

①②

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

②① Anmeldenummer: 80100436.7

⑤① Int. Cl.³: **H 01 F 27/28**
H 01 F 27/32

②② Anmeldetag: 29.01.80

③① Priorität: 08.02.79 DE 2904746

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:
20.08.80 Patentblatt 80/17

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:
AT BE CH FR GB IT NL SE

⑦① Anmelder: **Smit Transformatoren B.V.**
Groenestraat 336
NL-6500 HJ Nijmegen(NL)

⑦② Erfinder: **Bijlsma, Gerrit**
c/o Smit Transformatoren B.V. Groenestraat 336
NL-6500 HJ Nijmegen(NL)

⑦④ Vertreter: **Schulze Horn, Stefan et al,**
Patentanwälte Dipl.-Ing. Stefan Schulze Horn M. SC. Dr.
Helmut Hoffmeister Goldstrasse 36
D-4400 Münster(DE)

⑤④ **Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator.**

⑤⑦ Wicklung für einen luftgefühltten Trockentransformator oder eine entsprechende Drosselspule mit wenigstens zwei Wicklungslagen und zwischen den Wicklungslagen liegenden Kühlkanälen sowie in den Kühlkanälen in Achsenrichtung liegenden Abstandselementen, mit folgenden Merkmalen:
a) Die innerste Wicklungslage (1) liegt auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend;
b) die nach außen folgenden Wicklungslagen (2, 3, ...) bestehen aus zwei im wesentlichen gleich langen, auf etwa halber Achsenlänge geteilten Abschnitten (10, 11), die abwechselnd im Achsenend- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und darunterliegenden Wicklungslage elektrisch verbunden sind.
Zwischen den Wicklungslagen (1, 2, 3 ...) liegende Abstandselemente (6, 7) nehmen nur einen Teil der Höhe der Wicklungslage ein und sind vorzugsweise im Bereich der elektrischen Verbindungen zwischen den Wicklungslagen der Teilwicklungen (10', 11') angeordnet.

EP 0 014 418 A1

./...

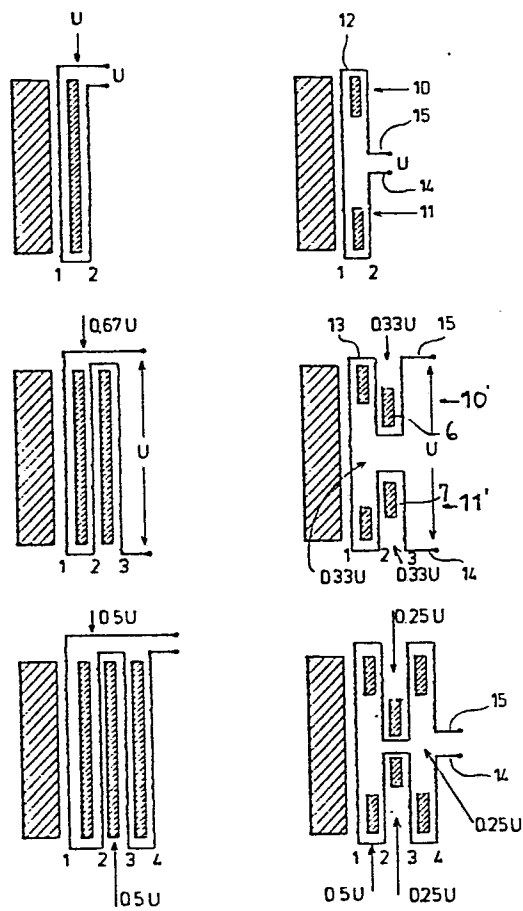


Fig 1

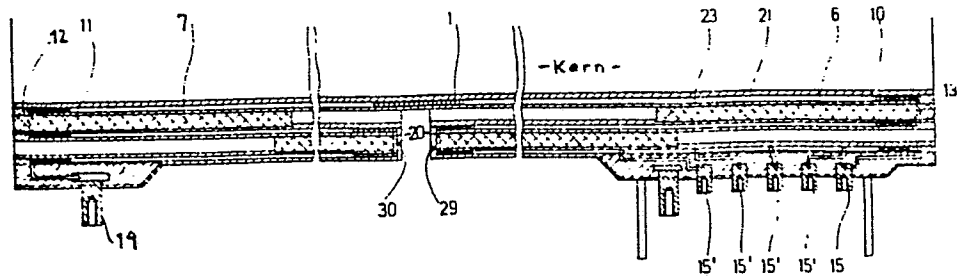


Fig 3

1

5

BEZEICHNUNG siehe Titelseite

10 Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen luftge-
kühlten Trockentransformator oder eine entsprechende
Drosselspule mit wenigstens zwei Wicklungslagen und
zwischen den Wicklungslagen liegenden Kühlkanälen so-
wie in den Kühlkanälen in Achsenrichtung liegenden Ab-
standselementen.

15

Es ist bekannt, bei sogenannten Trockentransformatoren
oder ähnlich aufgebauten Drosselspulen mit Luftkühlungs-
kanälen den Aufbau der Windungen zu einer Wicklung so
vorzunehmen, daß zunächst eine innerste Wicklungslage
20 aufgelegt wird, die auf der gesamten Wicklungsachsen-
länge durchgehend ist. Am Achsenende der Spule angekom-
men, wird nach Auflegen der Abstandselemente für die
Kühlkanäle die nächste Lage in entgegengesetzter Rich-
tung auf der gesamten Achsenlänge aufgelegt. Dieser
25 Vorgang bei abwechselnder Richtungsänderung wiederholt
sich über die Anzahl der bei der Wicklung vorhandenen
Lagen. Dieses bekannte Verfahren ist auf der linken
Seite der Figur 1 schematisch dargestellt. Die mit den
Zahlen 1, 2, 3, 4 bezeichneten Wicklungslagen sind da-
30 bei jeweils wechselseitig verbunden und durch Kühlkanäle
bzw. Abstandselemente getrennt. Aus der Figur geht fer-
ner hervor, daß der Spannungsunterschied zwischen den
Wicklungslagen auf der der elektrischen Verbindung ab-
gewandten Seite beträchtliche Werte annehmen kann. Dem
35 Transformatorenbauer ist bekannt, daß aufgrund der me-
chanischen und elektrischen Beanspruchung ein ausrei-
chender Sicherheitsabstand zwischen den voneinander zu

1 isolierenden Windungen in benachbarten Windungslagen ein-
gehalten werden muß. Weiterhin ist zu beobachten, daß mit
fortschreitendem Alter des Transformators die ursprüng-
lich hohen Isolationswerte abfallen, was teilweise durch
5 Verschmutzung, Materialermüdung oder -veränderung oder
Rißbildung verursacht werden kann. Insbesondere ist die
Entstehung von Kriechstromwegen zu beobachten.

Bei der konstruktiven Gestaltung wird der Transformatoren-
10 konstrukteur im Auge behalten, daß sehr hochwertiges,
hochreines Isoliermaterial, das für die Abstandselemente
verwendet wird, im allgemeinen sehr alterungsbeständig ist.
Dieses Material ist jedoch oft sehr kostspielig und wird
durch minderes Material ersetzt, das jedoch weniger hohe
15 Durchschlagfestigkeit und Alterungsbeständigkeit besitzt.
Auf der anderen Seite ist auch die Luft als Isoliermate-
rial zu berücksichtigen, die in den Kühlkanälen vorhanden
ist.

20 Aus dieser Problematik folgt, daß bei dem Stand der Tech-
nik gemäß linker Seite der Figur 1 aufgrund der relativ
hohen Spannungsunterschiede zwischen übereinanderliegenden
Windungslagen die Isolierung eine erhebliche Rolle spielt
und die Kosten dafür den Transformator erheblich ver-
25 teuern können.

Es stellt sich demnach die Aufgabe, eine Wicklung für
einen luftgekühlten Transformator zu schaffen, bei dem
die Spannungsunterschiede zwischen übereinanderliegenden
30 Wicklungslagen in ihren Höchstwerten im allgemeinen ge-
ringer sind, so daß die Aufwendungen für Isolationsmaß-
nahmen geringer sind als bei Wicklungen gemäß Stand der
Technik. Dabei soll es trotzdem möglich sein, die lichte
Weite der Kühlkanäle zu erhalten, den Aufbau der Spulen
35 nicht zu erschweren.

Diese Aufgaben werden gelöst bei einer Wicklung für einen

- 1 luftgekühlten Trockentransformator, die folgende Merkmale aufweist:
- a) Die innerste Wicklungslage liegt auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend;
 - 5 b) die nach außen folgenden Wicklungslagen bestehen aus zwei im wesentlichen gleich langen, auf halber Achsenlänge geteilten Abschnitten, die abwechselnd in Achsenend- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und darunterliegenden Wicklungslagen elektrisch verbunden
 - 10 sind.

Dabei wird also je eine obere und untere, im wesentlichen spiegelsymmetrische Teilwicklung gebildet, die je über einen Außenanschluß verfügt; beide Teilwicklungen sind

15 innerhalb der Wicklung nur über die innerste Wicklungslage elektrisch miteinander verbunden.

Dabei sei angemerkt, daß die einzelnen Stromleiter vorzugsweise aus einem monofilen Draht bestehen; es ist jedoch auch möglich, mehrere Drähte gemeinsam gleichzeitig

20 zu wickeln, wenn höhere Leistungen angestrebt werden.

Wie eine Betrachtung der rechten Seite der Figur 1 zeigt, ergeben sich vorteilhafterweise bei Verwendung der neuen

25 Wicklung an den meistbelasteten Stellen kleinere Spannungsunterschiede, insbesondere wenn übereinanderliegende Lagen betrachtet werden. Diese Spannungsunterschiede können durch Luftisolation ausreichend getrennt werden. Für die Festlegung der Lagen sind dann zwar noch Abstandselemente erforderlich, um die mechanische Festigkeit zu erhöhen; diese Abstandselemente brauchen jedoch nicht auf der gesamten Länge der Teilwicklung angeordnet zu sein, da diese aufgrund der üblichen Verfestigung der Wicklungslagen z. B. mit Gießharz eine höhere Steifigkeit

30

35 aufweisen.

Zwar ist aus der DE-AS 1 270 167 eine in Gießharz

1 eingegossene Wicklung für Transformatoren bekannt, bei
der jedes Wicklungselement aus drei konzentrischen
Wicklungslagen besteht, bei denen die Verbindungen zu
und von den Wicklungselementen sich an den äußeren En-
5 den der Mantelfläche des Elementes befinden, wobei die
Wicklung im äußeren und mittleren Lagenkörper aus je
zwei konzentrischen Halblagen, die zusammen mit der
durchgehenden Lage im inneren Lagenkörper mäanderartig
in Reihe geschaltet sind, besteht. Der Gegenstand der
10 genannten DE-AS löst jedoch nicht die Aufgabe, bei
luftgekühlten Transformatoren systematisch Zonen größe-
rer Spannung dorthin zu verlegen, wo ein Luftspalt oder
-kanal Kriechstromstrecken verhindert, da schon von der
Gattung der Entgegenhaltung her eine solche Lösung
15 nicht in einem voll vergossenen Transformator eine
Rolle spielen kann.

Zur Erläuterung der Erfindung werden Ausführungsbei-
spiele anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben.

20 Die Figuren zeigen:

Figur 1 in schematischer Gegenüberstellung Wicklungen
gemäß Stand der Technik und gemäß vorliegender
Erfindung mit jeweils gleicher Anzahl von
Lagern;

25 Figur 2 eine Spule mit erfindungsgemäßer Wicklung im
Querschnitt;

Figur 3 den oberen Teil einer derartigen Spule im Längs-
schnitt.

30 In der Beschreibungseinleitung war bereits auf den
Stand der Technik, wie er aus der linken Spalte der
Figur 1 hervorgeht, eingegangen. Bei den Spulenanord-
nungen gemäß Erfindung, wie sie in der rechten Spalte
der Figur 1 gezeichnet sind, liegt jeweils der Kern in
35 der Mitte. Die Figuren sind als Schemata zu betrachten.
Es ist möglich, daß zwischen der beschriebenen Wicklung
und dem Kern eine weitere Wicklung angeordnet ist, z.B.

1 wie es bei einer Anordnung Kern - Unterspannungswicklung
- Oberspannungswicklung üblich ist.

Die innerste, in der Figur kernnächste Wicklungslage 1
5 liegt dabei auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durch-
gehend. Dieser Gestaltung ist bei allen Beispielen die
gleiche. Die nach außen folgenden Wicklungslagen 2, 3,
... zeichnen sich dadurch aus, daß sie aus zwei im
wesentlichen gleich langen, auf halber Achsenlänge ge-
10 teilten Abschnitten 10, 11 bestehen, die abwechselnd
im Achsenend- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und
darunterliegenden Wicklungslage über Verbindungsdrähte
12, 13 elektrisch verbunden sind. Dabei ergeben sich je
eine obere und eine untere, im wesentlichen spiegel-
15 symmetrische Teilwicklung (vgl. Bezugswahlen 10', 11').
Jede der Teilwicklungen verfügt über einen Außenanschluß
14 bzw. 15. Innerhalb der Wicklung sind die beiden Teil-
wicklungen 10', 11' elektrisch nur über die innerste
Windungslage miteinander verbunden.

20 Zwischen den einzelnen Windungslagen liegen Abstands-
elemente 6, 7, die die Kühlkanäle mechanisch aufspannen
und auch die dielektrische Belastung aushalten müssen.

25 Geht man von der schematischen Betrachtungsweise ab und
betrachtet die konkrete Ausgestaltung, wie sie aus den
Figuren 2 und 3 erkennbar ist, so läßt sich der Aufbau
der Wicklung deutlicher in den Einzelheiten erkennen.
Die Wicklungsanordnung besteht aus einem innenliegenden
30 Mantel 21 mit der darauf liegenden ersten Wicklungslage
1, die aus nebeneinanderliegenden Drähten, vorzugsweise
aus isoliertem Kupfer- oder Aluminiumdraht besteht. Auf
die erste Wicklungslage wird ein Glasfasermantel 23 im
Naßwickelverfahren aufgebracht. Es handelt sich hier-
35 bei um mit Epoxidharz getränkte Glasfasern, die nach
Aushärten einen mechanisch sehr festen Zylinder ergeben.
Nachdem die erste Schicht ausgehärtet ist, werden Ab-

- 1 standselemente 6 über den Umfang verteilt und eine weitere Mantelschicht 25 aus getränkten, nicht leitenden Glasfasern aufgebracht. Die Abstandselemente werden dabei festgelegt. Anschließend wird die nächste Wicklungslage 27 aufgewickelt. Hierauf folgt eine weitere Zwischenlage aus nichtleitendem, erhärtendem Material. Die weitere Schichtung folgt dann diesem Schema. Den Abschluß bildet ein Mantel 32 aus glasfaserverstärktem Kunststoff.
- 10 Die Besonderheit bei der Wicklung ist aus der Figur 3 erkennbar. Die innere Lage 1 besteht aus dicht nebeneinanderliegend gewickeltem Draht, wobei sich die Lage durchgehend über die gesamte Achsenlänge erstreckt.
- 15 Nach Einbringen des ersten Glasfasermantels 23 werden Abstandselemente 6 eingebracht, deren Länge vorzugsweise etwas mehr als ein Viertel der Achsenlänge der Wicklungsanordnung beträgt. Die eingelegten, übereinanderliegenden Abstandselemente überlappen sich etwas.
- 20 Es können auch kürzere Abstandselemente verwendet werden. Die darauf folgende Wicklungslage 2 besteht aus zwei im wesentlichen gleich langen, auf halber Achsenlänge geteilten Abschnitten 10, 11, die im Achsenendbereich mit der darunterliegenden Wicklungslage 1 über die Verbindung 12, 13 miteinander elektrisch verbunden sind. Die Abschnitte 10 bzw. 11 werden dann bis etwa zur Mitte gewickelt, wobei sie sich spiegelsymmetrisch annähern, aber einen Luftspalt 20 etwa im Mittelbereich der Wicklungslagenanordnung freilassen. Sie sind dort mit der darüberliegenden Wicklungslage über die Drähte 29, 30 elektrisch verbunden. Anschließend erfolgt das Wickeln der beiden zur dritten Wicklungslage gehörenden Abschnitte. Diese enden im unteren Abschnitt der Wicklung in einem Anschluß 14. Im oberen Abschnitt sind
- 30 mehrere Anzapfungen vorgesehen, so daß neben dem äußersten Anschluß 15 weitere Anzapfstellen 15' gegeben sind, die, wie an sich aus der Transformatorentchnik bekannt,
- 35

- 1 ein Anzapfen zum Spannungsausgleich ermöglichen. Wie er-
sichtlich, ist bei der gezeichneten Wicklungsanordnung
der Luftspalt 20 nach außen geführt; der äußere Mantel
ist demnach nicht geschlossen. Diese Anordnung führt zu
5 einer weiteren Verbesserung der Isolation und der Küh-
lung und verhindert Kriechstromstrecken.

Aus der Beschreibung geht demnach hervor, daß die Ab-
standselemente 6 bzw. 7 nicht die gesamte Achsenlänge,
10 sondern auf jeder Seite nur etwa ein Viertel der Achsen-
länge einnehmen. Die Länge der Abstandselemente be-
stimmt sich nach der mechanischen Lagenspannung; sie
liegt im Bereich $1/5 \dots 3/5$ der halben Abschnittslänge.

- 15 An den Orten größerer Spannungsunterschiede sorgt der
Luftspalt dafür, daß die übereinanderliegenden Wicklungs-
lagen sauber elektrisch voneinander getrennt sind, also
keine Kriechstromstrecken aufweisen. Weiterhin ermöglicht
der in der Mitte liegende Luftspalt 20 die galvanische
20 Trennung zwischen den beiden Wicklungsabschnitten 10',
11'. Durch die vorliegende Anordnung ist möglich, mit
weniger und qualitätsmäßig geringwertigerem Isolations-
material auszukommen, wobei die lichte Weite der Kühl-
kanäle sich optimal gestalten läßt und sich dadurch die
25 Kühlleistung verbessert, ohne daß wesentliche Nachteile
in Kauf genommen zu werden brauchen.

- - -

30

35

1 P a t e n t a n s p r ü c h e :

1. Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator
oder eine Drosselspule mit wenigstens zwei Wicklungs-
5 lagen und zwischen den Wicklungslagen liegenden Kühl-
kanälen sowie in den Kühlkanälen in Achsenrichtung
liegenden Abstandselementen,
gekennzeichnet durch folgende Merkmale:
a) Die innerste Wicklungslage (1) liegt auf der ge-
10 samten Wicklungsachsenlänge durchgehend;
b) die nach außen folgenden Wicklungslagen (2, 3,...)
bestehen aus zwei im wesentlichen gleich langen,
auf etwa halber Achsenlänge geteilten Abschnit-
ten (10, 11), die abwechselnd im Achsenend- bzw.
15 Mittelbereich mit der darüber- und darunterlie-
genden Wicklungslage elektrisch verbunden sind.
2. Wicklung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch zw-
ischen den Wicklungslagen (1, 2, 3, ...) liegende
20 Abstandselemente (6, 7), welche nur einen Teil der
Höhe der Wicklungslage einnehmen.
3. Wicklung nach Anspruch 2, gekennzeichnet durch An-
ordnung der Abstandselemente (5, 6) im Bereich der
25 elektrischen Verbindungen zwischen den Wicklungs-
lagen der Teilwicklungen (10', 11').
4. Wicklung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch einen
kreisförmigen, sich etwa auf halber Achsenlänge be-
30 findenden peripheren Luftkanal (20) zwischen den
Wicklungsabschnitten (10, 11).

- - -

1/3

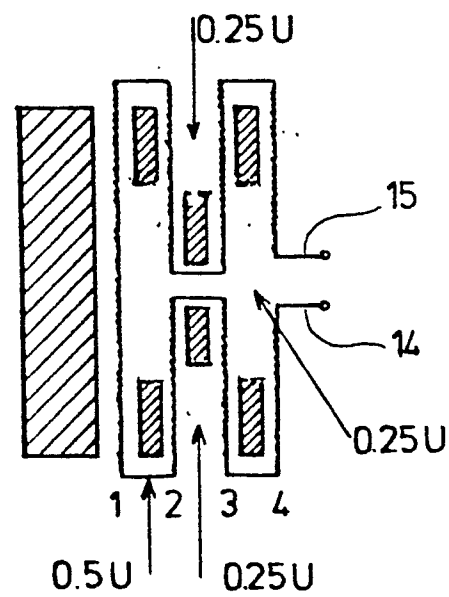
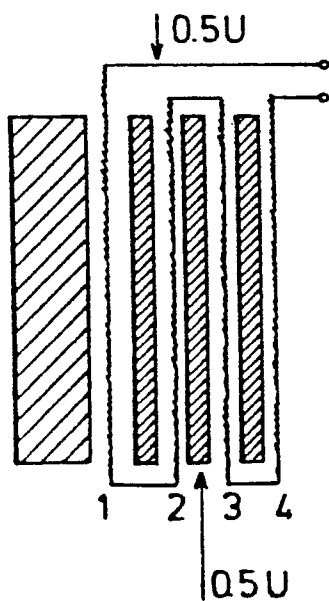
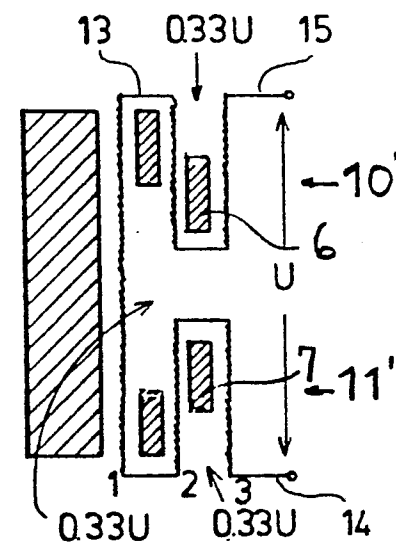
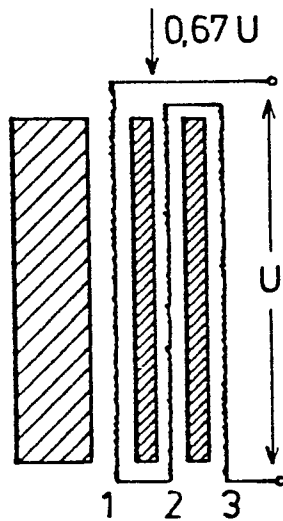
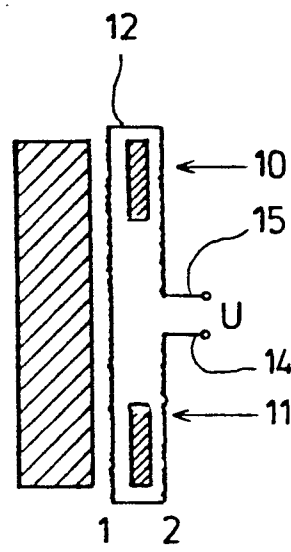
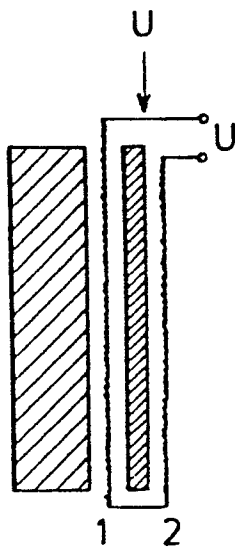


Fig. 1

2/3

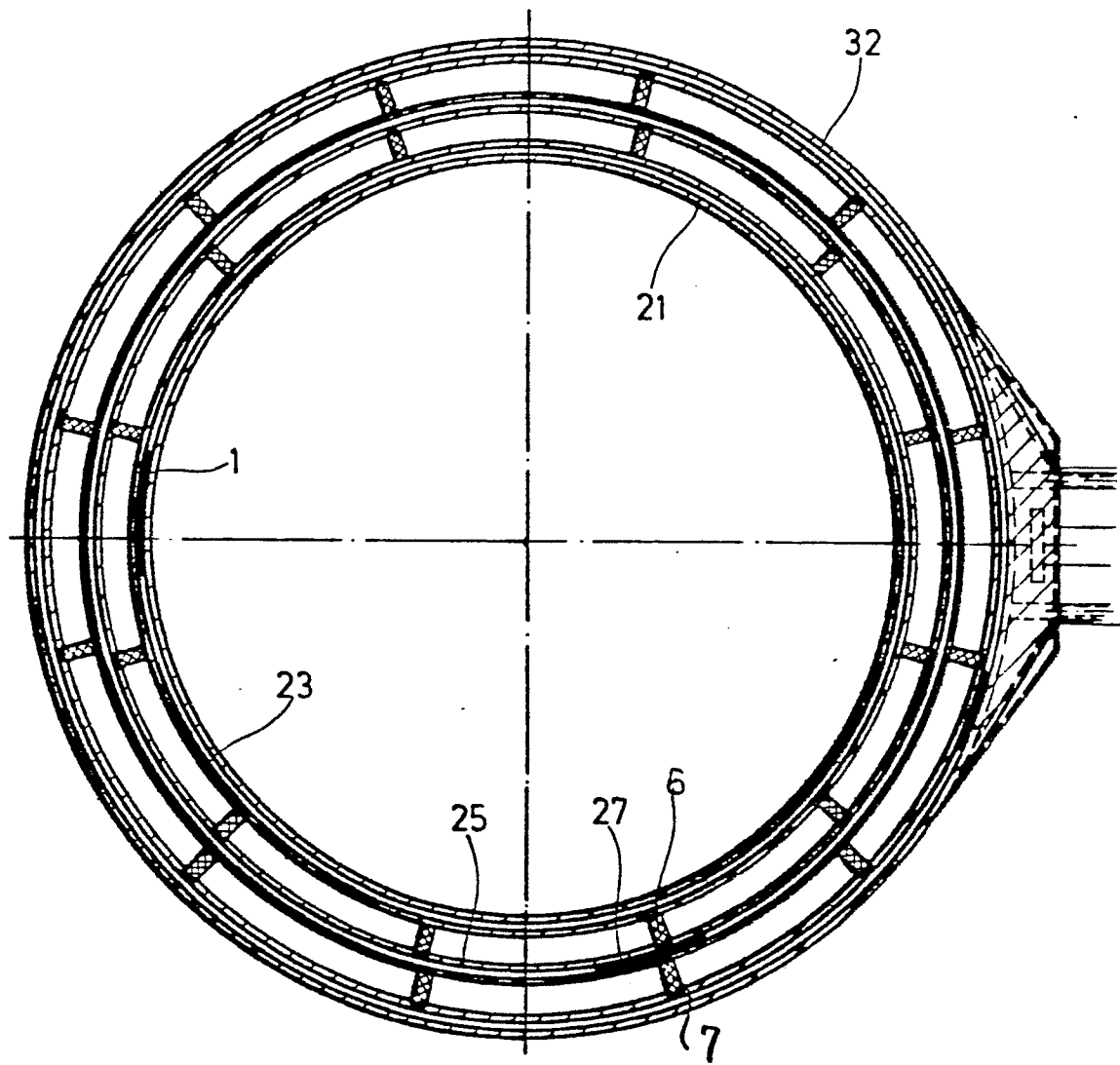


Fig. 2

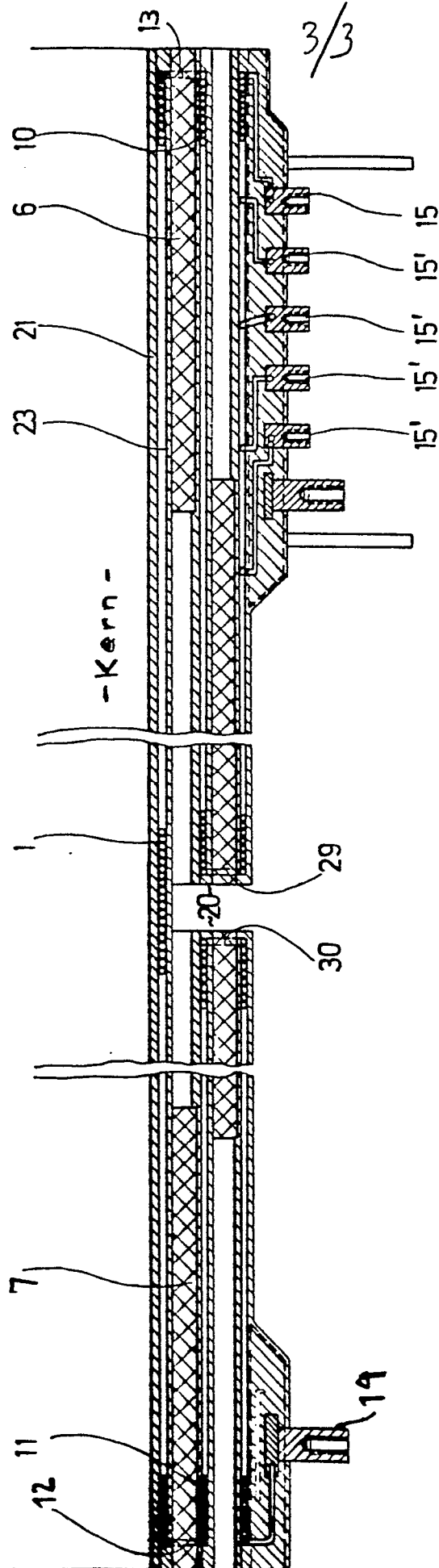


Fig. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

Nummer der Anmeldung

EP 80 10 0436

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl.)
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	betrifft Anspruch	
	<u>US - A - 2 987 684</u> (GENERAL ELECTRIC) * Spalte 2, Zeilen 38-71 *	1	H 01 F 27/28 27/32
	--		
	<u>DE - A - 2 207 205</u> (TRANSFORMATOR-REN UNION) * Seite 4, letzter Absatz, Zeilen 1-7 *	1,4	
	--		
	<u>DE - B - 1 039 637</u> (B.B.C.) * Spalte 2, Zeilen 26-51 *	2	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl.) H 01 F 27/28 27/32 27/08
	--		
A	<u>US - A - 3 083 331</u> (FERRANTI)		
A	<u>GB - A - 641 056</u> (THE ENGLISH ELECTRIC COMP.)		
A	<u>DE - A - 1 513 916</u> (LICENTIA)		
A	<u>DE - B - 1 242 748</u> (LICENTIA)		
D	<u>DE - B - 1 270 167</u> (LICENTIA)		
			KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTE
			X von besonderer Bedeutung
			A technologischer Hintergrund
			O nichtschriftliche Offenbarung
			P Zwischenliteratur
			T der Erfindung zugrunde liegende Theorie oder Grundsatz
			L komplementäre Anmeldung
			D in der Anmeldung angeführtes Dokument
			L aus anderen Gründen angeführtes Dokument
			& Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort	Abschlußdatum der Recherche	Prüfer	
Den Haag	09-05-1980	VANHULLE	