



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) Veröffentlichungsnummer :

**0 014 418
B2**

(12)

NEUE EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

(45) Veröffentlichungstag der neuen Patentschrift :
21.11.85

(51) Int. Cl.⁴ : **H 01 F 27/28, H 01 F 27/32**

(21) Anmeldenummer : 80100436.7

(22) Anmeldetag : 29.01.80

(54) **Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator.**

(30) Priorität : 08.02.79 DE 2904746

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung :
20.08.80 Patentblatt 80/17

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenter-
teilung : 25.11.81 Patentblatt 81/47

(45) Bekanntmachung des Hinweises auf die Entscheidung
über den Einspruch : 21.11.85 Patentblatt 85/47

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

(56) Entgegenhaltungen :
DE-A- 1 513 916
DE-A- 2 207 205
DE-A- 2 246 235
DE-B- 1 039 637
DE-B- 1 242 748
DE-B- 1 270 167
GB-A- 641 056
US-A- 2 987 684
US-A- 3 083 331

(73) Patentinhaber : 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, Dipl.-Ing. et al
Patentanwälte Dipl.-Ing. S. Schulze Horn M.Sc. Dr. H.
Hoffmeister Goldstrasse 36
D-4400 Münster (DE)

EP 0 014 418 B2

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator oder eine Drosselspule mit wenigstens zwei Wicklungslagen und folgendem Aufbau :

Die innerste Wicklungslage liegt auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend,

die nach außen folgenden Wicklungslagen bestehen aus zwei im wesentlichen gleich langen, auf etwa halber Achsenlänge geteilten Abschnitten, die abwechselnd im Achsenend- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und darunterliegenden Wicklungslage bzw. Wicklungsabschnitten elektrisch verbunden sind,

die Wicklungslage(n) sind von den oder der anderen konzentrisch liegenden Wicklungslage(n) durch Hohlräume, die Kühlkanäle bilden, getrennt,

in den Hohlräumen liegen in Achsenrichtung stabförmige Abstandselemente.

Es ist bekannt, bei sog. Trockentransformatoren oder ähnlich aufgebauten Drosselspulen mit Luftkühlungskanälen den Aufbau der Windungen zu einer Wicklung so vorzunehmen, daß zunächst eine innerste Wicklungslage aufgelegt wird, die auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend ist. Am Achsenende der Spule angekommen, wird nach Auflegen der Abstandselemente für die Kühlkanäle die nächste Lage in entgegengesetzter Richtung auf der gesamten Achsenlänge aufgelegt. Dieser Vorgang bei abwechselnder Richtungsänderung wiederholt sich über die Anzahl der bei der Wicklung vorhandenen Lagen. Dieses bekannte Verfahren ist auf der linken Seite der Fig. 1 schematisch dargestellt. Die mit den Zahlen 1, 2, 3, 4 bezeichneten Wicklungslagen sind dabei jeweils wechselseitig verbunden und durch Kühlkanäle bzw. Abstandselemente getrennt. Aus der Figur geht ferner hervor, daß der Spannungsunterschied zwischen den Wicklungslagen auf der der elektrischen Verbindung abgewandten Seite beträchtliche Werte annehmen kann. Dem Transformatorenbauer ist bekannt, daß aufgrund der elektrischen Beanspruchung ein ausreichender Sicherheitsabstand zwischen den voneinander zu isolierenden Windungen in benachbarten Wicklungslagen eingehalten werden muß. Weiterhin ist zu beobachten, daß mit fortschreitendem Alter des Transformators die ursprünglich hohen Isolationswerte abfallen, was teilweise durch Verschmutzung, Materialermüdung oder -veränderung oder Rißbildung verursacht werden kann. Insbesondere ist die Entstehung von Kriechstromwegen zu beobachten.

Bei der konstruktiven Gestaltung wird der Transformatorenkonstrukteur 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 vorzugsweise durch minderes Material ersetzt, das jedoch weniger hohe Durchschlags-

festigkeit und Alterungsbeständigkeit besitzt. Auf der anderen Seite ist auch die Luft als Isoliermaterial zu berücksichtigen, die in den Kühlkanälen vorhanden ist.

5 Es ist bei der eingangs genannten Wicklungsart bekannt (US-PS 2 987 684), bei den Wicklungslagen die innerste auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend und die nach außen
10 folgenden in zwei im wesentlichen gleich langen, auf etwa halber Achsenlänge geteilten Abschnitten zu legen, die abwechselnd in Achsenend- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und darunterliegenden Wicklungslage bzw. Wicklungsabschnitten elektrisch verbunden sind (vgl. Fig. 3
15 der genannten US-PS). Da gemäß Aufgabenstellung der US-PS 2 987 684 lediglich der Abstand zwischen Hoch- und Niederspannungswicklung so weit wie möglich zu reduzieren ist, wird an den Abstandselementen innerhalb der Hochspannungswicklung im wesentlichen nichts
20 geändert; diese werden vielmehr über die gesamte Wicklungslagenlänge stabförmig angeordnet.

Für die vorliegende Anmeldung stellt sich
25 demgegenüber die Aufgabe, gerade im Bereiche hoher Spannungsunterschiede, vorzugsweise innerhalb von Hochspannungswicklungen, eine alterungsbeständige Isolierung zu erhalten. Im Bereiche der Kanten der Abstandselemente bilden sich durch Staubablagerung und ähnliche
30 Verschmutzungsquellen unter Einfluß der Feuchtigkeit Kriechstromwege. Daneben soll die Materialmenge für die Abstandshalter möglichst gering gehalten werden. Dabei soll es trotzdem
35 möglich sein, die lichte Weite der Kühlkanäle innerhalb der Wicklung zu erhalten und den Aufbau der Spulen nicht zu erschweren.

Diese Aufgabe wird bei einer Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator oder
40 eine Drosselspule der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß verteilt über den Umfang in den Kühlkanälen in Achsenrichtung jeweils zwei axial hintereinanderliegende Abstandselemente im Bereich der elektrischen Verbindungen zwischen den Wicklungslagen der Wicklungsabschnitte angeordnet sind, wobei die Länge der
45 Abstandselemente etwa 0,1 bis 0,3, vorzugsweise etwas länger als 0,25, der Achsenlänge beträgt, und daß auf halber Achsenlänge zwischen den Wicklungsabschnitten ein peripherer, nach außen hin offener Luftkanal eingelassen ist.

Die einzelnen Stromleiter bestehen vorzugsweise aus einem monofilen Draht; es ist jedoch
55 auch möglich, mehrere Drähte gemeinsam gleichzeitig zu wickeln, wenn höhere Leistungen angestrebt werden.

Wie eine Betrachtung der rechten Seite der Fig. 1 zeigt, ergeben sich an den elektrisch 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 aufweisen. Daneben ergibt sich vorteilhaft ein peripherer Luftkanal, der für eine zuverlässige galvanische Trennung der nebeneinanderliegenden Wicklungslagen sorgt und gleichzeitig die Kühlleistung erhöht.

Zwar ist aus der DE-AS 1 242 748 eine Lagenwicklung bekannt, bei der Abstützleisten verwendet werden, die gegenüber der Lagenlänge gekürzt sind. Allerdings sind diese Abstützleisten in Zusammenhang mit Wicklungen verwendet, die Kanäle für eine Zwangsströmung ergeben, bei denen die Wicklungslagen nicht denjenigen der Konfiguration der Anmeldung entsprechen.

Schließlich ist aus der DE-AS 1 039 637 bekannt, eine gegenüber der Lagenlänge gekürzte Festisolation zu verwenden. Bei der letztgenannten, bekannten Lagenwicklung werden die Lagen von einem Kühlmittel umspült. Zwischen den einzelnen Lagen ist eine feste Isolation nur auf der Seite nicht elektrisch miteinander verbundener benachbarter Lagenenden angebracht, während auf der Seite miteinander verbundener benachbarter Lagenenden zwischen den Lagen Zwischenräume vorgesehen sind, durch die das zugleich als Isolation dienende Kühlmittel strömen kann. Diese Anordnung dient also dazu, Strömungskanäle zu schaffen. Es sind daher auch keine stabförmigen Abstandselemente vorgesehen. Die Wicklungsanordnung liegt ebenfalls anders als bei dem Anmeldungsgegenstand, auf die sie daher nicht übertragen werden kann.

Zur Erläuterung der Erfindung werden Ausführungsbeispiele anhand der Zeichnung im einzelnen beschrieben. Die Figuren zeigen

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

Figur 2 eine Spule mit erfindungsgemäßer Wicklung im Querschnitt,

Figur 3 den oberen Teil einer derartigen Spule im Längsschnitt.

In der Beschreibungseinleitung war bereits auf den Stand der Technik, wie er aus der linken Spalte der Fig. 1 hervorgeht, eingegangen. Bei den Spulenanordnungen gemäß Erfindung, wie sie in der rechten Spalte der Fig. 1 gezeichnet sind, liegt jeweils der Kern in 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. wie es bei einer Anordnung Kern — Unterspannungswicklung — Oberspannungswicklung üblich ist.

Die innerste, in der Figur kernnächste Wicklungslage 1 liegt dabei auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend. Diese

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 geteilten 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 spiegelsymmetrische Teilwicklung (vgl. Bezugsszahlen 10', 11'). Jeder der Teilwicklungen verfügt über einen Außenanschluß 14 bzw. 15. Innerhalb der Wicklung sind die beiden Teilwicklungen 10', 11' elektrisch nur über die innerste Windungslage miteinander verbunden.

Zwischen den einzelnen Wicklungslagen 1, 2, 3... liegen Abstandselemente 6, 7, die damit zwischen den Wicklungslagen Kühlkanäle 18 mechanisch aufspannen und auch die dielektrische Belastung aushalten müssen.

Geht man von der schematischen Betrachtungsweise ab und betrachtet die konkrete Ausgestaltung, wie sie aus den Fig. 2 und 3 erkennbar ist, so läßt sich der Aufbau der Wicklung deutlicher in den Einzelheiten erkennen. Die Wicklungsanordnung besteht aus einem innenliegenden Mantel 21 mit der daraufliegenden 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 hierbei um mit Epoxidharz getränkte Glasfasern, die nach Aushärten einen mechanisch sehr festen Zylinder ergeben. Nachdem die erste Schicht ausgehärtet ist, werden Abstandselemente 6 über den Umfang verteilt und eine weitere Mantelschicht 25 aus getränkten, nicht leitenden Glasfasern aufgebracht. Die Abstandselemente 6 werden dabei festgelegt. Ein Kühlkanal 18 zwischen den Wicklungslagen ist dabei ebenfalls geschaffen. Anschließend wird die nächste Wicklungslage 27 aufgewickelt. Hierauf folgt eine weitere Zwischenlage aus nicht leitendem, erhärtendem Material. Die weitere Schichtung folgt dann diesem Schema. Den Abschluß bildet ein Mantel 32 aus glasfaserverstärktem Kunststoff.

Die Besonderheit bei der Wicklung ist aus der Fig. 3 erkennbar. Die innere Lage 1 besteht aus dicht nebeneinanderliegend gewickeltem Draht, wobei sich die Lage durchgehend über die gesamte Achsenlänge erstreckt. 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. 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 darunterlie-

genden Wicklungslage 1 über die Verbindungsdrähte 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 elektrisch verbunden über die Drähte 29, 30. Anschließend erfolgt das Wickeln der beiden zur dritten Wicklungslage gehörenden Abschnitte. Diese enden im unteren Abschnitt der Wicklung in einem Außenanschluß 14. Im oberen Abschnitt sind mehrere Anzapfungen vorgesehen, so daß neben dem äußersten Anschluß 15 weitere Anzapfstellen 15' gegeben sind, die, wie an sich aus der Transformatorentechnik bekannt, ein Anzapfen zum Spannungsausgleich ermöglichen. Wie ersichtlich, ist bei der gezeichneten Wicklungsanordnung der Luftspalt 20 nach außen geführt; der äußere Mantel ist demnach nicht geschlossen. Diese Anordnung führt zu einer weiteren Verbesserung der Isolation und der Kühlung und verhindert Kriechstromstrecken.

Aus der Beschreibung geht demnach hervor, daß die Abstandselemente 6 bzw. 7 nicht die gesamte Achsenlänge, sondern auf jeder Seite nur etwa ein Viertel der Achsenlänge einnehmen. Die Länge der Abstandselemente bestimmt sich nach den mechanischen Kräften an den Wicklungslagen; sie liegt im Bereich $1/5 \dots 3/5$ der halben Abschnittslänge.

An den Orten größerer Spannungsunterschiede sorgt der Luftspalt dafür, daß die übereinanderliegenden Wicklungslagen sauber elektrisch voneinander getrennt sind, also keine Kriechstromstrecken aufweisen. Weiterhin ermöglicht der in der Mitte liegende Luftspalt 20 die galvanische Trennung zwischen den beiden Wicklungsabschnitten 10', 11'.

Durch die vorliegende Anordnung ist es möglich, mit weniger und qualitätsmäßig geringwertigerem Isolationsmaterial auszukommen, wobei die lichte Weite der Kühlkanäle sich optimal gestalten läßt und sich dadurch die Kühlleistung verbessert, ohne daß wesentliche Nachteile in Kauf genommen zu werden brauchen.

Patentanspruch

Wicklung für einen luftgekühlten Trockentransformator oder eine Drosselspule mit wenigstens zwei Wicklungslagen und folgendem Aufbau:

die innerste Wicklungslage (1) liegt auf der gesamten Wicklungsachsenlänge durchgehend, 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 Achsen- bzw. Mittelbereich mit der darüber- und darunterliegenden Wicklungslage bzw. Wicklungsabschnitten elektrisch verbunden sind,

die Wicklungslage(n) sind von den oder der anderen konzentrisch liegenden Wicklungsla-

ge(n) durch Hohlräume, die Kühlkanäle (18) bilden, getrennt,

in den Hohlräumen liegen in Achsenrichtung stabförmige Abstandselemente (6, 7).

dadurch gekennzeichnet, daß verteilt über den Umfang in den Kühlkanälen (18) in Achsenrichtung jeweils zwei axial hintereinanderliegende Abstandselemente (6, 7) im Bereich der elektrischen Verbindungen zwischen den Wicklungslagen der Wicklungsabschnitte (10, 11) angeordnet sind, wobei die Länge der Abstandselemente etwa 0,1-0,3, vorzugsweise etwas länger als 0,25, der Achsenlänge beträgt, und daß auf halber Achsenlänge zwischen den Wicklungsabschnitten ein peripherer, nach aussen hin offener Luftkanal (20) eingelassen ist.

Claim

A winding for an air-cooled transformer or reactor comprising at least two winding layers and having the following structure:

the innermost winding layer (1) extends continuously across the full axial length of the winding;

the winding layers (2, 3 ...) joining said innermost winding layer in radial outward direction are formed of a pair of essentially equally long sections (10, 11) which are divided in a position equal to about one-half of the axial length, said section being alternately electrically connected or coupled to the overlying and underlying winding layer or winding sections, respectively, in their axial end and central regions;

the winding layer (s) is (are) isolated from the other concentrically positioned winding layer (s) by hollow spaces forming cooling channels (18);

bar-shaped spacers (6, 7) are disposed in said hollow spaces so as to extend in axial direction, characterized in that distributed with a spacing around the circumference in said cooling channels (18) and extending in the axial direction, a pair of axially aligned spacer elements (6, 7) are each positioned in the region of the electrical connections between the winding layers of said winding sections (10, 11), with the length of each spacer element being about 0,1 to 0,3, preferably slightly more than 0,25, of the axial length; and that a peripheral outwardly open air channel (20) is interposed between said winding sections in a position corresponding to about one-half of the axial length.

Revendication

Enroulement pour transformateur à sec refroidi par air ou bien une bobine de self présentant au moins deux couches d'enroulement et présentant la structure suivante:

la couche d'enroulement (1) placée complètement à l'intérieur est continue sur toute la longueur axiale de l'enroulement,

les couches d'enroulement (2, 3 ...) se suivant

vers l'extérieur se composent de deux sections (10, 11) essentiellement de même longueur, divisées à peu près à la moitié de la longueur axiale et qui sont reliées électriquement, alternativement dans la zone de l'extrémité ou du milieu de l'axe, à la couche ou section d'enroulement située au-dessus et en dessous,

la ou les couches d'enroulement sont séparées de la ou des autres couches disposées concentriquement par des cavités qui forme des canaux de refroidissement (18).

les éléments d'espacement (6, 7) en forme de barreaux sont disposés axialement dans lesdites

cavités,

caractérisé en ce qu'il est prévu, dans la zone des connexions électriques entre les couches de sections d'enroulement, des paires d'éléments d'espacement placés axialement l'un derrière l'autre dans les canaux de refroidissement (18), ces éléments étant répartis sur la périphérie et la longueur des éléments d'espacement (6, 7) étant supérieure d'environ 0,1 à 0,3 fois, de préférence 0,25 fois à la longueur axiale, et en ce qu'un canal d'air périphérique ouvert vers l'extérieur (20) est ménagé entre les secteurs d'enroulement au milieu de la longueur axiale (10, 11).

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

5

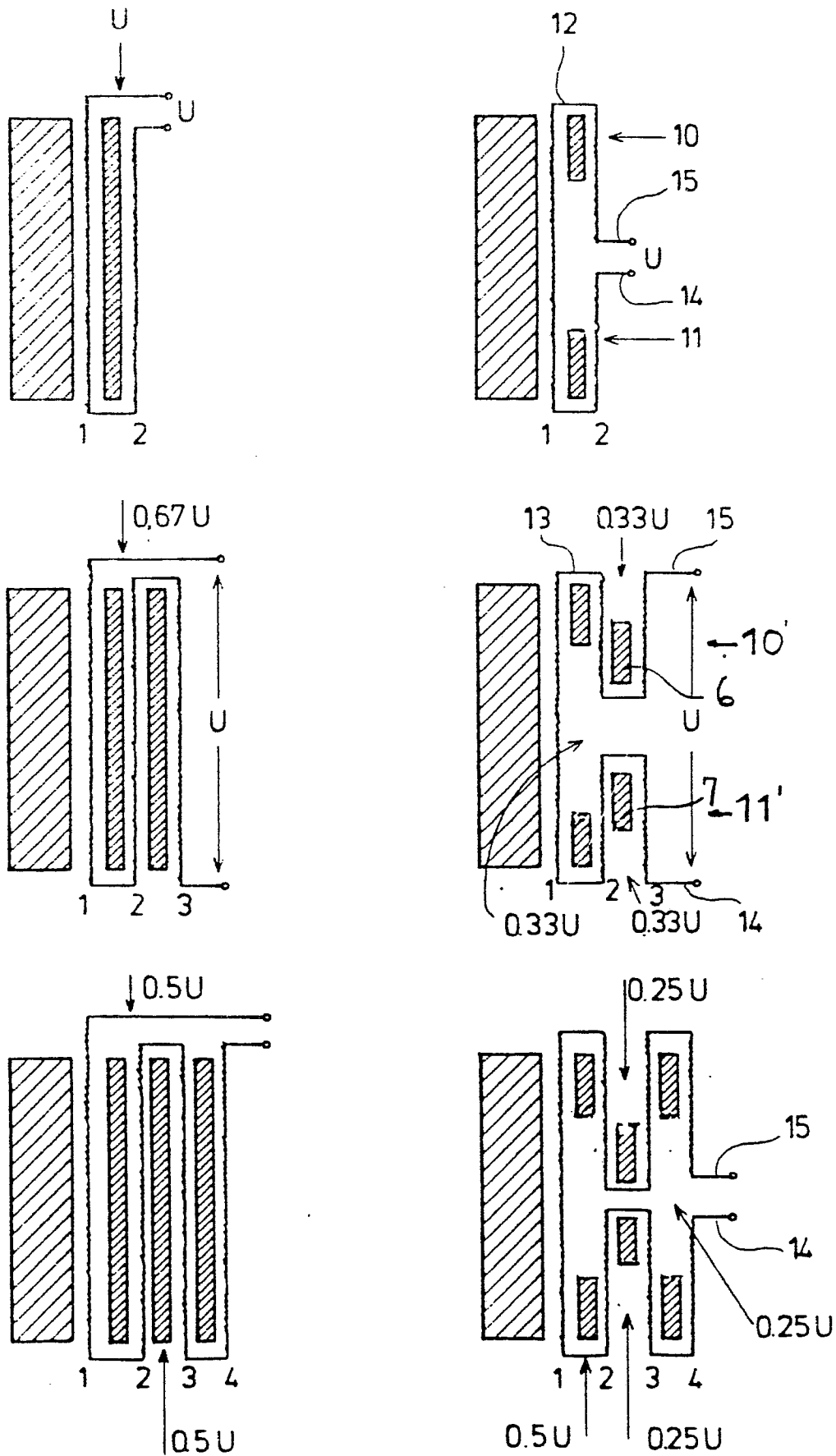


Fig. 1

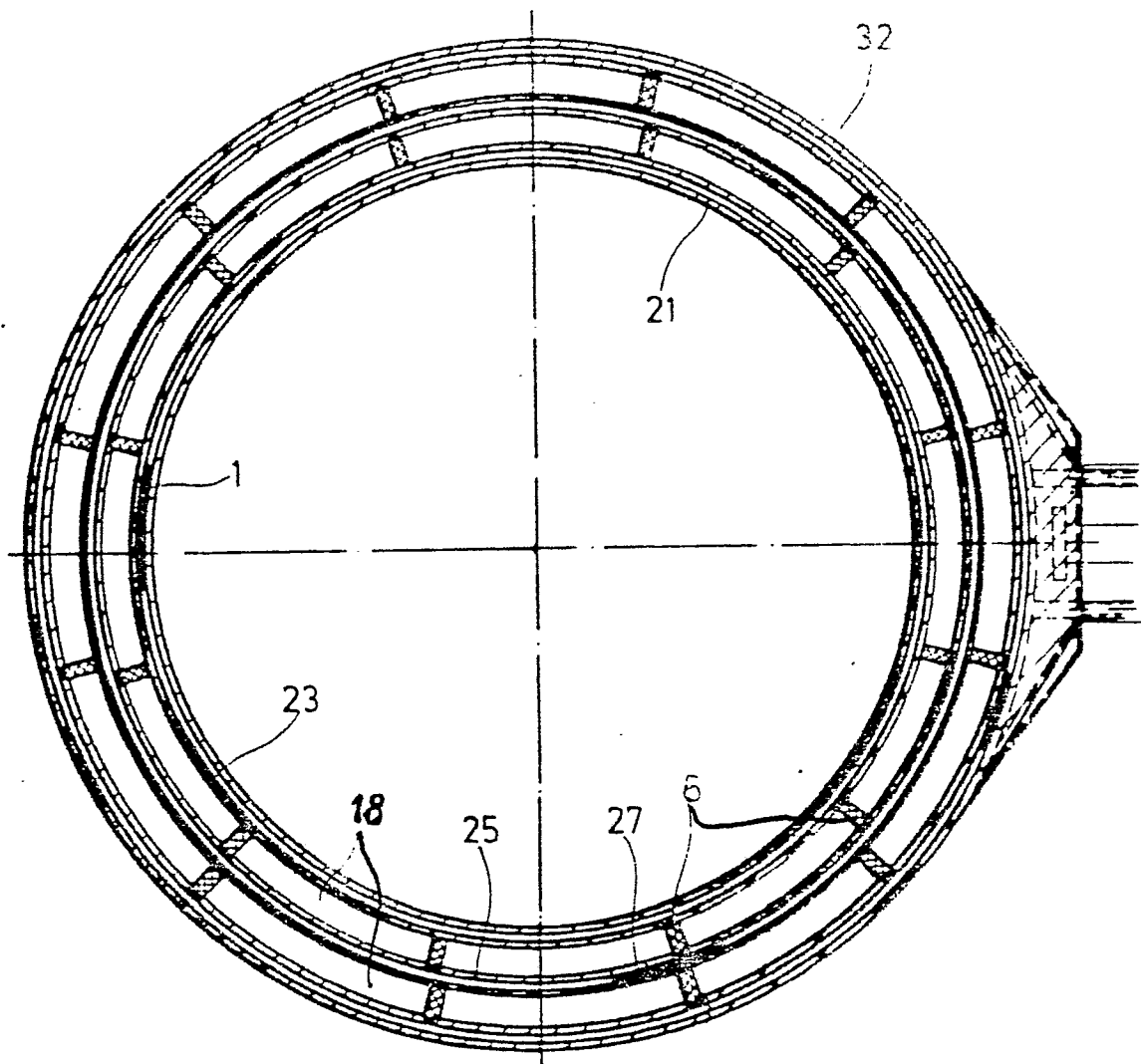


Fig. 2

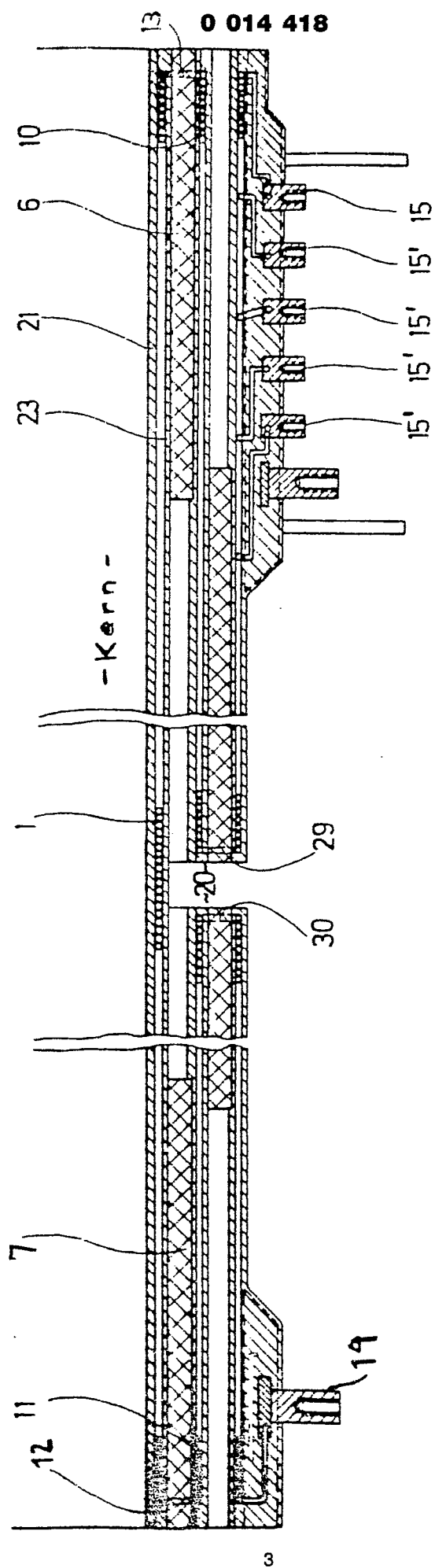


Fig. 3