

(19)



(11)

EP 2 696 358 A1

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(43) Veröffentlichungstag:
12.02.2014 Patentblatt 2014/07

(51) Int Cl.:
H01F 27/32 (2006.01)

(21) Anmeldenummer: **12005803.7**

(22) Anmeldetag: **10.08.2012**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO PL PT RO RS SE SI SK SM TR
Benannte Erstreckungsstaaten:
BA ME

• **Gulden, Christoph**
78351 Bodman-Ludwigshafen (DE)

(74) Vertreter: **Riebling, Peter**
Patentanwalt
Postfach 31 60
88113 Lindau (DE)

(71) Anmelder: **STS Spezial-Transformatoren-Stockach GmbH & Co. KG**
78333 Stockach (DE)

Bemerkungen:

Geänderte Patentansprüche gemäss Regel 137(2) EPÜ.

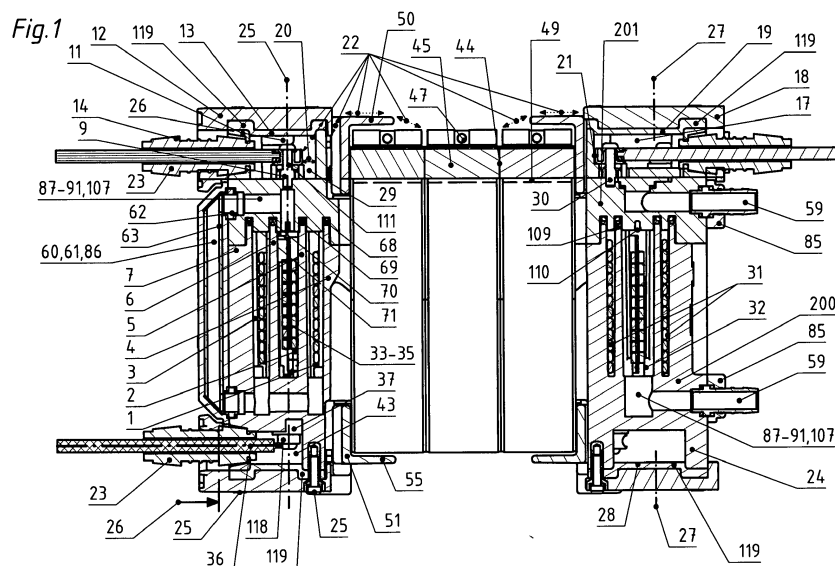
(72) Erfinder:
• **Krämer, Wilhelm**
69207 Sandhausen (DE)

(54) Mittelfrequenz-Transformator

(57) Die Erfindung betrifft einen Mittelfrequenz-Transformator mit einem Gehäuse, in welchem mehrere Wicklungskammern mit Primär- und Sekundärwicklungen angeordnet sind, wobei das Gehäuse zumindest teilweise mit einem isolierenden Fluid gefüllt ist. Der Transformator zeichnet sich dadurch aus, dass im Gehäuse mehrere, mit dem isolierenden Medium gefüllte Wicklungskammern angeordnet sind, und in jeder Wicklungskammer mindestens eine Wicklung angeordnet ist, derart, dass hauptsächlich nur die Wicklungen von dem iso-

lierenden Medium umgeben sind. Vorzugsweise sind die Wicklungskammern geschlossen und durch isolierende Trennwände voneinander getrennt, wobei die Wicklungen in den Wicklungskammern positioniert und fixiert sind, und die Wicklungskammern mit dem isolierenden Fluid gefüllt sind.

Zwischen den Wicklungen befinden sich erfindungsgemäss somit mindestens zwei Isolationsbarrieren, die gleichzeitig wirken und aus Feststoffisolationen in Form der Gehäuse- und Trennwände und dem isolierenden Fluid bestehen.

**EP 2 696 358 A1**

Beschreibung

Gebiet der Erfindung

[0001] Die Erfindung betrifft einen Mittelfrequenz-Transformator (MF-Trafo), beispielsweise für Konverter-Transformationen im Bahnbereich, um die üblichen Oberleitungsspannungen von 15 kV, 25 kV, 16 2/3 Hz und 25 kV 50 Hz, auf Zwischenkreis-Spannungen von 1,8-3,6 kV zu transformieren. Selbstverständlich ist ein solcher MF-Trafo auch für andere Anwendungen geeignet.

Stand der Technik

[0002] Es ist davon auszugehen, dass MF-Trafos in Transformations-Konvertern mit dazu entwickelten Leistungselektroniken primärseitig in Reihe und auf der Sekundärseite parallel geschaltet werden.

[0003] Mit dieser MF- Transformator-technologie können Gewicht und Volumen herkömmlicher Transformatoren deutlich gesenkt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit unterschiedliche Spannungen und Frequenzen zu transformieren, wenn der MF-Transformator-Konverter für die höhere der unterschiedlichen Betriebsspannung ausgelegt ist.

[0004] Konvertertransformationen eröffnet die Möglichkeit, Antriebe in herkömmliche Züge und Waggonen zu installieren, die derzeit noch mit Lokomotiven bespannt sind. Dies ermöglicht Energieeinsparungen bis zu 40%.

[0005] Andererseits ist es auch möglich, Transformationskonverter in Lokomotiven und Hochgeschwindigkeitszügen zu installieren, weil mit dieser Transformationstechnologie Landes- oder Systemgrenzen unterschiedlicher Spannungen und Frequenzen durchfahren werden können.

[0006] Die Rahmendaten für diese Transformations-Technologie sind 15,25 bis 25 kV Nennspannung und 125-170 kV Stoß- bzw. 48-72 kV Prüfwechselspannung.

[0007] Diese Nenn- und Prüfspannungen übersteigen die bisher üblichen Spannungswerte für MF-Leistungstrafos beträchtlich. D. h. in der Regel wurden Spannungswerte für Nenn- bzw. Prüfspannungen von 3-6 kV für MF-Trafos selten überschritten - wenn doch mit vergleichsweise niedrigen Leistungen. Leistungstransformationen oberhalb von 80 kVA bei 15-25 kV Nennspannung waren in diesem Segment unüblich.

[0008] Das bedeutet, dass die Daten dieser Art MF-Transformatoren, neue, bisher nicht übliche Technologien und Bauweisen erfordern.

[0009] Hinzu kommen hohe Anforderungen nach niedrigen Streuinduktivitäten, damit Kondensator- Kapazitäten -und Gewichte- der benötigter Schwing- und Resonanzkreise, so niedrig wie möglich gehalten werden.

[0010] Dieses führt im Rahmen der vorliegenden Erfindung zu in dieser Art bisher nicht bekannten MF- Tra-

fos und Konzepten. In wesentlichen Teilen dieser Entwicklungen mussten gegenläufig- technisch- physikalische Anforderungen auf akzeptable Nenner gebracht werden.

[0011] Des Weiteren waren die elektrischen Verluste dieser MF-Transformatoren gering zu halten, damit die Gesamtwirkungsgrade der eigentlichen Konvertertransformation, bestehend aus einer Reihe von MF-Trafos mit nachgeordneten Stromrichtern, höher sind als bisher übliche 16 2/3 Hz oder 50 Hz Transformatoren mit Quadrantenstellern und Stromrichterkonfigurationen.

[0012] Aus der EP 1 344 230 B1 ist ein MF- Transformator für 15-25 kV und 8-11 kHz bekannt geworden, dessen Isolation zwischen Primär- und Sekundär-Wicklung aus Glimmer und Epoxydharzverguss ausgeführt ist.

[0013] Der Nachteil bei nicht nur diesem MF-Trafo ist, dass Feststoffisolationen zwecks Erreichung niedriger Streuinduktivitäten zwischen der Primär- und Sekundärwicklung sehr dünnwandig gestaltet werden müssen. Des Weiteren dürfen diese Art Isolationen keine Lufteinschlüsse enthalten, was nur schwer und mit hohem Aufwand zu erreichen ist.

[0014] Bei erwähntem MF- Feststofftrafo wurden Primär- und Sekundärwicklungen in Rechteckhohlrohren ausgeführt, die ungleiche Ausdehnungskoeffizienten zur Isolation haben. Selbst wenn es gelingt, schichtförmige Isolier- und/oder Gussmaterialien hohlraumfrei und hinsichtlich Teilentladungsverhalten (TE-Verhalten) akzeptabel zu fertigen, bleibt die Frage nach der Lebensdauer solcher Trafos offen.

[0015] Bei Feststoffisolationen besteht nach der Erstprüfung der Herstellung immer eine Gefahr der Ablösung massiv-starrer Hohlleiter von Zwischen- oder Erdisolationen. Dies kann auch lange Zeit nach der Inbetriebnahme des Trafos passieren. Zum Beispiel kann es über steigende TE Werte zu leitfähigen Kohlenstoff-Tunnel- oder "Baum- Verzweigungskanälen" zwischen Primär- und Sekundärwicklungs-Isolationen führen.

[0016] Bei niedrigen Nennspannungen z. B. zwischen 3-6 kV ist die Gefahr einer Tunnel - oder Verzweigungskanalbildung bzw. TE- Wärmedurchschlages relativ gering, weil die Feldstärken und TE -Intensitäten in Hohlräumen meist nicht hoch sind und für eine Leitfähigkeitsbildung in Form einer Leitfähigkeits-Tunnelbildung in der Isolation meistens nicht ausreichen.

[0017] Bei MF-Transformatoren mit 15-25 kV Nennspannung sind die Verhältnisse grundlegend anders. In den Isolationen zwischen Primär/Sekundärwicklungen herrschen gegenüber üblichen MF-Trafos- erheblich höhere Feldstärken.

[0018] Schon minimale Hohlräume bzw. Ablösungen, die auch Jahre nach der Inbetriebnahme auftreten können, genügen, um unzulässige TE-Werte entstehen zu lassen, mit bei diesen Spannungen fortschreitenden Leitweg-Tunnelbildungen.

[0019] Hinzu kommen, im Falle eines Durchschlages, hohe Kurzschlussleistungen, wobei bei solchen Vorfällen die hohe Kurzschlussleistung aus der Oberleitung in

den Antriebs-Bereich bzw. die Leistungselektronik des Konverters gelangen kann. Durch dieserart Kurzschluss-transporte können erhebliche Beschädigungen entstehen. Primär aus diesen Gründen kommt der dauerhaft-elektrischen Sicherheit solcher MF-Leistungstrafos höchste Bedeutung zu.

[0020] Hohlleiter aus Alu oder Kupfer, wie sie in EP 1344230B1 bevorzugt verwendet wurden, haben im Vergleich zu MF-Litzen mit meist hohen spezifischen Stromstärken höhere Verluste, welche als Wärme abgeführt werden müssen, mit entsprechend dimensionierten Kühlern. Bei der Verwendung von Hohlleitern aus Cu oder Aluminium in MF-Trafos werden die Verlustwärmen meist mit z. B. der Durchströmung von Reinwasser durch querschnittsarme und lange Rohrleitungen abgeleitet, wobei der zusätzliche Nachteil dieserart Trafos, die Stromverdrängungs-, und Wirbelstromverluste in den Wicklungsleitern ist. Noch wichtiger aber ist der Isolationsunterschied zu bisher üblichen MF-Transformatoren.

[0021] Ein anderer MF-Trafo mit einer koaxialen Wicklungsanordnung wird in der EP 0874371A2 aufgezeigt. Die Nachteile eines MF-Trafos mit Koaxialwicklung in Planarausführung sind systembedingt: relativ hohe Verlustleistung, allenfalls einseitige Fluidkühlung, schwierige Isolation zwischen den Koaxialleitern. Eine weitere Veröffentlichung von MF-Trafos war dem Artikel "Kleiner, leichter, effizienter" in der ABB-Wissenschafts-Zeitschrift ABB-Technik 1/12 auf Seiten 11 ff. zu entnehmen. Hier handelt es sich offenkundig um MF-Trafos, die nach dem Muster bisher üblicher Oltrafos konzipiert sind, das heißt Primär- und Sekundärwicklungen auf Zwischen-Isolationsträgern mit Ölspalten, in Ölbehältern, die die benötigte Zahl der MF-Trafos aufnehmen. Dies hat mehrere Nachteile. Die Notwendigkeit eines stabilen, relativ dickwandigen und damit schweren Ölbehälters, der zwar leichter als konventionelle 1643 oder 50Hz Trafos ist, aber mit einer großen Ölmenge weiterhin ausgestattet ist, weil diese Trafos auch außerhalb der Wicklungen und Kerne mit Zwischenabständen mit Öl gefüllt sind. Gegenüber dem erfindungsgemäßen MF-Trafo-Ensemble in etwa um den Faktor 50 mehr Trafo-Öl/Ester und bezüglich benötigtem Volumen Gewicht um den Faktor 2-3 schwerer und voluminöser ist.

Beschreibung der Erfindung

[0022] Deshalb war vorrangiges Ziel und Aufgabe der Erfindung, einen Mittelfrequenz-Transformator zu schaffen, bei dem alle vorstehend genannten Nachteile der bekannt gewordenen MF-Trafos vermieden werden. Es sollte ein äußerst sicherer, langlebiger und kompakter MF-Trafo mit hoher Übertragungsleistung geschaffen werden, der insbesondere für 15-25 kV Spannung und 16 2/3, bzw. 50 Hz, auch AC-Spannungen geeignet ist, dazu im Rahmen der Verknüpfung mit dem Transformationskonvertervolumen und gewichtsärmer und mit geringstem Einsatz von Fluid eine erheblich niedrigere Brandlast hat.

[0023] Diese Aufgabe wird durch einen Mittelfrequenz-Transformator mit den im Anspruch 1 angegebenen Merkmalen gelöst.

[0024] Bevorzugte Ausgestaltungen der Erfindung und weitere vorteilhafte Merkmale sind in den Unteransprüchen angegeben.

[0025] Der beschriebene Mittelfrequenz-Transformator umfasst ein Gehäuse aus einem isolierenden Material, in welchem mehrere Wicklungen angeordnet sind, wobei das Gehäuse zumindest teilweise mit einem isolierenden fluiden Medium gefüllt ist.

[0026] Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass im Gehäuse mehrere, mit dem isolierenden Medium gefüllte Wicklungskammern angeordnet sind, und in jeder Wicklungskammer mindestens eine Wicklung angeordnet ist, derart, dass hauptsächlich nur die Wicklungen von dem isolierenden Medium Fluid umgeben sind.

[0027] Vorzugsweise sind die Wicklungskammern geschlossen und durch isolierende Trennwände sowie "Böden" und "Deckel" voneinander getrennt. Die Wicklungen sind in den Wicklungskammern positioniert und fixiert, wobei die Wicklungskammern mit dem isolierenden Fluid vollständig gefüllt sind.

[0028] Erfindungsgemäß sind geschlossene Wicklungskammern vorgesehen, beispielsweise aus Gießharz, wobei erst nach der Herstellung der Gehäuseteile die Wicklungen, vorzugsweise MF-Litzenwicklungen 31-32 eingesetzt werden. Die Erfindung und der technische Fortschritt wird insbesondere darin gesehen, dass nicht der ganze MF-Trafo, Kerne etc. mit isolierendem Fluid gefüllt und umgeben ist, wie es beim Stand der Technik bislang üblich ist, sondern nur die Wicklungen des Transformators von dem isolierenden fluiden Medium umgeben sind. Die Wicklungskammern sind derart ausgebildet, dass das isolierende Fluid nur die Wicklungen umgibt und umspült. Es ist kein weiteres Gehäuse z.B. aus Metall notwendig, das einen Fluidbehälter darstellt, in dem ein- oder mehrere MF-Trafos in Fluid getaucht untergebracht sind.

[0029] Der Hauptvorteil der Erfindung liegt darin, dass die benötigte Menge an isolierendem Fluid im Vergleich zu den bisher bekannten mit isolierendem Fluid gefüllten Transformatoren, drastisch reduziert werden kann. Die Menge an benötigtem isolierendem Fluid beträgt erfindungsgemäß höchstens 1-2% der Menge, die bei einem herkömmlichen, in Behälter getauchten, MF-Trafo benötigt wird.

Aufgrund der mit dem isolierenden Fluid gefüllten und geschlossenen Wicklungskammern sind die Wicklungen zu jeder Zeit durch zwei voneinander unabhängige Isolationsbarrieren, zum einen die Trennwände aus Feststoff und zum anderen das isolierende Fluid, von den anderen Teilen des Transformators elektrisch isoliert.

[0030] Die Wicklungen werden unabhängig von der Herstellung der Wicklungskammern eingesetzt, damit jegliche in der Wicklung "gefangene Luft" oder sich bildende Gaseinschlüsse vermieden werden. Die Wicklungskammern werden dann mit einem isolierenden

Fluid, wie Esther 87, Trafoöl, 88, dotiertes Reinwasser 89, Kältemittel 90, oder Kondensator-Isolieröl 91, oder einem Gas gefüllt. Etwaige Luft einschüsse in einem flüssigen Medium können mittels Vakuumverfahren und Luftabscheider im Fluidkreislauf entfernt werden. Bei geeignetem Drücken und angepassten Spannungen wären aber auch Isoliergase wie Schwefelhexafluorid, SF₆ oder auch verschiedene Kältemittel und erhöhte Luftdrücke möglich.

[0031] Probleme in Form von Ablösungen, Spalten und Hohlräumen, wie sie bei Feststoffisolationen auftreten, sind ausgeschlossen, weil die Wicklungen von Isolieröl, Esther oder Reinwasser weitgehend ohne Luft einschüsse umgeben sind.

[0032] Selbstverständlich müssen die Anforderungen die an konventionelle Transformatoren z. B. mit 15,25 oder 25 kV Nennspannung gemäß IEC und VDE gestellt werden, mindestens erfüllt werden.

[0033] Der Vorteil durchgehend gestalteter Reihen isolation um die Wicklungen ist, dass die Flüssigisolationen in Form von Estern, Ölen, dotiertem Reinwasser oder Gas für effektive Isolation und Wärmeableitung aus den MF-Litzen, Wicklungen, auch Durchführungen und Anschlüssen geeignet sind.

[0034] Aus Vorstehendem wird ersichtlich, dass für Transformationskonverter mit MF-Trafos über die IEC-Spannungsanforderungen hinaus neue technologische Anforderungen formuliert werden konnten, weil zum einen niedrige Streuinduktivitäten zwischen Primär- und Sekundärwicklungen 31, 32 aber auch optional Nebenwicklungen - z.B. GU- Wicklungen möglich sind. Isolationstechnisch werden geringe Abstände zwischen Primär- und Sekundärwicklungen einerseits, und möglichst geringe Windungszahlen der Wicklungen andererseits vorgesehen. Dies führt, auch bezogen auf niedrig Streuinduktivitäten, zu einer neuen MF-Trafo-Kategorie, wie sie hier beschrieben ist.

[0035] Aus dem Stand der Technik sind z. B. MF-Trafos für 15,25 kV bekannt geworden, bei denen die Zwischenisolationen zwischen Primär- und Sekundär-Wicklung herkömmlich aus Glimmer, Gießharz oder anderen Isolationsmaterialien hergestellt wurden. Diese Art von Feststoffisolationen stellt eine Möglichkeit dar, MF-Trafos zu bauen, die zwischen 15-25 kV betrieben werden. Jedoch ist es äußerst schwierig mit herkömmlichen Technologien konstant niedrige TE-Werte, z.B. Schwellenwerte kleiner als beispielsweise 15 pC zu realisieren. Einer der Gründe sind die starren Leitern im Trafoverguß, auch wenn Absteuer-Polsterungsmaßnahmen durchgeführt werden. Nach der Aushärtung des Harzes wirken deutlich unterschiedliche Ausdehnungen, auch Schrumpfungen zwischen Wicklungen, Schichtisolationen und Verguss nach. Und weil diese MF-Trafos zwischen -30°C bis +140°C betrieben werden, kommt es zu sehr vielen mechanischen Wechselbeanspruchungen während z. B. 30 bis 50 Jahren Betriebszeit.

[0036] Bekanntlich neigen Zwischenisolationen aus z. B. Glimmer in Form minimierter Abstände zwischen Pri-

mär- und Sekundärwicklungen, bei Einschluss von Luft - oder Gaspartikeln oder Spalten zu Teilentladungen (TE). Dies, weil Wicklungen mit und ohne geschichtete Feststoffisolationen ohne Luft einschüsse und Poren kaum herzustellen sind. Des Weiteren besteht immer eine Gefährdung dieser Wickelisolierungen, weil keine "selbstheilenden" Eigenschaften wie z. B. bei Kondensatoren in Flüssigisolation getaucht, vorhanden sind. Selbst wenn konventionelle Feststoffisolationen hohlraumfrei und TE-akzeptabel gefertigt werden könnten, können im späteren Betrieb Ablösungen von den starren Leitern stattfinden, was zur Folge hat, dass steigende TE-Intensitäten früher oder später zu elektrische Durchschlägen führen.

Die ersten MF- Hochleistungs- oder Traktionstrafos beinhalteten Cu oder Alu-Rechteckrohre als Wicklung, für z. B. Reinwasserkühlung. Trotz ausgefeilter

Wickel- und Puffer-Techniken muss immer mit Leiter-Ablösungen und Spaltbildungen von und in der Isolation gerechnet werden.

Hinzu kommen deutlich höhere Verlustleistungen, von beispielsweise größer als 3-4 %, als bei Wicklungen aus MF- oder HF-Litzenleitern, die von "Außen" gekühlt werden können, wenn entsprechend geschlossene und geschachtelte Kammern wie bei dem hier beschriebenen Transformator vorhanden sind.

[0038] Die von Isolierflüssigkeit (Fluid) umschlossenen Litzenwicklungen, wie sie bei der Erfindung verwendet werden, sind weitgehend TE-resistent, weil die isolierende Flüssigkeit (Fluid) fortwährend ausgetauscht und/oder gereinigt und gefiltert wird. Weil sich die Wicklungen in geschlossenen Feststoffkammern P 1-3 befinden, können sich z. B. Flusen oder sonstige Verunreinigungen in der Flüssigkeitsisolation nicht zwischen oder den Anfängen/Enden der Wicklungen anlagern - wie bei konventionellen Öltrafos - und zu Tiefspannungs-Überschlägen zwischen Primär- und Sekundärwicklungen 32, 31 oder gegen Erde, z. B. die Kerne, P 45 führen.

Hinzu kommt, dass Litzenwicklungen P92 deutlich unproblematischer in der Herstellung als Rohrleiter sind, die sich während des Wickelvorganges nur schwer biegen und auch sonst nur erschwert handhabbar sind.

[0039] Vorzugsweise sind die Primär/Sekundär-Wicklungen 31, 32, 33 geschachtelt, um die Verluste zu reduzieren. Die Wicklungen selbst bestehen vorzugsweise aus MF-Litze oder HF-Litze.

[0040] Heute üblichen Feststoffisolationen, ähnlich der 50 Hz Wandlertechnik zwischen 10-36KV, wird erfindungsgemäß ein zusammengesetztes Isolationssystem gegenüber gestellt, bei dem die Trennung der Hochvolt (HV) und Niedervolt (LV) Bereiche und Wicklungen durchgehend aus Feststoff- und Flüssigisolation besteht, was eine erhebliche Steigerung der Sicherheit, der Spannungen und Leistungen solcher Transformatoren bedeutet. Unterschiede zwischen Flüssigisolationsmedien wie Esther, Trafoöl oder Reinwasser Dotierungen bestehen im Wesentlichen in unterschiedlichen Dielektrizitätskonstanten, bei Trafoöl oder Esther etwa 3-4,

Reinwasser, je nach Dotierung mit 50-100, Luft mit 1 und SF6 mit ca. 3, sowie bezüglich Durchschlagsspannungen, Viskositäten und der Entzündungstemperatur, die bei Esther zum Beispiel deutlich höher als bei Trafoöl angesiedelt ist. Hinzu kommen nicht schädliche biologische Abbaubarkeit, bei dem Esther an erster Stelle steht. Demzufolge ist Esther die bevorzugte Zwischenisolation mit isolierendem Fluid, weil hier Deionisierungspatronen etc. nicht benötigt werden. Alternativen sind Druckluft, SF6 und Kühlmittel Gase, die nur bei speziellen Anwendungen in Frage kommen.

[0041] Daraus resultiert auch, dass z. B. Esther- Flüssigisolationen erheblich höhere Spannungsanteile bei Nennbetrieb und bei der Spannungsprüfung übernehmen. Umgekehrt, die zu übernehmenden Spannungsanteile für die Feststoff-Isolation eines diesbezüglichen Trafos mit dem Fluid Reinwasser mit Glykol dotiert, deutlich höher sind.

[0042] Als isolierende fluide Medien können erfindungsgemäß, insbesondere für niedrigere Spannungen, auch elektro-negative Gase, beispielsweise Schwefelhexafluorid (SF6) mit höherem Druck auch z.B. Luft- oder Stickstoff verwendet werden, was aber, wie erwähnt, nur für Spezialanwendungen infrage kommt.

[0043] Nachfolgend wird die Erfindung mit Bezugnahme auf die Zeichnungen näher beschrieben. Aus den Zeichnungen und der nachfolgenden Beschreibung ergeben sich weitere Merkmale und Vorteile der Erfindung.

Kurze Beschreibung der Zeichnungen

[0044] Es zeigen:

- | | |
|-----------|---|
| Figur 1 | Den Trafo und einen Schnitt durch die Wicklungen, Anschlusskästen und Kerne |
| Figur 2 | Den Trafo und einen 90° gedrehten Schnitt durch die Wicklungen und Winkel-gedreht durch Wicklungsdurchführungen |
| Figuren 3 | Das Trafogehäuse und die Wicklungskammern in Oval-Form und gleichen Umlauf-Querschnitten in verschiedenen Ansichten |
| Figuren 4 | Den Trafo mit Wicklungskammern in verschiedenen Ansichten und Wellenform der Trenn- und Außenwände |
| Figur 5 | Den Trafo und die Halterung der Wicklungen mit wellenförmigen Trennwänden |
| Figuren 6 | Trapezegeformter Trafo, als Trafo- und Dekkelgehäuse in verschiedenen Ansichten |
| Figur 7 | Trafo-Gehäuse für vergrößerten Fenster- und Kernquerschnitt von Fig. 6 |
| Figuren 8 | MF- Trafo, Wicklungskammern, |

Figuren 9

5

Figuren 10A-10D

Figuren 10E-10J

10

Figuren 11

15

Figuren 12

Figur 13

20

Figuren 14

25

Figuren 15

Figur 16

30

Beschreibung von bevorzugten Ausführungsbeispielen der Erfindung

[0045] Die Figuren 1-16 zeigen den grundsätzlichen Aufbau eines MF-Trafos mit beispielsweise Feststoff-Esther oder Reinwasserisolation, insbesondere die Trennkammertechnik für Primär- und Sekundärwicklungen 31, 32, die Primär und Sekundäranschlüsse, die hydraulischen Anschlüsse 59, 60, Kerne 45, Kernhalte-, und Verbindungsrahmen 50, 51 sowie die mechanische Befestigungen in Gehäusen oder Kaskaden. Das Trafo- und Deckelgehäuse 200, 201 wurden in geschlossener Kammertechnik realisiert und weitere Funktionseinheiten wie hydraulische Brücken und Strömungskanäle als Spannungsbarrieren zwischen Primär- und Sekundärwicklung 31, 32, eingebaut. Ladungsträger dichte HV-LV-Anschlusskästen- und Verschlussdeckel 18, 25, mit HV/LV-Isolierdichtungen 19, 28 ermöglichen den ersten Lichtpunkt- fußpunktfreie MF-Trafos für verschiedene AC-Mittelspannungen und Frequenzen in DC-Wechselrichtern.

[0046] Der MF-Trafo kann in Hochvolt-(HV) aber auch Niedervolt-(LV)- Konvertergehäuse oder Trafogehäuse installiert und eingesetzt werden, was Boden-, Schottwand-, Stapelmontage, aber auch Montage an Schottwänden mit Boden-, Decken-, oder Kaskadenmontage in LV-Räumen ermöglicht.

[0047] Verbindungstechniken und Ausgestaltungen der Trafo- und Deckelgehäuse werden aufgezeigt, bis

Wicklungen extern und hydraulische Verschaltung im Gehäuse

Den Trafo, die Wicklungskammern mit Wicklungen und deren elektrische Verschaltung

Mehrere MF-Trafos als Kaskadensäule aufgebaut

Mehrere MF-Trafos, Gehäuse integriert, in einem Vielfach MF-Trafo Multifunktionsgehäuse

Aufsetzen des Deckelgehäuses auf das Trafogehäuse zwecks Bildung eines Gesamt-Trafogehäuses mit geschlossenen Kammern.

MF-Einzeltrafo komplett mit Spannrahmen ohne Anschlusskasten Verschlussdeckel.

Schnitt der Gerade-Seiten des MF-Trafos mit Abstands- und Luftkonfigurationsgestaltung zwischen Gehäuse und Kernen.

Einzel MF-Trafo, vollständig mit Isolier-Dichtungsgesetzten Verschlussdeckeln der HV- und LV-Anschlusskästen.

Spannmechanik der Kerne

Spannrahmen mit Mutter-Verschraubung oder Kühlkörpern

hin zu Mehrfach- MF-Trafos in Kaskadenaufstellung gemäß Figuren 10A-10D oder in Form eines Multifunktionsgehäuses gemäß Figuren 10E, 10F.

[0048] Bei der durchgängig hohen Innovationsdichte der Erfindung ging es neben der weit überdurchschnittlichen Isolationssicherheit und Kühlung auch darum, dass die Verluste in Wicklungen 31, 32, und Kernen 45 deutlich kleiner als bei bisher üblichen MF-Trafos und erheblich kleiner als bei konventionellen Trafos der Frequenzen 16 2/3 oder 50 Hz sind.

[0049] Dies wurde unter anderem dadurch erreicht, dass die Wicklungen 31, 32, 33 nicht wie bisher aus Hohl- oder Massivleitern hergestellt werden, sondern das an deren Stelle verseilte MF- oder HF-Litzenwicklungen 92 als Anti-Skin- und Proximiti-Leiter treten, deren Einzeldrähte z. B. mit Isolierlack beschichtet sind.

[0050] Damit auch die Kernverluste niedrig sind, wird vorzugsweise Nano-kristallines Kernmaterial 45 verwendet, was aber nicht zwingend ist. Die Wärmeverluste von Nano-kristallinem Material werden zum Teil durch die Gehäuse und elastische Plattenunterlagen 49 in das Innere des Trafos geleitet und können dort abgeführt werden. Leichte Luftströme, die für andere Kühlungen erforderlich sind, führen die Überschusswärme ab.

[0051] Wenn aus Gründen, die nicht ausgeführt werden, andere Kernmaterialien für 45 mit höheren Verlusten, z. B. amorphes Material verwendet werden, kann optional eine Flächen-Kernkühlung 53, Fig. 16 im Bereich der Kerntrennung Schnitte 50, 51 mit eingebaut werden. Zu diesem Zweck ist es nur erforderlich Verbindungsstäbe 54 in den Isolations- Kernrahmen 50, 51 durch gleich konfigurierte Flachstäbe, als Kühler 53 ausgebildet, auszutauschen.

[0052] Für weitere mögliche Innovationsschübe bei zukünftigen Konvertertransformationen können noch weiter verdichtete MF-Trafos in Mehrfach-Ausführungen gemäß Figuren 10 realisiert werden, die weitere, Gewichts-, Volumenminderungen auch Baugruppen und Teilevereinfachung darstellen.

[0053] Figur 1 zeigt den erfindungsgemäßen Transformator im Schnitt. Vorzugsweise ist das Gehäuse des Transformators zweiteilig ausgebildet und besteht aus einem Trafogehäuse 200 und einem mit diesem fest verbindbaren Deckelgehäuse 201. Das Gehäuse kann aber auch ein einteiliges Gehäuse sein, wenn nach der Wicklungsmontage Trafogehäuse und Deckelgehäuse dicht verklebt werden. Das Trafogehäuse 200 umfasst mehrere Wicklungskammern 1-3. Diese Wicklungskammern 1-3 sind durch isolierende Gehäusewände 4, 7 und isolierende Trennwände 5, 6 voneinander getrennt. Wenn das Trafogehäuse 200 mit dem Deckelgehäuse 201 verschlossen ist, ergeben sich über Isolier-Dichtungen geschlossene Wicklungskammern 1-3, wobei in jeder Wicklungskammer 1-3 entweder eine Primärwicklung 32 oder eine Sekundärwicklung 31, sowie optionale Nebenwicklungen 33, aufgenommen sind. Über Anschlusskästen 11, 17, die am Trafogehäuse 200 und/oder Deckelgehäuse 201 integriert sind, werden die Wicklungen über

elektrische Durchführungen 30 im Trafogehäuse 200 und Deckelgehäuse 201 mit elektrischen Anschlüssen 36 verbunden. Die Anschlusskästen 11, 17 werden durch Deckel 12, 18 und Isolierdichtungen 13, 19 dicht, d.h. "spannungstechnisch", verschlossen. Um die geraden Seiten der Wicklungen und deren Gehäuse sind ein- oder mehrere Kerne 45 angeordnet. Die einzelnen Wicklungskammern 1-3 sind vollständig mit einem isolierenden Fluid 87-91, beispielsweise Esther oder isolierendem Gas, gefüllt. Erfindungsgemäß werden die Litzenwicklungen 92 in die Wicklungskammern 1-3 eingebracht, und die Wicklungskammern mit Esther, Trafo-Öl, dotiertem Reinwasser Kältemittel oder auch einem geeigneten Gas gefüllt.

[0054] Bei dem erfindungsgemäßen Transformator werden die voneinander getrennten Wicklungskammern 1-3 ohne Wicklungen, beispielsweise im Vakuum- oder Druckgelierverguss-Verfahren, hergestellt. Die Trafo- und Deckelgehäuse 200, 201 entstehend zunächst ohne Wicklung und können fehlerfrei und ohne Poren oder Spalteinschlüsse, besonders im Bereich der Trennwände 5, 6 gefertigt werden. Selbst wenn Gießfehler passieren, können diese mittels spezieller TE-Messungen oder Röntgenverfahren gefunden und die fehlerhaften Gehäuseteile ausgesondert werden.

[0055] Das Trafogehäuse 200 und das Deckelgehäuse 201 sind entweder stoffschlüssig, beispielsweise durch eine Klebeverbindung oder Verguss, miteinander verbunden, oder sie sind durch mechanische Mittel kraftschlüssig und/oder formschlüssig miteinander verbunden. durch von außen am Gehäuse ansetzende Spannvorrichtungen 25, 27, 46 miteinander verbunden. Insbesondere sind zum Verbinden des Trafogehäuses 200 mit dem Deckelgehäuse 201 und den Deckeln der Anschlusskästen Befestigungsmittel 74 vorzugsweise mit Federelementen 45 vorgesehen, die das Deckelgehäuse und die Deckel selbstnachspannend mit dem Trafogehäuse verbinden.

[0056] Andererseits können bei herkömmlichen Verguss- Feststoffisolationstechniken Fehlstellen in Zwischenisolationen und Grenzpartien der Trafowicklungen, "ovalradial" angeordneter Wicklungen mit derzeitigen Mess- und Untersuchungsverfahren nicht oder kaum geortet werden. Es sei denn, dass über Zufallstreffer, d.h. mit Objekt- zerstörenden Maßnahmen, Fehler identifiziert werden. Es ist einsehbar, dass solche Prüfungen allenfalls als Systemprüfung, nicht aber als Stückprüfungen, verwendbar sind.

[0057] Ein weiterer Nachteil der Herstellung der Wicklungen in Massivrohr-Hohleleitertechnik ist, dass in Verbindung mit meist hohen spezifischen Stromstärken bzw. MF-Frequenzen ungleich höhere Skin- und Proximityverluste auftreten als bei den erfindungsgemäß verwendeten querschnittsgleichen oder querschnittshöheren verseilten HF oder MF-Litzen 92.

[0058] Flüssigisolation 87- 91 kombiniert mit porenfreien, dünnen Feststoff- Trennwänden 5 und 6 oder mehreren Trennwänden und Außenwänden 4, 7, sind des-

halb vorteilhaft, weil einerseits ein Höchstmaß an Feststoff-Isolations-Sicherheit erreicht wird, und andererseits die Verlustwärme der Wicklungen 32, 31 leicht über die zirkulierende Flüssigkeitsisolation oder auch zirkulierenden Gas abgeleitet werden kann. Das isolierende und kühlende Medium, z. B. Öl, Esther, Reinwasser oder auch Gas, z. B. Druckluft oder SF₆- oder Kühlmittelgas, muss nicht durch enge Querschnitte und große Rohrleitungslängen gepumpt werden, sondern stellt als "Außenflächen-Kühlmittel eine fortwährend sich austauschende Isolation dar. Selbst wenn Luftblasen, z. B. aufgrund von Arbeiten außerhalb der Herstellung, also extern in der Flüssigisolation vorhanden sind und Spannung angelegt wird, kommt es nicht zu Defekten, weil die Wicklungen 31, 32 sich in geschlossenen Wicklungskammern Fig. 1, 1-3 mit Isoliertrennwänden 5, 6 befinden. Dadurch werden durch die Zirkulation des Isolationsfluids schnell wechselnde Luftblasen-Konstellationen im Trafo erzeugt, die keinen Durchschlag oder Überschlag ermöglichen, weil die temporären TE-Intensitäten fortwährend und äußerst schnell wechseln, bzw. durch die permanente Luftabscheidung verschwinden, als dass ein Isolationsschaden daraus entstehen könnte.

[0059] Die Unterschiede zu Feststoff- Isolationstrafos, auch zu konventionellen Öl- oder Esther-Transformatoren, sind die Kunststoff gekapselten Primär- und Sekundärwicklungen 32, 31 mit Esther, Reinwasser oder Gas-106, 107 Isolierstrecken zwischen den Primär- und Sekundärwicklungen 31, 32. Die einzelnen Wicklungskammern 1-3 umfassen separat am Gehäuse 200 angeordnete Fig. 1, 60, oder in das Gehäuse 200 integrierte Verbindungskanäle, Figur 8.

[0060] Weder Luftblasen noch moderat mit Feuchtigkeit angereicherte Esther oder Öle 87, oder durch kurze oder lange Flusen oder begrenzte Verunreinigungen in der Flüssigisolation können zu elektrischen Durchschlägen zwischen den Wicklungen 32, 31 oder 33 führen. Dies, weil für Mittelspannung dimensionierte Kammerwände 4-7 und Hydraulikbrücken als Überleitungen Fig. 1, 60 oder Fig. 8 physikalisch es nicht zulassen, dass es zu Durch- oder Überschlägen kommt.

[0061] Ein Evakuierungsverfahren bei der Erstmontage des Trafos stellt sicher, dass auch Hohlräume unter den Innenoberflächen der z. B. mit Seide umhüllten Litzen 92 und deren Mikrohohlräume mit isolierendem Fluid gefüllt werden. Diese Durchtränkung der Umhüllung und Draht-Zwischenräume der Litzen 92 in 1-3 mit dem isolierenden Fluid 87-91 ist ein wesentlicher Faktor zur Erreichung geringer TE-Intensitäten auch bei hohen Spannungen. Der zweite wesentliche Faktor ist, dass die Litzendrähte 92 durchgehend über die Flüssigisolation wärmeleitend verbunden sind, was die Wärmeableitung aus den Litzenprofilen nach Außen in den isolierenden Fluidstrom entscheidend fördert.

Hier bestehen insbesondere wärmetechnische Unterschiede zu konventionellen mit Öl oder Esther gefüllten Trafos. Weil nicht "langsame interne" Konvektionsströmungen im Metallgehäuse des Trafos die Kühlwirkung

bestimmen, sondern aktiv gepumpte Kreislaufströme an den Wicklungen 31,32, und den Durchführungen 9, 30 vorbei, sowie den Anschlüssen 76, indirekt den Ringkontaktierungen 39 und der Kontaktkraftgeschraubten Übergangswiderstände 112 und 39 unmittelbar vorbeiführen, wird die entstehende Verlustwärme um ein vielfaches besser abgeleitet als dies mit jeder anderen Kühlmethode in mit viel Öl gefüllten konventionellen aber auch vielfach getauchten MF-Trafos in kleineren Behältern möglich ist. Aufgrund der exzellenten Kühlung können die Lastströme der Primär- und Sekundärwicklungen deutlich höhere Werte annehmen als dies von der Nennleistung vorgegeben ist, was beispielsweise für Anfahr- und Bremsvorgänge, auch langen Steigungsfahrten von entscheidendem Vorteil ist.

[0062] Bei dem erfindungsgemäßen MF-Trafo Fig. 1-16 wird das in die Wicklungskammern eingefüllte, isolierende Fluid 87-91 oder 106 und 107 in forcierte Strömung versetzt. Aufgrund relativ kleiner Füllmengen führt dies zu kurzen Umlaufzeiten und einer effektiven und sicheren Kühlung an den Außenflächen der Wicklungen 32, 31, den Durchführungen 9, 30, 111, den Anschlüssen 76, und Kontakten 112, 39. Das bedeutet, dass die abgeführte Verlustwärme des Trafos unmittelbar in einen Wärmetauscher transportiert und über Kühler in die Atmosphäre geleitet werden kann. Wärmetauscher und Kühler sind extern und nicht Gegenstand der Erfindung. Die Kühlung der MF-Trafos mittels eines fluiden Mediums wird meist nur als Nebenanschluss an die Kühlung der Leistungs-Elektronik der Traktion realisiert.

[0063] Dieses effektive Zwangskühlsystem durch isolierendes Fluid, z. B. 87-91 oder 106, 107 hat gegenüber starr-hohlen Wicklungsleitern mit Reinwasserkühlung den Vorteil, dass das MF-Trafo- Kühlsystem ohne Entionisierungsvorrichtungen auch für Konverter- Halbleiter, auch anderen Komponenten mit deutlich unterschiedlichen Spannungen benutzt werden kann, was eine erhebliche Vereinfachung für das Gesamtsystem eines Transformationskonverters bedeutet.

[0064] Ein weiterer Vorteil der geschlossenen Wicklungskammern 1-3 ist die Ausgestaltung der Gehäuse- und Trennwände 4-7, s. Figuren 5 und 7. Die Gehäuse- und Trennwände weisen integrierte Vorsprünge oder separate Abstandselemente auf, durch welche die Wicklungen 31 in den Wicklungskammern radial positioniert und fixiert werden. Die Gehäuse und Trennwände können beispielsweise wellenförmig 95, 96 oder trapezförmig 116 gestaltet sein, und trennen die Primär - und Sekundärwicklungen 32 und 31 räumlich voneinander. Nicht nur für den Normalbetrieb, sondern auch bei starken Rüttel- und Stoßbeanspruchungen. bzw. Kurzschlüssen, sind diese wellen- oder trapezförmigen Trennwände 95, 96, 116, Fig. 5 und Fig. 5A zwischen den Wicklungskammern 1-3 ein zentrales Element des Transformators. Die "Wellen" oder "Trapeze" der Trennwände 95, 96, 116 sind so geformt, dass die elektrischen Feldstärken in der Flüssig- und Feststoffisolationen, außer unmittelbar an den Litzenoberflächen, nahezu gleich

gehalten werden.

[0065] Zwischen Primärwicklungen 32, Sekundärwicklungen 31 und gegen Erde 45, 46 befinden sich erfindungsgemäß zwei Isolationsbarrieren, die sich "addieren" und aus Feststoffisolationen in Form der Gehäuse und Trennwände 4-7 und Flüssigisolation 87-91, sowie partiell externe Luftstrecken 16- 29 (Fig. 13). Die Flüssigisolation wird im Betrieb fortwährend in Strömung gehalten und bildet eine sich immer wieder "regenerierende Fluid-Isolation" an den isolationsrelevanten Stellen im und außerhalb des MF-Trafos.

Auch die zusammengesetzten Klein- und Großschlagweiten bzw. Kriechstrecken 16-29 sowie 42-55 in und an den Anschlusskästen 11, 17 und Durchführungen 9, 30 gehören zum durch Isolierstellen unterbrochenen Schlagweiten, Kriechweg-Konzept.

[0066] Dieses erfindungsgemäße Konzept der Isolierung hat entscheidende Vorteile: Elektrische Durch- oder Überschlüsse zwischen Primär- 32 und Sekundärwicklungen 31 können faktisch nicht stattfinden. Dies gilt, wie bereits ausgeführt, auch bei dem sonst gefürchtetem Vorhandensein von Flusen oder Fasern in isolierenden Fluiden oder auch entlang von Außenkonfigurationen des Trafos, wenn keine Isolier- und Dichtungsbarrieren vorhanden sind.

[0067] Wegen des allseitigen Umschlusses der Wicklungen mit Feststoff- und Flüssigkeitsisolation in den Wicklungskammern 1-3 für die Primär- und die Sekundärwicklungen mit Hilfe von Trennwänden 5, 6 ist es nahezu nicht möglich einen Kurzschluss- oder einen sich anbahnenden Durch- oder Überschluss zwischen Primär- und Sekundärwicklung 31, 32, 60 oder gegen Erde (Kerne 45, 46) zustande zu bringen.

[0068] Dies, weil die Trennwände 5, 6 die Spannungsdifferenz zwischen Primär- und Sekundärwicklung 32, 31 zeitlich gekürzt, alleine übernehmen könnten, was aber aufgrund der überwachten Fluidströme nicht stattfindet.

[0069] Die Abstände der jeweiligen Wicklungen 32, 31 zu den Trenn- und Außenwänden 5, 6, 4, 7, zwischen welche Flüssigisolation 87-91 oder Gasisolationen 106, 107 eingefüllt ist, sind im Mittel ungefähr gleich groß wie die Dicke der isolierenden Trennwände. Dadurch ergibt sich ein hohes Maß an kombinierter Sicherheit und Einhaltung bzw. Unterschreitung der spezifizierten TE-Schwellenwerte

[0070] Die Sicherheiten addieren sich in mehrfacher Hinsicht, zum einen aufgrund der prüftechnisch sichergestellten Poren- oder Mikroporenfreiheit der Trennwände und Außenwände der Wicklungskammern, sowie der sich fortwährend austauschenden Flüssig- oder Gas-Isolationen in allen Teilen des Trafos, also auch axial und radial in den Wicklungskammern 1-3 und der Durchführungsbereiche 9, 30, ff. Anders als bei Feststoffisolationen sind leitfähige Kanalbildungen in allen Teilen der Isolation nahezu ausgeschlossen.

[0071] Wie die Figuren 5 und 7 zeigen, weisen die Trennwände 5, 6 zwischen Primär - und Sekundärwick-

lungskammern 1-3 versetzte spiegelbildlich zueinander angeordnete Wellenkonturen 95, 96 auf, die die Wicklungen 92 (31-32) immer "mittig" zwischen den Trennwänden 95, 96 halten und fixieren. D. h., dass an den Wellenbergen gegenüberliegenden Seiten der Wicklung zusätzlich zu einer Feststoffisolation immer eine doppelte Flüssig- oder Gasisolation vorhanden ist 87-91 bzw. 106, 107.

[0072] Um diesen Sicherheitsaspekt bei einem zweiteiligen Gehäuse nicht an der Schnittstelle zwischen Trafo- und Deckelgehäuse zu verlieren, befinden sich beidseits der Stirnseiten der Wicklungen axiale Anschläge oder Abstandhalter Figur 2, 98, 99, die jeweils axial "unter" und "über" den Wicklungen angeordnet sind, um die E-Feldstärken zwischen Primär- und Sekundärwicklungen und den axial gedichteten Abschlüssen der Wicklungskammern 1-3 zu den Wicklungen 32, 31 auch in den Gehäuse-Fügebereichen Fig. 1, 2 insbesondere auch gegen die Kerne und Spannbänder 45, 46 auf unkritische Niveaus zu senken. Hinzu kommen im Außenbereich der Gehäuse so genannte Aussparungen 42, 43 und Fig. 13 allseitige Luftstreckenabstände zu den Kernen 45.

[0073] Die Figuren 1 und 8 zeigen, dass Fügestellen zwischen den Gehäusewänden 4, 7 und Trennwänden 5, 6 des Trafogehäuses 200 und dem Deckelgehäuse 201 mit in Nuten 99 eingefassten hydraulisch-elektrischen Kammerdichtungen 68-71 versehen sind. Somit sind die Axial-Abstände 97 98 zu den jeweiligen Begrenzungen am Nutgrund 99 der Trafo/Deckelgehäuse mit dimensionierten Durchgangs/Oberflächenwiderständen im Bereich 97, 98, 99 Feldstärken reduziert, dass bei Stoß- bzw. Prüfwechsel-Spannung, noch ausreichende Reserven vorhanden sind.

[0074] Zusätzlich bestehen Optionen für die Sicherung der Spannungsfestigkeit im Fügebereich der beiden Gehäuseteile 200, 201. Vor dem Komplett-Zusammenbau gemäß Fig. 12- 14 des Trafos können die Nuten 99 des Deckelgehäuses, sofern auf die Möglichkeit der Demontage verzichtet wird, mengendosiert mit elektrisch hochfesten Klebearzen angefüllt werden, wobei der Nutgrund bei der folgenden Montage und der Aushärtung wagerecht nach "Unten" aufgestellt ist. Damit wird aus je einem Trafo- und Deckelgehäuse ein in sich geschlossenes mit Innenkammern versehenes einteiliges Trafogehäuse. Diese "Verschmelzung" des Trafo- und Deckelgehäuses kann in mehreren Versionen ausgeführt werden.

[0075] Einerseits können klebeaktiv vorbereitete Nuten der Trennwand- Fügestellen des Deckelgehäuses 201 vor dem Einlegen der Dichtungen in die Nuten 99 mengendosiert mit Klebearz gefüllt werden so, dass Trafo- und Deckelgehäuse 200, 201 feststoffisoliert und mechanisch zu einem einzigen Gehäuseteil werden. Hierbei sind Primär- und Sekundärwicklung 32, 32 vor der Fügung mit Durchführungen und Dichtungen montiert und die Nut-Klebebefüllungen so dimensioniert, dass nach dem Aufsetzen des Trafogehäuses in das Dek-

kelgehäuse das Klebeharz 101 nicht aus den Nuten 99 austritt.

[0076] Die Nutflächen und die obersten Tennwandpartien werden im Bereich der Zusammenklebung vom Trafo- und Deckelgehäuse Fig. 8, 9 so Klebe- behandelt, dass Trafo- und Deckelgehäuse stoffschlüssig verbunden werden, wobei die inneren Trennwände 5, 6 auch die Gehäuse Innen- und Außenwände 4 und 7 durch die Klebeverbindung 104 zu geschlossenen Gehäuse- Einheiten werden.

[0077] Vorstehende Arbeitsgänge könnten mit geeigneten Klebeharzen auch ohne Dichtungen zwischen Trafo- und Deckelgehäuse 200, 201 ausgeführt werden. Eine diesbezügliche Klebung würde Trafo- und Deckelgehäuse ebenfalls zu einem Gehäuse 101 ohne Dichtungen 68- 71 "verschmelzen". So verschmelzen, dass auf Befestigungsmittel 73 zwischen Trafo- und Deckelgehäuse verzichtet werden könnte. Es können im Bereich der Fugenstellen auch noch andere Maßnahmen erfolgen, wie Trennisolierstreifen oder Rundumkappen mit Durchführungsstutzen (nicht gezeichnet), welche die elektrische Sicherheit auch ohne Fugenstellen-Klebung deutlich erhöhen.

[0078] Im Regelfall kann aber auf vorstehend beschriebene Klebeoperationen und Kuppen-Konstruktionen verzichtet werden, weil die Dichtungsverbindung 68-71 für herkömmliche Nennspannungshöhen ausreicht.

[0079] In Fortführung vorstehender Ausführungen könnte auf die gezeigte Verbindung von Trafo und Deckelgehäuse 200, 201 mit Verschraubungen 25, 27 und zusätzlichem Druckaufbau auf Trafo- und Deckelgehäuse mittels Spannbänder 46, über Kerne 45 und elastisch-kompressiblen Plattenunterlagen 49 verzichtet werden.

[0080] Andererseits kann die Verwendung von Spannbändern 46 über Kerne 45 und die elastischen Plattenunterlagen 49 an den Geradeseiten der Trafo- und Deckelgehäuse 200, 201 die Verschraubung 25, 27 gemäß Fig. 1 erübrigen. Dies hat den Vorteil, dass der erfindungsgemäß vorgeschlagene MF-Trafos gemäß Figuren 6 bis zu 20% "schmäler" wird, weil der Raum für die Verschraubungen Fig. 6B, 108 entfällt. Des Weiteren wird das Flansch-Raumvolumen vermindert Fig. 7, was die Möglichkeit eröffnet, den Kernquerschnitt Fig. 7, 128 und die Spannungszeitfläche bzw. Leistung des Trafos zu vergrößern.

[0081] Solche effektiven Optionen für Konvertertransformationen ermöglichen es auch, z. B. bis zu 8-10 MF-Trafos "aufeinander" oder "nebeneinander" zustapeln, wie es in den Figuren 10 dargestellt ist. Eine solche Anordnung mehrerer Trafos führt zu Volumen/Gewichts-Reduzierungen des Transformationskonverters, Figuren 10.

[0082] Eine noch drastischere Volumenverminderung zeigen die Figuren 10E, 10F auf. Weitergehend zu den Figuren 10A bis 10D wird bei diesem Vorschlag nur der Innenteil der bisherigen Trafogehäuse Fig. 1-9 verwen-

det. Die Sekundär-Einzelkammern 1-3 werden in beliebigen Mehrfach-Trafo-Kollektiven z. B. 3, 5 oder 10 Trafos zu gemeinsamen, d. h. Vielfach-Sekundär-Wicklungsräumen, mit dem Reduktionspotential des Wegfalls vieler Außenwände 7 zu einer gemeinsamen Außenwand 129 des Vielfach MF-Trafos, aber auch innerer Verschaltungen unter Flüssig- und Gasisolationen, zumindest auf der LV-Seite.

[0083] Auch bei der Ausführung gemäß Figuren 10E, 10F würden die Kerne pro Einzel- bzw. im Multi-Integrierten Trafo in Atmosphäre und nicht in der Öl- oder Gasisolierung angeordnet werden. Trafo- und Deckelgehäuse würden in zum Beispiel 3, 5, 10-fach Ausführung hergestellt werden können.

[0084] Die Ausführungen gemäß Figuren 10A bis 10F sind eine weitere Verdichtung und Gewichtsreduktion von Konverter-Transformation, die eine mögliche Weiterentwicklung vom Einzel- MF-Trafo zu Mehrfach MF-Anordnungen sind.

[0085] Im Weiteren werden die Innengestaltung der Wicklungskammern 1-3 und weitere Ausführungsformen des erfindungsgemäßen MF- Transformators beschrieben.

[0086] In Figur 2 sind insbesondere die elektrischen Anschlüsse und Durchführungen zu den Wicklungen sowie die Dichtungen zwischen Trafogehäuse 200 und Deckelgehäuse dargestellt.

So werden u. a. im Grund der Wicklungskammern 1-3 vorzugsweise gusstechnisch integrierte Abstandshalter 98 für die Wicklungen 31, 32 zu den Kammerböden platziert so, dass die Wicklungen analog zu den Steigungen der Wicklungsspiralen auf den höhengestuftten Abstandshaltern Fig. 2, 98 aufliegen, ohne dass der Fluss des Isolationsfluids 87- 91 behindert wird.

Die Gegenhalterung für die Wicklungen 31, 32 bilden die Gehäusedeckel Fig. 1 mit elastischen Distanz- 110 oder Abstandshaltern 109, mit welchen die Wicklungen 32, 31, 33 mit Federkraft fixiert, d. h. vibrationsfest gehalten werden. Primär-, und Sekundärwicklung 32, 31 werden mit einer Reihe von Abstandshaltern 109 und Abstandsbögen 110 auf dimensionierte Abstände zu dem Deckelgehäuse 201 Fig. 1, 2 gehalten.

[0087] Diese axialen Fixierungen der Wicklungen in den Gehäuseteilen 200, 201 sind erforderlich, damit bei Rüttel-, oder bei Stoßbeanspruchungen bei Zugfahrt oder magnetisch ausgelösten Kurzschlussbeanspruchungen axiale Bewegungen der Wicklungen 32, 31, 33 in den Wicklungskammern Fig. 1-5, 1-3 unterbunden werden.

[0088] Anfang und Ende der Wicklungen 31, 32 und deren Befestigung an den Durchführungen 9, 30 stellen zwar fixe Halterungen der Wicklungen dar, können aber ab gewissen Abständen die Wicklungen 31, 32 nicht allein ausreichend in den Wicklungskammern -13 halten, um Bewegungsschäden zu vermeiden.

[0089] In radialer Richtung werden die Wicklungen durch die entsprechen mit wellenförmigen oder trapezförmigen Vorsprüngen ausgebildeten Trennwände ge-

halten. Alternativ zu Fig. 4, 5, 7 besteht aber auch die Möglichkeit gemäß Fig. 8 die Vorsprünge oder Abstandselemente direkt an den Wicklungen von Primär-, 32 und Sekundärwicklung 31 anzuordnen. In diesem Fall sind die Gehäusewände und Trennwände 4-7 nicht wellenförmig oder trapezförmig sondern glatt ausgebildet Fig. 8A-E und bilden Oval-Formen um die Kerne 45. Damit dennoch eine Zentrierung und Fixierung der Wicklungen 31, 32 und gleichmäßige "Isolierdicken" des isolierenden Fluids in den Wicklungskammern 1-3 allseitig um die Wicklungen Fig. 8B gegeben sind, können z. B. Wellen- oder Trapezform aufweisende Wicklungsclips Fig. 8F, 129 und Fig. 8C, 130 auf die Wicklungen 32 oder 31 aufgebracht werden, deren Konfiguration so gestaltet wäre, das weiterhin und ungehindert die Flüssigisolationen 87-91 oder Gase 106, 107 die Räume zwischen den Wicklungen 32 und 31 sowie den Innenseiten der Gehäuse- und Trennwände 4-7 auffüllen und austauschen können.

[0090] Die dargestellten vorteilhaften Merkmale der versetzt angeordneten Wellen- oder Trapez geformten Gehäuse- und Trennwände 95, 96 sind auch hier realisierbar, wenn um die Sekundär- und Primärwicklungen Fig. 8 31, 32, 33 Wellenspann-Elemente Fig. 8F, 115 versetzt angebracht würden, die sich in nicht mit Wellen bestückten Kammerwänden Fig. 8, links obere Darstellung 1-7 abstützen. Diese Maßnahme ist eine Option für einfachere Trafogehäuse- und Deckel gemäß Fig. 8, und der Fig. 10.

[0091] In den axialen Bereichen der Wicklungskammern 1-3 und der Wicklungen 32, 31, 33 erreicht die Dicke der Flüssigisolation im Bereich der Durchführungen 9, 30 fast doppelte Werte, als an den radialen Bereichen der Wicklungen/Wicklungskammern. Dies, damit im Bereich Feld-verformender Konfigurationen z.B. der Durchführungen größere Anteile der Nenn- und der Prüfspannungen und ihrer elektrischen Felder in die Flüssigisolation verlagert und abgebaut werden, bzw. die stärkeren Radialen der Durchführungen 9, 30 im Bereich der

[0092] Konusbohrungen 64 und der Radialabstände der Wicklung, Trenn- oder Außenwände deutlich niedrigeren TE- Feldstärken erhalten.

[0093] Diese Maßnahme der partiellen Kammeraufweitungen Fig. 4 im Bereich der Wicklungsköpfe ist erforderlich, damit Eingangs/Ausgangsdurchführungen der Primär-, und Sekundärwicklungen vermehrt mit Flüssig- oder Gasisolationen umhüllt sind.

Auch, damit die Ströme über ausreichende Durchmesser/Querschnitte Fig. 4, der Durchführungen 9, 30 bzw. der Konusbohrungen 64 in und aus den Wicklungen der Wicklungskammern gelangen und es bezüglich Durchführungen nicht zu partiellen Temperaturerhöhungen in Teilen des MF-Trafos kommt.

[0094] In diesen vergrößerten Kammerbereichen Fig. 4, 1,2 werden die Durchführungen 9, 30 mit Lötaschen, verdrehsicher Fig. 1, 2, 113 arretiert.

Die Dichtungen um die Durchführungen 9, 30 werden in

die Konusbohrungen Fig. 4, 64 gedrückt und beim Einschub 64 radial verformend gespannt.

[0095] Alle Formen, auch Optionen der geschlossenen Wicklungskammern 1-3 für Primär- 32 und Sekundärwicklungen 31 sind so gestaltet, dass die hydraulisch-elektrischen Dichtungen 68-71 optional auch die beschriebenen Klebe- Zusatzmaßnahmen, 99 -102, zwischen Trafo- und Deckel-Gehäuse außerhalb der höchsten elektrischen Feldstärken liegen, die sich unmittelbar an ersten und letzten Windungen der Primär/Sekundärwicklung 32, 31 und an die Lötaschen Fig. 2, 8, 38 der Durchführungen anlagern.

[0096] Es sind Eingussarmatur-Schraubverbindungen 73 mit Spannkraft-Nachstellung 115 zur Kompensation von Setzvorgängen der Dichtungen 68-71 vorgesehen, die über 68-71 Flächendruck auf die Gehäuse- und Trennwände 4-7 zwischen Trafo - und Deckelgehäuse Fig. 1, 2, 200, 201 ausüben. Dadurch wird der Austritt von Esther oder Isoliermedien 87- 91 oder unter höherem Druck stehendem Isoliergas 106, 107 aus dem geschlossenen Gehäuse 200, 201 faktisch ausgeschlossen. Gleichzeitig bilden die Gehäuse- und Trennwände 4-7 die Feststoff-Isoliersperren der Wicklungskammern 1-3.

[0097] Gleiches gilt für optionale Gehäuseverklebung 99 -102. Die Durchflüsse der Isolierhydraulik 88- 91, alternativ der Gasdurchströmung 106, 107, durch die Pfadführung für die Flüssig- oder Gas- Isoliermedien 59-60- 59 sind 180° drehbar.

[0098] Das isolierende Fluid 87-91 wird über einen oberen Hydraulikanschluss 59 zugeführt und parallel in die äußeren Wicklungskammern 1 und 3 geleitet. Von dort wird das isolierende Fluid von den Außenkammern 1,3 über eine hydraulische Brücke 60 zu der inneren Wicklungskammer 2 geleitet, von wo das Fluid durch die Kammer dem unteren Hydraulikanschluss 59 ausgeleitet wird.

Die Strömungsrichtung des isolierenden Fluids kann natürlich auch 180° umgekehrt sein. Die Zuführung des isolierenden Fluids an die Hydraulikanschlüsse 59 kann über externe Isolier-Schlauchverbindungen erfolgen. Die Hydraulikbrücke könnte auch in das Gehäuse des Transformators integriert sein Fig. 9, 103.

[0099] Ein blasenfreier Fluid-Umschluss der Wicklungen und aller Spannung führenden Teile mit isolierendem Fluid ist im Bereich der Primär- und Sekundäranschlüsse dadurch gesichert, dass Durchführungsarmaturen 9, 30, in den Konusbohrungen 64 für HV bzw. LV- Anschlüsse im Trafogehäuse 200 und im Deckelgehäuse 201 nach Vakuum-Vorbehandlung mit Druck beaufschlagt sind.

[0100] Das isolierende Fluid 87-91 in den Wicklungskammern 1-3 wird vorzugsweise hydraulisch unter Druck gehalten.

[0101] Mit Kontaktschrauben 76 und den Sperrkontaktfedern 77 für die Primär- und Sekundär-Ringkontakte 39 an den Anschlüssen werden niedrige Übergangswiderstände zwischen den Wicklungen 32, 32, den Lötaschen 38 der Durchführungen 9, 30 der Kontakthülse 112, den Ringkontakten 39 und den Anschlusskabein

(ohne Pos.) hergestellt.

[0102] Das erfindungsgemäße MF-Trafo-Isolationsprinzip: durchgängige Reihenschaltung: Feststofftrennwände 5, 6 und sich regenerierende Flüssigkeitsisolation 68-71 oder Isoliergas 106, 107 ist ohne Lücken umgesetzt, indem alle Wicklungen 32, 31, 33, mit durchgängig kammerförmigen Hohlraum-Feststoffisolationen und Flüssigisolationen- Auffüllungen 68-71 realisiert wurden, welche elektrisch- auch mechanische Sicherheit des MF-Trafos garantieren. Dies gilt auch für die optionale GU-Wicklung 33, die zwischen erster und zweiter Lage Fig. 8 bzw. 1, 2 der Primärwicklung 32 angeordnet ist und mittels Zwischenisolationen 34 Stossspannungssicher ist. Um die Streuinduktivität der GU- Wicklung zur Primär- und Sekundärwicklung gleichrangig niedrig zu halten, wurde die GU- Wicklung 33 als Flächenwicklung 33-35 realisiert. Die GU- Wicklung 33 ist vorzugsweise als Folienwicklung 35 ausgebildet und wird in eine beidseitig umschließende Zwischenisolation 34 gefügt. Pos. 35 zeigt, dass die GU- Wicklung zwischen 1. und 2. Lage der Primärwicklung 32 platziert ist. Seitlich umschließt die Folien-Flächenwicklung Fig. 2, 8 eine Litze 35 so, dass eine die Streuinduktivitätsabsenkende Überdeckung zwischen 1, 2 - Lage zur Primär- und Sekundärwicklung Wicklung gegeben ist.

[0103] Außerhalb der Trafo/Deckelgehäuse sind Primär-, und Sekundäranschlüsse 30 Feldstärken- und TE-minimierenden Ringkontakten 39 in Ladungsträgereinschließenden Anschlusskästen in u. a. 11, 12, 17, 18, für die Kabelanschlüsse untergebracht. Das heißt, dass Kriechwege und Schlagweiten zu trafonahen Potentialen, auch Kernen 45 und Spannbänder Fig. 1, 2, maßlich aber nicht in der Wirkung (Typprüfung) minimiert wurden. Wegen deutlicher Raum- Volumeneinsparungen im Umfeld der Anschlussbereiche und hermetischer Kapselungsmaßnahmen der Anschlüsse, in Form angesogener Anschlusskästen, Isolier-Dichtungen, Deckel, und Isoliertüllen 23 Fig. 1, 2, 13, 119, vertikaler Anpressung 25 und horizontaler Andruck auf 26, konnten die Raumdistanzen analog in Mittelspannungs-Anlagen auf ein Bruchteil sonst üblicher Abstände und Potentialdistanzen reduziert werden.

[0104] Dies unter anderem deshalb, weil die Weichdichtungs-Kompressionspartien zu Deckel 12 oder Tülle z. B. 14 u.a. in konischen Komprimierungsbohrungen in Anschlusskasten 11 durch montier- und demontierbare MS-Isolationenkapselungen in Form allseits ladungsträgerdicht geschlossenen Anschlusskästen 11, 12, 17, 18, Deckeln 12 entstanden sind.

[0105] Um zusätzlich Spannungs- und Abstandsreserven im Bereich der Anschlusskästen, Anschlüsse, 30, und bezogen auf > 25 kV Trafos zu generieren, besteht optional die Möglichkeit, die Kerne 45 mit Isolierkappen und Folien so voneinander zu trennen, dass die Kerne nicht als durchgehende Leiter wirken, sondern z. B. zu einer Kernzahl- Potentialkaskade zwischen den HV-, 11 und LV-Anschluss-Kästen 17, werden. Dies gilt auch für den GU- Anschluss 118 und den LV- Verschaltungskas-

sten mit 24, 28, 119, 27.

[0106] Umgekehrt besteht aber auch die Option, Kerne und Spannbänder kurz zu schließen 45, 46 und zu erden, und so eine Potential trennende Erdungsbrücke zwischen HV und LV- Anschlusskästen zu platzieren. D. h. den Leistungs- MF-Trafo zusätzlich zu einer Potential-Trennung zwischen HV-und LV Konverterteil zu machen.

[0107] TE- auslösende elektrische Feldstärken werden u. a. zwischen Anschlusskästen und Kernen auch dadurch vermieden, dass in den Anschlusskästen Isolierstoff-Aussparungen Fig. 4, 42 im HV- und LV Anschlusskasten und unter den elastischen Platten 49, Fig. 4, 15 vorgesehen sind, welche die Kerne auf der HV-und LV- Seite an Stellen mit erhöhter E-Feldstärke zusätzlich mit Luft-Zwischenstrecken versehen. Diese Luftstrecken-Einfügungen, zu und zwischen den Kernen, die die Feldgradienten verbessern, wurden getroffen, damit auch im Außenbereich des Trafos sichere Isolations-Konfigurationen gegeben sind.

[0108] Mit diesen Maßnahmen konnten sonst übliche Eingussselektroden oder Flächen-Absteuerungsbeläge in und an den Gehäusen vermieden werden.

[0109] In diesem Sinne wurden auch außerhalb der HV- bzw. LV- Anschlusskästen Reihenschaltungen aus Luft-Kunststoff-Luft-Barrieren durchgängig platziert, indem diese Spannung abbauenden Barrieren um die HV-Primärkontakte 76, 39 über die Positionen 20, 21, 22 zur den Innenseiten des Anschlusskästen und über den HV-Luftschlagweitenabstand 22 zu den Rahmen- verdeckten Kernen geführt sind.

[0110] Dieses äußere Raum-Komprimierungs-Konzept ermöglicht dicht gestellte MF-Trafo-Kaskaden, Figuren 10 der auf der gesamten Oberfläche, Lichtbogen-Fußpunkt- freien Trafos. Mit Raumzuordnungen auch und besonders in LV-Umgebungen wozu die Durchführungstüllen 23 spiegelbildlich gestaltet und sich anschließende Isolier- und Durchführungswände 133, 134 in erheblich MSverdichteten Kaskaden-Konfigurationen niederschlagen.

[0111] Der große Vorteil dieser Durchführungs-Ausführungen, integrieren Anschlusskästen mit z.B. einer Mittelspannungs-Trennwand, sind so ausgeführt, dass die HV-LV- MF-Trafos nicht im HV- Teil von Transformationskonvertern installiert werden müssen, sondern auch in LV-Räume oder Schränken unterbringbar sind, s. Figuren 10. Aus diesem Grund ist der direkte HV-Anbau an eine Isolations-Schottwand Fig. 10C, 133, 134 möglich, weil HV- Doppel-Isolationstüllen Fig. 1 und 2, 23 mit sehr kurzen dimensionierten hochspannungsfesten Rohr- Kegel- Aufspannungs-Längen auskommen.

[0112] Die Kerne 45, 46 werden an der Innenseite mit Trafo- und Deckelgehäuse und den elastisch-komprimierbaren Plattenunterlagen 49 so gehalten, dass Kerngewichte und Rüttelkräfte auf die elastischen Plattenunterlagen 49 von Deckel- und Trafogehäuse Fig. 1, 2, 12, 13 klemmen, axial mit den Kernrahmen 50, 51, die an den Innenseiten ebenfalls auf die Zwischenplatten 49

aufsetzen und über den verschraubten Rahmenteil 50 oder 51 wirken.

[0113] Die axiale Spannvorrichtung der Kerne ist in den Figuren 15A-15C dargestellt, ebenso die Feststellung der Kerne. In Eingussarmaturen am Trafo- und Deckelgehäuse werden über Gewindestifte, Muttern 58 und Spannfedern 79, 80 die Kerne 45 verspannt, indem die Rahmenteil 50, 51 axial zusammengedrückt werden. Bisher wurden üblicherweise außen an Trafogehäusen Spannbolzen zum Zusammenspannen der Kerne vorgesehen. Diese Spannbolzen stellten meist galvanische Brücken zwischen der Niedervolt- und Hochvoltseite des Transformators dar. Beim erfindungsgemäßen Transformator sind Eingussarmaturen 73 am Gehäuse mit MS-Spannungsniveaus angeordnet. In den Eingussarmaturen sind Stellbolzen befestigt, welche die Spannrahmen 50, 51, mit denen die Kerne 45 gespannt und gehalten werden 79, 80.

[0114] In Fig. 16 wird weiter die Verbindung der Rahmenteil 50, 51 mit einem Metall-Stabteil 53, 54 gezeigt, welches aber auch austauschbar als Kühler mit Isolierflüssigkeit 87-91 oder Luft, Gas 106, 107 durchströmbar sein kann.

[0115] Vertikale Eingussarmaturen 130 Stirnseitenansichten Fig. 11, 14 des MF-Trafos ermöglichen alternativ die Befestigung in Konvertergehäusen, vorwiegend auch an Durchführungswänden Fig. 10 aus Kunststoff oder gesonderten Trafo-Zusammenschraubungen an Durchführungswänden zu Trafokaskaden. Fig. 10.

Liste der Bezugszeichen

[0116]

- | | |
|----|--|
| 1 | Sekundär- Wicklungskammer, Innen |
| 2 | Primär- Wicklungskammer, Mitte |
| 3 | Sekundär- Wicklungskammer, Außen |
| 4 | Sekundär- Gehäusewand, Innen |
| 5 | Primär- Trennwand, Mitte, Innen |
| 6 | Primär- Trennwand, Mitte, Außen |
| 7 | Sekundär-Gehäusewand, Außen, |
| 8 | Verstärkungsrippen Trafogehäuse |
| 9 | Durchführungen zu den Wicklungen |
| 10 | Rohrarmaturen im Deckelgehäuse |
| 11 | HV-Anschlusskasten |
| 12 | HV-Deckel auf Anschlusskasten |
| 13 | HV-Isolierdichtung zwischen Anschlusskasten - Deckel |
| 14 | HV-Tülle jeweils für Trafo-Anschlusskasten und optional Schottwanddurchführung |
| 15 | Nierenförmige Ausnehmungen in Trafo- und Deckelgehäuse |
| 16 | HV- GU- Kabel- Verbindung |
| 17 | LV- Anschlusskasten |
| 18 | LV- Deckel auf Anschlusskasten |
| 19 | LV- Isolierdichtung zwischen Anschlusskasten - Deckel |
| 20 | HV- Luftabstand Primärarmatur zu HV- Innen- |

- | | |
|-------|---|
| 21 | wand |
| 21 | LV- Luftabstand Sekundär zu LV Innenwand |
| 22 | HV zu LV Schlagweiten Summierung 20, 21 über Isolierdichtungen |
| 5 23 | HV-Tüllen Kegel für Durchführung in Konvertergehäuse |
| 24 | LV- Anschlusskasten Sekundärverschaltung Wicklung |
| 25 | HV- Deckelverschraubung - Druck auf Dichtungen |
| 10 26 | HV- Verschraubung Stirnseiten-Druck auf Tüllenkegel |
| 27 | LV- Verschraubung Deckel- Dichtungs- Druck |
| 28 | LV- Isolierdichtung zwischen Anschlusskasten - Deckel |
| 15 29 | Material- Ausnehmung Trafo/ Deckelgehäuse |
| 30 | Primär/Sek.- Durchführungen, z. B. Gießharz in umgossenen Hülsen 37 |
| 31 | Sekundärwicklung, Innen, Außen |
| 20 32 | Primärwicklung mit Gu-Wicklung |
| 33 | Gate, nur Gu-Wicklung |
| 34 | Zwischenisolation GU zu Primärwicklung |
| 35 | Metall- Folie mit Litze zwischen 1. und 2. Lage |
| 36 | GU- Anschluss an Durchführungsarmatur |
| 25 37 | Kontakthülse zur Aufnahme der Durchführungen |
| 38 | Lötaschen an Durchführungsarmaturen |
| 39 | Ringkontakt für Primär, Sekundär- und GU- Anschlüsse |
| 40 | Ringkontakt- Verschraubung |
| 30 41 | Zusammenbindung der Windungen und Wicklungen |
| 42 | Aussparungen |
| 43 | Isoliermaterial- Ausnehmung Hohlraum im GU Anschlusskasten |
| 35 44 | Wärmeleitungsfolie als Zwischenisolation für Kerne |
| 45 | Kerne |
| 46 | Spannbandkerne |
| 47 | Elektrische Verbindung Kerne über Spannbander, Optional-Version |
| 40 48 | frei floatende Kerne, Standardausführung |
| 49 | Elastische Plattenunterlage Kern zu Trafo- und Deckelgehäuse |
| 50 | Rahmenteil 1 "Oben" |
| 45 51 | Rahmenteil 2 "Unten" |
| 52 | Aufnahmeräume Rahmen für Kühler oder Verbindungsstab |
| 53 | Kühler für Wärmeausleitung im Kernschnitt- Bereich |
| 50 54 | Verbindungsstab, für Oberflächenkühlung der Kerne |
| 55 | Rahmen-Rippe, E- Schlagweitenverlängerung |
| 56 | Druckaufnahmemarmatur für Kernspannung |
| 57 | Spannsteller - Armatur |
| 55 58 | Spannstellmutter für Steller |
| 59 | Hydraulik Anschlüsse, Einzeln, Zu-, Ablauf |
| 60 | Hydraulik Anschlüsse Hydraulikbrücke Primär Sekundär |

61	Spannflansche der Hydraulikbrücken				Dichtungen
62	Kardanscheibe zwischen Trafo/Deckelgehäuse-Hydraulikbrücke		105		Ausdehnraum Ecken, Nutgrund für Kammerdichtungen 68-71
63	O- Dichtung Hydraulik Flansche und Brücken		106		Isoliergase SF6 und Kältemittelgase als Isolier- und Kühlgas
64	Konusbohrungen für Durchführungen in Trafogehäuse und Deckel	5	107		Druckluft als Isolier - und Kühlgas
65	Schmalflansch Aussparung Trafo/Deckelgehäuse		108		Breiten- Reduktionsmaßnahme - MF-Trafo
66	Schmalflansch- Spannband- Aufdruck mittels Kerne	10	109		Stabgummi- Abstandshalter in Gehäusedeckel: Wicklung Sekundär
67	Kraftschlusschülse Deckelgehäuse		110		Abstandsboogen, Gehäusedeckel, Einzeldrücke: auf Primär-Wicklung
68	Kammerdichtung 1		111		Dichtung: Durchführungshülse 37 Harz- umgossen in Gehäusen
69	Kammerdichtung 2		112		Strom- Kontaktierungen Durchführungen - Durchführungshülsen
70	Kammerdichtung 3		113		Steg- Nut- Arretierungen zw. Durchführungen- Durchführungshülsen
71	Kammerdichtung 4	15	114		Pressdruck Nachstellung Deckel Anschlusskästen
72	Dichtung für Durchführungen in Konusbohrung 64		115		Wellen Spannelement Wicklung Alternative zu Wellen 95, 96
73	Eingussarmatur, Hauptflansch		116		Trapez - Wicklungsfixierungen in Trennwänden
74	Eingussarmatur, Anschlusskästen, Deckel		117		Kontakthülse- Stromübergangsfläche Ringkontakt, Kabel
75	Eingussarmatur, Flüssig- Isolationsverschluss	20	118		GU- Anschlüsse
73	Eingussarmatur, für Kern- Stellbolzen		119		Komprimierung HV LV-Deckeldichtungen
74	Eingussarmatur, Spannklotz		120		Fünfkammergehäuse für z. B. für Primär- Sek. Zweifachschichtungen
75	Spannscheiben für Nachspannung Hauptflansch Gehäuse		121		Innenwand I- Sekundärwicklung gegen Erde
76	Primär- Sekundär- Verschraubung Kontakte	25	122		Trennwand II LV Sekundär zu HV Primär
77	Sperrkantscheibe für Ringkontakte		123		Trennwand III HV Primär zu LV Sekundär Außen
78	Sperrkantscheibe für Anschlussdeckel		124		Außenwand IV LV Sekundär Außen gegen Erde
79	Spannfeder für Kernspannung		125		Mehrfach MF- Trafo in Zentralgehäuse Außenwand gegen Erde
80	Spannfeder für Kernfestspannung		126		Befestigungsarmatur
85	Verschraubung Hydraulik Anschluss	30	127		Kernquerschnitte Standard
86	Verschraubung Hydraulikbrücke		128		Kernquerschnitte vergrößert
87	Flüssig- Isolation Esther		129		Wicklungs- Wellen oder Trapez Wicklungsclip
88	F. I. Transformator Öl		130		Wicklungs-Zusammenhaltung Kunststoff- Dünnwandteil o. Bindung
89	F. I. Reinwasser mit Glykol		131		HV-Anschlusskabel.
90	F. I. Kältemittel	35	132		LV Anschlusskabel
91	Kondensator- Flüssigisolation als Substitution 87- 90		133		HV- Schottwand
92	Litzenwicklungen zu Durchführung + Oberbegriff von 31,32		134		HV-Schottwand- Isolierdichtung
93	Sekundär Kammerwand, Innen bei Einschürung	40	200		Trafogehäuse
94	Sekundär Kammerwand, Außen bei Einschnürung		201		Deckelgehäuse
95	Wellen in Kammerwänden				
96	Litzenhalterung mit Wellen in Kammerwänden				
97	Flüssig- Isolationsräume	45			
98	Axialabstand Wicklung				
99	Nutgrund Deckelgehäuse				
100	Gießharzklebung				
101	Klebebohe				
102	Erhöhung der Trennwände wenn nur Klebeverbinding der Gehäuse d. h. Dichtungen entfallen entsteht "einteiliges Trafogehäuse" mit allseits geschlossenen Kammern 1-3 (außer Ein-Ausleitung Flüssig Isolation und gedichteten Konusbohrungen 64	50			
103	Ölkanal Primär- Sekundär bei Gehäuse- integrierter Ausführung				
104	Klebeverbinding Trafo/Deckelgehäuse ohne	55			

Patentansprüche

1. Mittelfrequenz-Transformator bestehend aus einem geschlossenen aus isolierendem Material bestehenden Gehäuse (200, 201) mit Wicklungskammern (1-3) zur Aufnahme von Primär- und Sekundärwicklungen.
dadurch gekennzeichnet,
dass in das Gehäuse (200, 201) ein flüssiges der gasförmiges isolierendes Medium eingebracht ist,

welches die Wicklungskammern (1-3), vorhandene Durchführungsöffnungen zu den Wicklungskammern und Zuläufe / Abläufe für das isolierende Medium ausfüllt.

2. Mittelfrequenz-Transformator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklungskammern (1-3) geschlossen und durch isolierende Gehäusewände (4, 7) und Trennwände (5, 6) voneinander getrennt sind, dass die Wicklungen (31, 32) in den Wicklungskammern positioniert und fixiert sind, und dass die Wicklungskammern mit dem flüssigen oder gasförmigen isolierenden Medium (87-91) gefüllt sind. 10
3. Mittelfrequenz-Transformator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse vor der Montage mindestens zweiteilig ausgebildet ist, ein Trafogehäuse (200), ein Deckelgehäuse (201) und Anschlusskästen und montierbare Dichtungen und Deckel umfasst. 20
4. Mittelfrequenz-Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklungen axial und radial in den Wicklungskammern (1-3) fixiert sind. 25
5. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gehäusewände und Trennwände (4-7) integrierte Vorsprünge (95, 96) oder separate Abstandselemente (129, 130) aufweisen, durch welche die Wicklungen (31, 32) in den Wicklungskammern (1-3) radial positioniert und fixiert sind, wobei die Wicklungen axial durch feste (98,99) oder elastische Elemente (108, 109) in den Wicklungskammern (1-3) positioniert und fixiert sind. 30
6. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trafogehäuse (200) die Gehäusewände (4, 7) und die Trennwände (5, 6) umfasst, und das Deckelgehäuse (201) Nuten (99) aufweist, in welche die Außenwände und Trennwände beim Verschließen des Trafogehäuses abdichtend eingreifen. 35
7. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trafogehäuse (200) und dessen Gehäusewände und Trennwände mit dem Deckelgehäuse (201) verklebt oder vergossen sind. 40
8. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verbinden des Trafogehäuses (200) mit dem Deckelgehäuse (201) und den Deckeln der Anschlusskästen Befestigungsmittel (74) mit Federelementen (45) vorgesehen sind, die das Deckelgehäu- 45

se und die Deckel selbstnachspannend mit dem Trafogehäuse verbinden.

9. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Gehäuse, bzw. den Anschlusskästen (200, 201) Fluid- und Feststoff isolierte und elektrisch leitende Durchführungen (30) vorgesehen sind, mit denen die Enden der Wicklungen (31, 32, 33) einerseits und die Außenanschlüsse für die Wicklungen andererseits elektrisch verbunden sind. 50
10. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Gehäuse (200, 201) Anschlussdeckel (11, 17) angeordnet sind, die komprimiert und spaltfrei isolierend mit dem Gehäuse verbinden und isolierte bzw. gedichtete Durchführungen die Anschlüsse für die Wicklungen bilden. 55
11. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Trafokerne (45) auf Eck-Konfigurationen und Ausformungen des Gehäuses (200, 201) aufgespannt (Fig. 13) und durch spann-elastische Zwischenlagen (49) vom Gehäuse getrennt und gehalten sind.
12. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerne (45) durch Spannbänder und Spannrahmen (50, 51) radial und axial gehalten sind, und die Kerne mit Rippen (55) auf den Seiten der Anschlusskästen an den Außenseiten der Kernpakete zu Teilen überdecken und so die elektrische Stoßspannungsfestigkeit außenseitig zu den Kernen vergrößern.
13. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerne (45) durch elektrische Verbindung der Spannbänder (46) geerdet sind, damit eine galvanische Potentialtrennung zwischen den außen liegenden Hochvolt- und den Niedervoltanschlüssen des Transformators gegeben ist.
14. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** an Ausformungen des Gehäuses (200, 201) zur Befestigung der Kerne (45) Materialausnehmungen (39) vorhanden sind.
15. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** axiale angeordnete Zwischenisolationen (130) zwischen den Kernen (45) angeordnet sind.
16. Mittelfrequenz Transformator gemäß einem der An-

sprüche 1 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannrahmen (50, 51) zur Aufnahme der Kerne (45) so gestaltet sind, dass eine zumindest partielle Kühlung der Kerne (131) mittels isolierendem Fluid oder durch Kühlkörper integrierbar ist.

17. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** eine Primärwicklung (32) mit zwei- oder mehreren Lagen vorgesehen ist, wobei zwischen den Lagen der Primärwicklung eine Hilfswicklung (33) mit Zwischenisolation (34) eingeschlossen ist.
18. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Wicklungskammern (1-3) mindestens einen Zulauf und einen Ablauf (59) für das isolierende Fluid aufweisen, die am Gehäuse vorzugsweise diagonal gegenüberliegend angeordnet sind, wobei das isolierende Fluid vorwiegend gleichmäßig durch die Wicklungskammern (1- 3) gefördert wird.
19. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zulauf (59) einer Wicklungskammer durch eine hydraulische Brückenverbindung (60, 103) mit einem Ablauf (59) einer anderen Wicklungskammer verbunden ist, wobei die hydraulische Brücke entweder in das Gehäuse integriert (103) oder als separates Bauteil (60) ausgestaltet und mit dem Gehäuse verbunden ist.
20. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuläufe und Abläufe (59) im Gehäuse aus abgewinkelten Kanälen bestehen, die vorzugsweise axial am Gehäuse (200,201) ansetzen und radial in die Wicklungskammern (1-3) eintreten.
21. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuläufe und Abläufe (59) für das isolierende Fluid hydraulische oder pneumatische Kupplungen umfassen, insbesondere selbstdichtende Schnellkupplungen aus elektrisch isolierendem Material.
22. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (200,201) des Transformators auf der Oberseite und Unterseite einheitlich bemaßte Armaturen aufweist, so dass mehrere solcher Transformatoren in allen Lagen isoliert verbindbar und direkt stapelbar sind.
23. Mittelfrequenz Transformatoren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22, **dadurch gekennzeichnet, dass** mehrere dieser Transformatoren zu Kaskaden oder Teilkaskaden zusammenfassbar sind, und die-

se so zusammengefasst sind, dass sie ein gemeinsames Gehäuse (120) mit einer gemeinsamen Konfiguration in Vielfach-Einheiten (125) bilden.

Geänderte Patentansprüche gemäß Regel 137(2) EPÜ.

1. Mittelfrequenz-Transformator bestehend aus einem geschlossenen aus elektrisch [Seite 6, letzte Zeile] isolierendem Material bestehenden Gehäuse (200, 201) mit Wicklungskammern (1-3) zur Aufnahme von Primär- und Sekundärwicklungen, und mindestens einem Kern (45), [S 14. Z.9], **dadurch gekennzeichnet, dass** in die Wicklungskammern (1-3) [S. 5, Z 31-32] des Gehäuses (200, 201) ein flüssiges oder gasförmiges, elektrisch [S. 6, letzte Zeile] isolierendes Medium eingebracht ist, welches die Wicklungskammern (1-3), und vorhandene Durchführungen [Anspruch 9, und Beschreibung] zu den Wicklungskammern und Zuläufe / Abläufe für das isolierende Medium ausfüllt, wobei die Wicklungskammern (1-3) [S. 13, Z. 29-32] und durch elektrisch isolierende Gehäusewände (4, 7) und Trennwände (5, 6) voneinander getrennt sind [aus Anspruch 2] und derart ausgebildet sind, dass das elektrisch isolierende Medium nur die in den Wicklungskammern angeordneten Wicklungen (1-3) umgibt und umspült [S. 5, Z. 31 bis S. 6, Z. 3, Z. 17-18], während der Kern (45) nicht in dem geschlossenen Gehäuse angeordnet ist [siehe vor allem die Zeichnungen Figs. 3 und 4, S. 22, Z. 27-29].
2. Mittelfrequenz-Transformator nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklungen (31, 32) in den Wicklungskammern positioniert und fixiert sind, und dass die Wicklungskammern mit dem flüssigen oder gasförmigen isolierenden Medium (87-91) gefüllt sind.
3. Mittelfrequenz-Transformator nach einem der Ansprüche 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse vor der Montage mindestens zweiteilig ausgebildet ist, ein Trafogehäuse (200), ein Deckelgehäuse (201) und Anschlusskästen und montierbare Dichtungen und Deckel umfasst.
4. Mittelfrequenz-Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Wicklungen axial und radial in den Wicklungskammern (1-3) fixiert sind.
5. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Gehäusewände und Trennwände (4-7) integrierte Vorsprünge (95, 96) oder separate Abstandselemente (129, 130) aufweisen, durch welche die Wick-

lungen (31, 32) in den Wicklungskammern (1-3) radial positioniert und fixiert sind, wobei die Wicklungen axial durch feste (98,99) oder elastische Elemente (108, 109) in den Wicklungskammern (1-3) positioniert und fixiert sind.

6. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trafogehäuse (200) die Gehäusewände (4, 7) und die Trennwände (5, 6) umfasst, und das Deckelgehäuse (201) Nuten (99) aufweist, in welche die Außenwände und Trennwände beim Verschließen des Trafogehäuses abdichtend eingreifen.

7. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 6, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Trafogehäuse (200) und dessen Gehäusewände und Trennwände mit dem Deckelgehäuse (201) verklebt oder vergossen sind.

8. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 7, **dadurch gekennzeichnet, dass** zum Verbinden des Trafogehäuses (200) mit dem Deckelgehäuse (201) und den Deckeln der Anschlusskästen Befestigungsmittel (74) mit Federelementen (45) vorgesehen sind, die das Deckelgehäuse und die Deckel selbstnachspannend mit dem Trafogehäuse verbinden.

9. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 8, **dadurch gekennzeichnet, dass** im Gehäuse, bzw. den Anschlusskästen (200, 201) Fluid- und Feststoff elektrisch isolierte und elektrisch leitende Durchführungen (30) vorgesehen sind, mit denen die Enden der Wicklungen (31, 32, 33) einerseits und die Außenanschlüsse für die Wicklungen andererseits elektrisch verbunden sind.

10. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet, dass** am Gehäuse (200, 201) Anschlussdeckel (11, 17) angeordnet sind, die komprimiert und spaltfrei elektrisch isolierend mit dem Gehäuse verbinden und elektrisch isolierte bzw. gedichtete Durchführungen die Anschlüsse für die Wicklungen bilden.

11. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 10, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerne (45) auf Eck-Konfigurationen und Ausformungen des Gehäuses (200, 201) aufgespannt (Fig. 13) und durch spann-elastische Zwischenlagen (49) vom Gehäuse getrennt und gehalten sind.

12. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 3 bis 11, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerne (45) durch Spannbänder und Spannrahmen (50, 51) radial und axial gehalten sind, und

die Kerne mit Rippen (55) auf den Seiten der Anschlusskästen an den Außenseiten der Kernpakete zu Teilen überdecken und so die elektrische Stoßspannungsfestigkeit außenseitig zu den Kernen vergrößern.

13. Mittelfrequenz Transformator nach Anspruch 12, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Kerne (45) durch elektrische Verbindung der Spannbänder (46) geerdet sind, damit eine galvanische Potentialtrennung zwischen außen liegenden Hochvolt- und den Niedervoltanschlüssen des Transformators gegeben ist.

14. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 13, **dadurch gekennzeichnet, dass** an Ausformungen des Gehäuses (200, 201) zur Befestigung der Kerne (45) Materialausnehmungen (39) vorhanden sind.

15. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 14, **dadurch gekennzeichnet, dass** axiale angeordnete Zwischenisolationen (130) zwischen den Kernen (45) angeordnet sind.

16. Mittelfrequenz Transformator gemäß einem der Ansprüche 12 bis 15, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Spannrahmen (50, 51) zur Aufnahme der Kerne (45) für eine zumindest partielle Kühlung der Kerne (131) mittels elektrisch isolierendem Fluid oder durch Kühlkörper ausgebildet sind.

17. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 16, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Primärwicklung (32) mit zwei- oder mehreren Lagen aufweist, wobei zwischen den Lagen der Primärwicklung eine Hilfswicklung (33) mit Zwischenisolation (34) eingeschlossen ist.

18. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 17, **dadurch gekennzeichnet, dass** die einzelnen Wicklungskammern (1-3) mindestens einen Zulauf und einen Ablauf (59) für das elektrisch isolierende Fluid aufweisen, die am Gehäuse vorzugsweise diagonal gegenüberliegend angeordnet sind, wobei das elektrisch isolierende Fluid durch die Wicklungskammern (1- 3) gefördert wird.

19. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 18, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Zulauf (59) von einer der Wicklungskammern (1-3) durch eine hydraulische Brückenverbindung (60, 103) mit einem Ablauf (59) von einer der anderen Wicklungskammern (1-3) verbunden ist, wobei die hydraulische Brücke entweder in das Gehäuse integriert (103) oder als separates Bauteil (60) ausgestaltet und mit dem Gehäuse (200, 201) ver-

bunden ist.

20. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 19, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuläufe und Abläufe (59) im Gehäuse aus abgewinkelten Kanälen bestehen, die vorzugsweise axial am Gehäuse (200,201) ansetzen und radial in die Wicklungskammern (1-3) eintreten. 5

21. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 20, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Zuläufe und Abläufe (59) für das elektrisch isolierende Fluid hydraulische oder pneumatische Kupplungen umfassen, insbesondere selbstdichtende Schnellkupplungen aus elektrisch isolierendem Material. 10 15

22. Mittelfrequenz Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 21, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Gehäuse (200,201) des Transformators auf der Oberseite und Unterseite Armaturen aufweist, so dass mehrere solcher Transformatoren in allen Lagen elektrisch isoliert verbindbar und direkt stapelbar sind. 20 25

23. Anordnung von mehreren Mittelfrequenz Transformatoren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 22 zu Kaskaden oder Teilkaskaden, wobei die Wicklungskammern (1-3) der Transformatoren eine gemeinsame Außenwand (120) aufweisen [S. 22, Z. 17 ff]. 30

35

40

45

50

55

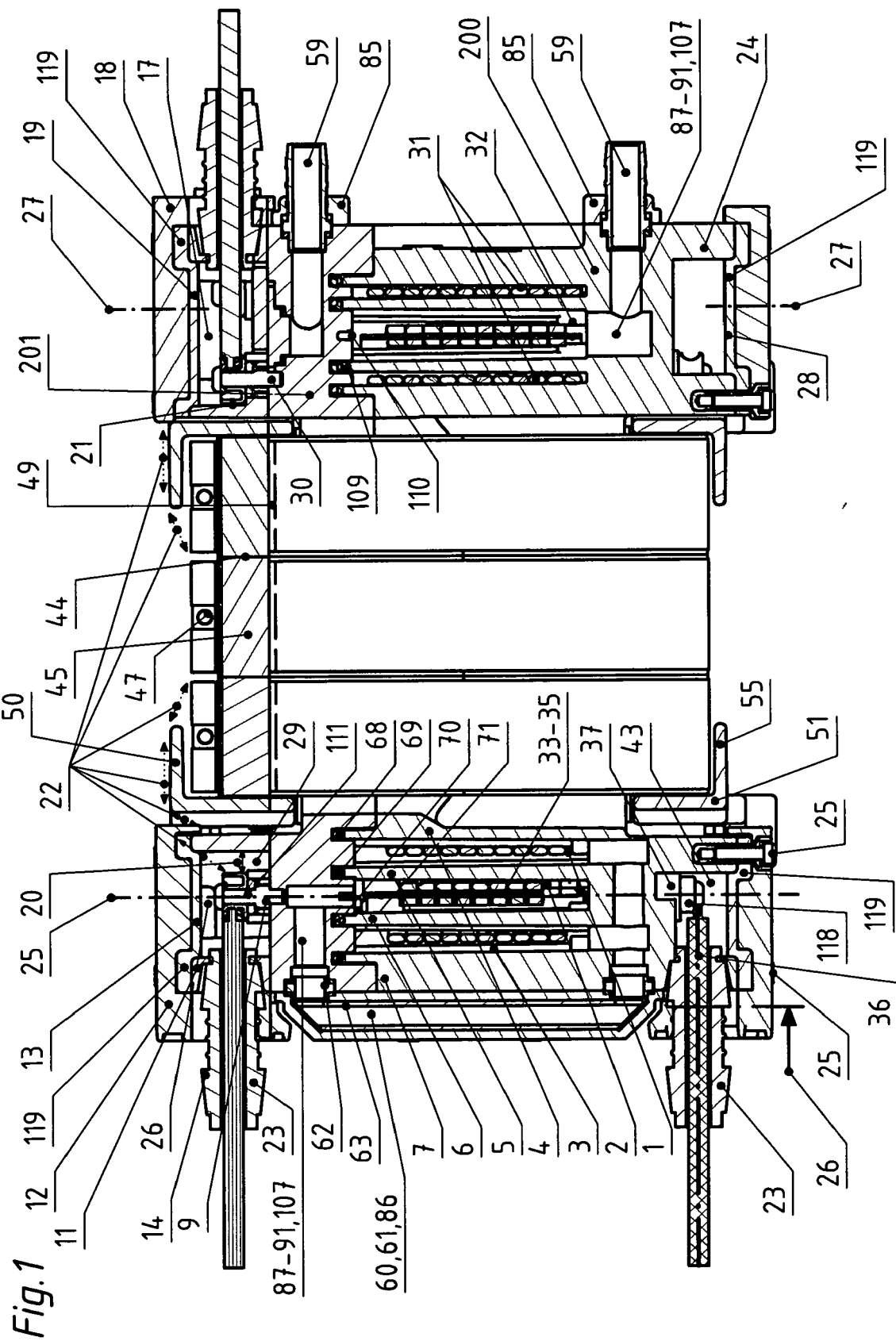
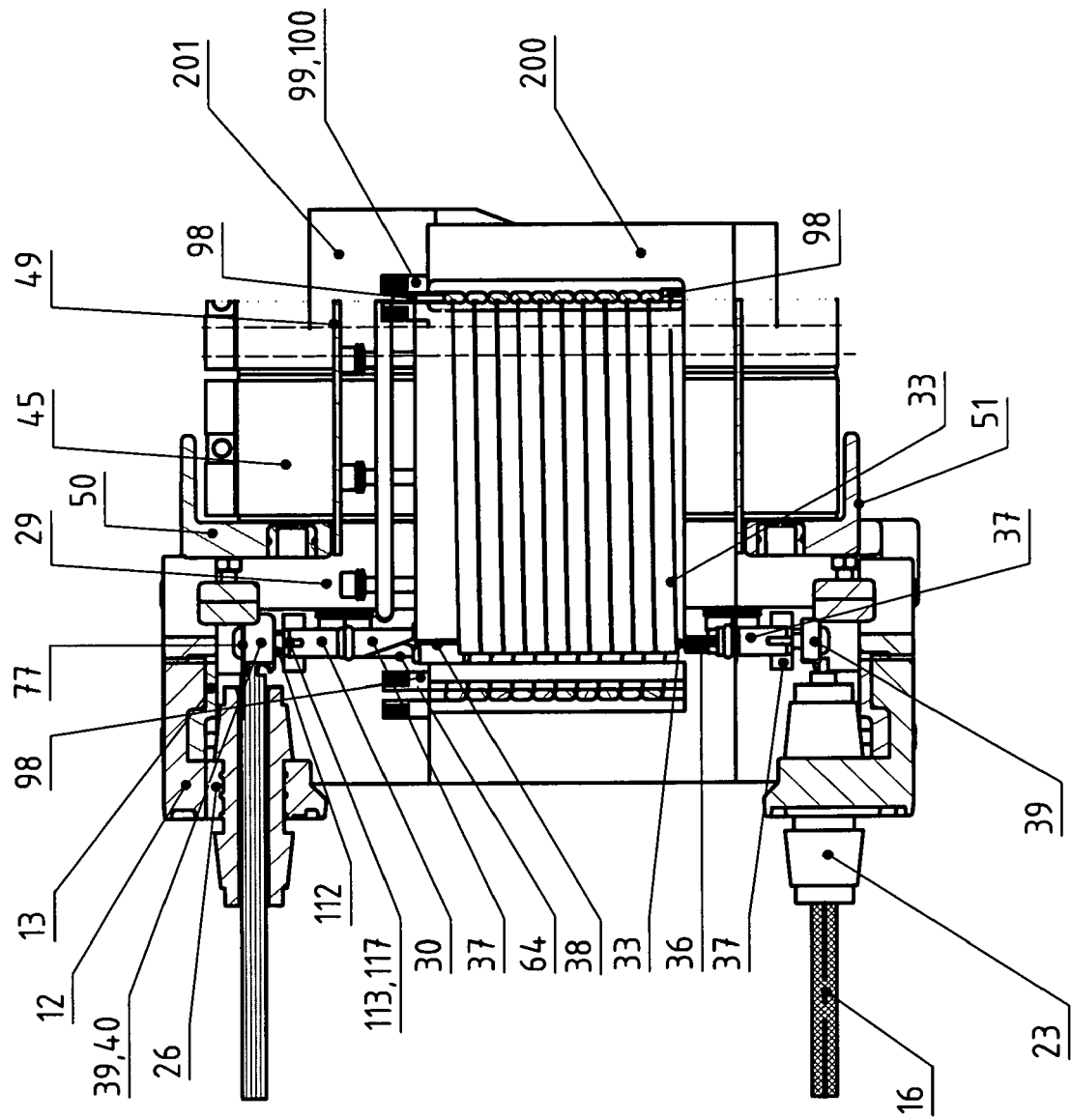
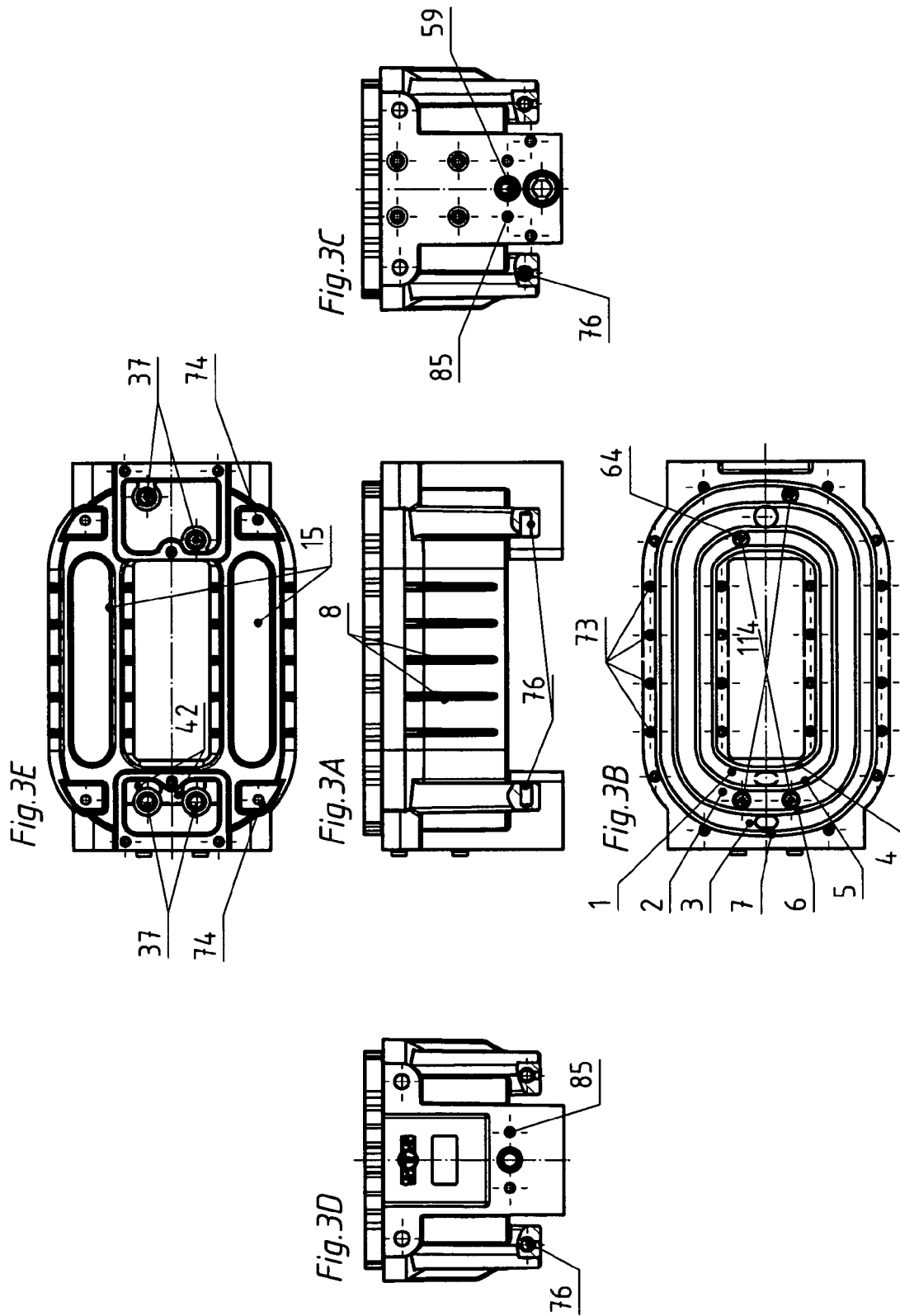


Fig.2





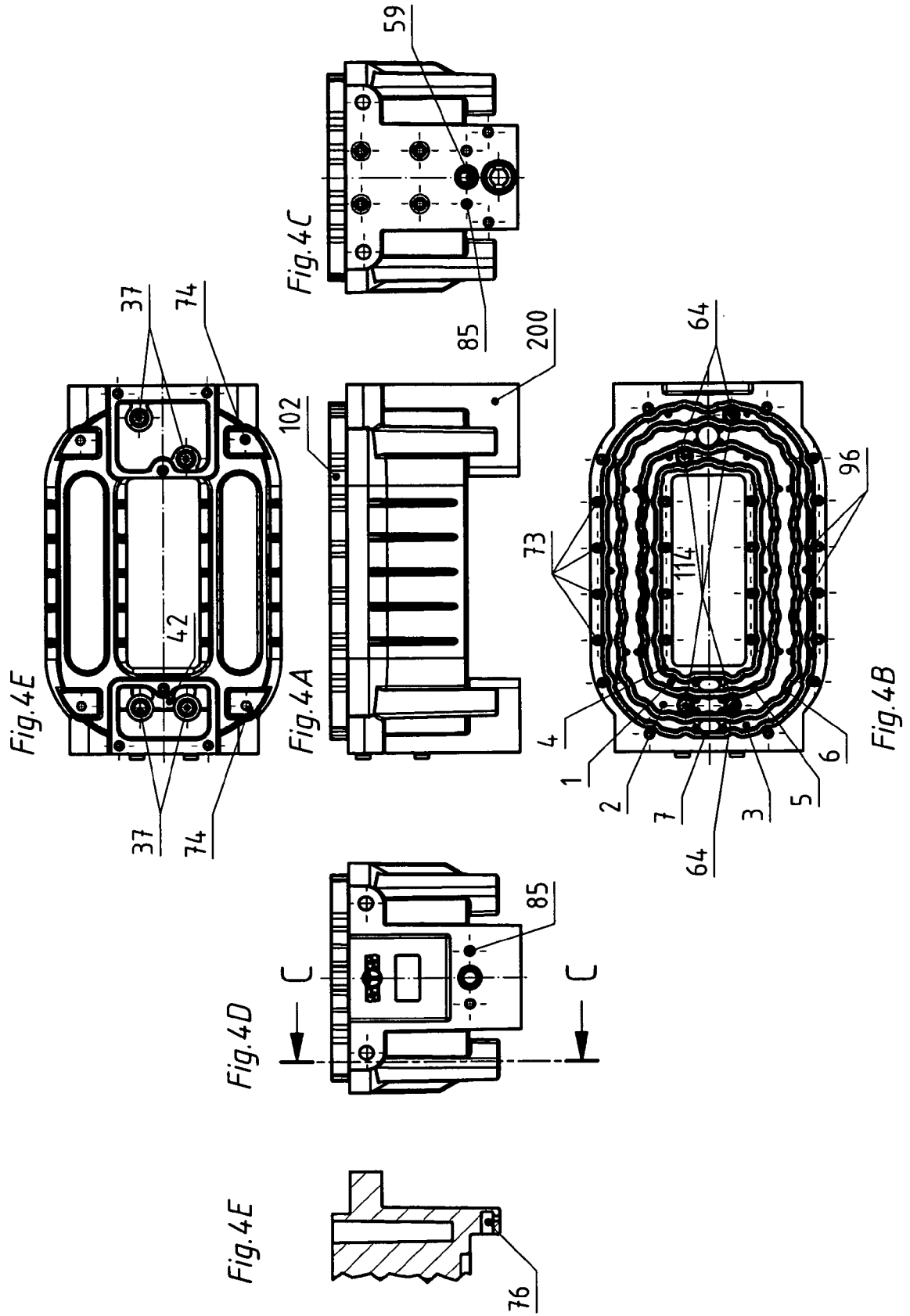


Fig.5

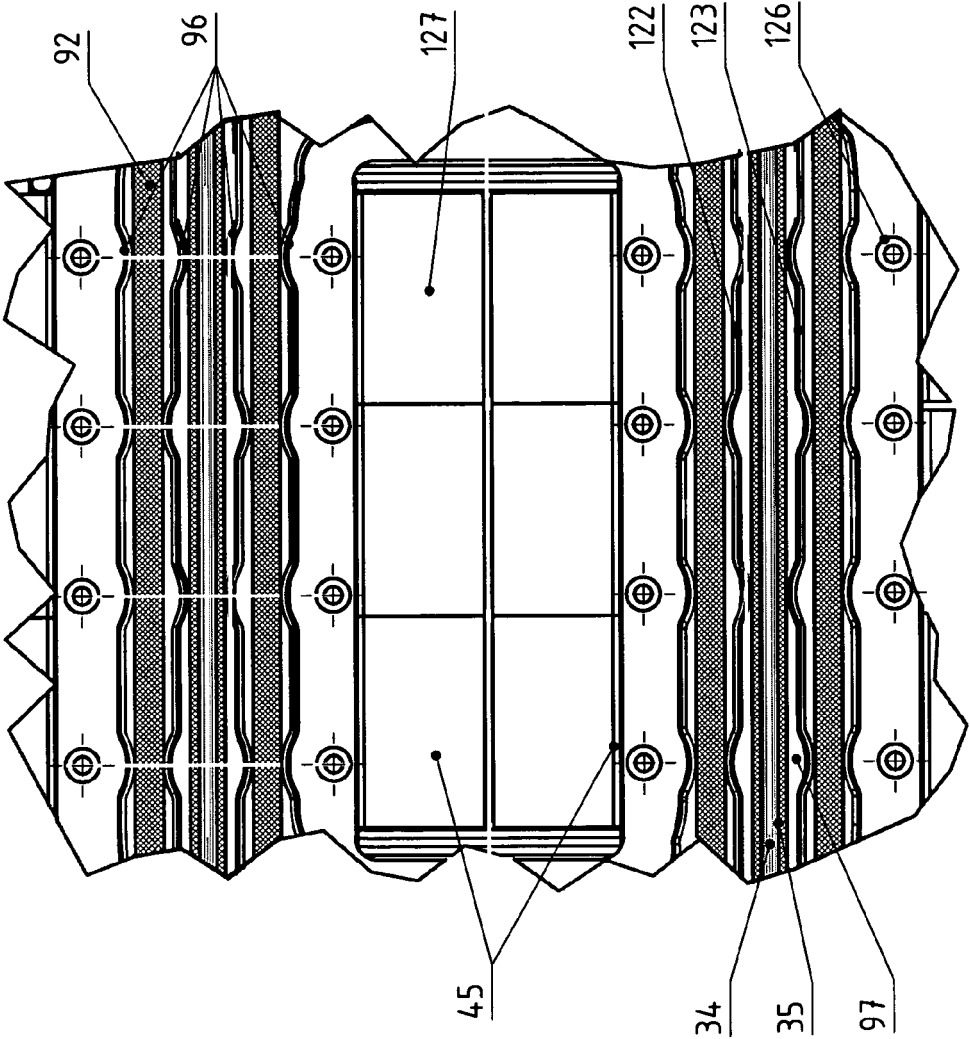
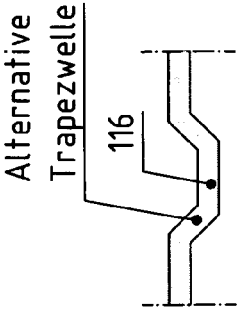
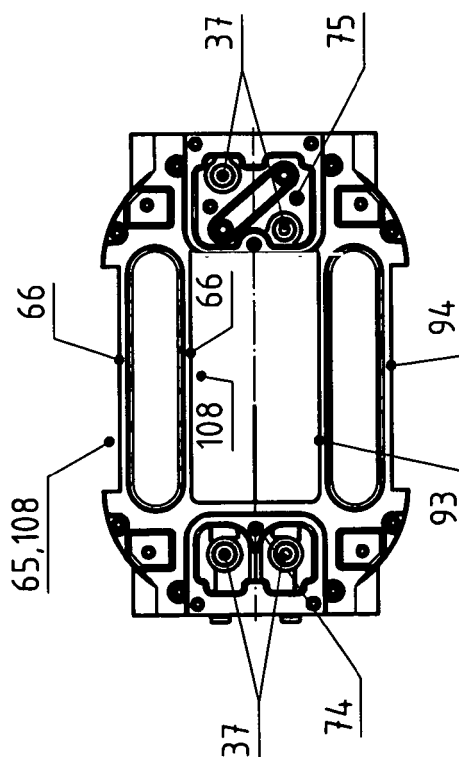
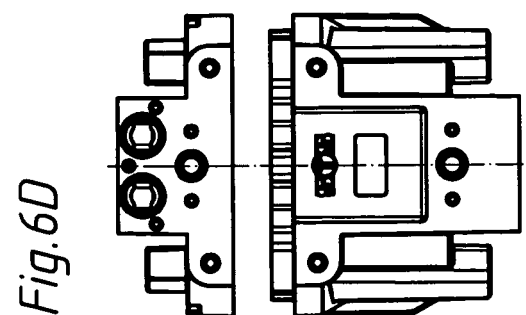
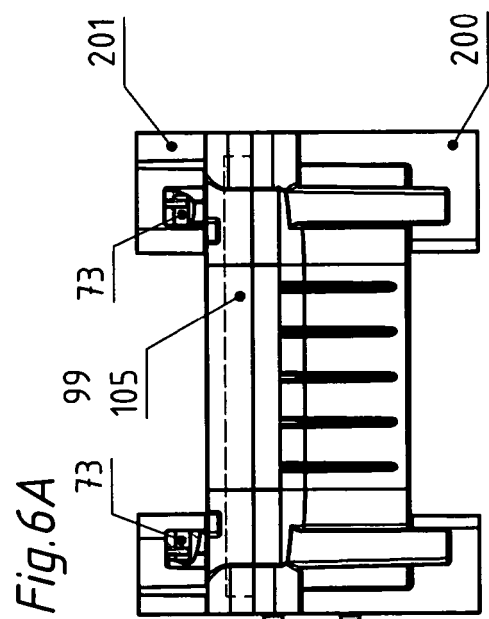
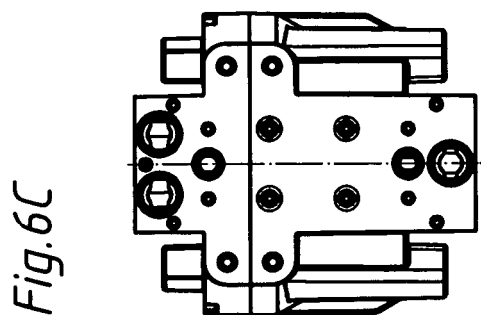


Fig.5A





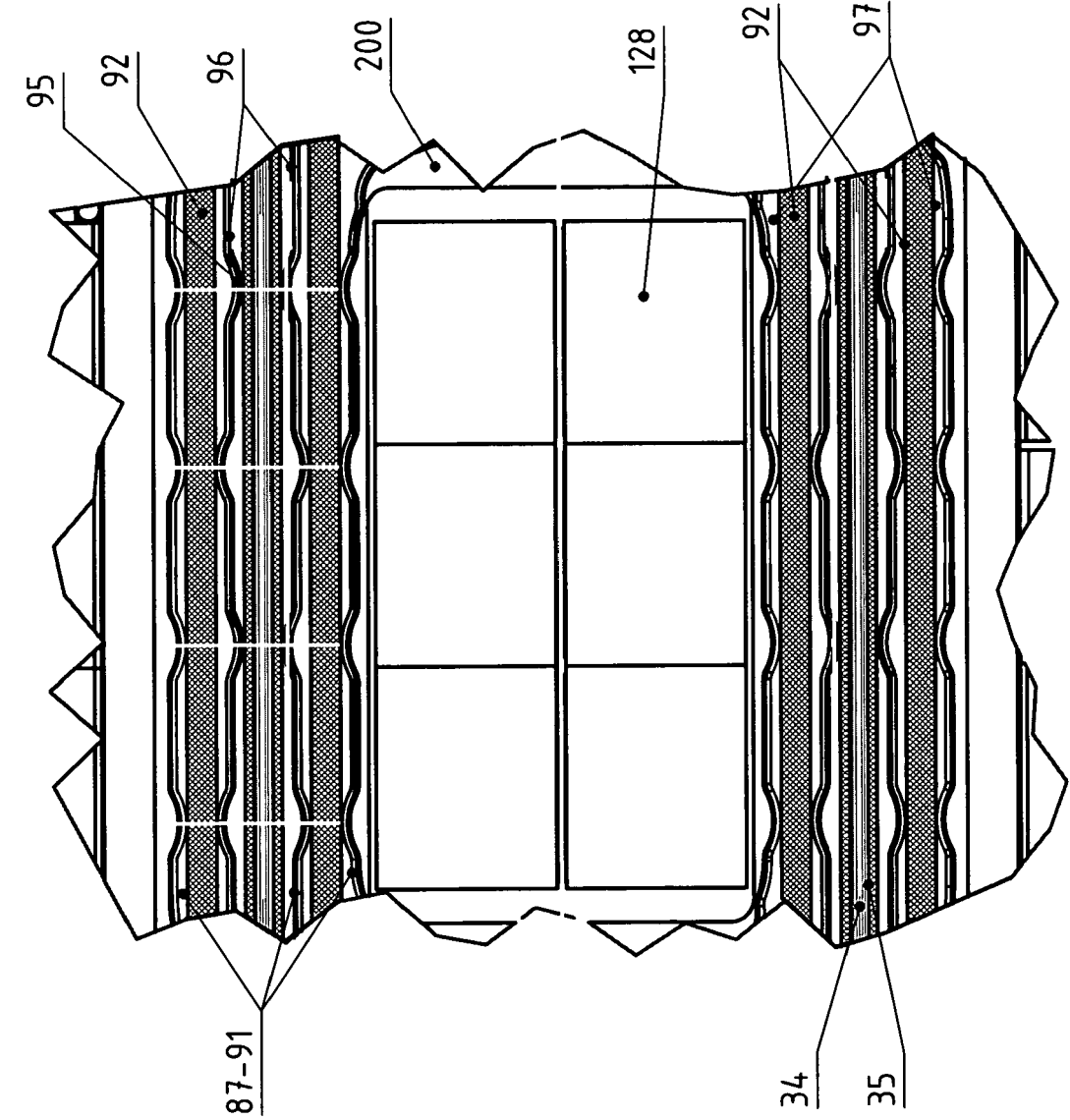


Fig. 7

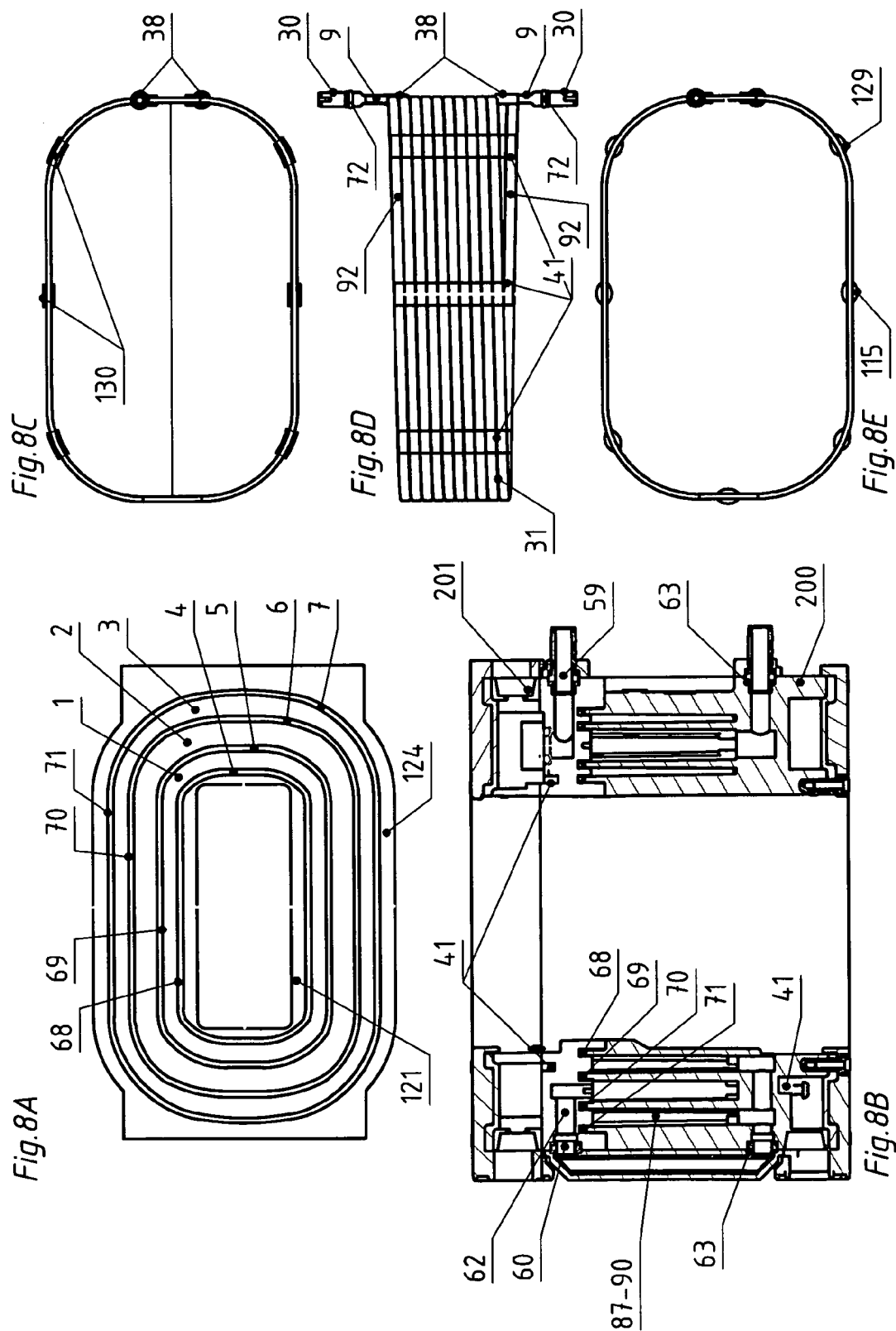


Fig. 9A

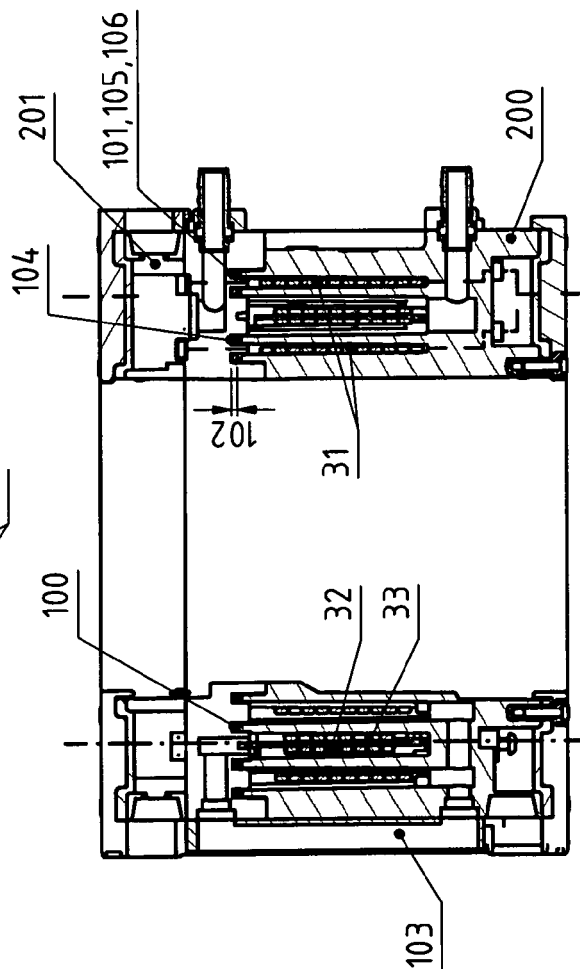
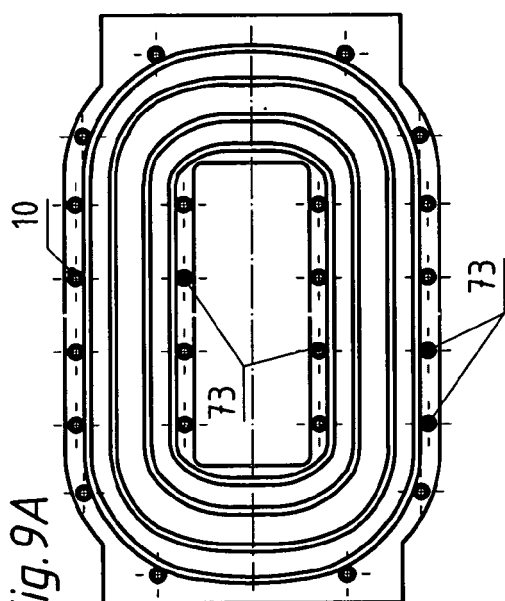


Fig. 9B

Fig. 10A

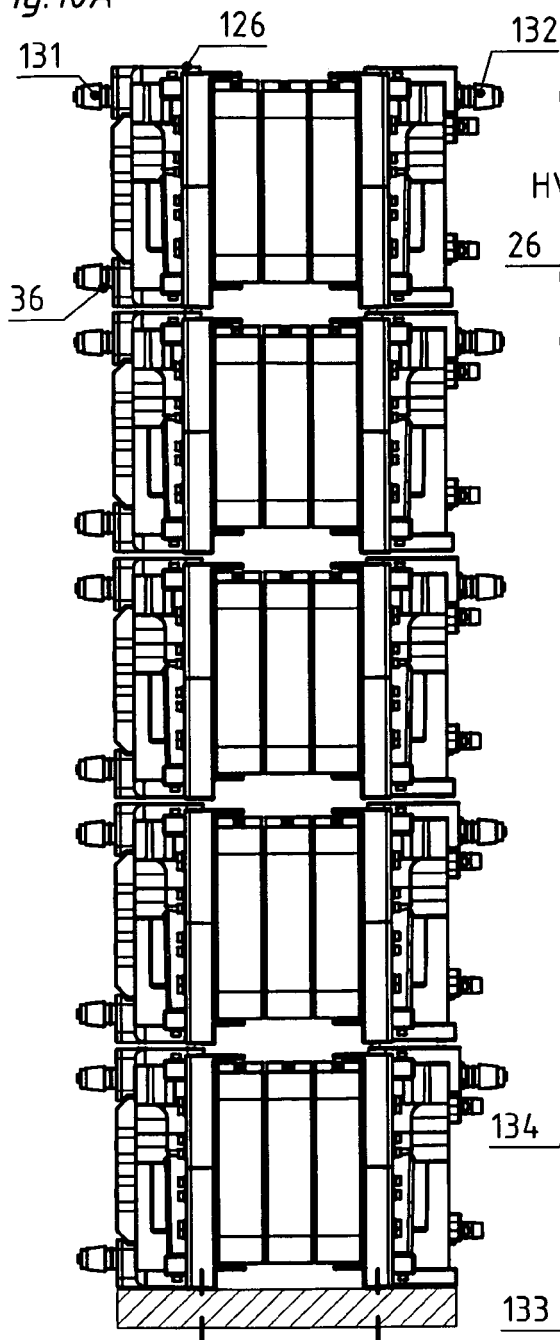


Fig. 10C

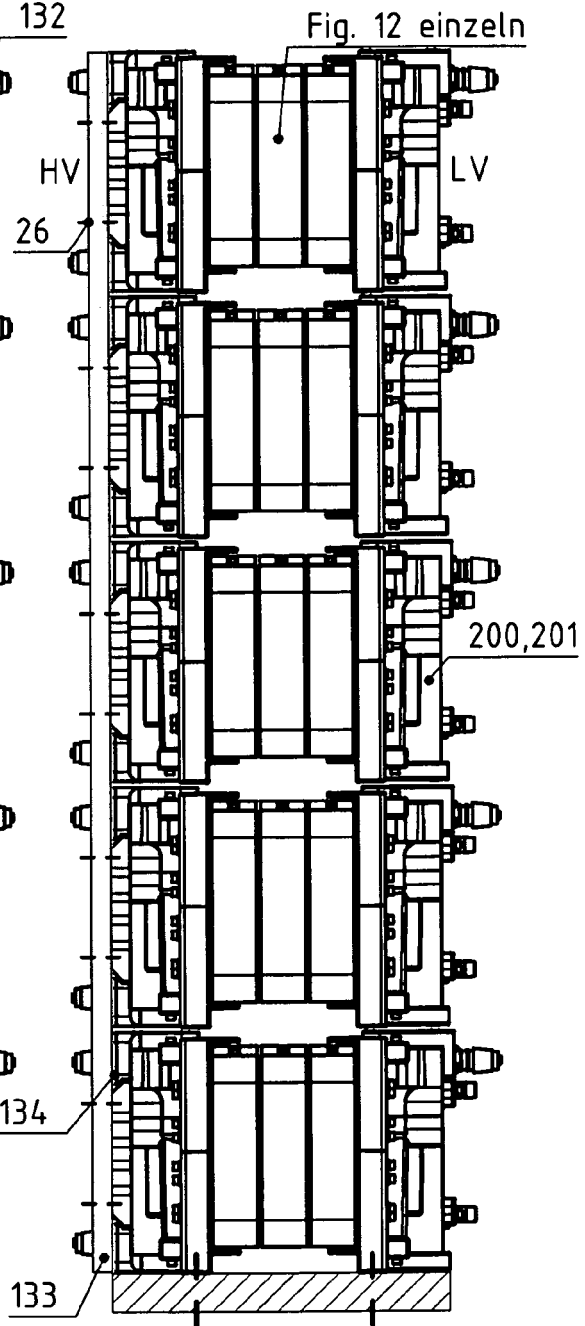


Fig. 10B

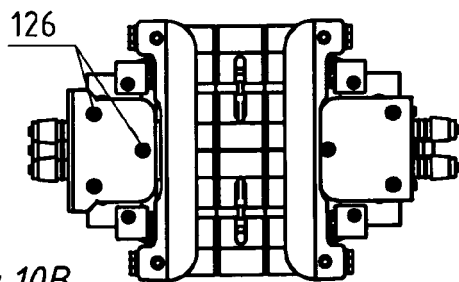


Fig. 10D

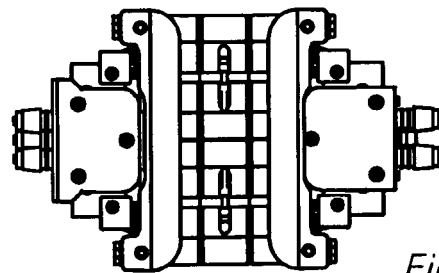


Fig. 10E

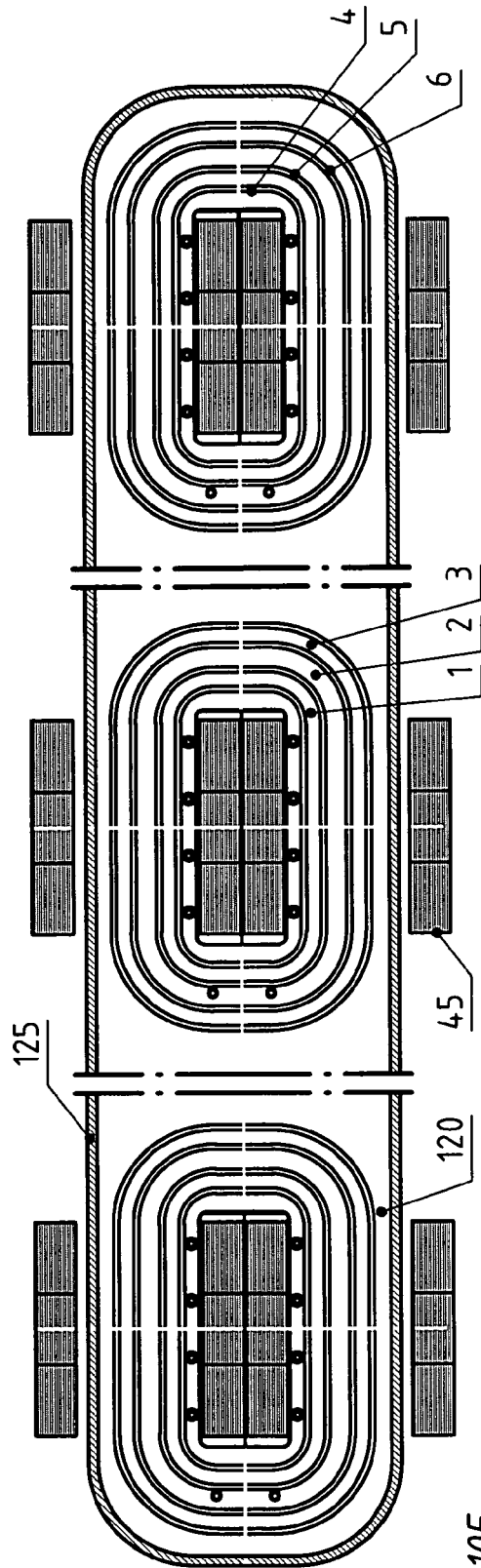
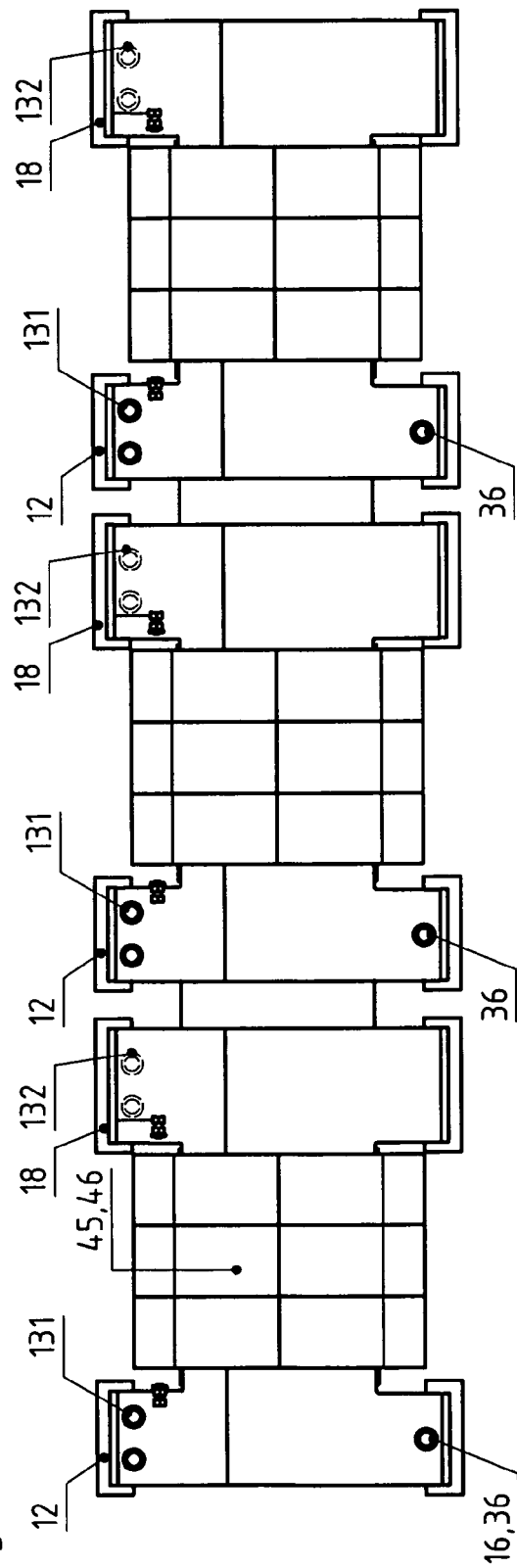


Fig. 10F

Fig. 10G

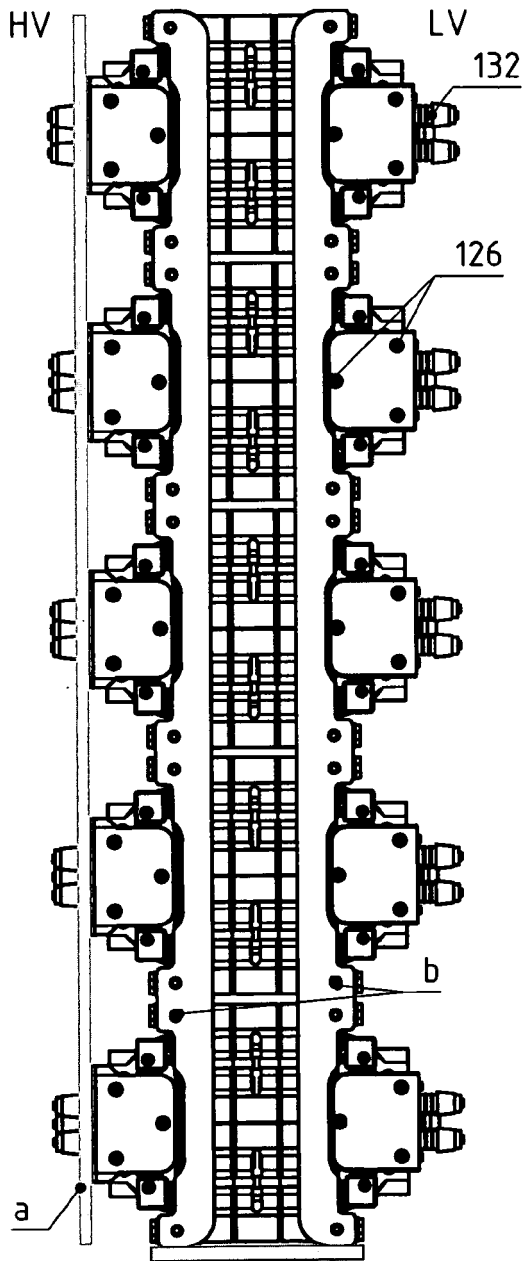


Fig. 10H

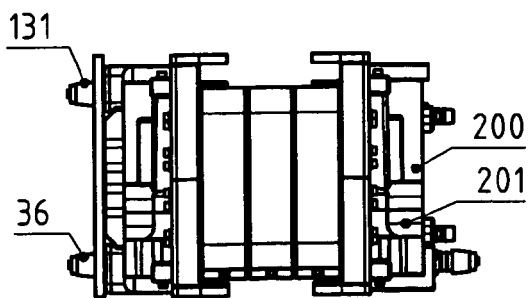
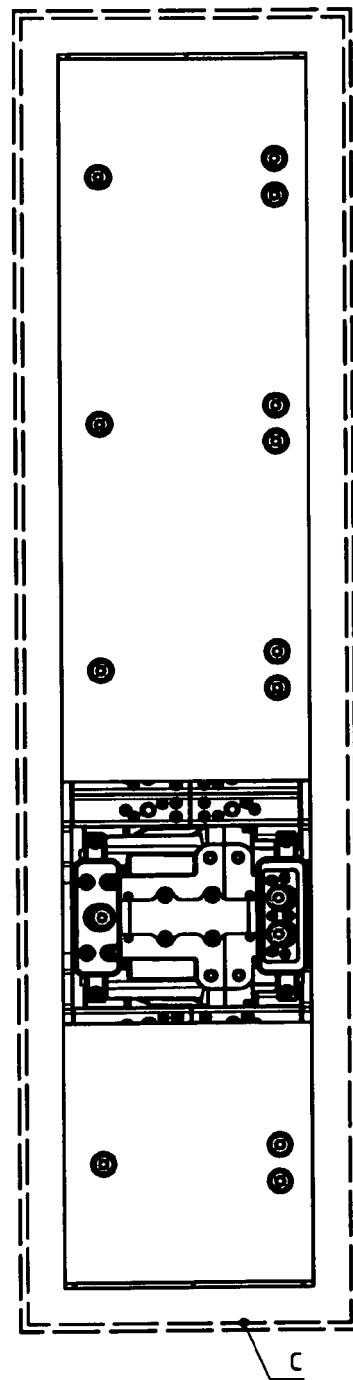


Fig. 10J

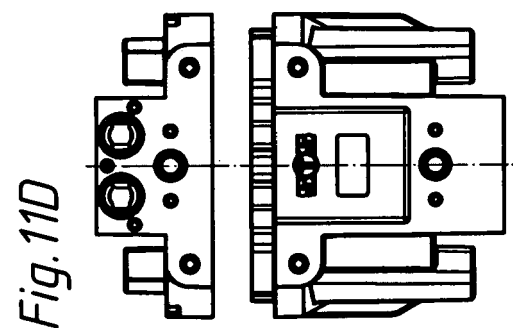
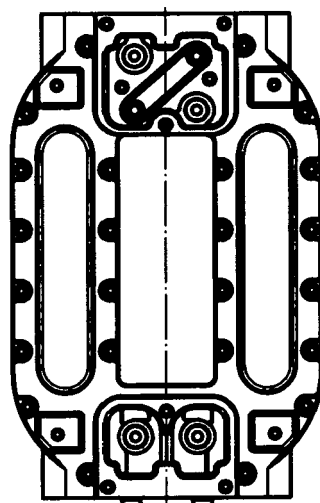
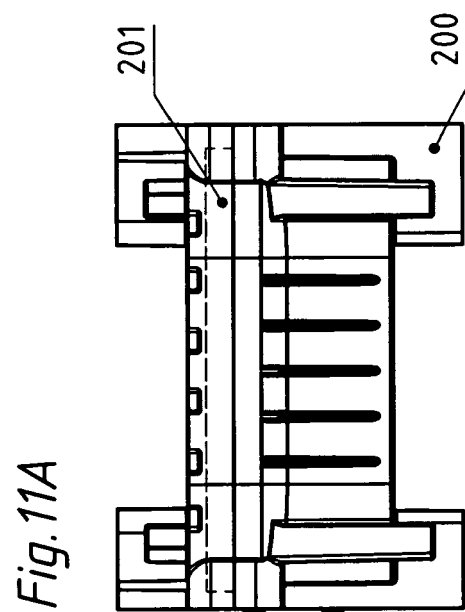
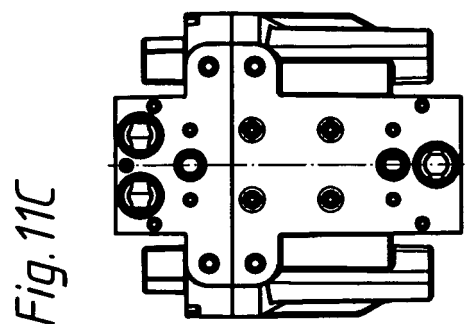


Fig. 12C

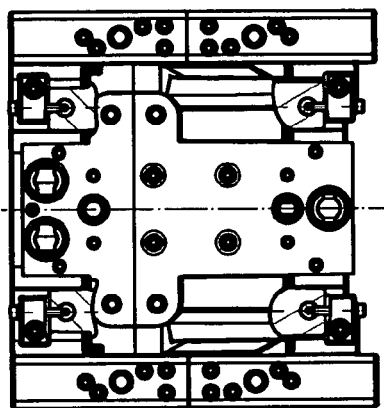
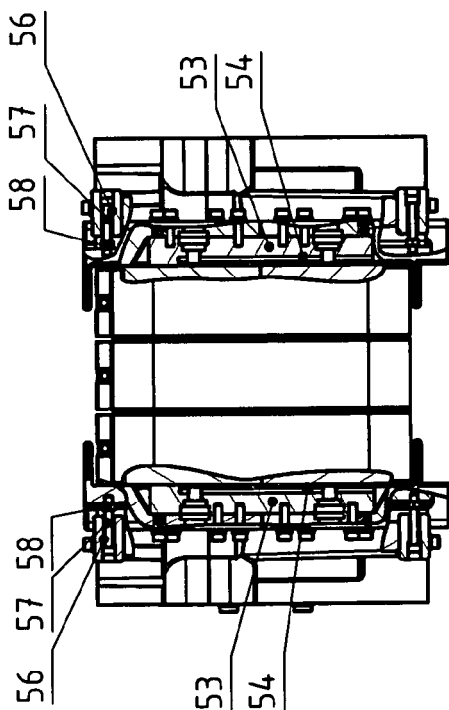


Fig. 12A



48

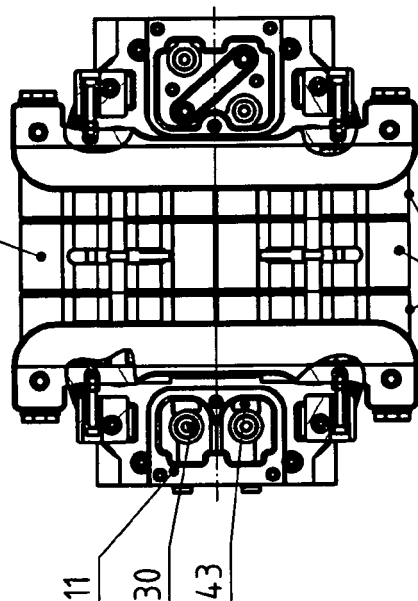


Fig. 12B

Fig.13

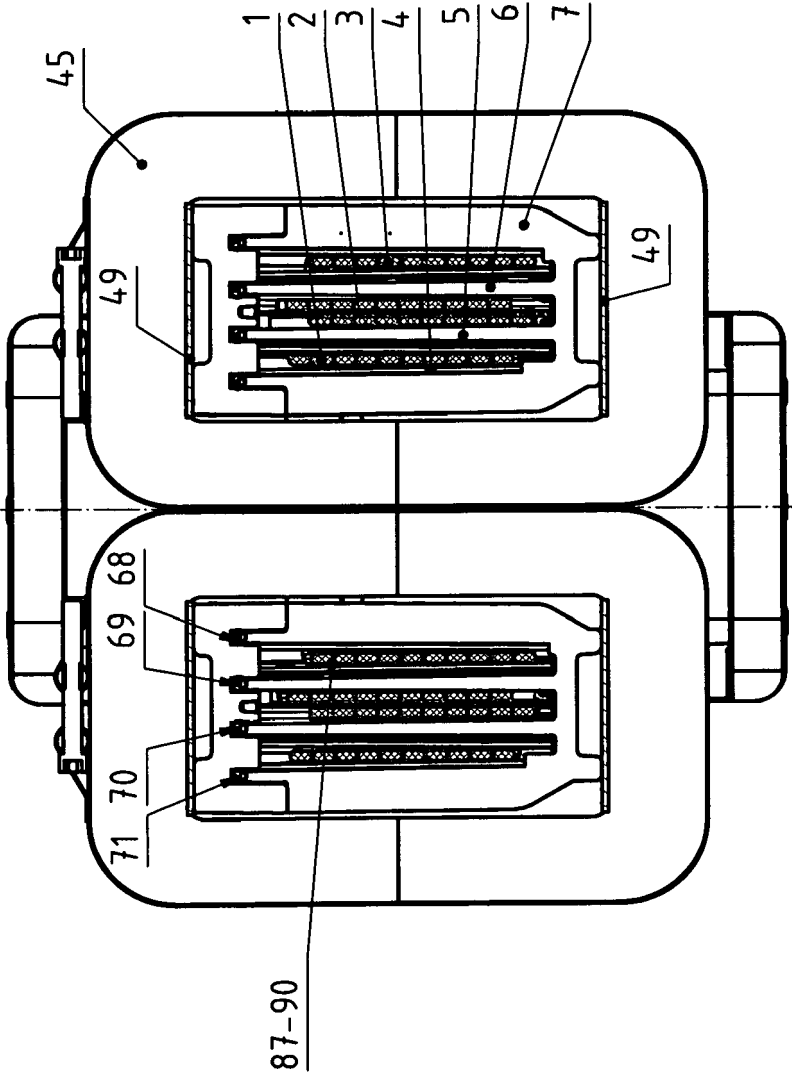


Fig.14C

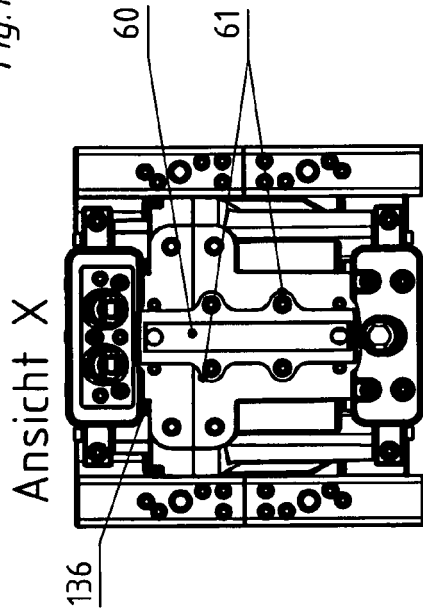


Fig.14B

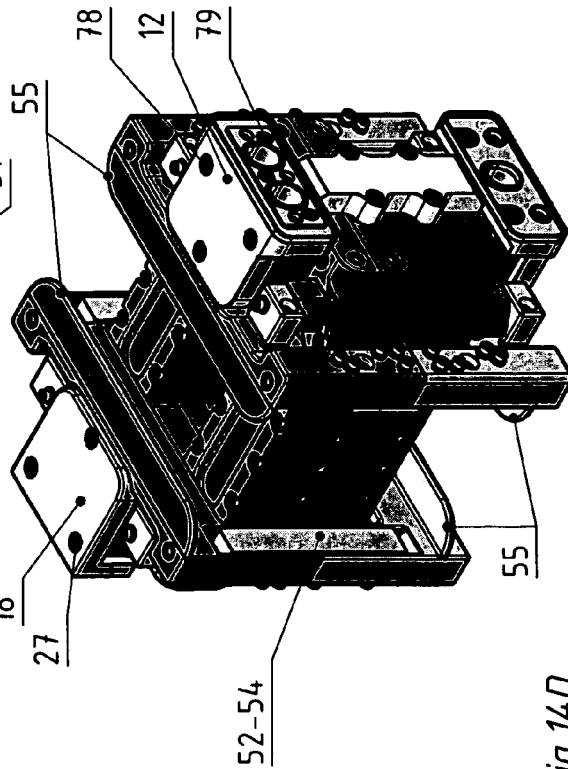
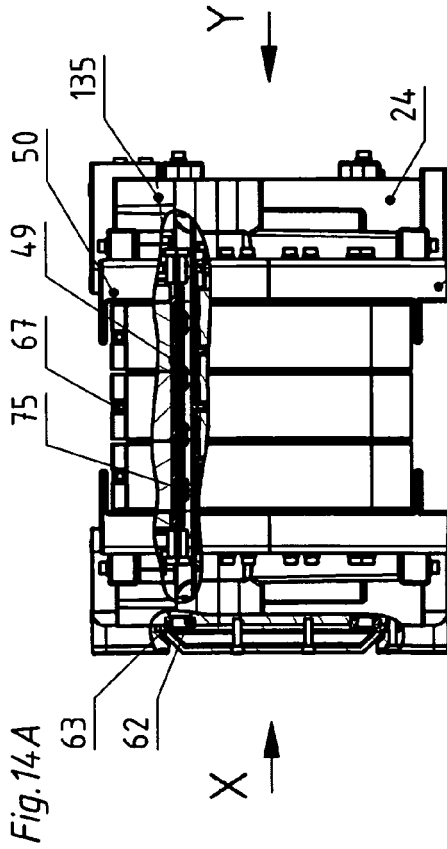
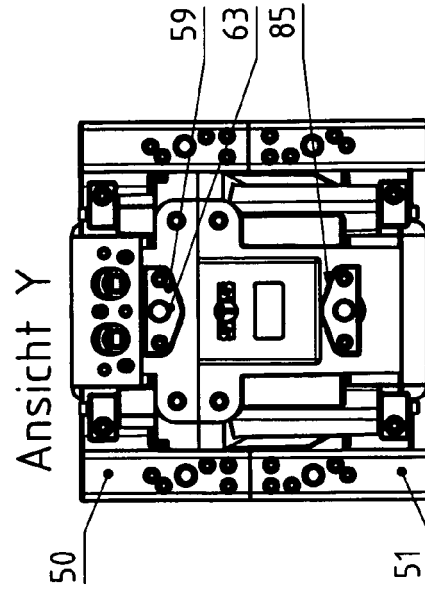


Fig. 15A

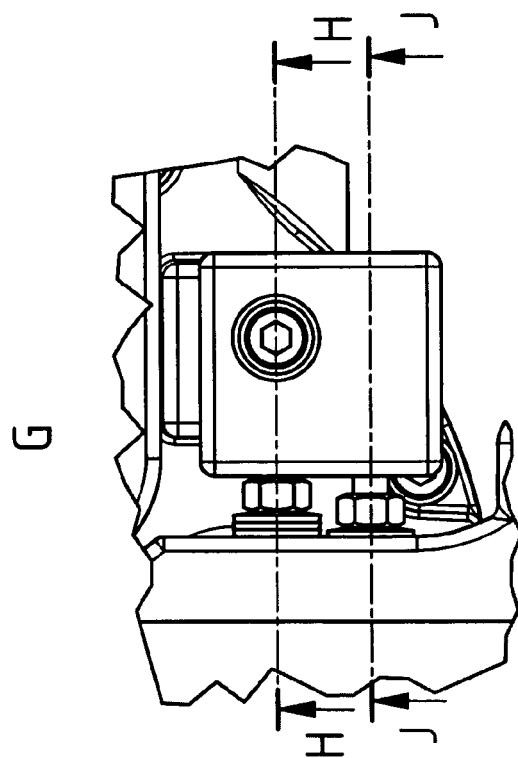
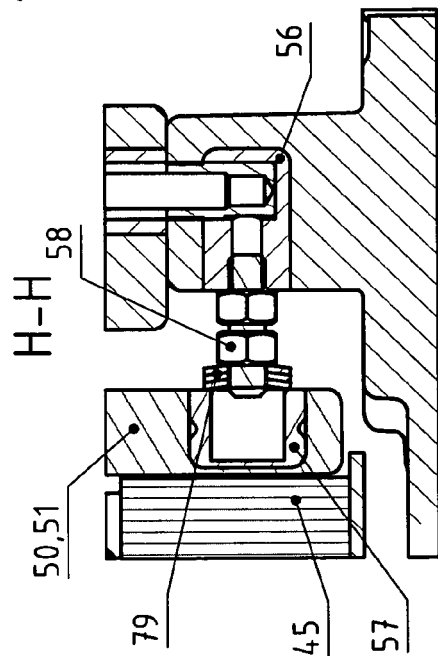


Fig. 15B



J-J

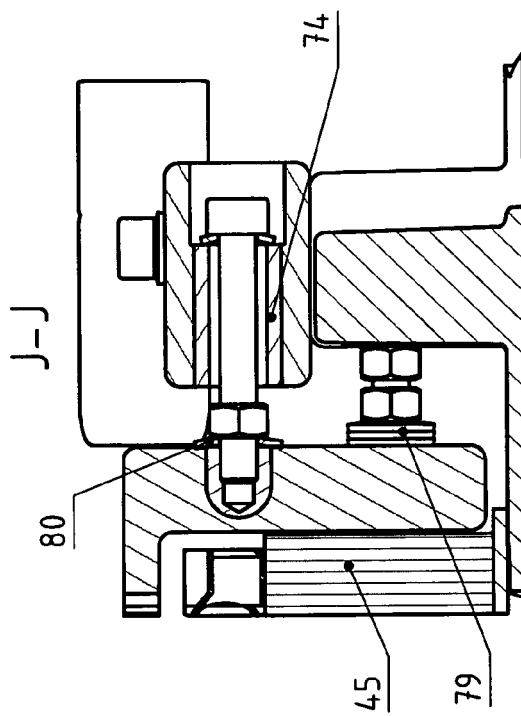


Fig. 15C

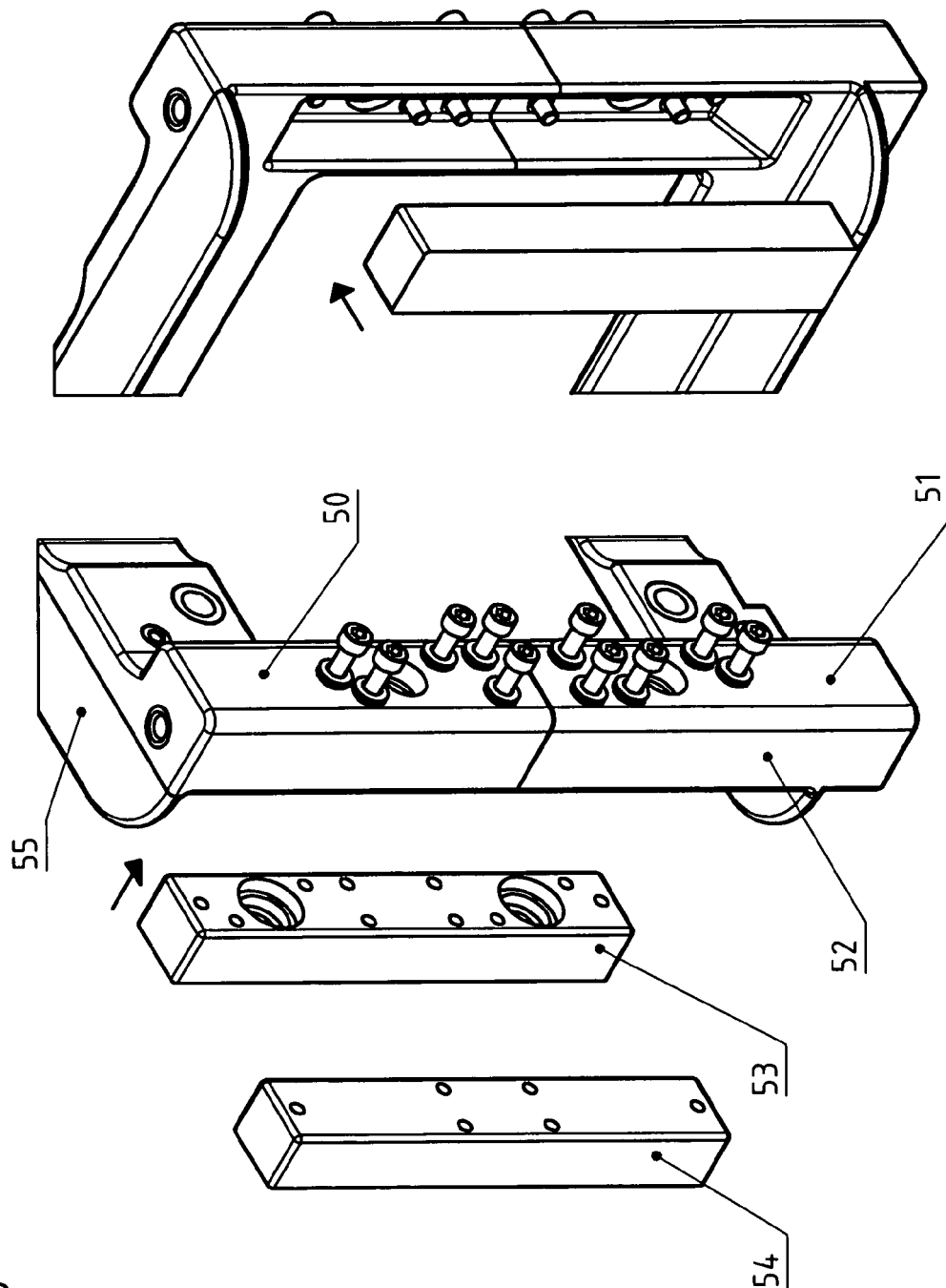


Fig.16



EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

 Nummer der Anmeldung
EP 12 00 5803

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (IPC)
X	JP 2010 003931 A (TOSHIBA CORP) 7. Januar 2010 (2010-01-07) * Zusammenfassung; Abbildung 3 * * Absatz [0040] * -----	1-20	INV. H01F27/32
X	JP 2002 033219 A (HITACHI LTD) 31. Januar 2002 (2002-01-31) * Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 * * Absätze [0011], [0012], [0021] * -----	1,2,4,5, 9,11-18	
X	JP 8 124757 A (TOSHIBA CORP) 17. Mai 1996 (1996-05-17) * Zusammenfassung; Abbildung 8 * * Absätze [0049] - [0051] * -----	1,2,4,5, 9,11-18	
A,D	EP 1 344 230 B1 (BOMBARDIER TRANSP GMBH [DE]) 10. November 2004 (2004-11-10) * das ganze Dokument * -----	1-23	
			RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (IPC)
			H01F
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt			
Recherchenort München		Abschlußdatum der Recherche 31. Januar 2013	Prüfer Weisser, Wolfgang
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie A : technologischer Hintergrund O : mündliche Offenbarung P : Zwischenliteratur		T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist D : in der Anmeldung angeführtes Dokument L : aus anderen Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	

 1
EPO FORM 1503 03.82 (P04C03)

**ANHANG ZUM EUROPÄISCHEN RECHERCHENBERICHT
ÜBER DIE EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG NR.**

EP 12 00 5803

In diesem Anhang sind die Mitglieder der Patentfamilien der im obengenannten europäischen Recherchenbericht angeführten Patentdokumente angegeben.
Die Angaben über die Familienmitglieder entsprechen dem Stand der Datei des Europäischen Patentamts am
Diese Angaben dienen nur zur Unterrichtung und erfolgen ohne Gewähr.

31-01-2013

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
JP 2010003931	A	07-01-2010	KEINE		
JP 2002033219	A	31-01-2002	KEINE		
JP 8124757	A	17-05-1996	KEINE		
EP 1344230	B1	10-11-2004	AT	282242 T	15-11-2004
			AU	2188702 A	03-06-2002
			DE	10058080 A1	06-06-2002
			EP	1344230 A1	17-09-2003
			ES	2232684 T3	01-06-2005
			PL	362391 A1	02-11-2004
			PT	1344230 E	28-02-2005
			WO	0243085 A1	30-05-2002

EPO FORM P0461

Für nähere Einzelheiten zu diesem Anhang : siehe Amtsblatt des Europäischen Patentamts, Nr.12/82

IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente

- EP 1344230 B1 [0012] [0020]
- EP 0874371 A2 [0021]