



⑫

EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift :
30.08.95 Patentblatt 95/35

⑤① Int. Cl.⁶ : **H01F 27/30, H01F 30/16**

②① Anmeldenummer : **92103238.9**

②② Anmeldetag : **26.02.92**

⑤④ **Ringkerntransformator.**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung :
01.09.93 Patentblatt 93/35

⑦③ Patentinhaber : **HANSER, Volker**
Zollstrasse 2
D-77694 Kehl-Auenheim (DE)

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die
Patenterteilung :
30.08.95 Patentblatt 95/35

⑦② Erfinder : **Hanser, Volker**
Zollstrasse 2
W-7640 Kehl-Auenheim (DE)

⑧④ Benannte Vertragsstaaten :
DE ES FR GB IT

⑦④ Vertreter : **Trappenberg, Hans**
Trappenberg u. Dimmerling,
Postfach 21 13 75
D-76163 Karlsruhe (DE)

⑤⑥ Entgegenhaltungen :
DE-A- 3 613 861
FR-A- 1 281 532
PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 9, no. 15
(E-291)(1738) 22. Januar 1985 & JP-A-59 161
806 (OOSAKA HENATSUKI) 12 September
1984

EP 0 557 549 B1

Anmerkung : Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Herstellen eines mit Gießharz vergossenen Netz-Leistungstransformators mit einem gewickelten Schnittbandkern, vorzugsweise aus einer kaltgewalzten Ferrolegierung, die eine magnetische Vorzugsrichtung aufweist, sowie einen nach diesem Verfahren hergestellten Ringkerntransformator.

Moderne Ferrolegierungen zur Herstellung von Transformatorenblechen, im wesentlichen bestehend aus Eisen/ Nickel- oder Eisen/Silicium-Legierungen, weisen zwar sehr gute magnetische Eigenschaften auf die es erlauben, Transformatoren mit entsprechend guten elektrischen Werten aufzubauen, sind jedoch in ihrer Verarbeitung sehr schwierig. Sollen die guten magnetischen Eigenschaften dieser Transformatorenbleche ausgenutzt werden, muß die magnetische Vorzugsrichtung mit der Haupt-Flußrichtung im Transformatorenblech möglichst weitgehend übereinstimmen. Dies bedeutet, daß beispielsweise keine normalen M-Schnitte eingesetzt werden können, sondern daß bei einem Drei-Säulen-Transformator die magnetische Vorzugsrichtung in den Jochen senkrecht zu denjenigen in den Kernen liegen muß. Außerdem müssen die Kern- und Jochbleche auf Gehrung geschnitten werden, um weitgehend die Flußrichtung in der Vorzugsrichtung der Bleche zu halten. Das Zuschneiden der Bleche mit einer speziellen Blechschneidemaschine mit Schrägschnitteinrichtung, wie auch insbesondere das notwendige, sorgsame Schichten der Transformatorenbleche, ist außerordentlich zeitaufwendig und lohnintensiv. Damit ergibt sich, daß mit diesen Transformatorenblechen aufgebaute Transformatoren zwar zufriedenstellende elektrische Eigenschaften aufweisen, aber verhältnismäßig teuer sind. Hinzu kommt bei den üblichen Blechschnitten noch das große Volumen und hohe Gewicht solcher Transformatoren, was zu Schwierigkeiten bei deren Aufstellung führen kann.

Seit längerer Zeit sind schon Ringkerntransformatoren bekannt, bei denen das in Bandform vorliegende Transformatorenblech in einem Ring gewickelt und sodann dieser Ringkern mit Transformatorensulen bewickelt wird. Bei einem solchen Ringkerntransformator entstehen die oben geschilderten Schwierigkeiten nicht, da stets die Flußrichtung im Transformatorenblech mit dessen magnetischer Vorzugsrichtung übereinstimmt. Schwierigkeiten bereiten bei solchen Ringkerntransformatoren jedoch das Aufbringen der Wicklungen durch besondere Spezial-Wickelmaschinen. Ringkerntransformatoren und -Drosseln wurden daher bisher nur für kleine Leistungen gebaut. Netz-Leistungstransformatoren mit diesem Aufbau sind bisher nicht bekanntgeworden.

Aus dem Dokument "patent abstract of Japan, Vol. 9, Nummer 15 (E-291) (1738) 22. Januar 1985 & JP-A-59 161 806" ist ein Ringkerntransformator bekannt, bei dem Transformatorwicklungen längs des Umfangs eines Ringkerns in einem vorbestimmten Abstand gewickelt sind. Die Transformatorwicklung besteht aus einer Primärwicklung, welche in einem am Wicklungskern befestigten Rahmen gewickelt ist, und einer Sekundärwicklung, welche konzentrisch an der Außenseite der Primärwicklung angeordnet ist. Die Wicklungen sind in Serie geschaltet. Der Rahmen besteht aus zwei halben Rahmenteilen. Ein Spulenbereich ist als kreisförmiger Bogen ausgebildet, dessen Außenseite länger als seine Innenseite ist. Die Primärwicklung ist derart gewickelt, daß die Wicklungsweite am äußeren Umfang größer ist als die Wicklungsweite der Innenseite. Auf der Primärwicklung ist die Sekundärwicklung mit einem Isolationszylinder und einem Isolator dazwischen derart angebracht, daß die Wicklungsweite am äußeren Umfang größer ist als die Wicklungsweite der Innenseite. Mit einer solchen Anordnung kann die Isolierung zwischen jeder Wicklung leicht erreicht werden und die Umfangslänge ist verringert, so daß die Größe der Anordnung verringert ist.

Ausgehend von diesen Ringkerntransformatoren beziehungsweise Ringkerndrosseln werden auch Schnittbandkerne eingesetzt, die ebenfalls wie bei den Ringkerntransformatoren einen gewickelten, üblicherweise jedoch in angenäherter Rechteckform gewickelten Kern aufweisen, der an zwei Stellen quer zur Längsrichtung der Bleche zerschnitten ist. Dadurch wird es ermöglicht, zuvor gefertigte Spulen auf die geraden Teile dieser in Rechteckform gewickelten Schnittbandkerne aufzustecken und die beiden Kernhälften anschließend mit möglichst geringem Luftspalt wieder aufeinander zu bringen. Damit ist die Schwierigkeit des Bewickelns derartiger Kerne, die ebenfalls äußerst gute elektrische Eigenschaften aufweisen, behoben. Allerdings sind bisher auch nur mit derartigen Schnittbandkernen ausgestattete Transformatoren für geringe Leistungen bekanntgeworden.

Aufgabe der Erfindung ist es, die guten Eigenschaften solcher Ringkerntransformatoren mit Schnittbandkernen auch für Transformatoren und Drosseln verhältnismäßig hoher Leistung auszunutzen, mit solchen Kernen also auch Netz-Leistungstransformatoren aufbauen zu können. Erreicht wird dies in erfindungsgemäßer Weise mit einem Verfahren nach Anspruch 1.

Der Ringkerntransformator nach der Erfindung unterscheidet sich damit von den bekannten Transformatoren mit einem rechteckförmig gewickelten Schnittbandkern dadurch, daß dieser Wickelkern kreisrund ist. Dies hat zwar vordergründig den Nachteil, daß keine zylinderförmigen Spulen auf den Wickelkern aufgeschoben werden können, sondern daß, und das hielt wahrscheinlich die Fachwelt von der Verwendung derartiger

runder Wickelkerne ab, Gekrümmte Spulen verwendet werden müssen, wobei das Wickeln und Aufschieben der Spulen Schwierigkeiten bereiten könnte. Tatsächlich ist dies nicht der Fall, wenn so, wie durch die Erfindung dargelegt, vorgegangen wird, da die Niederspannungsspule mit aus Ihrem verhältnismäßig dicken Drahtquerschnitt als gerade Luftspule vorgewickelt und sodann ohne Schwierigkeiten über den Halbbogen des zerschnittenen Kerns übergeschoben werden kann. Auch das Überschieben weiterer Niederspannungswicklungen über die jeweils zuvor aufgebrachte Wicklung bereitet, wie die Praxis gezeigt hat, absolut keine Schwierigkeiten, so daß der bisherige Einwand gegen Ringkerntransformatoren mit rundgewickeltem Ringkern widerlegt ist. Das Aufschieben der Hochspannungsspulen gelingt allerdings nicht auf diese Art und Weise. Diese Hochspannungswicklung müßte tatsächlich halbkreisförmig gewickelt werden, was wiederum eine Spezialwickelmaschine voraussetzen würde. Außerdem könnten bei einer solchen Hochspannungsspule Isolationsprobleme entstehen. Diese Schwierigkeiten werden nach der Erfindung dadurch umgangen, daß die Hochspannungsspule in einzelne, verhältnismäßig dünne Wicklungsscheiben unterteilt wird, die nun ohne Schwierigkeiten auf normalen Wickelmaschinen zu wickeln und ebenfalls ohne Schwierigkeiten auf den zuvor umgossenen oder mit Stützelementen versehenen Ringkern aufgeschoben werden können. Hierbei sollen die Wicklungsscheiben vorzugsweise eine Scheibenbreite von 40 Bogengrad des inneren Ringkerndurchmessers nicht überschreiten, um insbesondere das Überschieben der einzelnen Wicklungsscheiben über den Ringkern zu ermöglichen. Durch die scheibenförmige Ausbildung der Hochspannungswicklung werden jedoch nicht nur die Schwierigkeiten beim Überschieben der Wicklungsteile auf den Ringkern vermieden, sondern es ergeben sich dadurch auch keine Isolationsprobleme, da diese Wicklungsscheiben jeweils nur einen begrenzten Spannungsbereich der gesamten Hochspannungsspule aufzunehmen haben. Selbstverständlich kann hierbei auch die Anordnung der einzelnen Wicklungsscheiben den jeweiligen Erfordernissen angepaßt, es können also einzelne Wicklungsscheiben zu Scheibensegmenten zusammengefaßt oder auch symmetrische Abstände eingestellt werden. Ein außerordentlicher weiterer Vorteil ist darin zu erblicken, daß derartige Transformatoren nunmehr mit einzelnen Modulen aufgebaut werden können, da das Anpassen der Hochspannungsspule an die jeweils vorliegende Spannung einfach durch Aufstecken mehr oder weniger derartiger Wicklungsscheiben durchgeführt werden kann. Diese Modulbauweise erlaubt die rationelle Herstellung großer Stückzahlen gleichartiger Bauteile und damit deren und selbstverständlich auch der Transformatoren wirtschaftliche Produktion. Außerdem können die Wicklungsenden dieser Scheibenwicklungen auch nach außen geführt werden, so daß deren Verschaltung auch außerhalb des Transformators vorgenommen werden kann. Ein weiterer, beachtlicher Vorzug derartiger Transformatoren ergibt sich durch ihr geringes Gewicht und ihr kleines Volumen. Tatsächlich finden sich in einem solchen Ringkerntransformator ja nahezu nur die Teile, die ein solcher Transformator benötigt, also die Primär- und die Sekundärspule sowie das in idealer Weise aufgewickelte Transformatorblech. Umfassende Joche oder Blechstege wie bei den üblichen Transformatoren entfallen vollkommen und damit auch deren Volumen und deren Gewicht. Beachtlich ist selbstverständlich auch die Gewichtseinsparung durch den Wegfall eines umgebenden Mantels, da der mit Gießharz vergossene Transformator einen solchen Mantel nicht mehr benötigt.

Nach dem Erfindungsgemäßen Verfahren wird der ausgehärtete Ringkern mit einem elastisch-nachgiebigen Dämmstoff beschichtet. Dieser Dämmstoff stellt nicht nur eine elektrische Isolationsschicht zu dem Ringkern dar, sondern ermöglicht auch eine gewisse Wärmebewegung sowohl des Ringkerns wie auch der auf den Ringkern aufgeschobenen Niederspannungsspule. Damit ist diese Dämmschicht ein wichtiges Erfindungsmerkmal, da sich gezeigt hat, daß bei derartigen Transformatoren größerer Leistung der Abtransport der in diesen kompakt gebauten Transformatoren entstehenden Wärme Schwierigkeiten bereiten kann und daher zu Wärmebewegungen der einzelnen Bauteile führt. Da das Gießharz, in das der Ringkerntransformator eingegossen ist, als starr gelten kann, führen derartige Wärmebewegungen, bedingt durch die unterschiedlichen Wärme-Ausdehnungskoeffizienten der verschiedenen Materialien letztlich zu Mikrorissen innerhalb des Gießharzes, die zu einer Änderung des elektrischen Feldes beziehungsweise zum elektrischen Durchschlag führen kann. Bei dem erfindungsgemäß aufgebauten Ringkerntransformator hingegen werden diese im Inneren des Ringkerntransformators sich ergebenden Wärmebewegungen durch die elastisch-nachgiebige Dämmschicht aufgenommen, praktisch ohne Einwirkung auf den umgebenden Gießharzmantel. Tatsächlich hat die Praxis auch gezeigt, daß derart aufgebaute Transformatoren frei von solchen gefährlichen Mikrorissen sind.

Hingewiesen werden darf in diesem Zusammenhang auch darauf, daß das komplette Vergießen des erfindungsgemäßen Transformators den Vorteil einer außerordentlichen Geräuschkämmung mit sich bringt. Dies wird zum einen dadurch bewirkt, daß sämtliche Teile des Transformators - Eisenkern, Niederspannungs- und Hochspannungsspule - fest im Gießharz eingebettet sind, zum anderen auch dadurch, daß das Gießharz eine schalldämmende Schicht um den Transformator bildet. Dieses komplette Eingießen ist allerdings nur durch die erfindungsgemäß eingefügte Dämmstoffschicht möglich.

Als bevorzugter Dämmstoff wird ein Silikon vorgeschlagen, das sowohl elastisch-nachgiebig aufgebaut werden kann bei guten elektrischen und thermischen Eigenschaften.

Die Wicklungsscheiben der Hochspannungswicklung werden üblicherweise so gewickelt, daß sich Scheiben mit gleichbleibender Breite ergeben. Um das Volumen derartiger Ringkerntransformatoren jedoch voll aus-
nutzen zu können, kann es auch zweckmäßig sein, diese Scheiben keilförmig zu wickeln, also daß die zum
Zentrum des Ringkerns weisenden Seiten mit geringerer Breite ausgeführt werden als auf der Gegenseite. Ei-
ne solche Wicklung ist ohne Schwierigkeiten mit den modernen Wickelautomaten herzustellen.

Der Transformator nach der Erfindung kann, wird hochgespannte Gleichspannung benötigt, auch gleich
mit Dioden zur Gleichrichtung bestückt werden. Dies kann nach der Erfindung so erfolgen, daß an oder in den
nach außen abstehenden Vergußrippen jeder Wicklungsscheibe zugeordnete Dioden angeordnet sind. Zweck-
mäßigerweise werden die Dioden hierbei in einem senkrechten an den Rippen vorgesehenen Luftschacht un-
tergebracht. Dies hat den Vorteil, daß die Dioden gegen mechanische Beschädigungen geschützt sind, daß
sie zugänglich und damit leicht auswechselbar sind und daß sie außerdem durch den sich in diesem Luft-
schacht ergebenden Luftstrom ausreichend gekühlt sind. Zu diesen Vorteilen ergeben sich auch noch vorteil-
hafte elektrische Spannungsverhältnisse, da jede Diode beziehungsweise Diodenanordnung jeweils nur von
der Teilspannung einer einzigen Wicklungsscheibe beaufschlagt wird.

Selbstverständlich können die so aufgebauten Einphasentransformatoren in üblicher Weise zu nebenein-
ander stehenden Drehstromtransformatoren verschaltet werden. Eine besonders zweckmäßige Ausführung
ergibt sich dadurch, daß die drei Einzeltransformatoren zu einer "Energiesäule" aufeinander gestellt und in die-
ser Lage verankert werden. Diese bringt nicht nur räumliche Vorteile, sondern auch eine gute Wärmeabführung
durch die übereinander angeordneten rippenförmigen Teile der Transformatoren. Die Verankerung wird hierbei
so vorgenommen, daß auch in vertikaler Richtung ein Verschieben der einzelnen Transformatorenblöcke mög-
lich ist, um auch hier die Wärmebewegungen auszugleichen.

Auf der Zeichnung ist der Erfindungsgegenstand schematisch dargestellt, und zwar zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung, teilweise geschnitten,
- Fig. 2 die Draufsicht
- 25 und
- Fig. 3 die Seitenansicht eines gewickelten Ringbandkernes,
- Fig. 4 eine erste
- und
- Fig. 5 eine zweite mögliche Spulenanordnung,
- 30 Fig. 6 eine Draufsicht, teilweise geschnitten,
- Fig. 7 eine vorgewickelte Niederspannungsspule in Ansicht
- und
- Fig. 8 im Querschnitt und
- Fig. 9 eine teilweise auf einen Halb-Ringkern aufgeschobene Niederspannungsspule.
- 35 Fig. 10 eine "Energiesäule"

Der dargestellte Ringkerntransformator weist einen kreisrund gewickelten Ringkern (1) auf, der durch zwei
Schnitte (2) in zwei Ringhälften geteilt ist. Auf diese beiden Ringhälften werden Niederspannungsspulen (3),
die zuvor als Luftspulen gefertigt wurden, aufgeschoben, wie dies Fig. 9 zeigt. Zwischen der Niederspannungs-
spule (3) und dem Ringkern (1) befindet sich eine elastisch-nachgiebige Dämmschicht (4). Nach diesen Ar-
beiten werden die beiden Ringkernhälften jeweils für sich vergossen, wobei allerdings die Schnittflächen (2)
der Ringkerne noch freibleiben. Eingezeichnet (Fig. 1) sind auch noch Stützelemente (8), die dann auf die Nie-
derspannungsspule (3) aufgesetzt werden, wenn die bis zur Niederspannungsspule fertiggestellten Ringkern-
hälften nicht vergossen werden. Diese Stützelemente, aus dem gleichen Gießharz der zum kompletten Ver-
gießen des Transformators Verwendung finden, bestimmen hierbei die Lage der aufzuschiebenden Hochspan-
nungsspulen (5, 15). Danach werden die Hochspannungsspulen (5 beziehungsweise 15) über die Ringkern-
hälften übergeschoben, wie dies aus den Fig. 4 und 5 ersichtlich ist. Nach diesen Arbeiten werden die beiden
Ringkernhälften an ihren Schnittflächen zusammengepreßt und, beispielsweise durch oberflächiges Ver-
schweißen, in dieser Lage fixiert und sodann mit Gießharz (6) vergossen. Beim Vergießen ergeben sich durch
die abstehenden Wicklungsscheiben der Hochspannungswicklungen (5) Rippen (7), die einer guten Belüftung
des so aufgebauten Ringkerntransformators dienen.

Fig. 10 zeigt schließlich noch eine "Energiesäule" gebildet aus drei übereinandergesetzten Einzel-Ring-
kerntransformatoren, die durch einen zentralen Druckstab (9) und einen federnden Spannring (8) in dieser La-
ge gehalten sind.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Herstellen eines mit Gießharz vergossenen Netz-Leistungstransformators, mit einem vor-

zugsweise aus einer kaltgewalzten Ferrolegierung, die eine magnetische Vorzugsrichtung aufweist, in der magnetischen Vorzugsrichtung spiralförmig gewickelten, durch Harzbeigabe verfestigten Schnittbandkern und einer aus mehreren Hochspannungs-Wicklungsscheiben bestehenden Hochspannungswicklung,

5 gekennzeichnet

durch folgende Verfahrensschritte:

1. Beschichten des Ringkerns (1) mit einer elektrisch isolierenden, jedoch wärmeleitfähigen und wärmebeständigen elastisch-nachgiebigen Dämmstofflage (4);
2. Zerschneiden des Ringkerns (1) in zwei Ringhälften;
- 10 3.
 - a) Überschieben einer Niederspannungs-Rechteckwicklung (3) aus lackisoliertem Rund-, Rechteck- oder Profildraht auf jeweils eine Ring-Ringhälfte, wobei die Rechteck-Luftspulen gerade gewickelt sind und sich während dem Aufschieben auf die Ringhälfte der Krümmung des Ringkerns anpassen können.
 - 15 b) gegebenenfalls Überschieben einer oder mehrerer weiteren Rechteckwicklungen (3) auf die jeweils zuvor aufgebrachte Wicklung;
4. Vergießen der bewickelten Ringkernhälften oder Aufbringen von aus Gießharz gefertigten Stützelementen (10);
5. Überschieben von jeweils vorgefertigten Hochspannungs-Wicklungsscheiben (5, 15);
- 20 6. Zusammenfügen der beiden Ringkernhälften;
7. Verbinden oder Herausführen der Wicklungsenden;
8. Vergießen des kompletten Transformators mit rippenartigem Umgießen der Wicklungsscheiben (5).

2. Verfahren nach Anspruch 1,
25 dadurch gekennzeichnet,
daß der Dämmstoff ein Silicon ist.

3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet,
30 daß das Silikon hinsichtlich seines Ausdehnungskoeffizienten auf den Temperatur-Ausdehnungskoeffizienten des Ferromaterials oder des Wicklungsmaterials eingestellt ist;

4. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
35 daß die Wicklungsscheibenbreite ≤ 40 Bogengrad des inneren Ringkerndurchmessers ist.

5. Verfahren nach Anspruch 1 oder 4,
dadurch gekennzeichnet,
40 daß die beiden Seitenflächen jeder Wicklungsscheibe (5) in einem spitzen Winkel zueinander verlaufen.

6. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
45 daß an den nach außen abstehenden Vergußrippen (7) jeder Wicklungsscheibe (5, 15) Lüftungskanäle zur Aufnahme von Dioden angeordnet sind.

7. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß drei Einzeltransformatoren elastisch nachgiebig übereinander angeordnet sind.

50

Claims

1. A process for the production of a mains power transformer which is sealed with casting resin and which comprises a cut strip core which is wound preferably from a cold-rolled ferroalloy which has a magnetic preferential direction in a spiral form in the magnetic preferential direction and which is reinforced by the addition of resin, characterised by the following process steps:

1. Coating the toroidal core (1) with an electrically insulating but heat-conductive and heat-resistant elastically yielding insulating material layer (4);

2. Cutting the toroidal core (1) into two halves;
 3.
 - a) Fitting over a low-voltage rectangular winding (3) of lacquer-insulated round, rectangular or profile wire on to a respective half of the toroidal core, wherein the rectangular air coils are wound straight and during the step of being fitted on to the core half can adapt to the curvature of the toroidal core,
 - b) possibly fitting over one or more further rectangular windings (3) on to the respectively previously fitted winding;
 4. Casting the wound toroidal core halves or applying support elements (10) which are made from casting resin;
 5. Fitting over respective prefabricated high-voltage winding plates (5, 15);
 6. Assembling the two toroidal core halves;
 7. Connecting or bringing out the winding ends; and
 8. Casting the complete transformer with rib-like casting around the winding plates (5).
2. A process according to claim 1 characterised in that the insulating material is a silicone.
 3. A process according to claim 2 characterised in that the silicone is adjusted in respect of its coefficient of expansion to the coefficient of temperature expansion of the ferromaterial or the winding material.
 4. A process according to claim 1 characterised in that the winding plate width ≤ 40 degrees of arc of the inner toroidal core diameter.
 5. A process according to claim 1 or claim 4 characterised in that the two side surfaces of each winding plate (5) extend at an acute angle relative to each other.
 6. A process according to claim 1 characterised in that ventilation passages for accommodating diodes are arranged at the outwardly projecting casting ribs (7) of each winding plate (5, 15).
 7. A process according to claim 1 characterised in that three individual transformers are elastically yieldingly arranged in superposed relationship.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un transformateur de puissance de réseau à surmoulage de résine, avec un noyau toroïdal fendu qui est constitué de préférence d'un ferro-alliage laminé à froid et présentant une direction magnétique préférentielle, est enroulé en spirale dans la direction magnétique préférentielle et est consolidé par addition de résine, et avec un enroulement haute tension constitué de plusieurs galettes d'enroulement haute tension, **caractérisé** par les étapes suivantes :
 1. enduction du noyau toroïdal (1) d'une couche de matériau isolant (4) élastiquement flexible, électriquement isolante mais thermiquement conductrice et résistante à la chaleur ;
 2. découpage du noyau toroïdal (1) en deux moitiés de tore ;
 3.
 - a) enfilage sur chaque moitié de tore d'un enroulement rectangulaire basse tension (2) constitué de fil métallique vernissé rond, rectangulaire ou profilé, les bobines sans fer rectangulaires étant enroulées rectilinéairement et pouvant s'adapter, pendant l'enfilage sur la moitié de tore, à la courbure du noyau toroïdal ;
 - b) éventuellement, enfilage d'un ou plusieurs enroulements rectangulaires (3) supplémentaires sur l'enroulement respectif préalablement installé ;
 4. surmoulage des moitiés de noyau toroïdal pourvues des enroulements, ou mise en place d'éléments de soutien (10) réalisés en résine moulée ;
 5. enfilage de galettes d'enroulement haute tension préfabriquées respectives (5, 15) ;
 6. réunion des deux moitiés de noyau toroïdal ;
 7. raccordement ou sortie des extrémités des enroulements ;
 8. surmoulage de l'ensemble du transformateur, les galettes d'enroulement (5) étant enrobées de résine sous la forme d'ailettes.

2. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que le matériau isolant est de la silicone.
3. Procédé selon la revendication 2, **caractérisé** en ce que le coefficient de dilatation de la silicone est réglé à la valeur du coefficient de dilatation thermique du ferro-alliage ou du matériau des enroulements.
- 5 4. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que la largeur des galettes d'enroulement est inférieure ou égale à 40 degrés d'arc du diamètre intérieur du noyau toroïdal.
- 10 5. Procédé selon la revendication 1 ou 4, **caractérisé** en ce que les deux faces latérales de chaque galette d'enroulement (5) s'étendent sous un angle aigu l'une par rapport à l'autre.
6. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que des canaux d'aération destinés à recevoir des diodes sont disposés sur les ailettes surmoulées (7), saillantes vers l'extérieur, de chaque galette d'enroulement (5, 15).
- 15 7. Procédé selon la revendication 1, **caractérisé** en ce que trois transformateurs individuels sont superposés en flexibilité élastique.

20

25

30

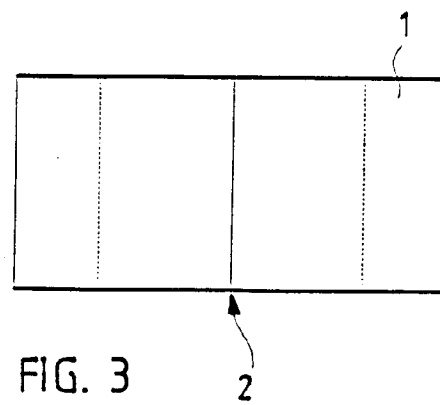
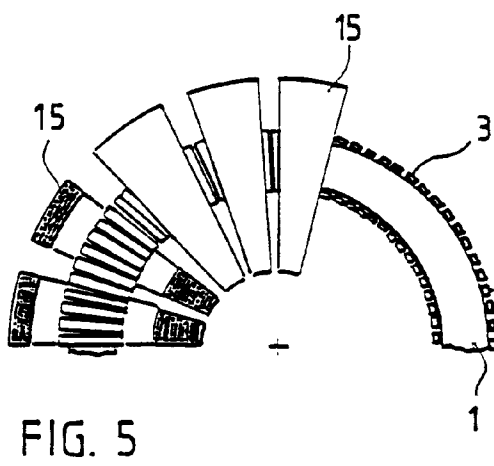
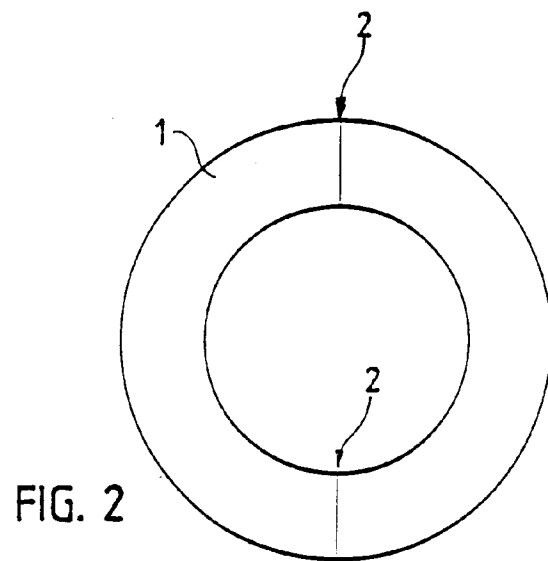
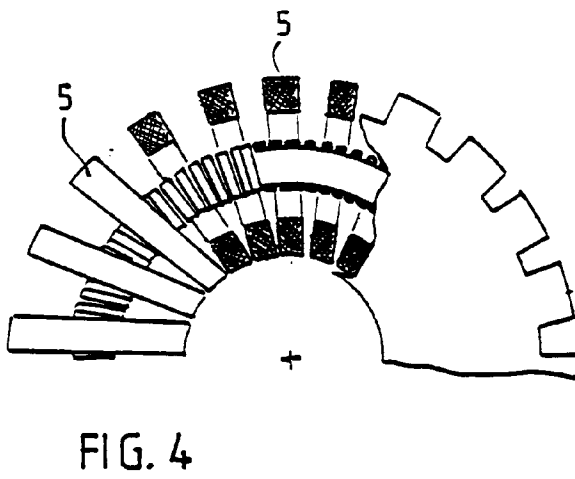
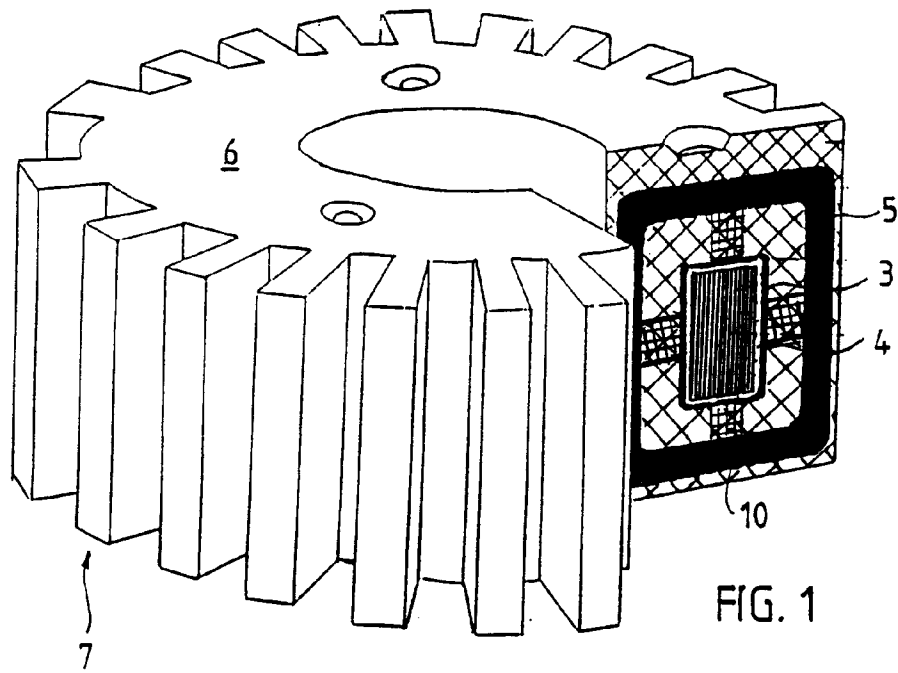
35

40

45

50

55



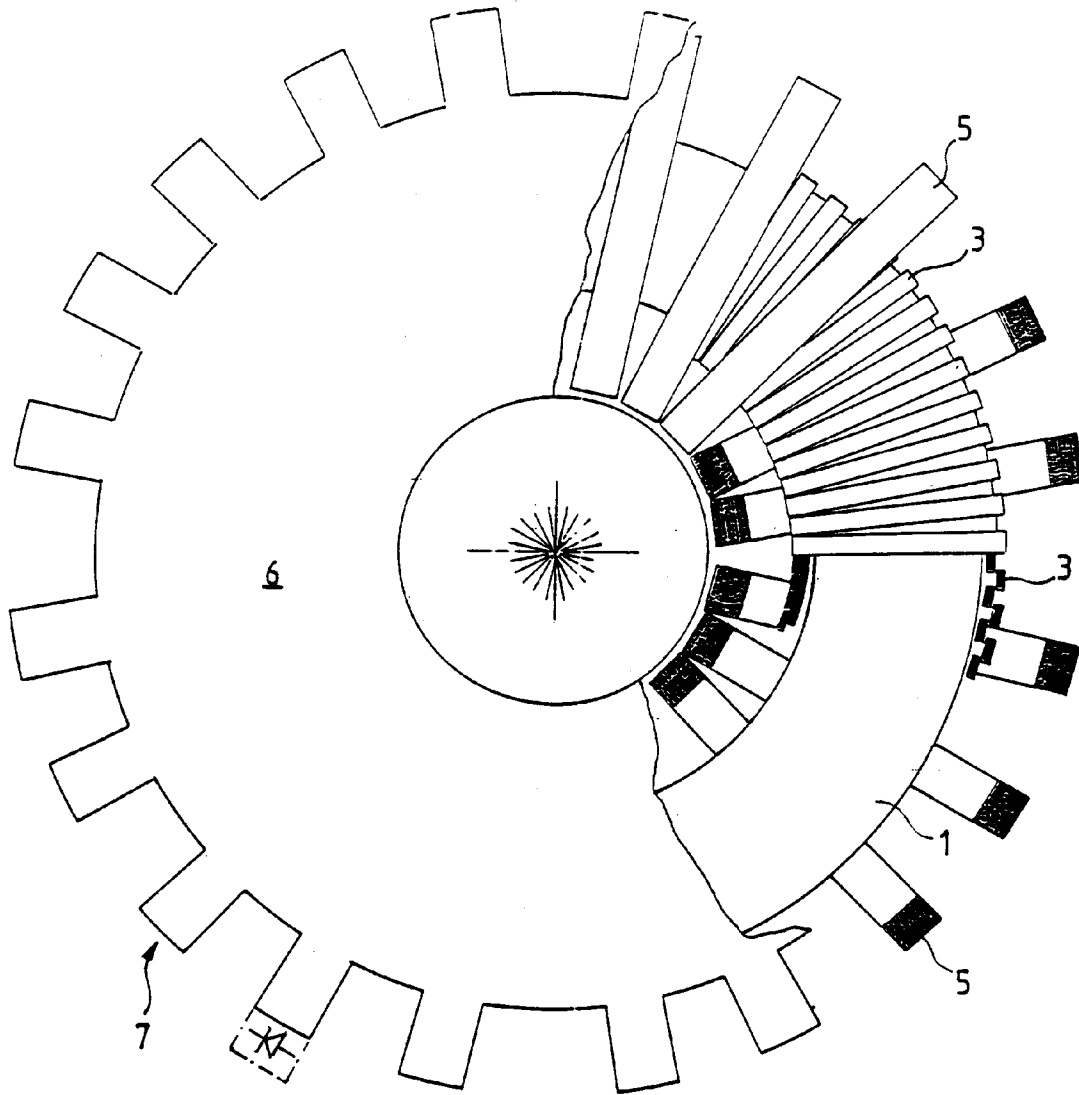


FIG. 6

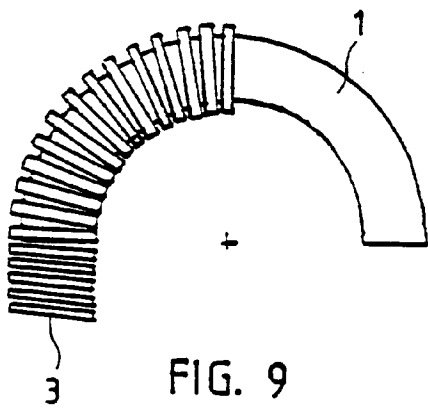
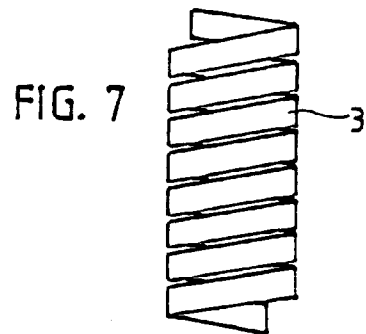
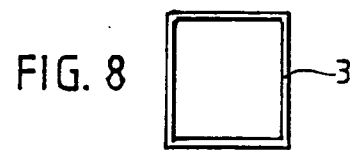


FIG. 9



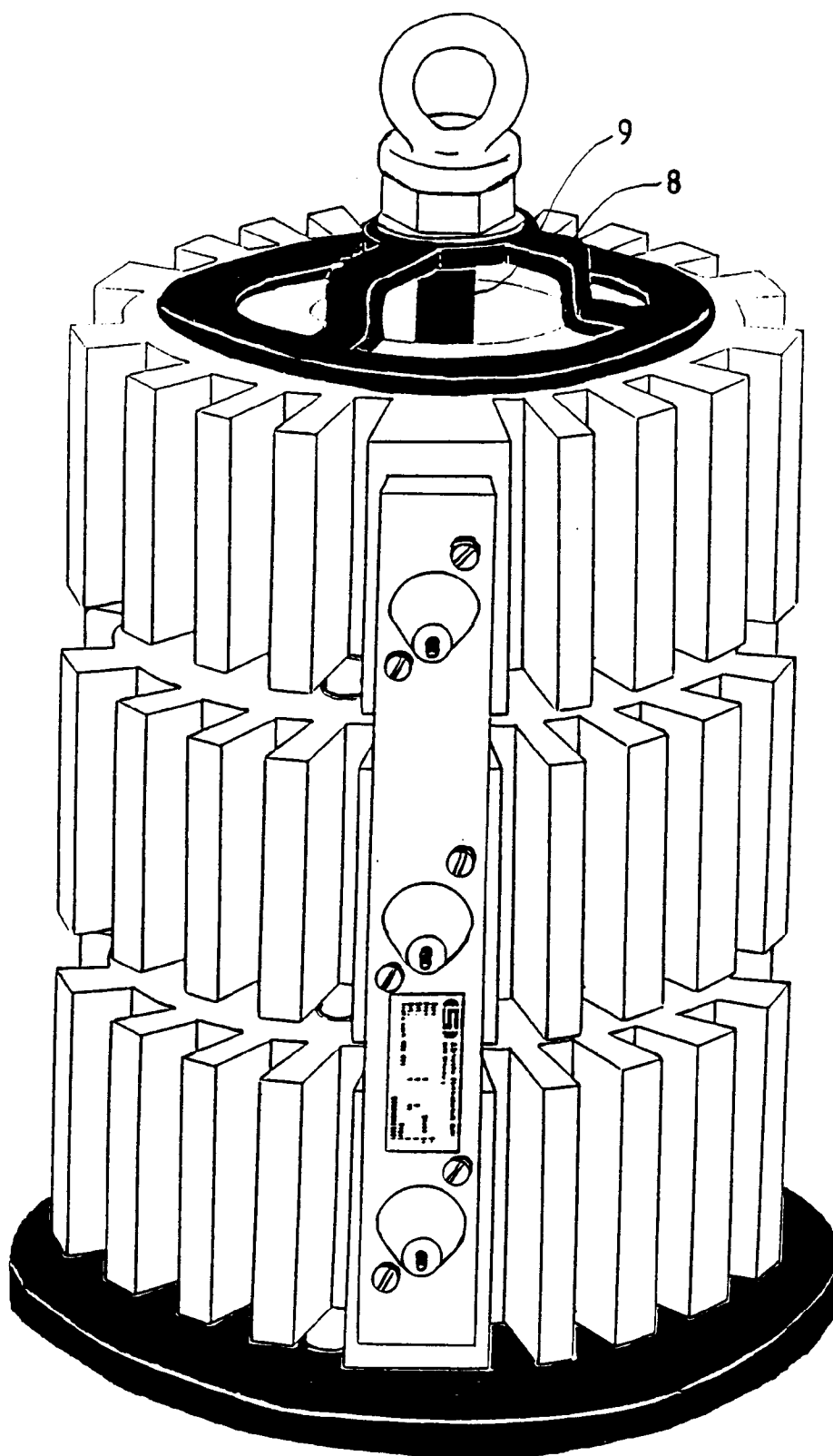


FIG. 10