

szeregowo jest dziesięć uzwojeń pierwotnych 13 transformatora wielkoprądowego 12 oraz połączonych równolegle dziesięć uzwojeń wtórnych 14 transformatora wielkoprądowego 12 z odczepem środkowym. Przez tego rodzaju

5 wykonanie transformatora wielkoprądowego 12 można osiągać odpowiednio wysokie przełożenie przekładni w celu uzyskania odpowiednio wielkiego prądu po stronie wtórnej również przy małej liczbie zwojów uzwojenia pierwotnego 13 oraz małej liczbie zwojów uzwojenia wtórnego 14. Przykładowo, z

10 dziesięcioma uzwojeniami pierwotnymi 13 oraz również dziesięcioma uzwojeniami wtórnymi 14 można osiągać przełożenie przekładni 100. Prąd pierwotny przepływa przez połączone szeregowo uzwojenia pierwotne 13 transformatora wielkoprądowego 12, podczas gdy stosunkowo wielki prąd po

15 stronie wtórnej jest dzielony na dziesięć połączonych równolegle uzwojeń wtórnych 14. Prądy cząstkowe po stronie wtórnej są doprowadzane do odpowiednich elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16. Przez tego rodzaju podział powstaje pomimo małych liczb

20 zwojów po stronie pierwotnej oraz wtórnej odpowiednio wysokie przełożenie przekładni (tutaj 100). Dzięki takiej konstrukcji wymagane są w przeciwieństwie do konwencjonalnych transformatorów wielkoprądowych po stronie pierwotnej mniejsze liczby zwojów, przez co może być

25 zmniejszana długość uzwojenia pierwotnego 13 oraz w ten sposób mogą być zredukowane straty oporowe. Dzięki zredukowanej liczbie zwojów uzwojenia pierwotnego 13, a tym samym wynikającej z tego redukcji długości przewodów zmniejszana jest natomiast typowa dla systemu

30 indukcyjność rozproszenia transformatora wielkoprądowego 12, przez co transformator wielkoprądowy 12 może działać z wyższymi częstotliwościami przełączania, przykładowo 10kHz. Wyższe w stosunku do konwencjonalnych transformatorów

wielkopiędowych częstotliwości przełączania powodują natomiast zmniejszenie wielkości oraz wagi transformatora wielkopiędowego 12 a tym samym korzystne możliwości instalacji. Tym samym transformator wielkopiędowy 12 może
5 być pozycjonowany przykładowo bardzo blisko na elektrodach 7 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego. Tak więc może być zmniejszane również obciążenie graniczne robota do zgrzewania ze względu na małą wagę transformatora wielkopiędowego 12, tak że wystarczający jest mały tańszy
10 robot do zgrzewania.

[0030] Konwencjonalne transformatory, w przypadku których nie zachodzi układ szeregowy/równoległy uzwojenia pierwotnego oraz wtórnego, wymagałyby odpowiednio więcej zwojów pierwotnych, co powodowałoby zasadniczo dłuższe
15 długości drutu po stronie pierwotnej. Ze względu na większą długość drutu wzrastają z jednej strony straty oporowe oraz wynika z drugiej strony wyższa indukcyjność rozproszenia, w związku z czym częstotliwości, z którymi może działać transformator ze stanu techniki, są ograniczone do
20 kilku kHz.

[0031] W przeciwieństwie do tego, w opisanej tutaj konstrukcji transformatora wielkopiędowego 12 straty oporowe oraz uwarunkowana przez system indukcyjność rozproszenia uzwojeń pierwotnych 13 oraz uzwojeń wtórnych
25 14 są mniejsze, w związku z czym mogą być stosowane częstotliwości w zakresie 10kHz i więcej. W ten sposób może być natomiast osiągnęta znacznie mniejsza wielkość transformatora wielkopiędowego 12. Mniejsza wielkość transformatora wielkopiędowego 12 wzgl. źródła prądu 10
30 umożliwia natomiast umieszczanie tego transformatora wielkopiędowego 12 wzgl. tego źródła prądu 10 bliżej do miejsca, gdzie potrzebny jest wygenerowany prąd,

przykładowo na ramionach 5 pistoletu urządzenia 1 do zgrzewania oporowego.

[0032] Przez układ równoległy uzwojeń wtórnych 14 transformatora wielkoprądowego 12 dzielony jest wynikający 5 wielki prąd po stronie wtórnej na wiele prądów cząstkowych. Te prądy cząstkowe są kierowane dalej do elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16, tak jak to jest schematycznie przedstawione. Do aktywowania 10 elementów przełączających 24 przewidziany jest układ sterujący 17, który jest wrysowany w obszarze uzwojenia pierwotnego 13 oraz uzwojenia wtórnego 14, przy czym zarówno prostownik synchroniczny 16, jak również układ 15 sterujący 17 z przynależną do niego sensoryką są umieszczone wewnątrz sześcianu, a więc wewnątrz transformatora wielkoprądowego 12. Prostownik synchroniczny 16 oraz układ sterujący 17 są przy tym wykonane oraz 20 zwymiarowane tak, że te autarkicznie, a więc bez wpływu z zewnątrz, przeprowadzają regulowanie oraz sterowanie źródłem prądu 10. Sześcian nie ma zatem korzystnie 25 przewodów sterujących dla interwencji z zewnątrz, lecz wyłącznie złącza wzgl. styki dla zasilania po stronie pierwotnej oraz złącza wzgl. styki dla dostarczania wygenerowanej energii po stronie wtórnej, w szczególności 30 wielkiego wtórnego prądu stałego.

[0033] Jednakże możliwe jest, że wyprowadzane jest 25 odpowiednie złącze układu sterującego 17, aby móc podawać układowi sterującemu 17 wartości zadane. Przez zewnętrzne 30 dopasowania, źródło prądu 10 może być optymalnie dostosowywane do obszaru zastosowania. Jak wiadomo ze stanu techniki, stosowane mogą być jednak systemy w celu 35 zmieniania lub przesyłania danych, które pracują bezprzewodowo, korzystnie indukcyjnie, magnetycznie lub za

pośrednictwem *Bluetooth*, tak że nie musi być wyprowadzane żadne złącze sterujące.

[0034] Sterowanie i/lub regulowanie źródłem prądu 10 następuje za pośrednictwem zintegrowanej sensoryki. 5 Przez pomiar prądów po stronie wtórnej uzwojenia wtórnego 14 za pomocą odpowiednich przekładników prądowych 18, układ sterujący 17 otrzymuje informację, w jakich momentach elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 10 powinny być przełączane. W ten sposób, że przekładniki prądowe 18 mierzą tylko cząstkę, tutaj jedną dziesiątą, prądu po stronie wtórnej transformatora wielkoprądowego 12, mogą mieć one mniejszą postać, co ponownie pozytywnie wpływa na wielkość źródła prądu 10.

[0035] W celu zmniejszenia strat przewodzenia oraz 15 przełączania elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są przełączane możliwie przy przejściu przez zero prądów po stronie wtórnej przez uzwojenia wtórne 14 transformatora wielkoprądowego 12. Ponieważ od wykrycia przejścia przez zero prądu po stronie wtórnej przez 20 przekładniki prądowe 18 aż do aktywacji elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 dochodzi do pewnych opóźnień, to układ sterujący 17 jest wykonany do tego, aby przełączać elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 w domyślnie ustawionym momencie przed 25 osiągnięciem przejścia przez zero prądu w uzwojeniu wtórnym 14. Układ sterujący 17 powoduje więc przełączenie elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 w momencie, w którym prądy zmierzone przez przekładniki prądowe 18 w uzwojeniu wtórnym 14 transformatora 30 wielkoprądowego 12 nie przekroczyły wzgl. przekroczyły określony próg włączenia i wyłączenia. Dzięki takiemu zabiegowi można osiągać to, że elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są przełączane zasadniczo

podczas przejścia przez zero prądów przez uzwojenie wtórne 14 transformatora wielkoprądowego 12, przez co mogą być minimalizowane straty przewodzenia i przełączania (patrz również Fig. 16).

5 [0036] Dla uzwojenia pierwotnego 13 oraz uzwojenia wtórnego 14 wrysowany jest na Fig. 4 również układ zasilający 48 do zasilania w energię elektryczną prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Również ten układ zasilający 48 jest korzystnie zintegrowany w źródle prądu 10, a więc w
10 sześciianie. Ponieważ musi być zagwarantowane zasilanie w dostateczną energię elektryczną prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 źródła prądu 10 w pożądanym momencie dostarczenia prądu stałego, przykładowo prądu zgrzewania, to wymagana jest dostatecznie szybka aktywacja
15 układu zasilającego 48 (patrz Fig. 15), wzgl. jest on tak zaprojektowany, że przy aktywacji źródła prądu 10 możliwie szybko dostępne jest dostatecznie wysokie napięcie zasilające, a następnie dostarczana jest potrzebna moc wzgl. potrzebny prąd.

20 [0037] Fig. 5 przedstawia w powiększonym przedstawieniu przykład wykonania źródła prądu 10 według Figury 3. Źródło prądu 10 w celu dostarczania prądu stałego, przykładowo prądu zgrzewania, ma zasadniczo postać sześciianu wzgl. prostopadłościanu, przy czym powierzchnie
25 boczne sześciianu wzgl. prostopadłościanu stanowią styki 20, 21, 22, 23, za pośrednictwem których może być kierowany dalej wygenerowany prąd stały do odpowiedniego urządzenia odbiorczego, przykładowo ramiona 5 pistoletu wzgl. elektrody 7 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego.
30 Wszystkie komponenty źródła prądu 10, a więc transformator wielkoprądowy 12, prostownik synchroniczny 16, układ sterujący 17, przekładniki prądowe 18, układ zasilający 48 itd. są zawarte wzgl. zintegrowane w tym elemencie w

kształcie sześciianu wzgl. prostopadłościanu źródła prądu 10. Przez ten rodzaj budowy mogą być utrzymywane szczególnie małe straty źródła prądu 10 i tym samym może być wyraźnie zwiększany ich współczynnik sprawności, 5 ponieważ uzyskuje się w sześciannie optymalne skrócenie przewodów i tym samym czasów przełączania z integracją elektronicznych komponentów, w szczególności płytek obwodu drukowanego z prostownikiem synchronicznym 16, układem sterującym 17 oraz układem zasilającym 48.

10 Dzięki integracji prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 jak też układu zasilającego 48 źródła prądu 10 w transformatorze wielkoprądowym 12, jak również dzięki układowi równoległemu wielu elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 oraz 15 bezprzewodowemu połączeniu elementów przełączających 24 z uzwojeniami wtórnymi 14 transformatora wielkoprądowego 12 nie są wymagane żadne przewody pomiędzy prostownikiem synchronicznym 16 a stroną wtórną 14 transformatora wielkoprądowego 12, przez co dzięki takim przewodom 20 pomijane są również wszelkie straty oporowe i kolejne straty. Moduł mocy 19 dla zasilania transformatora wielkoprądowego 12 jest pozycjonowany możliwie blisko do niego, w celu uzyskania możliwie krótkich przewodów połączeniowych, a tym samym możliwie małych strat 25 przewodzenia i indukcyjności przewodów. Przez integrację wszystkich komponentów tworzona jest autarkiczna jednostka, która musi być łączona po stronie wejściowej tylko z modułem mocy 19 a po stronie wyjściowej - w przypadku urządzenia 1 do zgrzewania oporowego - z ramionami 5 30 pistoletu wzgl. elektrodami 7. Zwykle przewody pomiędzy poszczególnymi układami źródła prądu 10 można pominąć lub przynajmniej wyraźnie zredukować ich długości.

[0038] Podstawę transformatora wielkoprowadowego 12 źródła prądu 10 tworzy element transformatora w postaci belki dwuteowej 25 z materiału przewodzącego prąd elektryczny, w szczególności miedzi lub stopu miedzi, co najwyżej z 5 powłoka, przykładowo ze srebra. We wgłębieniach 25a belki dwuteowej 25 są umieszczane po obu stronach rdzenie pierścieniowe 15 z uzwojeniami wtórnymi 14 transformatora wielkoprowadowego 12. Pod względem przestrzenni korzystne jest, gdy rdzenie pierścieniowe 15 mają przekrój poprzeczny 10 nie kołisty lecz owalny wzgl. płaski. W przedstawionym przykładzie wykonania, w każdym wgłębieniu 25a belki dwuteowej 25 umieszczonych jest równolegle każdorazowo pięć rdzeni pierścieniowych 15 z odpowiednimi uzwojeniami wtórnymi 14. Uzwojenie pierwotne 13 wzgl. uzwojenia 15 pierwotne 13 połączone wzajemnie szeregowo (linia kreska-kropka) przebiegają przez rdzenie pierścieniowe 15 umieszczone we wgłębieniach 25a belki dwuteowej 25 oraz 20 średnik środkowy belki dwuteowej 25. Przez ten przebieg uzwojenia pierwotnego 13 przez rdzenie pierścieniowe 15 w szczególności umieszczone symetrycznie w obu wgłębieniach 25a belki dwuteowej 25 można osiągać optymalne sprzężenie magnetyczne do uzwojeń wtórnych 14. Złącza 26 uzwojenia pierwotnego 13 są wyprowadzane poprzez co najmniej jeden otwór 27 na powierzchni zewnętrznej 28 belki dwuteowej 25. 25 Za pośrednictwem tych złączy 26 uzwojenie pierwotne 13 transformatora wielkoprowadowego 12 może być łączone z odpowiednim modułem mocy 19. Powierzchnie zewnętrzne 28 belki dwuteowej 25 tworzą oba pierwsze styki 20, 21 źródła prądu 10, które przykładowo są łączone z jedną elektrodą 7 30 urządzenia 1 do zgrzewania oporowego.

[0039] Nad wgłębieniami 25a belki dwuteowej 25 znajdują się płytki stykowe 29, których powierzchnie zewnętrzne tworzą oba kolejne styki 22, 23 źródła prądu 10 oraz są izolowane

w stosunku do belki dwuteowej 25. Płytki stykowe 29 są utworzone również z materiału przewodzącego prąd elektryczny, przykładowo miedzi lub stopu miedzi, co najwyżej z powłoką, przykładowo ze srebra. Miedź lub stopy miedzi mają optymalne elektryczne właściwości oraz wykazują dobrą przewodność cieplną, przez co mogą być szybciej odprowadzane występujące straty ciepła. Srebrna powłoka zapobiega utlenianiu miedzi wzgl. stopu miedzi. Zamiast miedzi lub stopów miedzi wchodzi w rachubę również aluminium lub stopy aluminium, które w stosunku do miedzi są korzystne pod względem wagi, chociaż odporność na korozję nie jest tak wysoka. Zamiast srebrnej powłoki możliwa jest również powłoka z cyny lub innych materiałów lub ich połączeń wzgl. warstw. Pomiędzy płytkami stykowymi 29 a odpowiednimi złączami uzwojeń wtórnych 14 transformatora wielkoprądowego 12 umieszczone są płytki 35 obwodu drukowanego prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Te płytki 35 obwodu drukowanego wzgl. płytki drukowane są bezpośrednio na płytkach stykowych 29 lutowane oraz są następnie w izolowany sposób mocowane do belki dwuteowej 25. Dzięki takiemu rodzajowi budowy złącza po stronie wtórnej transformatora wielkoprądowego 12 mogą być łączone wzgl. stykane bezpośrednio z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16, bez konieczności układania przewodów. Wyjścia prostownika synchronicznego 16 są korzystnie połączone również bezpośrednio z płytkami stykowymi 29, przez co nie potrzebne są żadne przewody. Płytki stykowe 29 są łączone z belką dwuteową 25, korzystnie łączone śrubami (nie przedstawiono). Na powierzchniach zewnętrznych 28 belki dwuteowej 25, jak również powierzchniach zewnętrznych płytek stykowych 29 mogą być umieszczone zespoły łączące 30, przykładowo otwory obrobione z odpowiednimi gwintami do

przyjmowania śrub. Za pośrednictwem tych zespołów łączących 30 mogą być mocowane przykładowo przewody do ramion 5 pistoletu urządzenia 1 do zgrzewania oporowego lub do innych sprzętów, które mają być zasilane w prąd stały, lub 5 ramię 5 pistoletu może być mocowane bezpośrednio do belki dwuteowej 25 lub do płytek stykowych 29.

[0040] Płytki przykrywające 31 mogą być umieszczone na górnej stronie i dolnej stronie źródła prądu 10 w kształcie sześciianu wzgl. prostopadłościanu oraz mogą być połączone z 10 belką dwuteową 25 i płytkami stykowymi 29, przykładowo mogą być połączone śrubami (patrz Fig. 6). Korzystnie, płytki przykrywające 31 są utworzone również z materiału przewodzącego prąd elektryczny oraz są połączone śrubami z 15 płytkami stykowymi 29, przez co powstaje stabilna jednostka transformatora wielkoprądowego 12 jak też za pośrednictwem płytek przykrywających 31 wytwarzane jest również elektryczne połączenie pomiędzy płytkami stykowymi 29. W ten sposób osiąga się to, że za pośrednictwem płytki przykrywającej 31 ma miejsce wyrównanie ładowania i tym 20 samym nie może dojść do żadnych asymetrycznych obciążeń transformatora wielkoprądowego 12. W ten sposób można pominąć oddzielny elektryczny przewód, który elektrycznie łączyłby ze sobą obie płytki stykowe 29, w celu wytworzenia wyrównania napięcia wzgl. potencjałów oraz uniknięcia 25 asymetrii. Za pośrednictwem płytek przykrywających 31 wytwarza się więc elektryczne połączenie obu płytek stykowych 29 symetrycznego rozmieszczenia transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła prądu 10 w celu dostarczania prądu zgrzewania. W tym przypadku oczywiście 30 musi być zagwarantowana odpowiednia izolacja do belki dwuteowej 25. Płytki przykrywające 31 są, tak jak belka dwuteowa 25 oraz płytki stykowe 29, utworzone korzystnie z miedzi lub stopu miedzi, korzystnie ze srebrną powłoką.

[0041] Na jednej powierzchni zewnętrznej 28 belki dwuteowej 25, w szczególności pierwszym styku 20 są umieszczone dwa wloty 32 w celu doprowadzania płynu chłodzącego oraz jeden wylot 33 w celu odprowadzania płynu chłodzącego, aby
5 umożliwić chłodzenie komponentów źródła prądu 10. Przekrój poprzeczny wylotu 33 w celu odprowadzania płynu chłodzącego ma sumę przekrojów poprzecznych wszystkich wlotów 32 w celu doprowadzania płynu chłodzącego. Dla optymalnego przebiegu płynu chłodzącego są odpowiednio umieszczone kanały
10 chłodzące 39 (patrz Figura 9 oraz 11). Jako płyn chłodzący może być stosowana woda lub inna ciecz, jak również czynnik chłodzący w postaci gazowej.

[0042] Jak można zobaczyć w widoku zespołu rozebranego źródła prądu 10 według Fig. 6, przekładniki prądowe 18 do
15 pomiaru prądów po stronie wtórnej transformatora wielkoprądowego 12 są ulokowane bezpośrednio na umieszczonych na samej górze uzwojeniach wtórnych 14, tzn., każdorazowo na pierwszym wzgl. najwyższym uzwojeniu wtórnym 14 po obu stronach belki dwuteowej 25 umieszczony jest
20 przekładnik prądowy 18 tak, że na podstawie wzbudzonego prądu może być ustalany prąd przez to uzwojenie wtórne 14. W celu uniknięcia wpływania obcych pól magnetycznych na prądy zmierzone przez przekładniki prądowe 18, obudowa 34 z materiału przewodzącego prąd elektryczny, przykładowo
25 ferrytów, jest korzystnie w celu osłony umieszczona nad przekładnikami prądowymi 18.

[0043] Przekładniki prądowe 18 są umieszczone po obu stronach belki dwuteowej 25 na każdorazowo pierwszym i drugim uzwojeniu wtórnym 14. Ze względu na przepływ prądu
30 przez uzwojenia pierwotne 13, prąd na jednej stronie belki dwuteowej 25 występuje, przez co najwyższe uzwojenie wtórne 14 tworzy pierwsze uzwojenie wtórne 14, podczas gdy na przeciwległej stronie, prąd teraz wstępuje do najwyższego

uzwojenia wtórnego 14 i tym samym tworzy drugie uzwojenie wtórne. Przez zastosowanie pełnego mostka wymagane jest, że przepływ prądu jest wykrywany zawsze przez pierwsze oraz drugie uzwojenie wtórne 14 niezależnie od siebie, tak że w miarę od zależności prądu mogą być sterowane odpowiadające elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16. Tym samym możliwe jest, że elementy przełączające 24 obu stron belki dwuteowej 25 są sterowane prawie synchronicznie przez sygnał sterujący wywołany przez przekładnik prądowy 18.

[0044] Pomiędzy płytkami stykowymi 29 a belką dwuteową 25 umieszczone są płytki 35 obwodu drukowanego prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Płytki 35 obwodu drukowanego tworzą jednocześnie konieczną izolację pomiędzy belką dwuteową a płytkami stykowymi 29. Odpowiednie elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są stykane bezpośrednio z uzwojeniami wtórnymi 14 transformatora wielkoprądowego 12. Za pośrednictwem odpowiednich wypukłości 36, w szczególności wypukłości w kształcie ząbków, na powierzchni wewnętrznej płytki stykowej 29 oraz odpowiednich otworów 37 na płytce 35 obwodu drukowanego poniżej elementów przełączających 24 może następować bezpośredni kontakt elementów przełączających 24 z płytkami stykowymi 29. Elementy przełączające 24 są utworzone korzystnie przez nadające się tranzystory polowe, których złącza w postaci drenów są utworzone przez ich obudowy. Obudowy tranzystorów polowych są łączone bezpośrednio wzgl. bezprzewodowo z co najmniej jednym uzwojeniem wtórnym 14 transformatora wielkoprądowego 12, tak że nie są wymagane żadne przewody pomiędzy tymi jednostkami. Przykładowo, stosowane są tranzystory polowe z krzemu lub azotku galu. Przekładniki prądowe 18 są łączone bezpośrednio z

umieszczoną obok płytką 35 obwodu drukowanego prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 oraz za pośrednictwem nadającego się przewodu 38 z przeciwległą płytką 35 obwodu drukowanego prostownika synchronicznego 16
5 oraz układu sterującego 17.

[0045] Składanie konstrukcji źródła prądu 10 według Fig. 5 oraz 6 następuje według wynalazku za pomocą procesu lutowania przy zastosowaniu dwóch różnych temperatur lutowania. Najpierw są łączone uzwojenia wtórne 14 z
10 wgłębieniami 25a belki dwuteowej 25 przy zastosowaniu materiału lutowniczego, w szczególności cyny lutowniczej, który topi się przy pierwszej, wyższej temperaturze T_{s1} , przykładowo 260°C . Również płytki stykowe 29 są stykane z płytkami 35 obwodu drukowanego przy zastosowaniu materiału
15 lutowniczego, który topi się przy pierwszej, wyższej temperaturze topnienia T_{s1} , przykładowo 260°C . Następnie montowane są elementy prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 na płytce 35 obwodu drukowanego znów przy zastosowaniu materiału lutowniczego,
20 który topi się przy pierwszej temperaturze topnienia T_{s1} , przykładowo 260°C . Przez oddziaływanie kapilarne płytki 35 obwodu drukowanego na płytce stykowej 29 nie ma niebezpieczeństwa oddzielenia płytki 35 obwodu drukowanego od płytki stykowej 29. Po tych etapach pracy, styki po
25 stronie zewnętrznej uzwojeń wtórnych 14 oraz styki na płytkach 35 obwodu drukowanego są spryskiwane materiałem lutowniczym z drugą, niższą w stosunku do pierwszej temperatury topnienia T_{s1} , temperaturą topnienia T_{s2} , przykładowo 180°C , płytki stykowe 29 są łączone, korzystnie
30 łączone śrubami, z płytkami 35 obwodu drukowanego z belką dwuteową 25, oraz następnie są podgrzewane za pośrednictwem drugiej temperatury topnienia T_{s2} materiału lutowniczego, przykładowo 180°C , tak że wytwarzane jest połączenie

uzwojeń wtórnych 14 z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16. Przez zastosowanie materiału lutowniczego z tą drugą, niższą temperaturą topnienia T_{S2} może być zapewniane to, że połączenia lutownicze wytworzone za pomocą materiału lutowniczego z wyższą temperaturą topnienia T_{S1} nie roztopią się wzgl. nie staną się wysokoomowe przez procesy krystalizacji. W końcu, uzwojenie pierwotne 13 jest przeciągane przez rdzenie pierścieniowe 15, a następnie przekładniki prądowe 18 są montowane oraz stykane i układany jest przewód 38. Dzięki umocowaniu płytek przykrywających 31 finalizowane jest źródło prądu 10. W celu zmniejszenia sił rozciągających oraz gnących na komponentach źródła prądu 10 mogą być zalewane wszystkie puste przestrzenie przed montażem płytek przykrywających 31. Za pośrednictwem przewidzianych do tego otworów (nie przedstawionych) przykładowo w płytkach przykrywających 31 może następować zalewanie również po montażu płytek przykrywających 31.

[0046] Fig. 7 przedstawia źródło prądu 10 według Fig. 5 oraz 6 z nakreślonym przebiegiem kanałów chłodzących 39 (narysowane za pomocą linii przerywanych). W związku z tym, kanały chłodzące 39 przebiegają od obu symetrycznie umieszczonych wlotów 32 najpierw do płytek stykowych 29, gdzie najmocniejsze źródła ciepła (elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 oraz elementy układu sterującego 17) oraz najczulsze elementy są chłodzone przy użyciu chłodnego płynu chłodzącego. Następnie kanały chłodzące 39 przebiegają do elementów zewnętrznych belki dwuteowej 25 oraz do środka środkowego belki dwuteowej 25, gdzie chłodzone są uzwojenia transformatora wielkoprądowego 12, przy czym oba napływające bocznie kanały chłodzące 39 w środku środkowym gromadzą się do jednego kanału chłodzącego 39. Następnie kanały chłodzące

- 39 uchodzą do wspólnego wylotu 33 dla płynu chłodzącego. Kanały chłodzące w płytkach stykowych 29 oraz belce dwuteowej 25 są wytwarzane korzystnie przez odpowiednie otwory obrobione 40, które są zamykane w odpowiednich miejscach przez elementy zamykające 41. Pomędzy belką dwuteową 25 a płytkami stykowymi 29 umieszczane są w celu uszczelniania kanałów chłodzących 39 odpowiednie elementy uszczelniające 42, przykładowo pierścienie uszczelniające o przekroju okrągłym (patrz Fig. 8).
- 10 **[0047]** Na Fig. 8 przedstawiona jest belka dwuteowa 25 transformatora wielkoprądowego 12 izolowana od innych komponentów transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła prądu 10. W miejscach ujścia kanałów chłodzących 39 umieszczone są wspomniane powyżej elementy uszczelniające 15 42, przykładowo w postaci pierścieni uszczelniających o przekroju okrągłym. Wgłębienia 25a w belce dwuteowej 25 są wykonane dokładnie do przyjmowania rdzenia pierścieniowego 15, przez co osiąga się bardzo zwartą budowę. Jednocześnie środek środkowy belki dwuteowej 25 tworzy 20 powierzchnię stykową dla odczepu środkowego uzwojeń wtórnych 14 transformatora wielkoprądowego 12. Odczepy środkowe uzwojeń wtórnych 14 są łączone bezprzewodowo ze środkiem środkowym belki dwuteowej 25, przez co znowu mogą być pominięte odpowiednie przewody. 25 Przez bezpośrednie powiązanie uzwojeń wtórnych 14 na belce dwuteowej 25 uzyskuje się również znaczne zwiększenie powierzchni połączeniowej oraz można w związku z tym ponownie unikać strat przejściowych oraz strat przewodzenia.
- 30 **[0048]** Belka dwuteowa 25 tworzy podstawę transformatora wielkoprądowego 12, wokół której uzwojenia wtórne 14 są umieszczone tak, że nie są wymagane żadne przewody łączące. Powierzchnie zewnętrzne belki dwuteowej 25 stanowią dwa

pierwsze styki 20, 21 źródła prądu 10, które są łączone bezpośrednio, a więc bezprzewodowo, z ramionami 5 pistoletu urządzenia 1 do zgrzewania oporowego. Rozmieszczenie pozwalające zaoszczędzić miejsce jest uzyskiwane w ten sposób, że rdzenie pierścieniowe 15 mają postać nie okrągłą 5 lecz owalną wzgl. płaską. Korzystnie, stosowane są zamknięte rdzenie pierścieniowe 15. Dzięki takiemu utworzeniu może być realizowany układ szeregowy/równoległy uzwojeń pierwotnych 13 oraz uzwojeń wtórnych 14, przez 10 które osiąga się wymagane przełożenie przekładni transformatora wielkoprądowego 12 dla wielkiego prądu przeznaczonego do dostarczenia przy zredukowanych liczbach zwojów uzwojeń pierwotnych 13 oraz uzwojeń wtórnych 14. Tego rodzaju budowa opłaca się w szczególności wtedy, gdy 15 po każdej stronie belki dwuteowej 25 umieszczane są co najmniej trzy połączone równoległe uzwojenia wtórne 14.

[0049] Fig. 9 przedstawia obraz przekroju belki dwuteowej 25 z Fig. 8 wzdłuż linii przekroju IX-IX. Z tego wyraźnie wynika przebieg kanałów chłodzących 39 do wspólnego wylotu 20 33 dla płynu chłodzącego.

[0050] Fig. 10 przedstawia w powiększonym przedstawieniu płytkę stykową 29 transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła prądu 10, jak również umieszczoną nad nią płytkę 35 obwodu drukowanego dla prostownika synchronicznego 16 oraz 25 układu sterującego 17. Jak już wspomniano powyżej, elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są stykane na jednej stronie bezpośrednio z odpowiednimi uzwojeniami wtórnymi 14 transformatora wielkoprądowego 12 oraz łączone na innej stronie bezpośrednio z płytką stykową 29. 30 W tym celu, na płaszczyźnie wewnętrznej płytki stykowej 29 umieszczone są wypukłości 36, w szczególności wypukłości w kształcie ząbków, które wystają do odpowiednich otworów 37 na płycie 35 obwodu drukowanego i tam stykają się

bezpośrednio wzgl. bezprzewodowo złącza źródłowe elementów przełączających 24 umieszczonych nad otworami 37. Dzięki wypukłościom 36 można rezygnować z przewodów łączących pomiędzy elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 a płytkami stykowymi 29, 5 przez co z jednej strony mogą być zredukowane straty oporowe oraz z drugiej strony można poprawiać termiczne przejście pomiędzy elementami przełączającymi 24 a płytkami stykowymi 29. W końcu również jest zmniejszany nakład na wytwarzanie, 10 ponieważ nie muszą być kładzione i podłączane żadne przewody łączące, tylko elementy przełączające 24 są łączone, korzystnie przylutowywane, bezpośrednio z wypukłościami 36. Tak więc również umożliwiające jest proste pozycjonowanie płytki 35 obwodu drukowanego, a tym samym 15 można znacząco upraszczać wytwarzanie.

[0051] Dzięki rozmieszczeniu układu sterującego 17 oraz prostownika synchronicznego 16 na płytce 35 obwodu drukowanego, która jest umieszczana po stronie wewnętrznej płytki stykowej 29, może być uzyskiwany bezpośredni wzgl. 20 bezprzewodowy kontakt złączy uzwojeń wtórnych 14 z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 oraz również bezpośredni wzgl. bezprzewodowy, kontakt wyjść prostownika synchronicznego 16 z płytką stykową 29. Korzystnie, transformator wielkoprądowy 12 wzgl. źródło 25 prądu 10 w celu dostarczania prądu stałego jest zbudowany symetrycznie, przy czym po obu stronach symetrycznie umieszczonych uzwojeń wtórnych 14 umieszczona jest każdorazowo jedna płytka 35 obwodu drukowanego z częścią prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17 30 poza każdorazowo jedną płytką stykową 29.

[0052] W przypadku prostownika synchronicznego 16 według Fig. 10 umieszczonych jest w szeregu każdorazowo dziesięć elementów przełączających 24. Aby zapewnić, że wszystkie

połączone równoległe elementy przełączające 24 są zasadniczo jednocześnie sterowane oraz straty czasu przebiegu oddziałują tylko w niewielkim stopniu, następuje symetryczne sterowanie elementami przełączającymi 24 od obu
5 stron, tzn. korzystnie pięć elementów przełączających 24 sterowanych jest każdorazowo od prawej strony i lewej strony za pośrednictwem umieszczonych po obu stronach sterowników bramek. Również mogą być umieszczane inne warianty sterowania, przykładowo dodatkowo centralnie
10 przebiegający sterownik bramki, przez co długości przewodów oraz ich indukcyjności są dzielone na trzy. Przez tego rodzaju równoległe sterowanie bramką elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 są
zapewniane krótkie ścieżki sterowania i tym samym w
15 przybliżeniu synchroniczne czasy przełączania elementów przełączających 24, ponieważ straty czasu przebiegu nie występują wzgl. prawie nie występują.

[0053] Podczas montażu płytki 35 obwodu drukowanego na płytce stykowej 29 wystają wypukłości 36 płytki stykowej 29
20 przez otwory 37 w płytce 35 obwodu drukowanego, przez co jednocześnie strona odwrotna płytki 35 obwodu drukowanego może być bezpiecznie przylutowywana z płytką stykową 29 oraz dodatkowo elementy przełączające 24 umieszczone na
przeciwległej stronie również mogą być przylutowywane z
25 płytką stykową 29. Tym samym może być zbędny zwykły wysoki nakład na okablowanie. Również tym samym możliwe jest łatwe pozycjonowanie płytki 35 obwodu drukowanego na płytce stykowej 29 i ta nie może przesuwać się podczas przylutowania. Jeżeli na płytce 35 obwodu drukowanego
30 umieszczone są prostownik synchroniczny 16, układ sterujący 17 oraz układ zasilający 48, to można osiągać autarkiczną budowę przy integracji płytki 35 obwodu drukowanego w transformatorze wielkoprądowym 12. Ponadto zaletą jest

sytuacja, gdy układ sterujący 17 jest umieszczony na obu stronach umieszczonych równolegle i w szeregu elementów przełączających 24, ponieważ w ten sposób uzyskuje się skrócenie dróg przewodów do poszczególnych elementów przełączających 24. Tym samym może być zapewniane to, że w bardzo krótkim przedziale czasu włączane są wszystkie połączone równolegle elementy przełączające 24. Dzięki obustronnemu rozmieszczeniu układu sterującego 17 osiąga się zmniejszenie o połowę długości przewodów oraz idącą z tym w parze redukcję indukcyjności przewodów i w związku z tym istotne skrócenie czasów przełączania elementów przełączających 24. Na jednej stronie płytki 35 obwodu drukowanego przewidziana jest korzystnie na całej powierzchni dająca się przylutować powierzchnia do przylutowywania z płytką stykową 29, przez co można osiągać bezpieczne połączenie z płytką stykową 29. Tym samym mogą być znacząco zmniejszane rezystancje przejściowe, ponieważ powiązanie na całej powierzchni płytki 35 obwodu drukowanego ma mniejszą rezystancję przejściową. Zamiast korzystnego bezpośredniego łączenia przez lutowanie mogą być przewidziane również druty łączące, tak zwane druty połączeniowe.

[0054] Układ zasilający 48 jest korzystnie wykonany w celu tworzenia odpowiednio wielkich prądów przełączalnych, przykładowo pomiędzy 800A a 1500A, w szczególności 1000A, oraz w celu zasilania komponentów w odpowiednie napięcie zasilające. Ze względu na bardzo wielki prąd przełączalny może być osiągany bardzo mały czas przełączania, w szczególności w zakresie ns. Tym samym może być zapewniane to, że elementy przełączające 24 są przełączane zawsze przy przejściu przez zero oraz bezpośrednio krótko przed przejściem przez zero przy małym prądzie wyjściowym tak, że straty przełączania nie występują wzgl. prawie nie

występują. Jeżeli jest przewidziany układ transmisji danych w celu bezprzewodowego przesyłania danych, korzystnie indukcyjnie, magnetycznie lub za pośrednictwem *Bluetooth*, to mogą być przesyłane dane bezprzewodowo od i do płytki 35 obwodu drukowanego (nie przedstawiono). Tym samym może być dokonywane dopasowanie momentów przełączania do różnych obszarów zastosowania transformatora wielkoprądowego 12. Również z pamięci umieszczonej na płytce 35 obwodu drukowanego (nie przedstawiona) mogą być odczytywane dane dla dalszego przetwarzania lub kontroli wzgl. dla monitorowania jakości.

[0055] W celu stworzenia ochrony elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 przed przepięciami zaleta jest to, że elementy przełączające 24 są włączane, jeżeli nie są potrzebne. W przypadku zastosowania w urządzeniu 1 do zgrzewania oporowego aktywowany jest więc w przerwach w zgrzewaniu aktywny prostownik synchroniczny 16, aby zapobiec zniszczeniu elementów przełączających 24. Monitoruje się, czy prąd pierwotny wzgl. prąd wtórny płynie przez transformator wielkoprądowy 12, oraz w przypadku braku przepływu prądu, podczas gdy pistolet 4 do zgrzewania jest pozycjonowany odpowiednio dla nowej zgrzeiny punktowej, czy układ sterujący 17 aktywuje wszystkie elementy przełączające 24 przez odpowiednie sterowanie bramką. Jeżeli po pozycjonowaniu pistoletu 4 do zgrzewania aktywowane jest źródło prądu 10, a więc uruchamiany jest ręczny lub automatyczny proces zgrzewania, to do uzwojenia pierwotnego 13 transformatora wielkoprądowego 12 przykładane jest napięcie przemiennie, które z kolei jest rozpoznawane przez układ sterujący 17 na podstawie przepływu prądu, a tym samym dezaktywowany jest tryb ochrony elementów przełączających 24. Oczywiście aktywacja oraz dezaktywacja elementów przełączających 24 prostownika

synchronicznego 16 może następować również za pośrednictwem sygnałów sterujących, które są wysyłane za pośrednictwem radia lub indukcyjnie wzgl. magnetycznie do układu sterującego 17. Na włączonych elementach przełączających 24 wszelkie przepięcia nie mogą powodować szkód. Również może 5 być przewidywana pewna minimalna ochrona elementów przełączających 24 za pomocą diod Zenera.

[0056] Fig. 11 przedstawia obraz przekroju płytki stykowej 29 według Fig. 10 wzdłuż linii przekroju XI-XI. 10 Z tego wyraźnie wynika przebieg kanałów chłodzących 39. Wynikające z procesu wytwarzania otwory w otworach obrobionych 40 w celu tworzenia kanałów chłodzących 39 są uszczelniane przez odpowiednie elementy zamykające 41. Elementy zamykające 41 mogą być zrealizowane przez 15 odpowiednie śruby, które są wkręcane do odpowiednich gwintów w otworach obrobionych 40.

[0057] Fig. 12 przedstawia rdzeń pierścieniowy 15 z dwoma umieszczonymi na nim uzwojeniami wtórnymi 14 transformatora wielkoprądowego 12 wraz z umieszczonym powyżej 20 przekładnikiem prądowym 18, który został przedstawiony w widoku zespołu rozebranego. Przekładnik prądowy 18 jest chroniony za pomocą osłaniającej obudowy 34 oraz osłony 43 przed obcymi polami magnetycznymi, tak że prąd po stronie wtórnej może być możliwie dokładnie mierzony przez 25 uzwojenie wtórne 14 oraz może być doprowadzany do układu sterującego 17 w celu sterowania elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16. Szczególnie ferryty nadają się jako materiały do osłony przed polami magnetycznymi. Przekładnik prądowy 18 jest przy tym 30 pozycjonowany wzgl. mocowany nad obszarem częściowym jednego z obu umieszczonych uzwojeń wtórnych 14. Jak wiadomo ze stanu techniki, przekładnik prądowy 18 jest utworzony z magnetycznego rdzenia z umieszczonym nad nim

uzwojeniem, przy czym złącza uzwojenia są łączone z układem sterującym 17. Ponadto, pomiędzy rdzeniem pierścieniowym 15 a uzwojeniem wtórnym 14 umieszczona jest osłona 43 oraz blacha rdzeniowa dla przekładnika prądowego 18, przy czym
5 rdzeń przekładnika prądowego 18 jest nakładany na tę blachę rdzeniową.

[0058] W przypadku tej budowy transformatora wielkoprądowego 12 dwa tak zbudowane uzwojenia wtórne 14 są umieszczone po obu stronach belki dwuteowej 25, tak że
10 układ sterujący 17 mierzy przepływ prądu przez jeden z uzwojeń wtórnych 14 pozycjonowanych i połączonych równolegle na obu stronach. Jeżeli układ sterujący 17 jest połączony z tymi przekładnikami prądowymi 18, to możliwe staje się dokładne sterowanie wzgl. regulowanie, ponieważ
15 mogą być wykrywane za pośrednictwem przekładników prądowych 18 stany w transformatorze wielkoprądowym 12.

[0059] Na podstawie opisanego powyżej układu równoległego uzwojeń wtórnych 14, w każdym uzwojeniu wtórnym 14 płynie ten sam prąd. Tym samym prąd musi być pobierany tylko z
20 jednego uzwojenia wtórnego 14, aby móc wyciągnąć wniosek, w odniesieniu do całego przepływu prądu. W przypadku układu równoległego z dziesięcioma uzwojeniami wtórnymi 14 mierzona jest zatem przez przekładniki prądowe 18 tylko jedna dziesiąta całego przepływu prądu, w związku z czym
25 mogą być one zwymiarowane jako znacznie mniejsze. Tym samym ponownie osiąga się redukcję wielkości transformatora wielkoprądowego 12 wzgl. źródła prądu 10. Zaletą jest to, gdy przekładniki prądowe 18 są umieszczone tak, że są ukierunkowane zasadniczo 90° w kierunku prądu stałego, w
30 szczególności prądu zgrzewania, ponieważ w ten sposób mogą być zredukowane zakłócenia przez pole magnetyczne wywołane przez prąd stały, a tym samym błędy pomiaru. Tak więc może być przeprowadzany bardzo dokładny pomiar.

[0060] Jak można zobaczyć w widoku zespołu rozebranego według Fig. 13, uzwojenia wtórne 14 transformatora wielkoprądowego 12 są utworzone przez dwie blachy 44, 45 izolowane od siebie przez warstwę izolacyjną 46, przykładowo warstwę papierową, z zasadniczo przeciwnym przebiegiem w kształcie litery S wokół przekroju poprzecznego rdzenia pierścieniowego 15 oraz przez rdzeń pierścieniowy 15, które są umieszczane jeden w drugim. Na jednym rdzeniu pierścieniowym 15 są więc umieszczone dwa uzwojenia wtórne 14 wzgl. części uzwojenia wtórnego 14 z odczepem środkowym. Zewnętrzne powierzchnie 47 blach 44, 45 uzwojeń wtórnych 14 tworzą jednocześnie powierzchnie stykowe dla kontaktu z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 oraz belką dwuteową 25, która funkcjonuje jako środek prostowania prądu. Tym samym nie są wymagane żadne przewody w celu połączenia uzwojeń wtórnych 14 transformatora wielkoprądowego 12 z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16. Uzwojenia wtórne 14, w szczególności blachy 44, 45 tworzące uzwojenia wtórne 14, są łączone bezpośrednio wzgl. bezprzewodowo z elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 oraz z środkiem środkowym belki dwuteowej 25 wzgl. środkiem prostowania prądu. Tym samym osiąga się zwartą budowę pozwalającą znacznie zaoszczędzić miejsce z małą wagą oraz małymi stratami. Jednocześnie, dla połączenia uzwojenia wtórnego 14 z środkiem środkowym belki dwuteowej 25 i elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 dostępne są stosunkowo duże powierzchnie 47 dla kontaktu, aby zagwarantować wielki przepływ prądu z możliwie małymi stratami. Dzięki takiemu rozmieszczeniu realizowany jest po stronie wtórnej środkowy prostownik, przy czym środek tworzy belka dwuteowa 25 z połączonym jednym końcem uzwojeń wtórnych 14.

[0061] Rdzeń pierścieniowy 15 może być tworzony z ferrytów, amorficznych materiałów lub nanokrystalicznych tworzyw. Im lepsze materiały są stosowane w odniesieniu do magnetycznych właściwości, tym mniejszą postać może mieć rdzeń pierścieniowy 15. Wprawdzie wzrasta przez to oczywiście również cena dla rdzenia pierścieniowego 15. Istotne jest przy utworzeniu blach 44, 45 to, że są one tak składane wzgl. zginane, że są one prowadzone przynajmniej raz przez rdzeń pierścieniowy 15. Umieszczone na rdzeniu pierścieniowym 15 obie blachy 44, 45 wzgl. uzwojenia wtórne 14 są tworzone w taki sposób, że są lustrzanym odbiciem oraz izolowane od siebie.

[0062] Fig. 14 przedstawia schemat blokowy układu zasilającego 48, w szczególności zasilacza, do zasilania w energię elektryczną prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Układ zasilający 48 jest łączony ze stroną wtórną wzgl. złączami uzwojenia wtórnego 14 transformatora wielkoprądowego 12 oraz zawiera prostownik 49 wartości szczytowej, złączkę zwężkową 50 napięcia, regulator liniowy 51 oraz dzielnik 52 napięcia. Złączka zwężkowa 50 napięcia wzgl. buster zapewnia, że jest udostępniane możliwie szybko zasilanie komponentów źródła prądu 10. Jednocześnie generowane jest możliwie szybko wewnętrzne napięcie zasilające aktywnego prostownika synchronicznego 16. Przez zastosowanie złączki zwężkowej 50 napięcia zapewniane jest w fazie początkowej aktywacji to, że najpierw generowana jest w możliwie wczesnym momencie potrzebna amplituda napięcia zasilającego, aby zapewnić bezpieczne funkcjonowanie prostownika synchronicznego 16 zintegrowanego w transformatorze wielkoprądowym 12.

[0063] Fig. 15 przedstawia przebieg w czasie napięcia zasilającego V układu zasilającego 48 według Fig. 14. Nachylenie wzrostu napięcia $\Delta V/\Delta t$ jest wybierane

dostatecznie stromo tak, że jest zapewniane to, że wymagane napięcie VCC z maksymalnym czasowym opóźnieniem T_d przylega do prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. Przykładowo, czasowe opóźnienie T_d powinno wynosić < 5 200 μ s. Przez odpowiednie rozplanowanie układów prostownika 49 wartości szczytowej i złączki zwężkowej 50 napięcia oraz odpowiednio niskie pojemności może być uzyskiwana dostateczna prędkość narastania napięcia. Można więc powiedzieć, że najpierw zapewniane jest minimalne 10 wzniesienie napięcia zasilającego ze stromym wzrostem a dopiero następnie budowane jest właściwe zasilanie.

[0064] Fig. 16 przedstawia przebiegi w czasie prądu I_s po stronie wtórnej transformatora wielkoprądowego 12 oraz sygnałów sterujących G_1 oraz G_2 dla elementów 15 przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 w celu zilustrowania bezstratnego sterowania. Za pośrednictwem pomiaru prądów I_s po stronie wtórnej uzwojenia wtórnego 14 za pomocą odpowiednich przekładników prądowych 18, układ sterujący 17 otrzymuje informację, kiedy elementy 20 przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 powinny być przełączane. W celu zmniejszenia strat przewodzenia oraz przełączania, elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są przełączane możliwie przy przejściu przez zero prądów po stronie wtórnej przez uzwojenia wtórne 25 14 transformatora wielkoprądowego 12. Ponieważ od wykrycia przejścia przez zero prądu I_s po stronie wtórnej przez przekładniki prądowe 18 aż do aktywacji elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 dochodzi do pewnych opóźnień t_{pre} , to układ sterujący 17 jest 30 wykonany do tego, aby sterować elementami przełączającymi 24 prostownika synchronicznego 16 w domyślnie ustawionym momencie przed osiągnięciem przejścia przez zero prądu w uzwojeniu wtórnym 14. Układ sterujący 17 powoduje więc

przełączenie elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 w momentach, w których prądy I_s zmierzone przez przekładniki prądowe 18 w uzwojeniu wtórnym 14 transformatora wielkoprądowego 12 nie przekroczyły wzgl. 5 przekroczyły określony próg włączenia I_{SE} i próg wyłączenia I_{SA} . Dzięki takiemu zabiegowi można osiągać to, że elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 są przełączane zasadniczo podczas przejścia przez zero prądów I_s przez uzwojenie wtórne 14 transformatora wielkoprądowego 10 12, przez co mogą być minimalizowane straty przewodzenia i przełączania elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16. Moment włączenia i wyłączenia elementów przełączających 24 prostownika synchronicznego 16 jest więc ustalany nie z przejściem przez zero prądu po stronie 15 wtórnej lecz z osiągnięciem zdefiniowanego progu włączenia I_{SE} i progu wyłączenia I_{SA} . Próg włączenia I_{SE} i próg wyłączenia I_{SA} jest definiowany odpowiednio do spodziewanych opóźnień rozdzielenia styków. Co najwyżej próg włączenia I_{SE} i próg wyłączenia I_{SA} mogą być wykonane 20 przestawnie, aby móc zredukować jeszcze więcej strat. W przypadku transformatora wielkoprądowego 12 20kA przykładowo moment przełączania 100ns może być ustalany przed przejściem przez zero, tak że elementy przełączające 24 prostownika synchronicznego 16 muszą być w tym momencie 25 przełączane.

[0065] Zwykły transformator wielkoprądowy ze stanu techniki dla urządzenia do zgrzewania oporowego w celu dostarczania prądu zgrzewania przykładowo 20kA ma strat około 40-50kW. W szczególności, dla dostarczania prądu zgrzewania 20kA 30 zgodnie ze stanem techniki potrzebna jest moc przyłączowa aż do 150kW, przy czym całość strat wynosi około 135kW, co daje w rezultacie współczynnik sprawności około 10%. Natomiast transformator wielkoprądowy 12 przedmiotowego

rodzaju wykazuje straty około 5-6kW. Straty przewodzenia mogą być obniżane z zazwyczaj 30kW do 20kW. Tym samym, w przypadku urządzenia 1 do zgrzewania oporowego dla generowania prądu zgrzewania 20kA może być zredukowana moc przyłączowa do 75kW, ponieważ całość strat wynosi tylko 5 około 60kW. Zatem wynikający współczynnik sprawności jest o około 20% w przybliżeniu dwukrotnie wyższy, niż w stanie techniki. To porównanie pokazuje bardzo wyraźnie możliwy potencjał oszczędności, w szczególności w przypadku linii 10 produkcyjnych w przemyśle motoryzacyjnym z wieloma urządzeniami do zgrzewania oporowego.

[0066] Zasadniczo, opisane źródło prądu 10 wzgl. transformator wielkoprowodowy 12 jest wykonane w postaci sześciianu wzgl. prostopadłościanu, przy czym powierzchnie 15 boczne są utworzone przez belkę dwuteową 25, na których to powierzchniach bocznych umieszczone są elektrycznie izolowane płytki stykowe 29 w celu tworzenia trzeciej oraz czwartej powierzchni bocznej. Przy przedniej stronie względem czterech powierzchni bocznych umieszczana jest 20 każdorazowo jedna płytka przykrywająca 31, która jest elektrycznie izolowana w stosunku do belki dwuteowej 25, w celu tworzenia piątej oraz szóstej powierzchni bocznej sześciianu wzgl. prostopadłościanu. Wewnątrz sześciianu, w szczególności powierzchni bocznych, umieszczony jest 25 prostownik synchroniczny 16 oraz układ sterujący 17 na co najmniej jednej płytce 35 obwodu drukowanego wzgl. płytce drukowanej. Sześciian ma tym samym wyłączanie złącza 26 dla uzwojeń pierwotnych 13 transformatora wielkoprowodowego 12 oraz powierzchnie boczne jako powierzchnie stykowe dla 30 zużywania prądu stałego wzgl. napięcia stałego. Dodatkowo przewidziane są jeszcze złącza chłodzące, w szczególności wloty 32 oraz wyloty 33 dla płynu chłodzącego. Przewody sterujące dla prostownika synchronicznego 16

zintegrowanego w sześciu oraz dla układu sterującego 17 korzystnie nie są przewidziane, ponieważ ten system pracuje autarkicznie a tym samym nie są konieczne żadne połączenia z modułem mocy 19 wzgl. urządzeniem sterującym obiektem.

5 W przypadku takiej budowy w ogóle nie są potrzebne przewody sterujące, tylko źródło prądu 10 połączone tylko po stronie pierwotnej z modułem mocy 19, na co na stronie wtórnej dostępny jest odpowiednio zwymiarowany prąd stały przykładowo od 15kA do 40kA. Użytkownik nie musi tym samym

10 dokonywać żadnych ustawień, tylko jedynie podłączyć źródło prądu 10. Powiązanie właściwie niezależnych samodzielnych komponentów do tego rodzaju wspólnej jednostki sprawia, że wielkość a tym samym waga źródła prądu 10 może być znacznie zredukowana. Jednocześnie jednostka może być używana jako

15 nośny element bezpośrednio, w szczególności w zastosowaniu pistoletu 4 do zgrzewania. Także łatwość użytkowania jest znacznie zwiększona.

[0067] Zasadnicze w przypadku tej budowy jest poza tym to, że elementy przełączające 24 są łączone bezprzewodowo z

20 odpowiednimi komponentami, tzn. że przewodzące prąd zgrzewania złącza źródłowe elementów przełączających 24 utworzonych przez tranzystory polowe są połączone wzgl. przylutowane bezpośrednio z wypukłościami 36 płytki stykowej 29, przy czym również złącza bramkowe elementów

25 przełączających 24 są umieszczone wzgl. przylutowane bezpośrednio na płytce 35 obwodu drukowanego oraz na zbudowanym na niej układzie sterującym 17 (sterowniku bramki). Tym samym mogą być zredukowane indukcyjności przewodów dzięki całkowitemu zaoszczędzeniu przewodów, tak

30 że mogą być osiągnęte wysokie prędkości przełączania oraz bardzo małe straty przewodzenia.

[0068] W przedstawionym i opisanym przykładzie wykonania transformator wielkoprądowy 12 został zwymiarowany dla

prądu 20kA przy napięciu wyjściowym pomiędzy 5V a 10V. Przy tym belka dwuteowa 25 ma wysokość konstrukcyjną 15cm, tak że po obu stronach może być umieszczanych każdorazowo pięć uzwojeń wtórnych 14 z rdzeniami pierścieniowymi 15.

5 W celu uzyskania odpowiedniego przełożenia przekładni wynoszącego 100, koniecznych jest dziesięć uzwojeń pierwotnych w przypadku przedstawionego przykładu wykonania.

[0069] Jeżeli teraz chce się zwymiarować transformator
10 wielkoprądowy 12 dla większego prądu przykładowo 30kA, to po prostu może być zwiększana liczba stosowanych uzwojeń wtórnych 14. Przykładowo, po obu stronach w wypukłościach 25a belki dwuteowej 25 może być umieszczanych każdorazowo siedem uzwojeń wtórnych 14, przy czym belka dwuteowa 25
15 jest zwiększana odpowiednio w swojej wysokości, przykładowo może mieć postać wyższej o wyłącznie 5cm wzgl. może być stosowany odpowiednio większy korpus. Tym samym belka dwuteowa 25 transformatora wielkoprądowego 12 jest uzupełniana po obu stronach wyłącznie o dwa uzwojenia
20 wtórne 14, aby móc udostępniać większy prąd. Dzięki zwiększeniu są również zwiększane powierzchnie chłodzące styku. Poza tym umieszczanych równolegle jest odpowiednio więcej elementów przełączających 24. Uzwojenie pierwotne 13 może być zredukowane do mniejszej
25 liczby zwojów, przykładowo siedmiu zwojów, tak że uzyskuje się przekładnię przykładowo 98. Wyższe pierwotne straty uzwojeń są kompensowane przez większy prąd pierwotny ze względu na możliwe zwiększenie przekroju poprzecznego oraz redukcję długości przewodów.

30 [0070] Zwiększenie pierwotnego prądu zgrzewania z 20kA do 30kA powoduje tym samym wyłącznie wydłużenie sześcianu wzgl. transformatora wielkoprądowego 12 o przykładowo 5cm.

[0071] Ponieważ transformator wielkoprądowy 12 korzystnie pracuje autarkicznie i nie ma żadnych przewodów sterujących, to należy umożliwić, dla wszelkich komunikatów o błędzie, komunikację na zewnątrz z zewnętrznymi komponentami, w szczególności urządzeniem sterującym. Do tego może być stosowany obwód wtórny składający się z uzwojeń wtórnych 14 oraz prostownika synchronicznego 16 oraz układu sterującego 17. W tym przypadku, może być on świadomie zwierany za pomocą prostownika synchronicznego 16 przy określonych stanach, w szczególności w stanie jałowym transformatora wielkoprądowego 12, tak że przepływ prądu w stanie jałowym w przewodach głównych jest rozpoznawany przez zewnętrzną jednostkę monitorującą wzgl. urządzenie sterujące, a tym samym na podstawie prądu może mieć miejsce komunikacja 15 wzgl. komunikat o błędzie.

[0072] Przykładowo, przez integrację czujnika termometrycznego w transformatorze wielkoprądowym 12, w szczególności na prostowniku synchronicznym 16, temperatura może być wykrywana i analizowana. Jeżeli temperatura 20 wzrasta przykładowo powyżej zdefiniowanej wartości progowej, to prostownik synchroniczny 16 w stanie jałowym jest zwierany w zdefiniowany sposób przez układ sterujący 17, a więc w przerwach w zgrzewaniu. Ponieważ zewnętrzne urządzenie sterujące zna stan jałowy, podczas którego nie 25 jest przeprowadzane zgrzewanie, to jest ono wykrywane wzgl. rozpoznawane przez zwiększony przepływ prądu w uzwojeniach pierwotnych transformatora wielkoprądowego 12. Teraz, przez zewnętrzne urządzenie sterujące może być sprawdzane, czy 30 obieg chłodzenia jest aktywny, lub czy ma on błąd wzgl. czy wydajność chłodzenia jest zwiększana, tak że ma miejsce lepsze chłodzenie.

[0073] Oczywiście, mogą być komunikowane na zewnątrz różne komunikaty o błędzie za pośrednictwem odpowiednich wzorców przełączania wzgl. impulsów, a więc zdefiniowanego otwierania oraz zamykania elementów przełączających 24
5 prostownika synchronicznego 16 w stanie jałowym. Przykładowo mogą być wysyłane na zewnątrz różne wartości temperatury, napięcia wtórne, prądy, komunikaty o błędzie itd.

[0074] Jednakże, również możliwe jest to, że tego rodzaju
10 komunikacja jest przeprowadzana podczas zgrzewania, chociaż tego rodzaju detekcja jest wyraźnie utrudniona. W tym przypadku, przykładowo odpowiednie sygnały mogą być modulowane na prąd po stronie pierwotnej, w szczególności przez uzwojenia pierwotne 13.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób wytwarzania transformatora wielkopięradowego (12) z co najmniej jednym uzwojeniem pierwotnym (13) oraz co najmniej jednym uzwojeniem wtórnym (14) z powierzchniami (47) do kontaktu, **znamienny tym, że** najpierw wewnętrzne powierzchnie (47) co najmniej jednego uzwojenia wtórnego (14) są łączone z belką dwuteową (25) z materiału przewodzącego prąd elektryczny transformatora wielkopięradowego (12) z pierwszym materiałem lutowniczym z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia (T_{S1}), a następnie co najmniej jedna płytką stykową (29) z materiału przewodzącego prąd elektryczny jest łączona z zewnętrznymi powierzchniami (47) co najmniej jednego uzwojenia wtórnego (14) z drugim materiałem lutowniczym z drugą, niższą w stosunku do pierwszej temperatury topnienia (T_{S1}), temperaturą topnienia (T_{S2}).

2. Sposób według zastrzeżenia 1, **znamienny tym, że** z co najmniej jedną płytką stykową (29) jest łączona płytką (35) obwodu drukowanego z pierwszym materiałem lutowniczym z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia (T_{S1}).

3. Sposób według zastrzeżenia 2, **znamienny tym, że** po połączeniu co najmniej jednej płytki stykowej (29) z płytką (35) obwodu drukowanego, elementy przełączające (24) są łączone z płytką (35) obwodu drukowanego i/lub płytką stykową (29), w szczególności z wypukłościami (36) na płytce stykowej (29), przy zastosowaniu pierwszego materiału lutowniczego z pierwszą, wyższą temperaturą topnienia (T_{S1}).

4. Sposób według zastrzeżenia 3, **znamienny tym, że** elementy przełączające (24), w szczególności złącza wzgl. obudowy elementów przełączających (24), są łączone z powierzchniami (47) co najmniej jednego uzwojenia wtórnego (14) z drugim materiałem lutowniczym z drugą, niższą temperaturą topnienia (T_{s2}).

5. Sposób według jednego z zastrzeżeń od 1 do 4, **znamienny tym, że** jest stosowany pierwszy materiał lutowniczy z pierwszą temperaturą topnienia pomiędzy 220°C a 300°C, w szczególności 260°C, oraz drugi materiał lutowniczy z drugą temperaturą topnienia pomiędzy 120°C a 220°C, w szczególności 180°C.

Fronius International GmbH

Pełnomocnik:

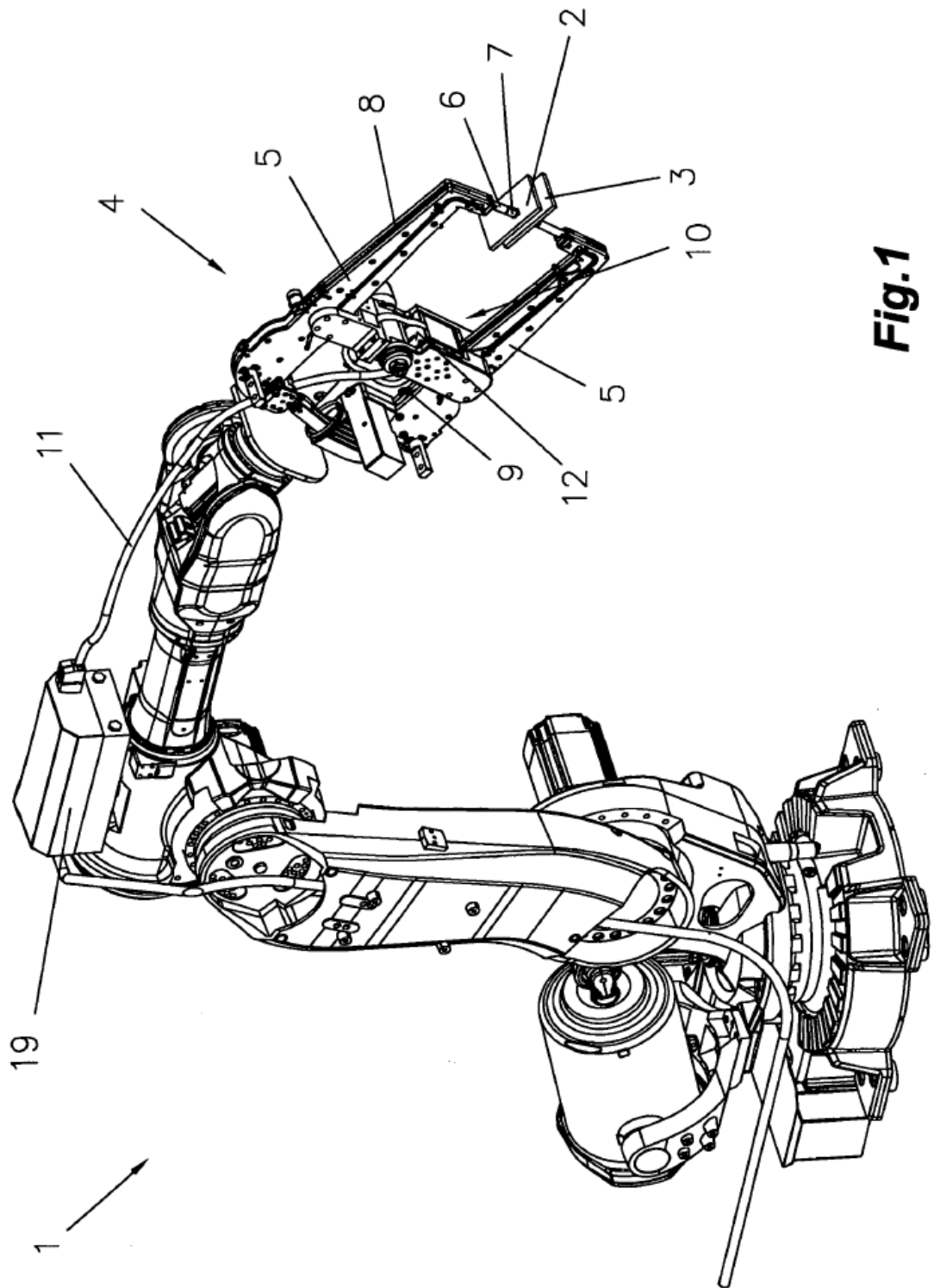


Fig.1

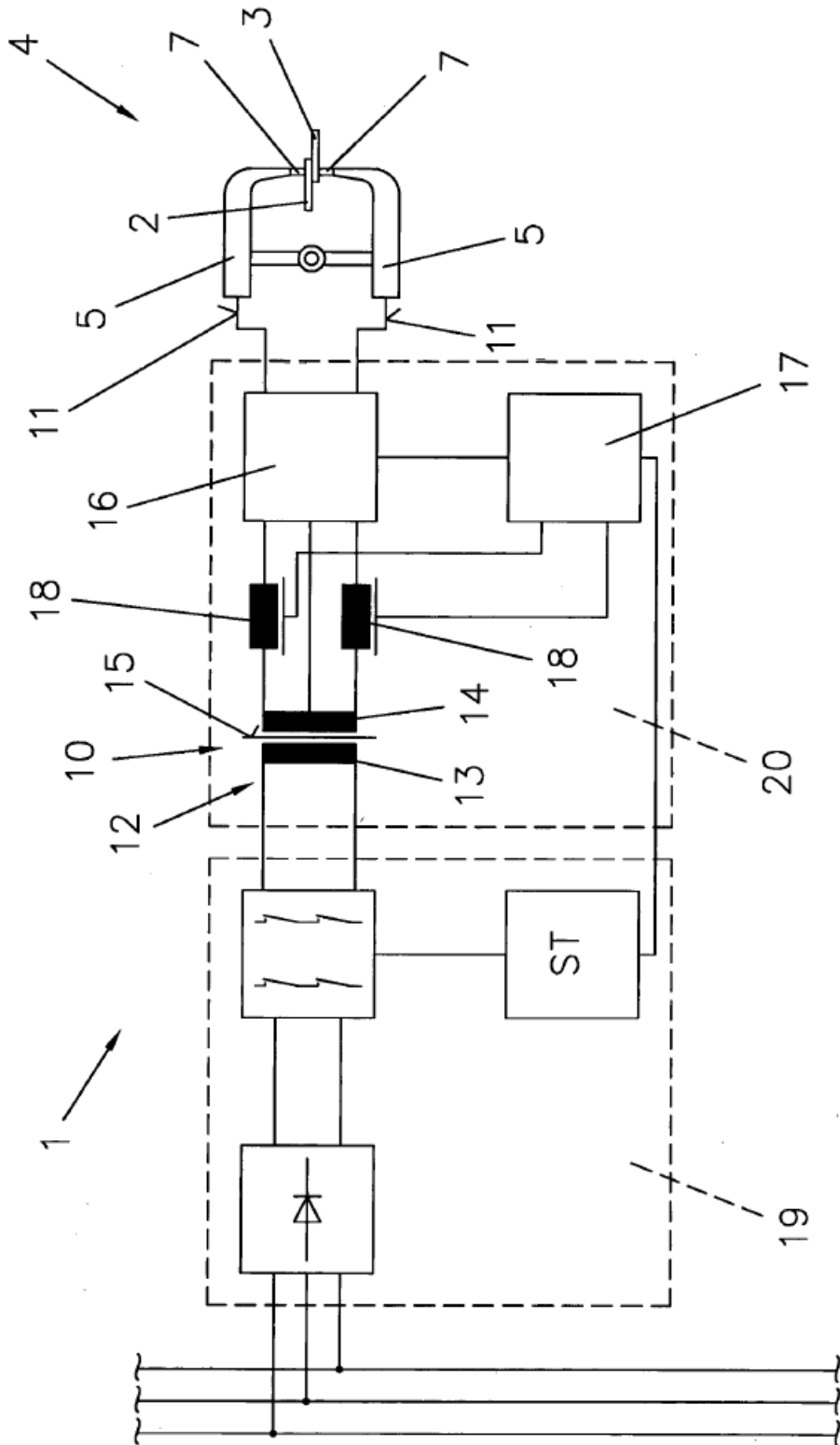


Fig.2

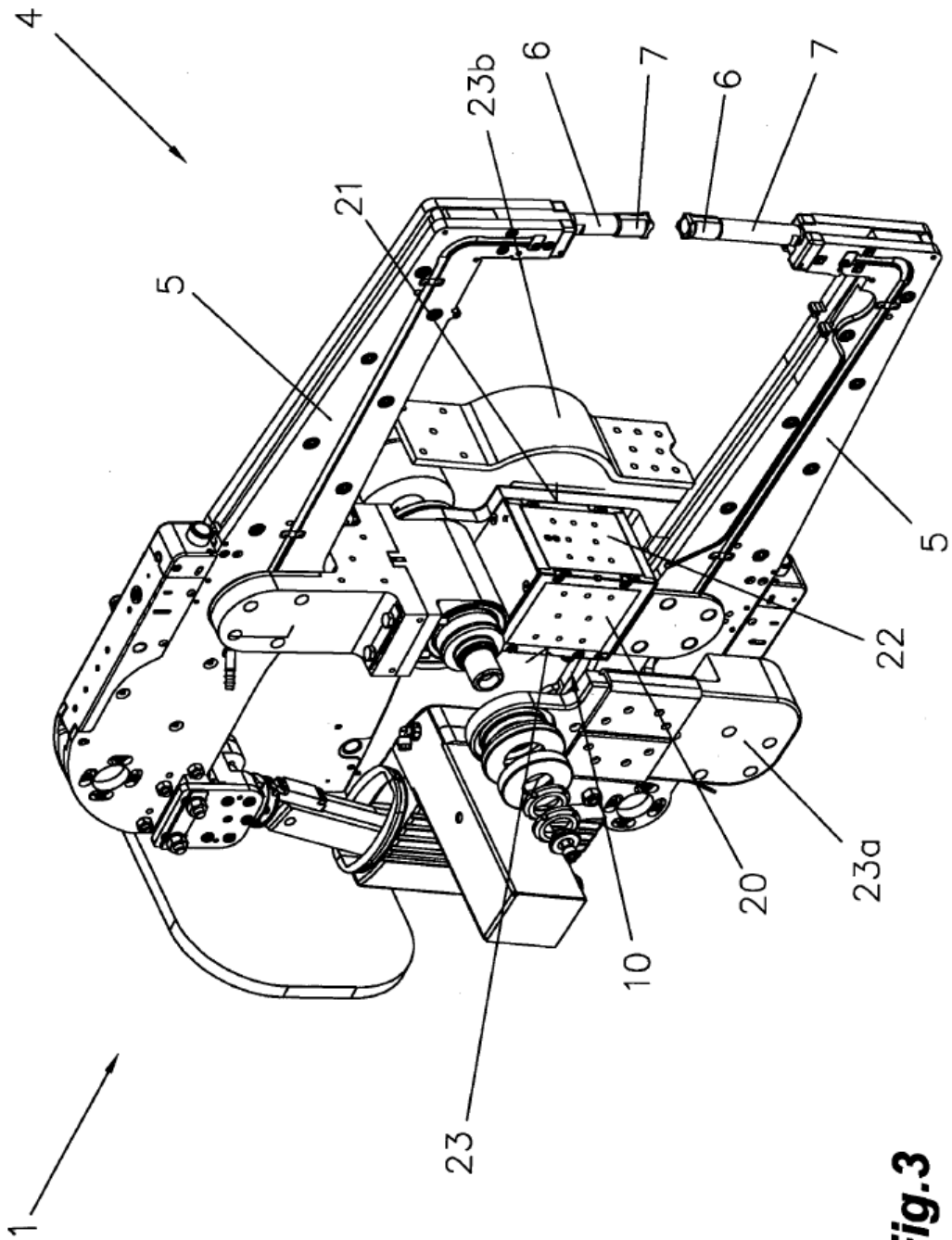


Fig.3

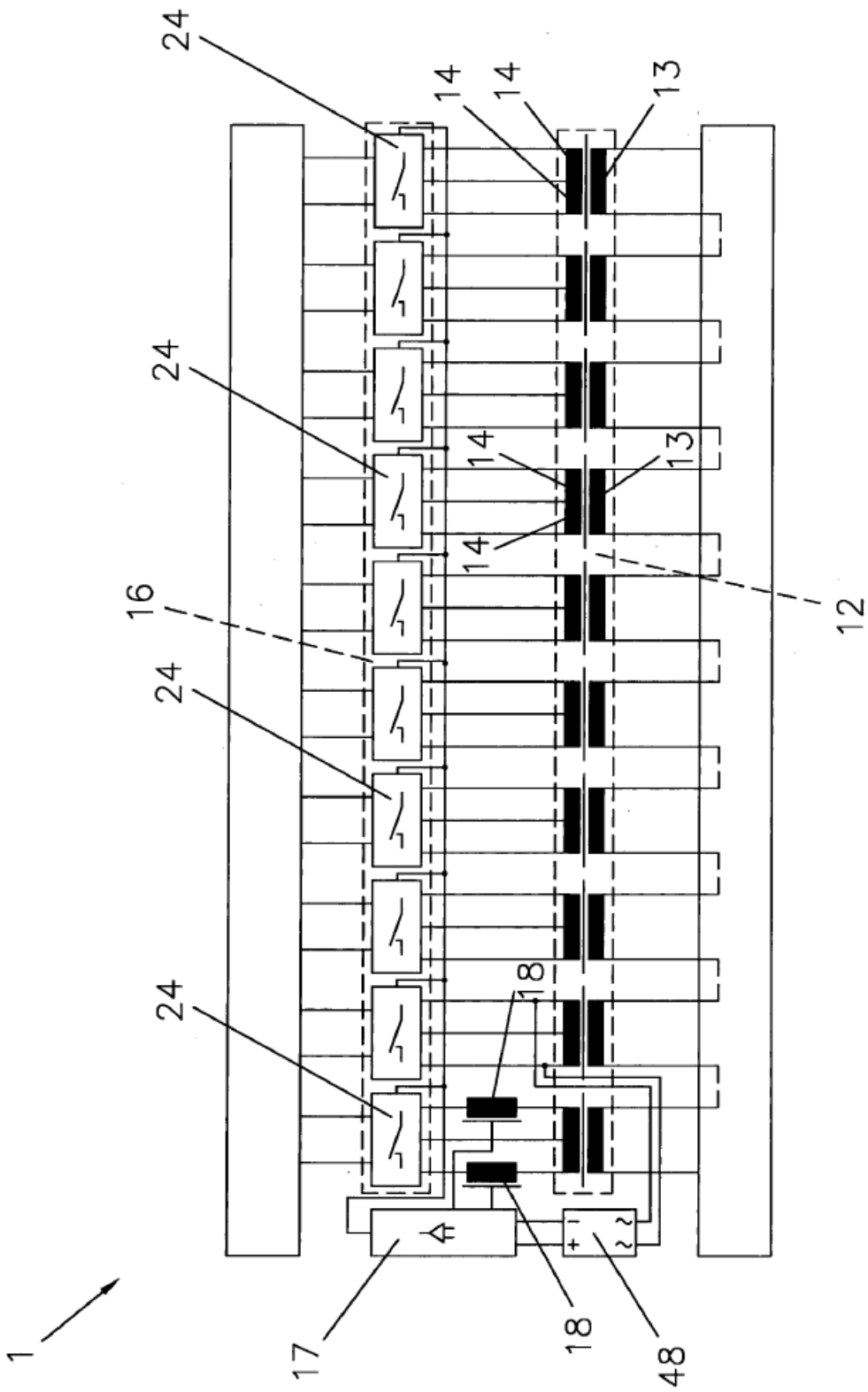
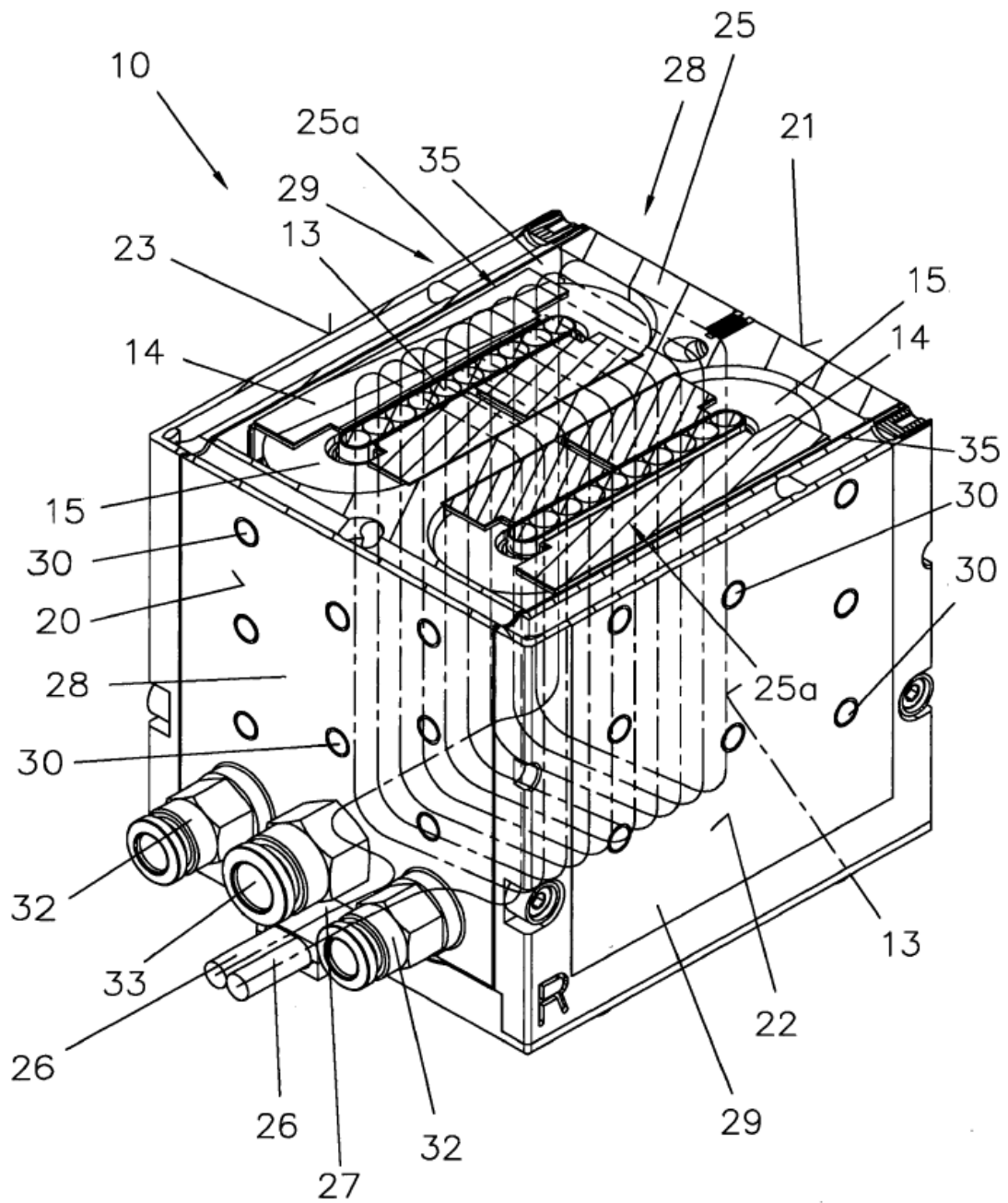
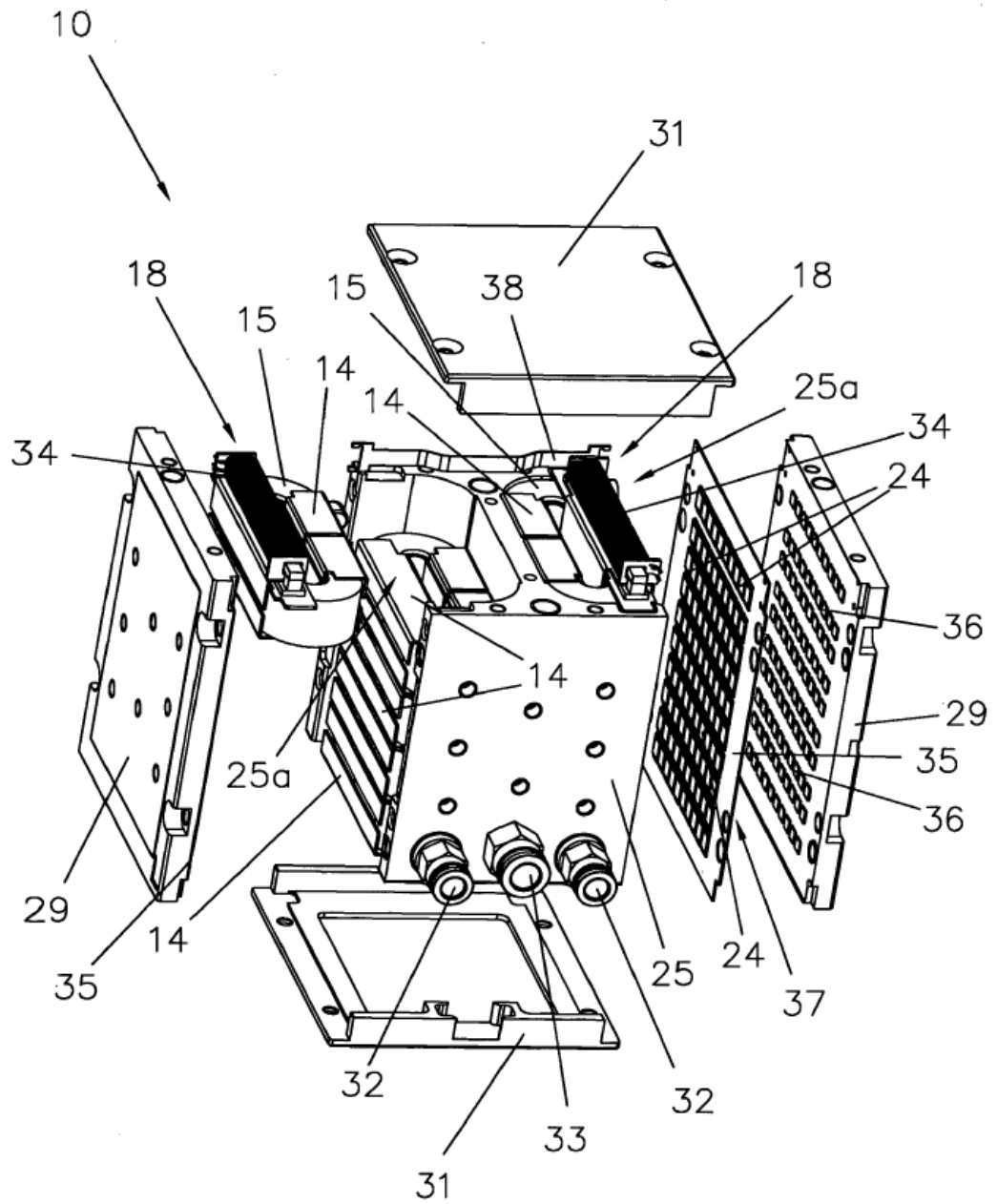


Fig.4

**Fig.5**

**Fig.6**

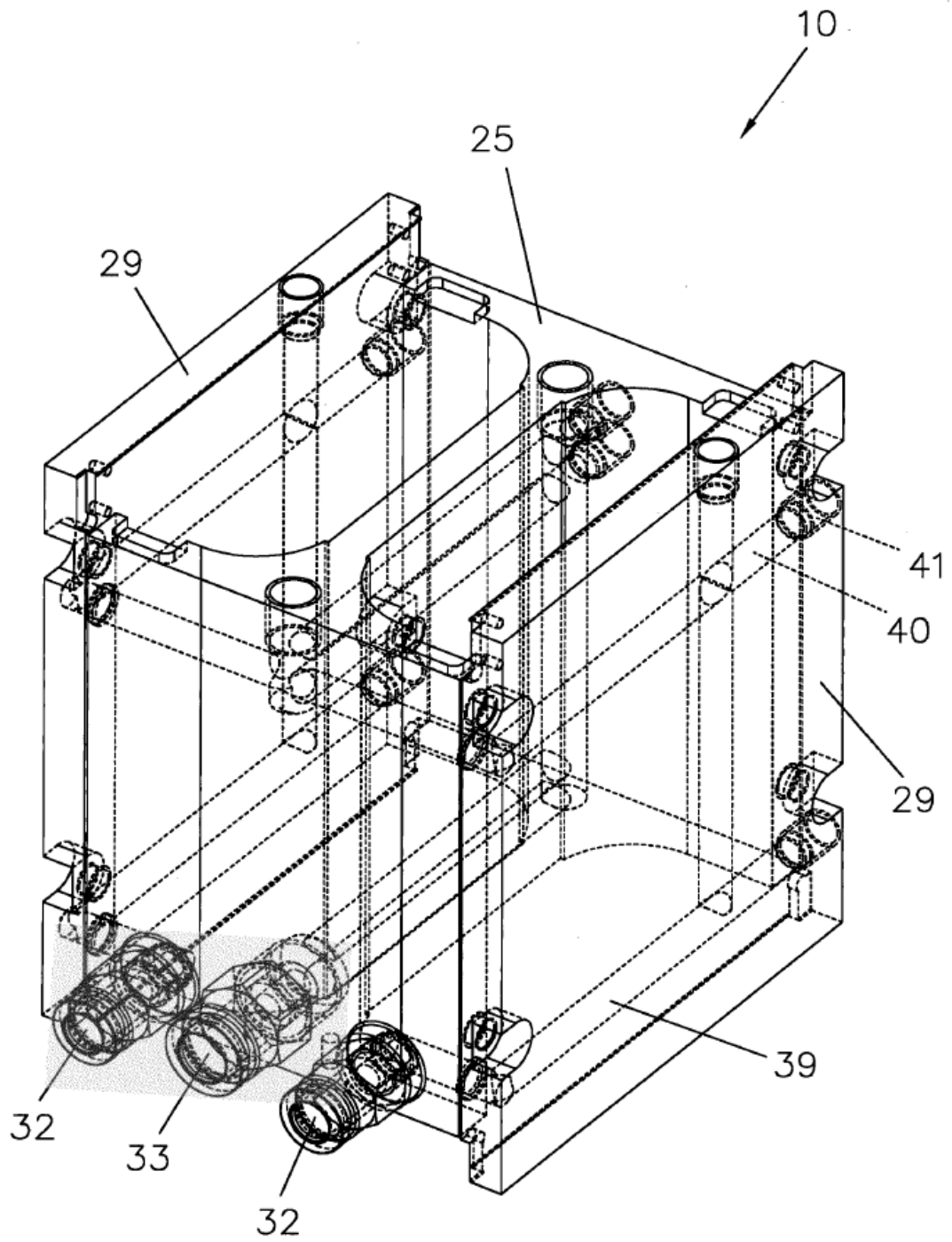
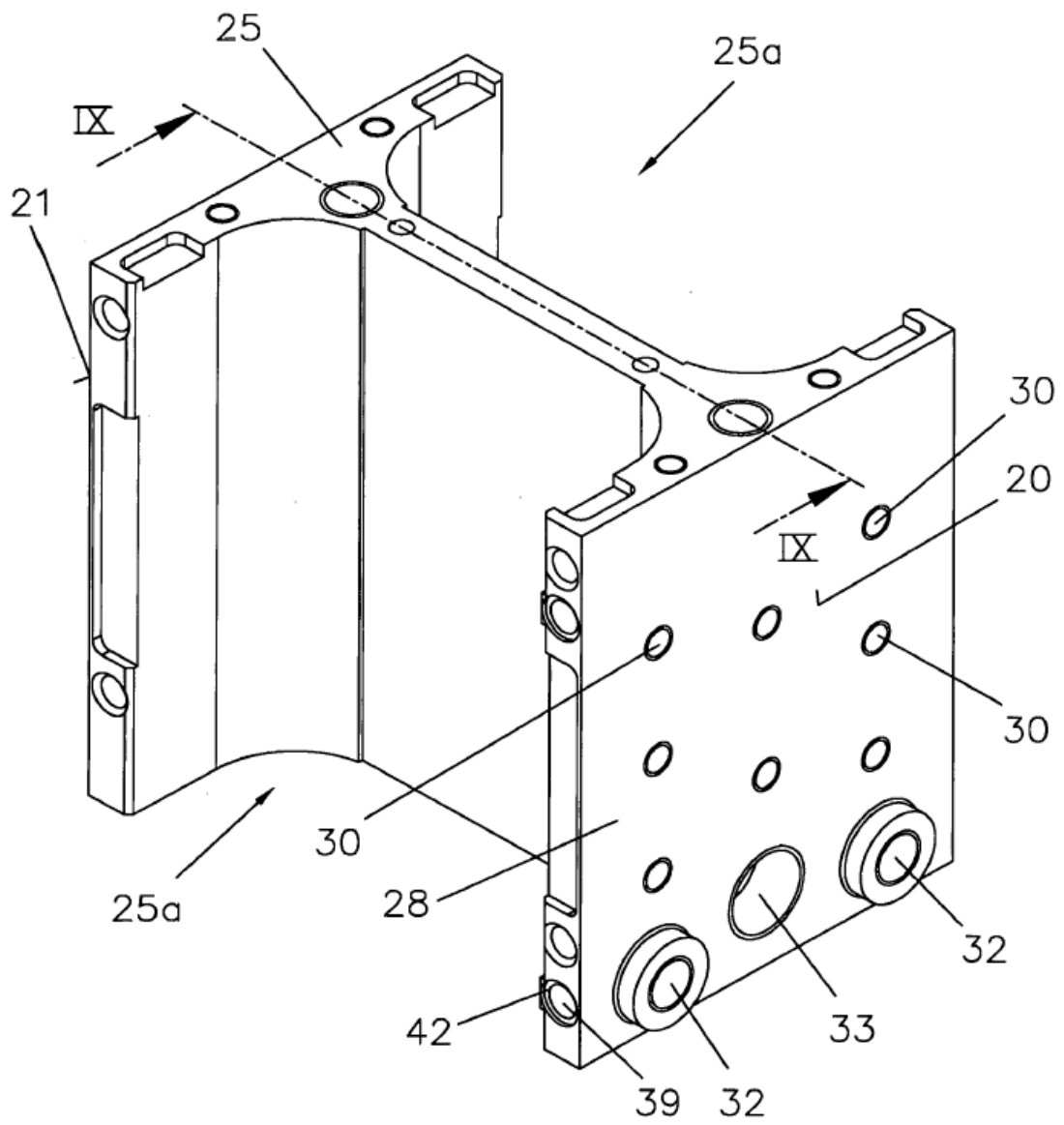


Fig.7

**Fig.8**

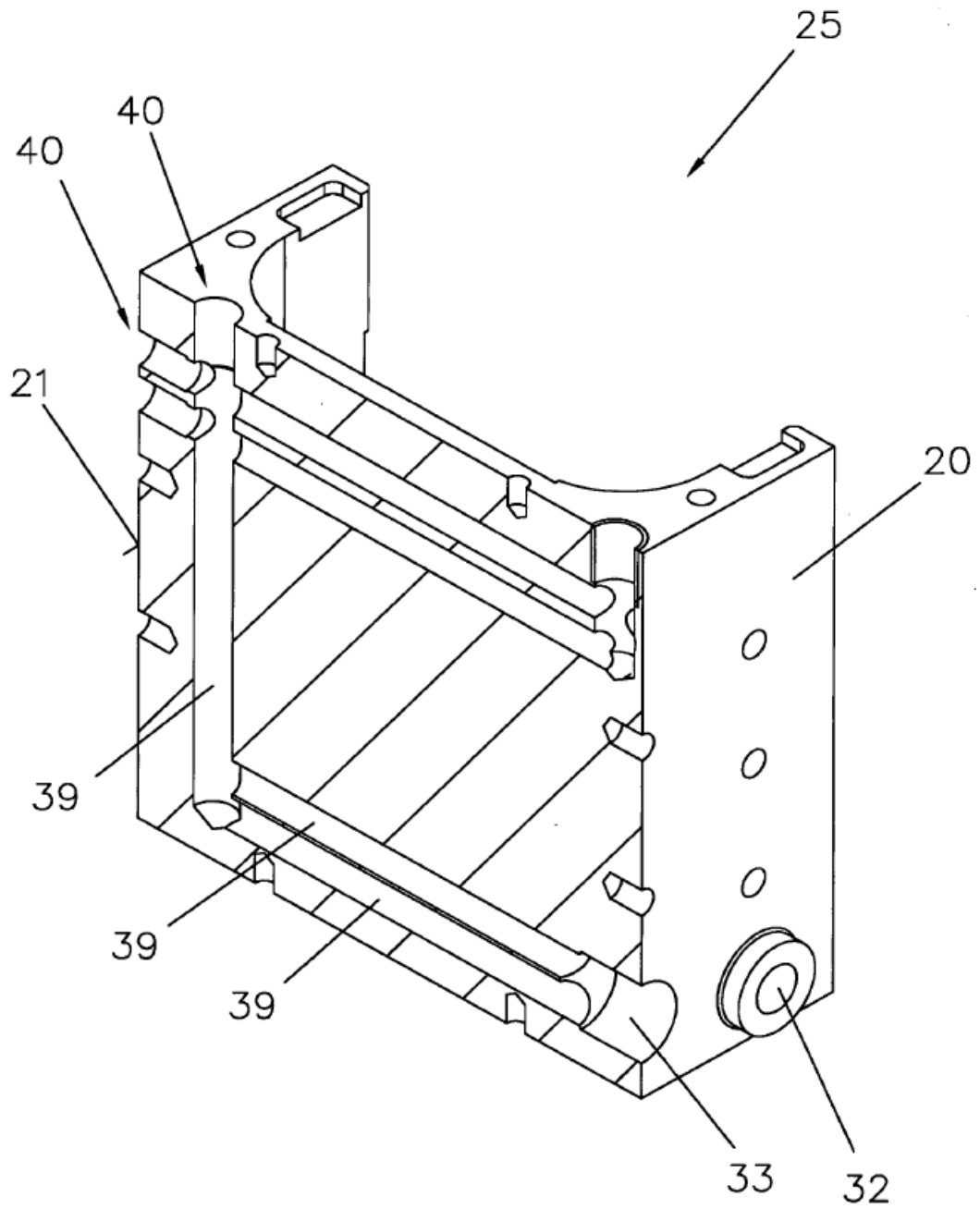


Fig.9

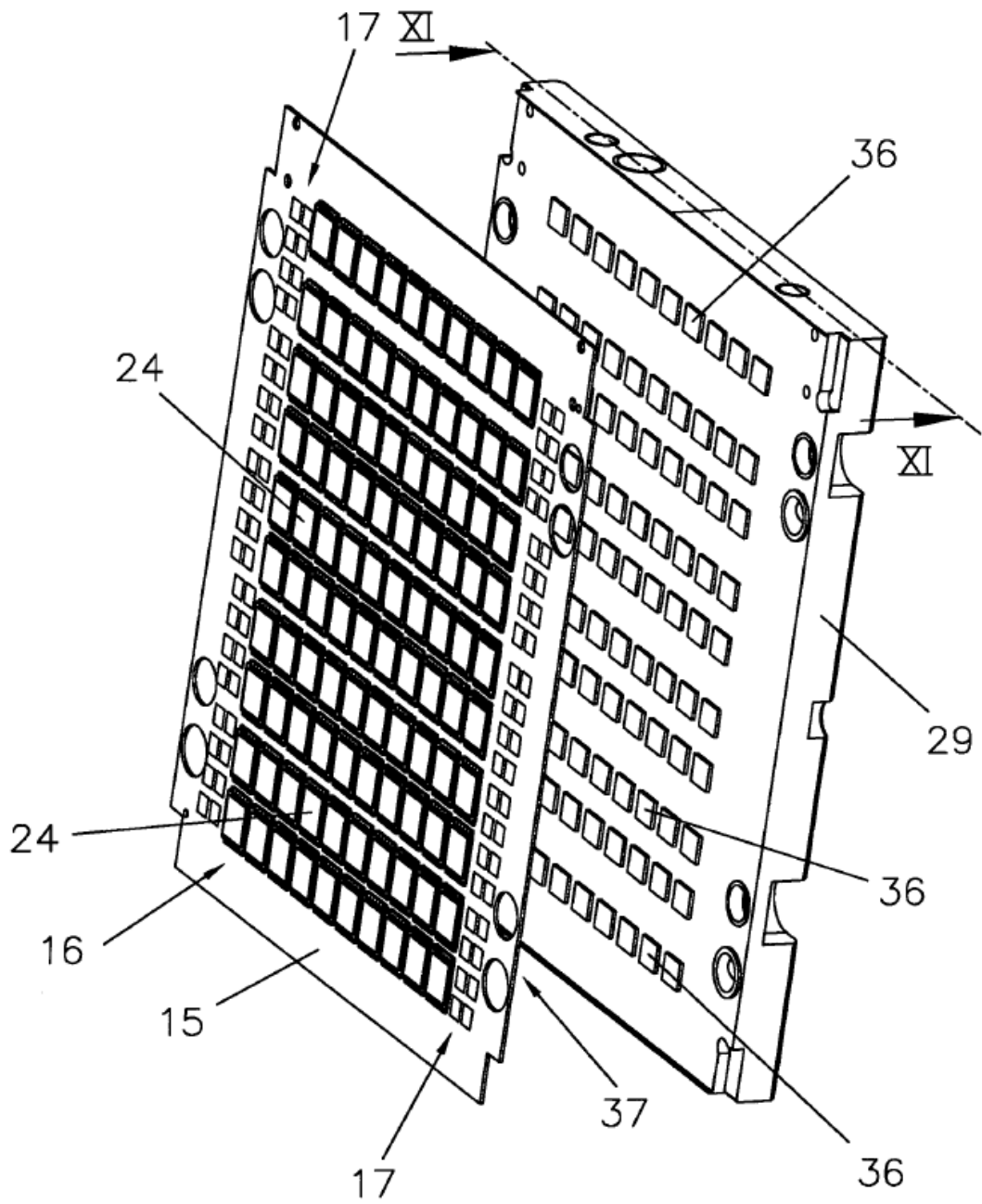


Fig.10

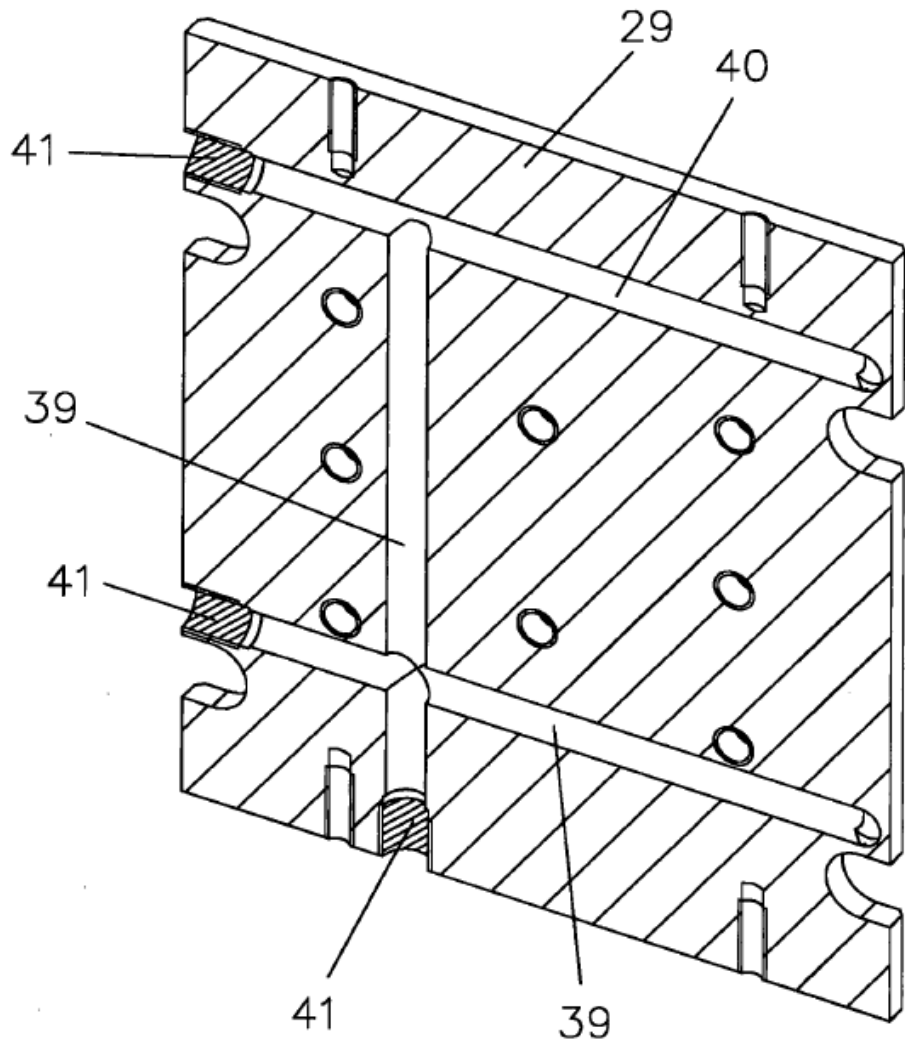


Fig.11

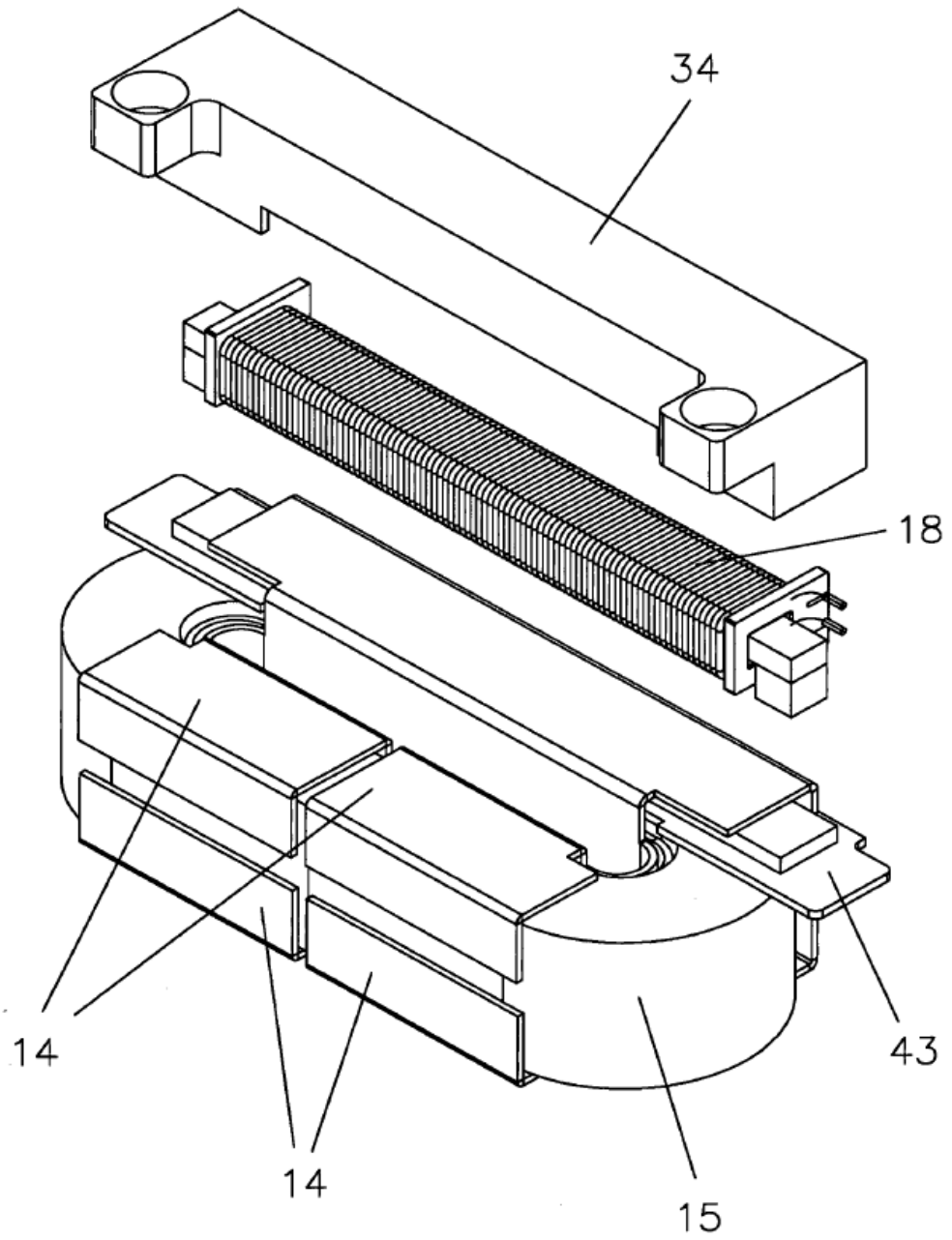


FIG.12

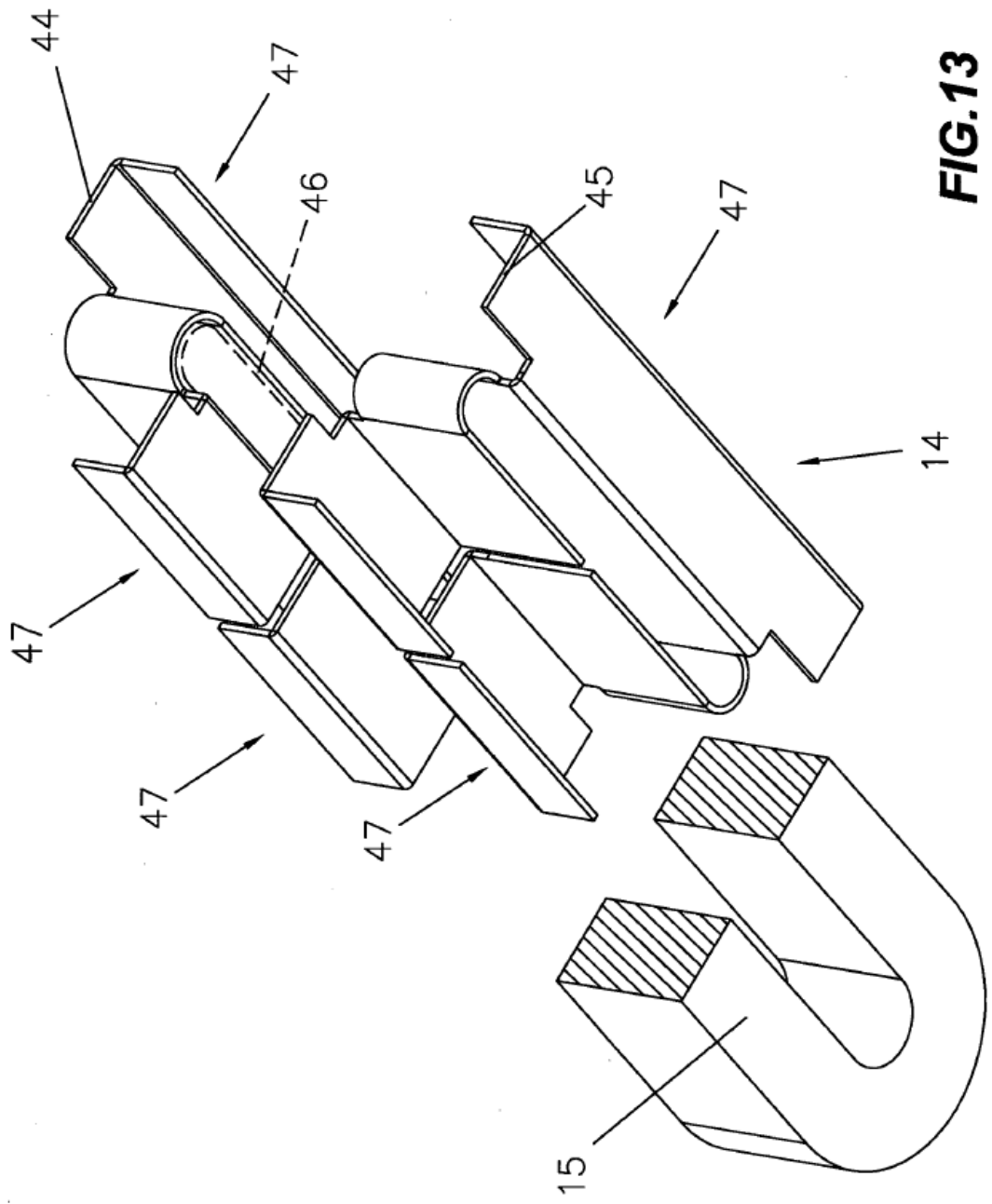


FIG.13

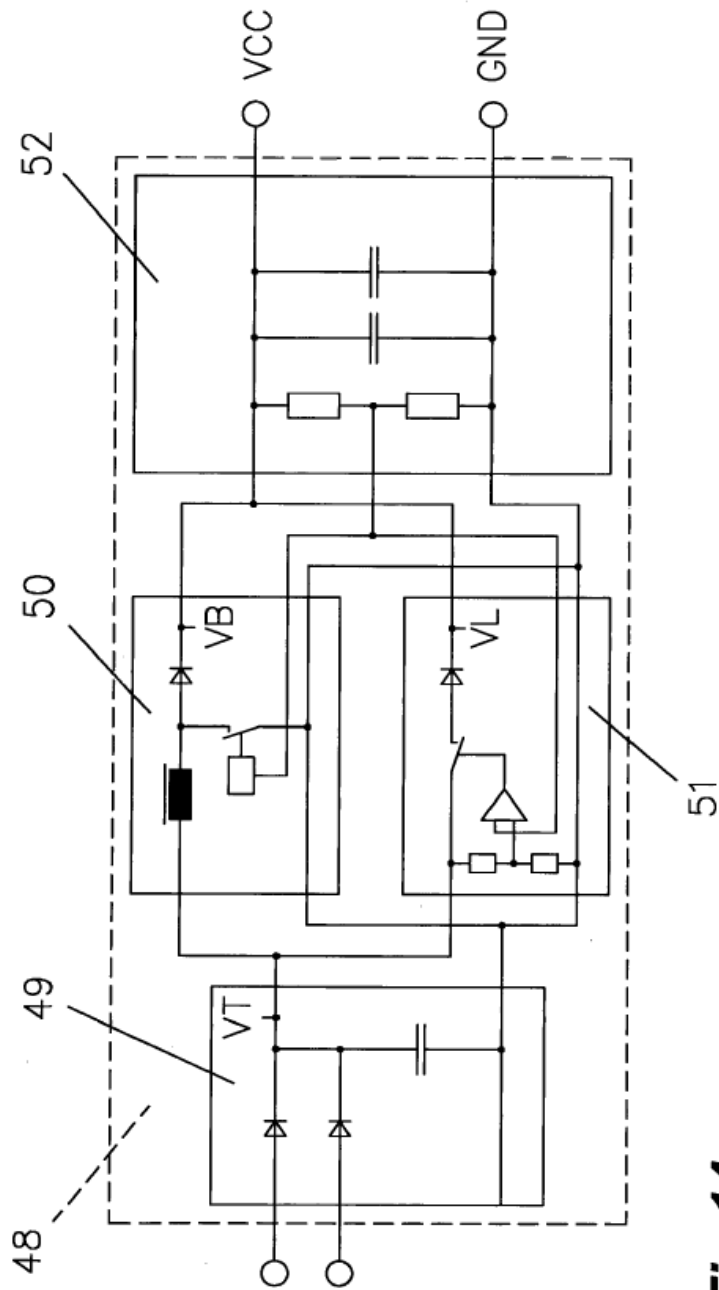


Fig.14

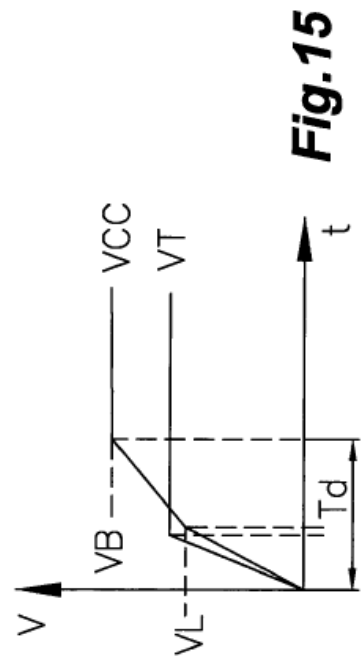


Fig.15

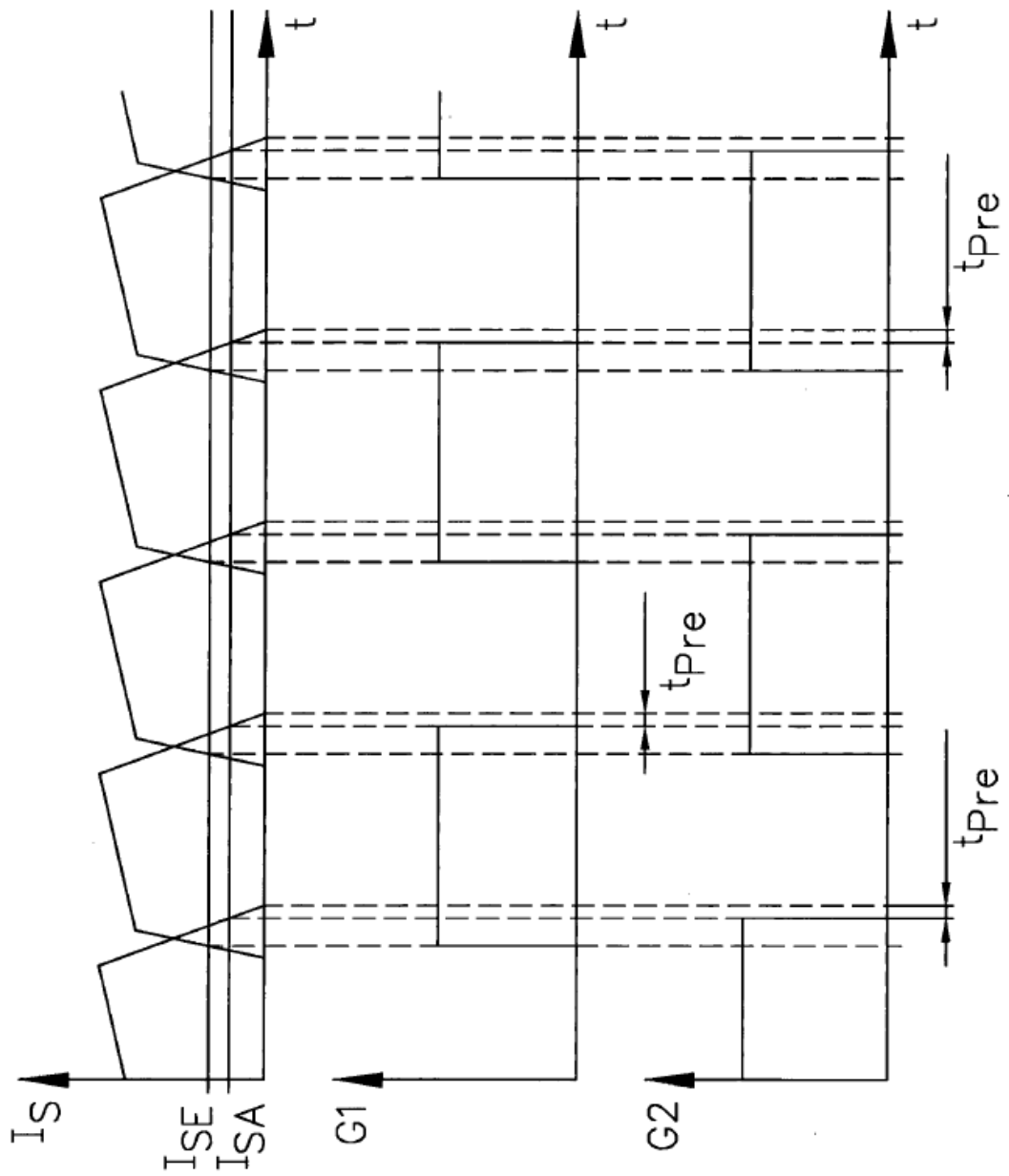


Fig.16