

(12) **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

(43) Veröffentlichungstag:
28.07.1999 Patentblatt 1999/30

(51) Int Cl.⁶: **H01F 27/28**

(21) Anmeldenummer: **99101281.6**

(22) Anmeldetag: **25.01.1999**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT BE CH DE DK ES FI FR GB GR IE IT LI LU MC
NL PT SE**
Benannte Erstrecksstaaten:
AL LT LV MK RO SI

(72) Erfinder: **Heinemann, Lothar, Dr.-Ing.
69493 Hirschberg (DE)**

(74) Vertreter: **Luderschmidt, Schüler & Partner GbR
Patentanwälte,
John-F.-Kennedy-Strasse 4
65189 Wiesbaden (DE)**

(30) Priorität: **26.01.1998 DE 19802760**

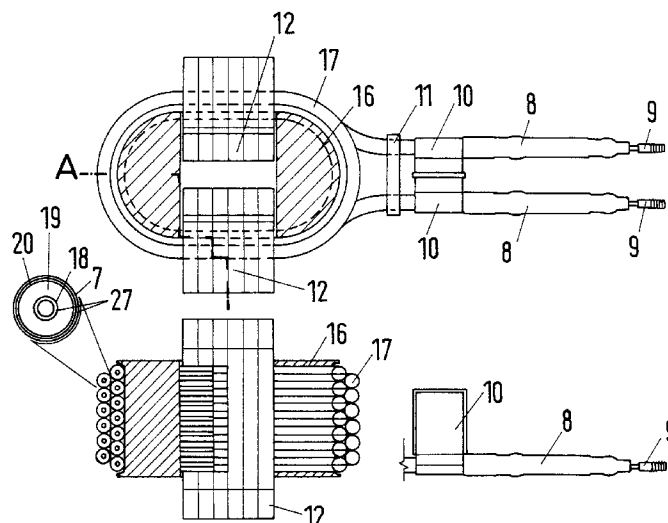
(71) Anmelder: **ABB Daimler-Benz Transportation
(Technology) GmbH
13627 Berlin (DE)**

(54) **Koaxialtransformator**

(57) Es wird ein Koaxialtransformator mit einem Primär- und Sekundärwicklung bildenden Koaxialkabel (2) vorgeschlagen, wobei mindestens ein Kern (12) die Wicklungen umschließt und jedes Ende des Koaxialkabels mit einem Kabelendverschluß (8) versehen ist, welche die beiden Leiter (3, 5) des Koaxialkabels mit einem Primäranschluß (9) und einem Sekundäranschluß (10) verbinden, die elektrische Isolation sicherstellen und

das elektrische Feld steuern. Vorzugsweise sind mehrere jeweils Primär- und Sekundärwicklung bildende und mit Kabelendverschlüssen (8) versehene Wicklungen vorgesehen, wobei mittels Verbindungsbrücken (28, 29) eine Reihen- und/oder Parallelschaltung der einzelnen Primärwicklungen und/oder Sekundärwicklungen erfolgt und sich ein gemeinsamer äußerer Primäranschluß (21) und äußerer Sekundäranschluß (22) der Modulanordnung bildet.

Fig.1



Beschreibung

[0001] Die Erfindung bezieht sich auf einen Koaxialtransformator, der beispielsweise zur Potentialtrennung von Stromrichtern in verschiedenen industriellen Anwendungen und in der Traktionstechnik verwendet werden kann. Unter einem Koaxialtransformator wird dabei allgemein ein Transformator verstanden, bei welchem Innen- und Außenleiter eines um einen Magnetkern gewundenen Koaxialkabels die Primärwicklung bzw. die Sekundärwicklung bilden.

[0002] Ein Koaxialtransformator weist im Vergleich zu einem konventionellen Transformator mit Röhren- oder Scheibenwicklungen eine gute Isolationsfähigkeit zwischen Primär- und Sekundärwicklung auf Grund der elektrischen Feldsymmetrie zwischen Innen- und Außenleiter des Koaxialkabels auf. Vorteilhaft ist auch der relativ geringe Einfluß durch den Stromverdrängungseffekt selbst bei größeren Leiterquerschnitten auf Grund der magnetischen Feldsymmetrie in den zylinderförmigen Leiterlagen des Koaxialkabels. Ein weiterer Vorteil ist die geringe und reproduzierbare Streuinduktivität, da das Streufeld nur zwischen Innen- und Außenleiter sowie den Leitern selbst auftritt. Schließlich sind auch eine hohe Leistungsdichte und kostengünstige Montage gegeben.

[0003] Hierdurch wird beispielsweise die Anwendung des Transformators in einem weich schaltenden Stromrichter mit einer Schaltfrequenz von beispielsweise 20 kHz und größeren übertragbaren Leistungen (weit mehr als 100 kW) bei gleichzeitig hohen Strömen und hohen Isolationsanforderungen (bis z.B. 50 kV) ermöglicht. Denkbar ist aber auch eine Anwendung bei Netzfrequenz.

[0004] Aus K.W. Klontz, D. Divan, D. Novotny; "An Actively Cooled 120-kW Coaxial Winding Transformer for Fast Charging of Electric Vehicles"; IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 31, No. 6, November/December 1995, S.1257 - 1263 ist ein weich schaltender Stromrichter bekannt, bei dem ein Koaxialtransformator einerseits zur Potentialtrennung und andererseits zur Spannungsanpassung eingesetzt ist. Bei dieser Ausführungsform ist mindestens einer der beiden Leiter des Koaxialkabels segmentiert, so daß außer dem sonst möglichen Übersetzungsverhältnis von 1:1 auch andere ganzzahlige Übersetzungsverhältnisse eingestellt werden können. Es ist allerdings offensichtlich, daß im Hinblick auf eine gewünschte hohe Isolationsfestigkeit die Segmentierung einerseits ein aufwendiges Spezialkabel erfordert, da die einzelnen Leitersegmente bereits während des Herstellungsprozesses ohne Einschluß von Lufthohlräumen voneinander isoliert werden müssen. Andererseits erfordert die stirnseitige Verschaltung der einzelnen Leitersegmente besondere konstruktive Maßnahmen, will man neben einer hohen Isolationsfähigkeit insbesondere bei hohen Strömen und demzufolge hohen Leiterquerschnitten eine verlustleistungsarme Konstruktion bei geringen geometrischen Abmessungen

erreichen. Die in der oben zitierten Literaturstelle angegebene Ausführungsform des Koaxialtransformators ist deshalb für hohe übertragbare Leistungen (z.B. 500 kW) bei gleichzeitig hoher Isolationsfestigkeit nicht mehr geeignet.

[0005] Für viele industrielle Anwendungen (z.B. bei Stromrichtern in der Verfahrens-, Industrie- und Traktionstechnik) ist aber insbesondere bei relativ hohen Potentialunterschieden und gleichzeitig hoher zu übertragender Leistung eine dauerhaft gute elektrische Isolation zwischen Primäranschluß und Sekundäranschluß des Transformators von großer Wichtigkeit. Nur dann kann man beispielsweise Kriechströme und Glimmen dauerhaft unterbinden und die einwandfreie Funktion des Stromrichters über einen langen Zeitraum gewährleisten.

[0006] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Koaxialtransformator der eingangs genannten Art mit sehr guter elektrischer Isolationsfähigkeit zwischen Primär- und Sekundäranschluß anzugeben, der für sehr hohe Leistungen geeignet ist, ein geringes Volumen aufweist und kostengünstig herstellbar ist.

[0007] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch einen Koaxialtransformator mit einem Primär- und Sekundärwicklung bildenden Koaxialkabel gelöst, wobei mindestens ein Kern aus geeignetem Material die Wicklungen umschließt und jedes Ende des Koaxialkabels mit einem Kabelendverschluß versehen ist, welche die beiden Leiter des Koaxialkabels mit einem Primäranschluß und einem Sekundäranschluß verbinden, die elektrische Isolation sicherstellen und das elektrische Feld steuern.

[0008] Die mit der Erfindung erzielbaren Vorteile bestehen insbesondere darin, daß der vorgeschlagene, für Leistungen über 1 MW geeignete Transformator sehr hohe Isolationsanforderungen von beispielsweise 50 kV bei gleichzeitig hoher Leistungsdichte mit festem Isolierstoff erfüllt. Die hohe Leistungsdichte führt zu einem kostengünstigen, relativ leichten und nur geringen Raumbedarf erfordernden Transformator. Die Streuung des Transformators ist sehr gering und exakt definiert, so daß sie auch bei Serienfertigung ohne zusätzlichen Aufwand sehr präzise reproduzierbar ist. Dies ist insbesondere bei mit konstanter Schaltfrequenz betriebenen Resonanzstromrichtern von großer Bedeutung, da die reaktiven Elemente des Resonanzkreises dann nur geringe Toleranzen aufweisen dürfen.

[0009] Zur Gewährleistung einer hohen Isolationsfestigkeit ist es vorteilhaft, daß das hohe Potential nur auf einer einzigen Seite, der Anschlußseite, offen ist. Dies erleichtert die elektrische Isolation und trägt dazu bei, einen Transformator mit sehr geringen Abmessungen zu schaffen. Zudem liegen die elektrischen Anschlüsse für die Primär- und Sekundärseite direkt nebeneinander und lassen sich durch die Kabelendverschlüsse sehr einfach separieren, was die gewünschte sehr niedrige Streuinduktivität und niederimpedante Anbindung an die benachbarten Leistungshalbleiter gewährleistet.

Durch die Ausgestaltung des Transformators als aus mehreren Modulen bestehenden Matrix-Transformator lassen sich durch geeignete Verschaltung der Primär- und Sekundäranschlüsse der einzelnen Module auch andere Übersetzungsverhältnisse als 1:1 zwischen Primär- und Sekundärwicklung einstellen. Auf diese Weise ist die Modularität des Konzeptes in einem weiten Bereich gewährleistet.

[0010] Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine erste Variante eines Koaxialtransformators in zweilagiger Wicklungsausführung bei Verwendung von zwei Kernhälften mit Querschnittsdarstellungen,
- Fig. 2 einen Koaxialtransformator gemäß Fig. 1 mit Montagevorrichtung,
- Fig. 3 die Möglichkeit eines modularen Aufbaues des in Figur 2 dargestellten Koaxialtransformators in mechanischer Darstellung,
- Fig. 4 die Möglichkeit eines modularen Aufbaues des in Figur 2 dargestellten Koaxialtransformators in Detaildarstellung mit Spannungspfeilen sowie ein elektrisches Ersatzschaltbild zur Verdeutlichung der sich einstellenden Spannungsverhältnisse,
- Fig. 5 eine zweite Variante eines Koaxialtransformators bei Verwendung von einem einzigen Kern für modularen Aufbau.

[0011] In Fig. 1 ist eine erste Variante des Koaxialtransformators dargestellt. Im oberen Abschnitt (Seitenansicht) sowie im unteren Abschnitt (Ansicht von oben mit im oberen Abschnitt gekennzeichnetem Schnitt A) der Figur ist ein zentraler Wickelbock 16 aus einem elektrisch isolierenden Material zu erkennen, welcher mit Ausnehmungen zur Führung der einzelnen Windungen der Wicklung und des Kerns versehen ist. Die Wicklungen (Primärwicklung, Sekundärwicklung) werden durch ein Koaxialkabel 17 gebildet, welches den Wicklungsbock 16 mit mehreren Windungen umschließt. Dabei kann die Wicklung einlagig oder mehrlagig ausgebildet sein, wobei der Vorteil der exakt definierten und somit reproduzierbaren Induktivität bzw. Streuung auch bei mehrlagigen Wicklungen gegeben ist.

[0012] Wie der im linken Abschnitt der Fig. 1 dargestellte Querschnitt zeigt, weist das Koaxialkabel 17 einen hohlwandigen zylinderförmigen Innenleiter 18 auf, der mittels eines Dielektrikums 19 vom ebenfalls zylinderförmigen Außenleiter 20 getrennt ist.

[0013] Das Dielektrikum 19 ist zur definierten Steuerung des elektrischen Feldes vorzugsweise auf seinen beiden Zylindermantelflächen mit einem elektrisch halb-

leitenden Material 27 verbunden. Dadurch können Luft Hohlräume zwischen Primär- und Sekundärseite auch bei großen Temperaturschwankungen und starken Lastschwankungen gänzlich vermieden werden. Der Außenleiter 20 ist von einem elektrisch isolierenden und mechanisch schützenden Mantel 7 abgedeckt. Vorteilhaft kann ein standardmäßig gefertigtes und deshalb kostengünstiges Koaxialkabel verwendet werden.

[0014] Jedes der beiden Enden des Koaxialkabels 17 ist mit einem Kabelendverschluß 8 versehen. Die völlig wartungsfreien Kabelendverschlüsse 17 dienen der stromtragenden Verbindung zwischen dem einen Leiter des Koaxialkabels und dem Primäranschluß sowie zwischen dem anderen Leiter des Koaxialkabels und dem Sekundäranschluß, der Steuerung des elektrischen Feldes und der elektrischen Isolation. Der Innenleiter 18 des Koaxialkabels 17 bildet vorzugsweise die Primärwicklung des Transformators und ist an jedem Ende mit einem Primäranschluß 9 verbunden. Der Außenleiter 20 des Koaxialkabels 17 bildet die Sekundärwicklung des Transformators und ist an jedem Ende mit einem vorzugsweise großflächigem Sekundäranschluß 10 verbunden. Die Fixierung des Koaxialkabels zum Zwecke der parallelen Gestaltung der Wicklungsanschlüsse wird durch einen Abstandhalter 11 ermöglicht.

[0015] Sowohl die beiden Primäranschlüsse als auch die beiden Sekundäranschlüsse können in einfacher und zweckmäßiger Weise mit weiteren, nicht dargestellten Koaxialkabeln verbunden sein, welche die weitere elektrische Verkabelung innerhalb einer Anlage, beispielsweise innerhalb eines elektrischen Schienenfahrzeuges, bewerkstelligen.

[0016] Wie leicht einzusehen ist, können Hilfswicklungen um die durch das Koaxialkabel gebildete Wicklung gewickelt werden. Dies ist aufgrund der mit Ausnahme der Anschlußseite an keiner Stelle offenen Wicklung völlig problemlos.

[0017] Die aus dem Koaxialkabel 17 gebildete Wicklung hat in dieser Ausführungsform vorzugsweise die Form eines ovalen Hohlzylinders. Damit kann der minimal erlaubte Biegeradius des Kabels gewährleistet werden. Die beiden sich direkt gegenüberliegenden geraden Abschnitte dieses ovalen Hohlzylinders werden jeweils von einem Kern 12 aus geeignetem Kernmaterial (z.B. Eisenband oder Ferrit) umschlossen. Jede der beiden Hälften des Kerns 12 kann dabei problemlos aus mehreren einzelnen Kernen, die magnetisch parallel geschaltet sind, gefertigt werden. Damit eine einfache Montage der Kern/Wicklungs-Anordnung möglich ist, sind die Kerne vorzugsweise geschnitten zu verwenden. Auf diese Weise kann auch die Reproduzierbarkeit der Hauptinduktivität des Transformators durch das Einbringen eines Luftspaltes gewährleistet werden. Die geteilten Kerne 12 werden beispielsweise mittels längs des Außenmantels verlaufender Stahlbänder zusammengepreßt.

[0018] Vorteilhaft kann der Kern 12 problemlos auf jedes beliebige Potential, beispielsweise auf

Massepotential „gelegt“ werden.

[0019] In Fig. 2 (Seitenansicht im oberen Abschnitt und Ansicht von oben im unteren Abschnitt) ist zusätzlich eine Montagevorrichtung für die in Fig. 1 dargestellte Variante des Koaxialtransformators gezeigt. Es sind wiederum der Wickelbock 16 mit dem aufgewickelten Koaxialkabel 17, der Kern 12 und die beiden für den Anschluß dienenden Kabelendverschlüsse 8 zu erkennen. Am Wickelbock 16 sind an beiden Stirnseiten Platten 13 vorgesehen, welche zur rüttelfesten und platzsparenden Befestigung des Transformators innerhalb eines Gehäuses geeignet sind.

[0020] Wärme- und damit auch kühlungstechnisch sind Wicklung und Kern fast vollständig entkoppelt. Für Wicklung und Kern sind demzufolge je nach den vorliegenden Umgebungsbedingungen und den Belastungsverhältnissen auch unterschiedliche Kühlungskombinationen (verschiedene Kombinationen mit Eigenkühlung, forcierte Luftkühlung, Wasserkühlung) möglich.

[0021] Der Innenleiter 3 des Koaxialkabels 2 wird bei forcierte Kühlung zur Führung des Kühlmittels (z.B. Wasser oder Druckluft) herangezogen. Dabei dient beispielsweise der eine Primäranschluß als Kühlmittelzufluß 14 und der andere Primäranschluß des Koaxialkabels als Kühlmittelabfluß 15. Durch Zirkulation des Kühlmittels längs des gesamten Innenleiters des Koaxialkabels 2 werden die während des Betriebes im Koaxialkabel 2 selbst produzierten Wärmeverluste nach außen zu einem externen Rückkühler abgeführt.

[0022] Zur Kühlung des Kernes kann der Transformator im Bereich des Kernes zumindest teilweise mit einem gut wärmeleitfähigen Verguß ausgefüllt werden, welcher den Kern 12 teilweise umschließt und in welchem Kühlmittelkanäle verlaufen oder Kühler eingebracht sind.

[0023] In den Fig. 3 (im linken Abschnitt eine Ansicht von oben, im unteren Abschnitt eine Seitenansicht und im mittleren Abschnitt eine Ansicht auf die Stirnseite) ist die Möglichkeit des modularen Aufbaues des Koaxialtransformators nach Figur 2 in mechanischer Darstellung gezeigt. Durch primärseitige und/oder sekundärseitige Reihen- und/oder Parallelschaltung von mehreren, jeweils mit einer Wicklung gemäß Fig. 1/2 versehenen Modulen sind im Prinzip beliebige Transformatorübersetzungsverhältnisse bei gleichzeitig einfacher Handhabung der Isolationsfestigkeit einstellbar.

[0024] Im gezeigten Beispiel sind insgesamt sechs Module 1 bis 6 (der Koaxialtransformator nach Figur 2 stellt ein solches Modul dar) so verschaltet, daß ein Transformator mit einem Übersetzungsverhältnis von 1:3 resultiert. Alle Primäranschlüsse 9 der mit den Ziffern 1 bis 6 gekennzeichneten Module sind über Verbindungsbrücken 28 in Reihe geschaltet. Der Anschluß 21 stellt folglich den hierdurch gebildeten äußeren primärseitigen Hauptanschluß des modularen Transformators dar. Sekundärseitig sind die Anschlüsse 10 der Module 1 bis 3 sowie die Anschlüsse 10 der Module 4 bis 6 über Verbindungsbrücken 29 jeweils parallel geschaltet. An-

schließend sind die sich so einstellenden zwei neuen Wicklungsanschlüsse noch einmal in Reihe geschaltet. Anschluß 22 repräsentiert den hierdurch gebildeten äußeren sekundärseitigen Hauptanschluß des modularen Transformators.

[0025] Fig. 4 zeigt zur Verdeutlichung die sich einstellenden primär- und sekundärseitigen Spannungsverhältnisse im oberen Abschnitt an Hand einer Detaildarstellung der mechanischen Anordnung nach Figur 3 sowie im unteren Abschnitt an Hand eines elektrischen Ersatzschaltbildes. Dabei sind jeweils die äußere Primärspannung mit $u_P(t)$, die äußere Sekundärspannung mit $u_S(t)$, die Primärspannungen der Module 1 bis 6 mit $u_{P1}(t)$ bis $u_{P6}(t)$ und die Sekundärspannungen der Module 1 bis 6 mit $u_{S1}(t)$ bis $u_{S6}(t)$ bezeichnet.

[0026] Durch diese elementare Art der Verschaltung kann die Höhe der übertragbaren Leistung selbst bei Verwendung von n Modulen auch n-fach gegenüber der übertragbaren Leistung eines Moduls erhöht werden. Die Symmetrierung (gleichmäßige Spannungs- und Leistungsaufteilung für alle n Module) stellt dabei kein Problem dar, da - wie eingangs bereits erwähnt - die elektrischen Parameter wie Streuung und Hauptinduktivität bereits bei jedem einzelnen Modul sehr gut reproduziert werden können. Auf diese Weise ist überhaupt erst die - bei Transformatoren mit Röhren- oder Scheibenwicklungen eher kritische - Parallelschaltung von Wicklungen im höheren Leistungsbereich möglich. Interne Kreisströme, wie sie bei der Parallelschaltung von Röhren- oder Scheibenwicklungen durch unterschiedliche induzierte Spannungen und unterschiedliche elektrische Transformatorparameter in den einzelnen parallel geschalteten Wicklungen auftreten können, werden vermieden.

[0027] Um eine niederinduktive und verlustarme Verschaltung der einzelnen Module selbst bei höheren Betriebsfrequenzen (z.B. 20 kHz) gewährleisten zu können, ist - wie in Figur 3 gezeigt - eine großflächige Verschiebung der Verbindungsleitungen (siehe die Verbindungsbrücken 28, 29) vorteilhaft. Die Verschiebung sollte dabei so erfolgen, daß die sich in den parallelen Leiterstücken (Verbindungsbrücken) einstellenden Ströme entgegengesetzt gerichtet und vom Betrage her gleich groß sind. Dies ist mit der in Figur 3 gezeigten Verschiebung immer erfüllt. Die Kontaktierung der einzelnen Module kann bei der vorgeschlagenen Art der Verschiebung immer in der gleichen Weise erfolgen. In Figur 3 wird dies durch die Anschlußkontakte 23 (sekundärseitig) und 24 (primärseitig) verdeutlicht.

[0028] Aus Figur 3 geht weiterhin hervor, daß durch die gewählte Verschiebung (Verbindungsbrücken) kein zusätzliches Isolationsproblem entsteht. Primär- und sekundärseitige Wicklungsanschlüsse bleiben, wie bereits bei der Verwendung von lediglich einem Modul, örtlich immer im gleichen Abstand voneinander entfernt. Analoges gilt auch für die Kühlung, die im gezeigten Beispiel durch eine Ringleitung 30 (Reihenschaltung der Kühlungsanschlüsse aller sechs Module 1 bis 6) aufge-

baut ist. Das Kühlmittel wird durch den Anschluß 25 eingebracht. Durch Anschluß 26 verläßt das Kühlmittel schließlich wieder den Kühlkreislauf. Selbstverständlich ist aber auch eine Parallelschaltung aller Kühlananschlußpaare oder eine Kombination von Reihen- und Parallelschaltung möglich.

[0029] Figur 5 (im oberen Abschnitt eine Seitenansicht und im unteren Abschnitt eine Ansicht von oben) zeigt eine zweite Variante der vorgeschlagenen Transformatorausführung, die insbesondere auch für einen modularen Aufbau mit z. B. einem großen gemeinsamen Kern 12 für alle Module geeignet ist. Bei dieser Art des modularen Aufbaues werden die einzelnen Module einfach auf den gemeinsamen Kern 12 montiert und z. B. durch in entsprechende Bohrungen des Wickelbocks 16 greifende Schraubanschlüsse 31 fixiert. Eine Montagevorrichtung (Platten 13), wie in Figur 3 gezeigt, ist nicht unbedingt erforderlich.

[0030] Es ist offensichtlich, daß für dieses einfache modulare Konzept gemäß Fig. 5 natürlich die gleichen einfachen Verschaltungsregeln und Ausführungsformen der niederinduktiven Modulverschaltung wie im zuvor gezeigten Beispiel nach Figur 3 erfüllt sind. Des weiteren werden an die Form des allen Modulen gemeinsamen Kernes 12 keine besonderen Ansprüche gestellt, da im Prinzip die Anordnung der Module zueinander beliebig sein kann. Vorteilhaft wäre allerdings die platzsparende Ausgestaltung des Kernes 12 als UU-Kern oder UI-Kern.

5

10

15

20

25

30

Patentansprüche

1. Koaxialtransformator mit einem Primär- und Sekundärwicklung bildenden Koaxialkabel (2), wobei mindestens ein Kern (12) die Wicklungen umschließt und jedes Ende des Koaxialkabels mit einem Kabelendverschluß (8) versehen ist, welche die beiden Leiter (3, 5) des Koaxialkabels mit einem Primäranschluß (9) und einem Sekundäranschluß (10) verbinden, die elektrische Isolation sicherstellen und das elektrische Feld steuern.

35

40

2. Koaxialtransformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein Wickelbock (1) zur Führung des Koaxialkabels (2) dient.

45

3. Koaxialtransformator nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der rohrförmige Innenleiter (3) des Koaxialkabels (2) zur Zirkulation eines Kühlmittels dient.

50

4. Koaxialtransformator nach einem der vorstehenden Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere jeweils Primär- und Sekundärwicklung bildende und mit Kabelendverschlüssen (8) versehene Wicklungen vorgesehen sind, wobei mittels Verbindungsbrücken (28, 29) eine Reihen- und/oder

55

Parallelschaltung der einzelnen Primärwicklungen und/oder Sekundärwicklungen erfolgt und sich ein gemeinsamer äußerer Primäranschluß (21) und äußerer Sekundäranschluß (22) der Modulanordnung bildet.

5. Koaxialtransformator nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch einen gemeinsamen Kern für alle Wicklungen der Modulanordnung.

Fig. 1

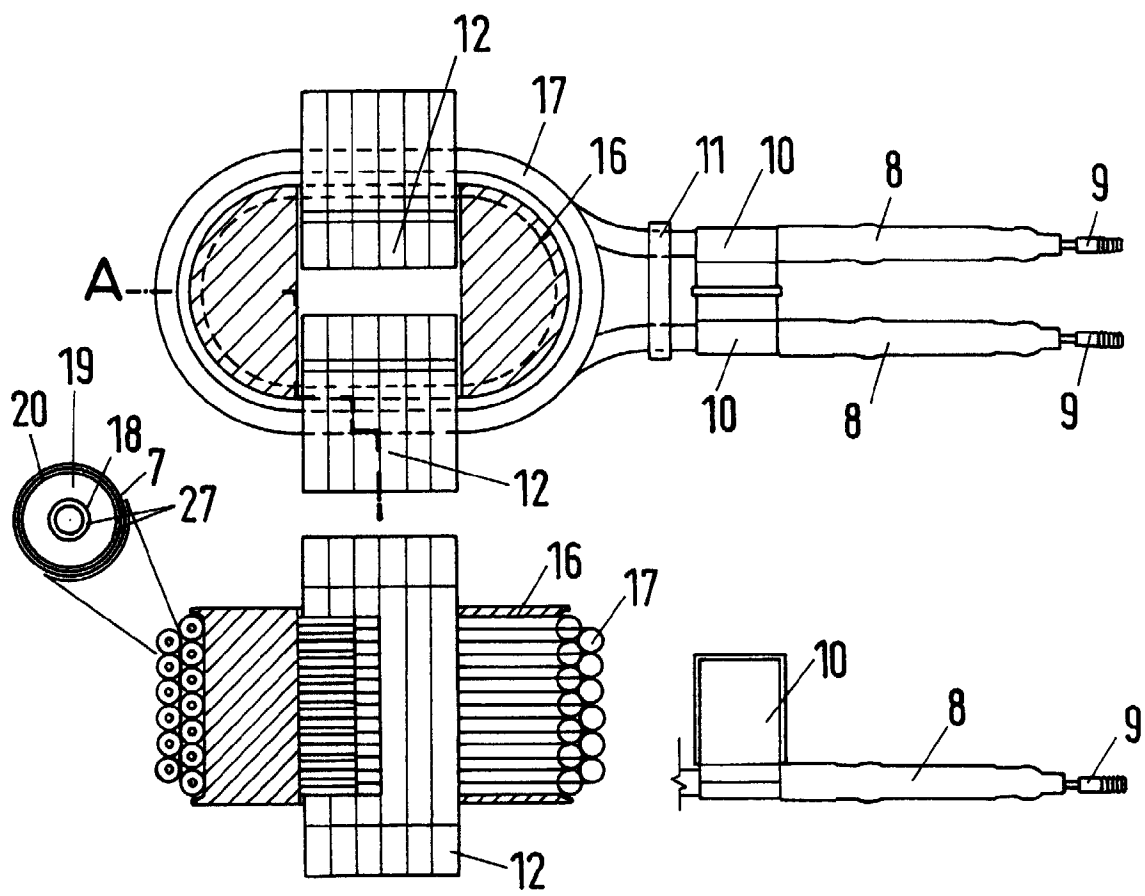


Fig.2

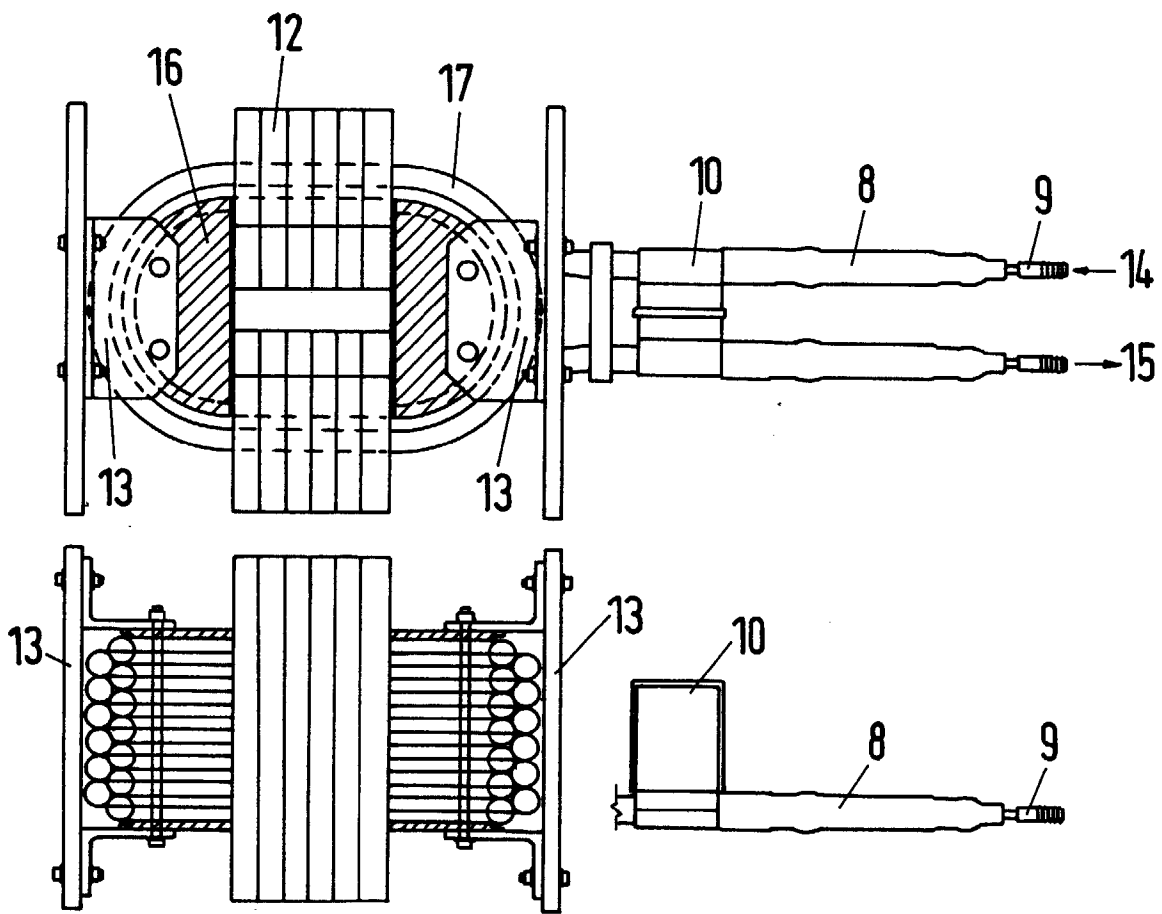


Fig. 3

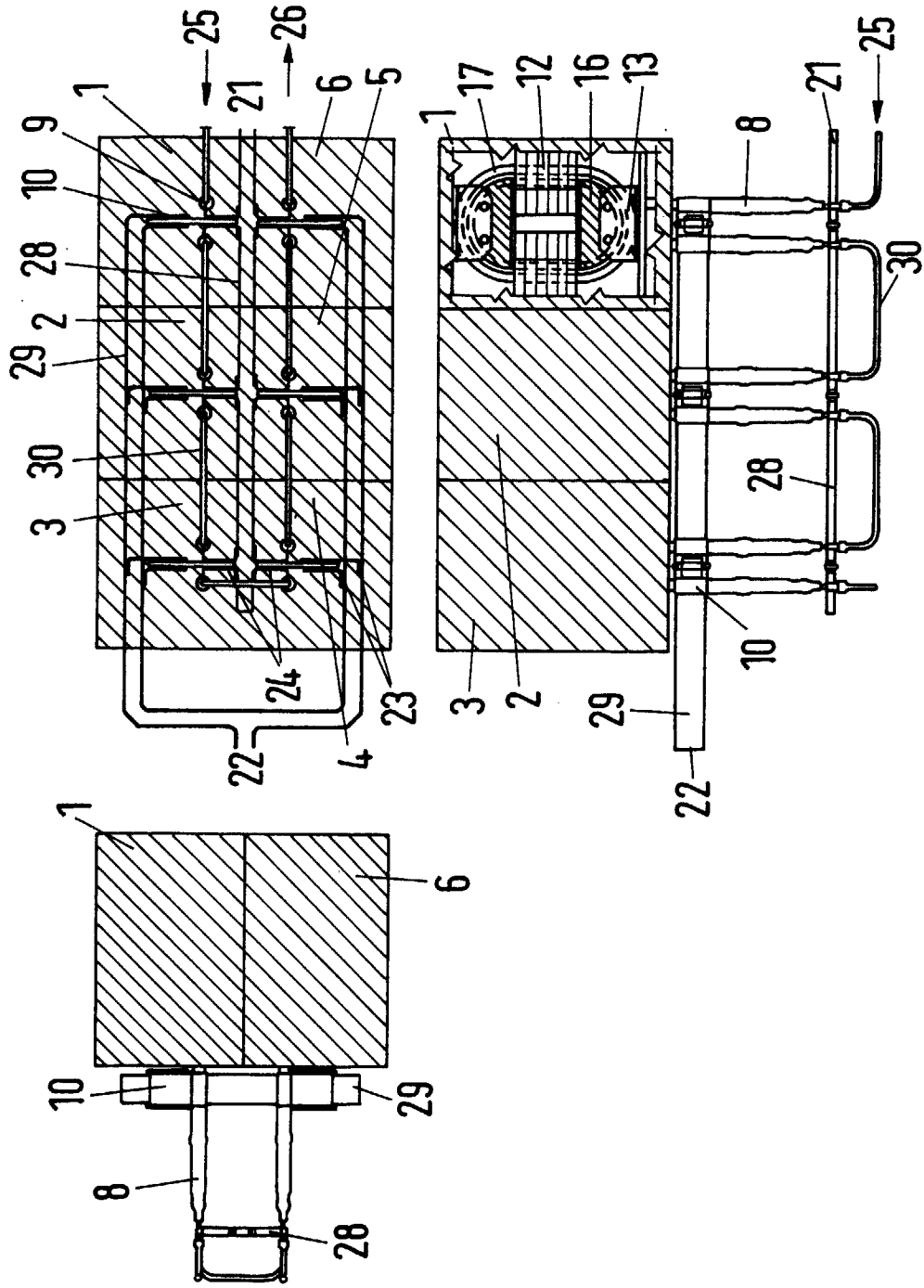


Fig. 4

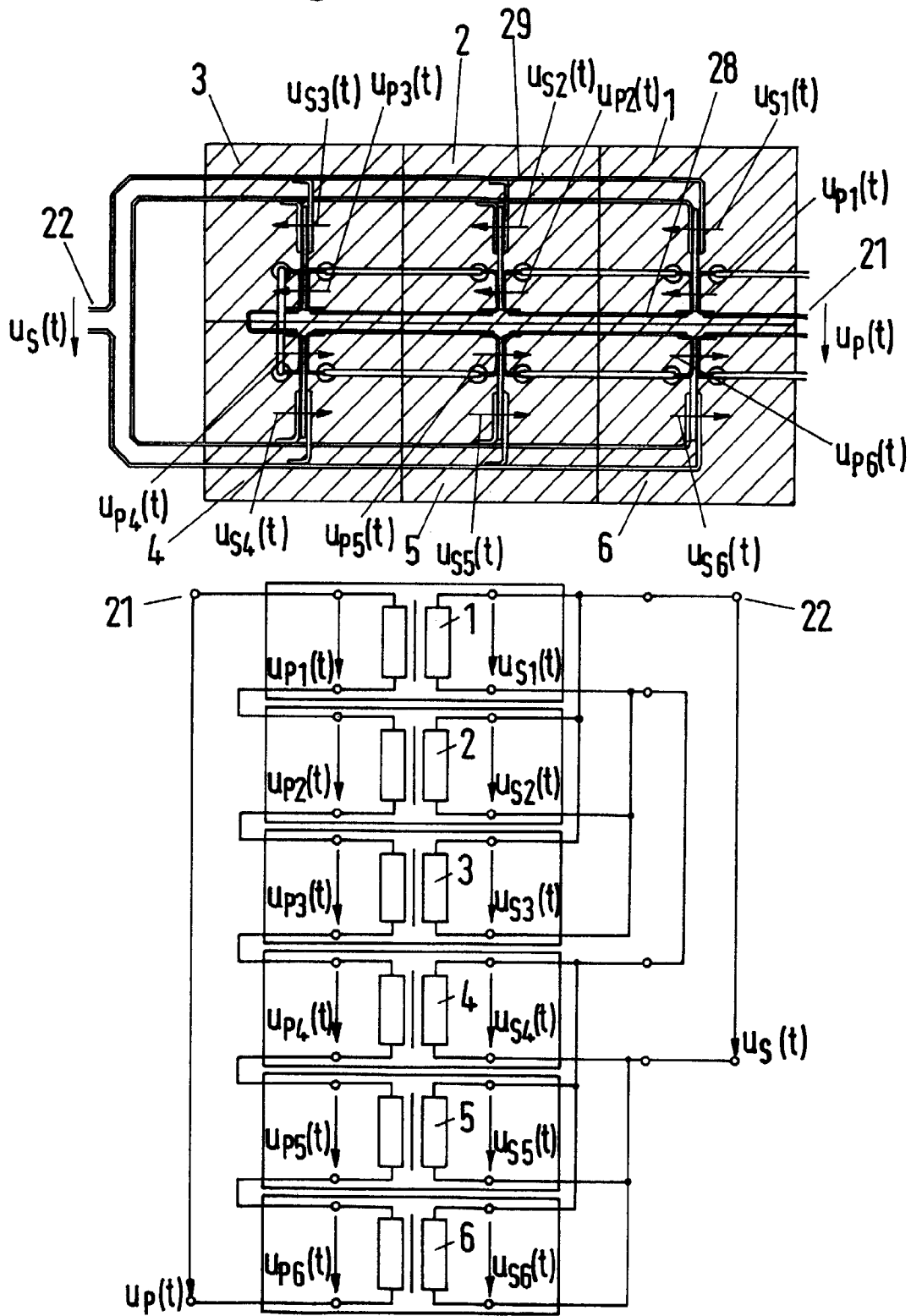


Fig. 5

