

12 **EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG**

21 Anmeldenummer: 87108146.9

51 Int. Cl.4: **H01F 27/02**, **H01F 27/32**

22 Anmeldetag: 05.06.87

30 Priorität: 13.06.86 CH 2407/86

43 Veröffentlichungstag der Anmeldung:
23.12.87 Patentblatt 87/52

64 Benannte Vertragsstaaten:
BE CH DE ES FR IT LI

71 Anmelder: **BBC Aktiengesellschaft Brown,
Boveri & Cie.**
Haselstrasse
CH-5401 Baden(CH)

72 Erfinder: **Beer, Hans Rudolf, Dr.**
Zürichstrasse 244
CH-8122 Binz(CH)
Erfinder: **Britsch, Helmut**
Schranenstrasse 9
CH-5107 Schinznach-Dorf(CH)
Erfinder: **Kieser, Andreas**
Bifangweg 17
CH-5200 Brugg(CH)
Erfinder: **Läubli, Hans**
Schiffländestrasse 34
CH-8272 Ermatingen(CH)
Erfinder: **Tomic, Branko**
Lehmäcker 385
CH-5422 Oberehrendingen(CH)

54 **Elektrischer Apparat und Verfahren zu seiner Herstellung.**

57 Die Erfindung geht aus von einem elektrischen Apparat mit einem von einer Wicklung umgebenen magnetischen Kern, welche in einen mit anorganischen Füllstoffen angereicherten Kunststoffformstoff (1) eingebettet sind. Die Wicklung weist Anschlussarmaturen (4) auf, welche von dem Kunststoffformstoff (1) getragen werden.

Der Kern und die Wicklung sollen unmittelbar und rissfrei in den Kunststoffformstoff (1) eingebettet sein. Ein Verfahren zur Herstellung dieses elektrischen Apparates soll angegeben werden. Das spaltfreie Einbetten des Kernes und der Wicklung wird dadurch erreicht, dass der Kunststoffformstoff (1) so gestaltet wird, dass er einen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, dessen Wert zwischen dem des Ausdehnungskoeffizienten der Wicklung und dem des Ausdehnungskoeffizienten des Kernes liegt.

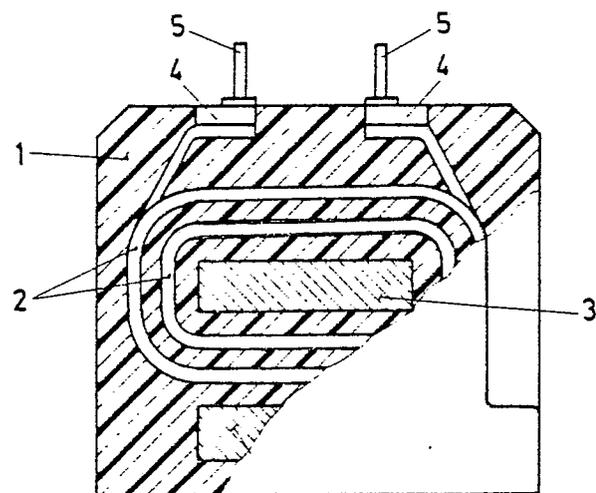


Fig. 1

EP 0 249 827 A1

Elektrischer Apparat und Verfahren zu seiner Herstellung

Die vorliegende Erfindung geht aus von einem elektrischen Apparat gemäss dem ersten Teil des Anspruchs 1 und von einem Verfahren zu dessen Herstellung.

Elektrische Apparate mit magnetischen Kernen, die von einer aus elektrisch leitendem Material gebildeten Wicklung umgeben sind, lassen sich unter Verwendung herkömmlicher Giessharzformstoffe nicht rissfrei in einen Kunststoffformstoff einbetten. Die Ursache hierfür liegt in den stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten des Kern- und Wicklungsmaterials einerseits und des Kunststoffformstoffs andererseits. Es ist deshalb üblich, um den magnetischen Kern eine kompressible Polsterung anzubringen, welche innere Spannungen infolge Reaktions- und Abkühlungsschwindung der Giessharzformstoffe aufnehmen und so eine Rissbildung verhüten kann. Bei einer Drossel muss jedoch die vergleichsweise hohe Verlustwärme des Eisenkernes abgeführt werden können. Die Polsterung des Eisenkernes würde in diesem Fall die Abfuhr der Verlustwärme stark behindern. Für Drosseln ist diese aufwendige Bauart nur für vergleichsweise kleine Baugrössen und Einheitsleistungen geeignet. Auch für Wandler ist diese Bauart wegen der nötigen umfangreichen manuellen Arbeiten unwirtschaftlich.

Hier will die Erfindung Abhilfe schaffen. Die Erfindung, wie sie in den Ansprüchen gekennzeichnet ist, löst die Aufgabe, einen gattungsgemässen elektrischen Apparat zu schaffen, bei welchem Kern und Wicklung unmittelbar und rissfrei in einen Kunststoffformstoff eingebettet sind, und ein Verfahren zu seiner Herstellung anzugeben.

Der Vorteil der Erfindung ist darin zu sehen, dass aufwendige manuelle Arbeiten eingespart werden können. Ferner erlaubt der innige Kontakt zwischen Kern und Kunststoffformstoff und zwischen Wicklung und Kunststoffformstoff eine gute Wärmeabfuhr und damit eine bessere Auslastung der verwendeten Materialien sowie eine wirtschaftlichere Ausgestaltung des elektrischen Apparates. Das Herstellungsverfahren ist einfach und benötigt neben den üblichen Einrichtungen für das Vergiessen von Giessharzen unter Vakuum keine zusätzlichen Hilfseinrichtungen.

Die weiteren Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstände der abhängigen Ansprüche.

Im folgenden wird die Erfindung anhand von lediglich einen Ausführungsweg darstellenden Zeichnungen näher erläutert.

Es zeigt:

Fig. 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemässen elektrischen Apparates, und

Fig. 2 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemässen elektrischen Apparates.

Bei beiden Figuren sind gleich wirkende Teile mit gleichen Bezugszeichen versehen.

In Figur 1 ist ein Stromwandler dargestellt, wie er in Mittelspannungsnetzen eingesetzt werden kann. In einen Kunststoffformstoff 1 ist eine Primärwicklung 2 mit mehreren Windungen aus Flachkupfer eingebettet. Die Primärwicklung 2 wird teilweise umfasst von einer Kernanordnung 3. Diese Kernanordnung 3 kann aus mehreren magnetischen Kernen nebeneinander bestehen oder, wie dargestellt, aus einem Kern. Jeder dieser Kerne bzw. der eine Kern ist von Sekundärwicklungen umgeben, die nicht dargestellt sind. In einem ebenfalls nicht gezeigten Klemmenkasten können die Enden der Sekundärwicklungen mit Enden von weiterführenden Messleitungen verbunden werden. Jedes Ende der Primärwicklung 2 steht in Verbindung mit jeweils einer in den Kunststoffformstoff 1 eingebetteten Anschlussarmatur 4, welche einen Anschlussbolzen 5 trägt. Die Primärwicklung 2 und die Kernanordnung 3 sind spaltfrei in den Kunststoffformstoff 1 eingebettet. Bei betrieblich bedingten Temperaturschwankungen treten keine Risse in dem Kunststoffformstoff 1 auf. Dies wird dadurch erreicht, dass der Kunststoffformstoff 1 so aufgebaut wird, dass er einen angepassten Ausdehnungskoeffizienten aufweist, der zwischen dem Ausdehnungskoeffizienten des Materials der Primärwicklung 2 und dem der Kernanordnung 3 liegt. Damit liegen die drei Ausdehnungskoeffizienten vergleichsweise nahe beieinander, so dass bei Erwärmungszyklen keine zu Risse führenden inneren Spannungen in diesem Stromwandler auftreten können.

In den Kunststoffformstoff 1 sind mehr als 75 Gewichtsprozent anorganische, isolierende Füllstoffe eingelagert, um so den angepassten Ausdehnungskoeffizienten zu erhalten. Diese Füllstoffe sind überwiegend als Granulat ausgebildet und enthalten ferner ein Gemenge aus Kugelnkörpern und eine weitere, teilweise faserförmig ausgebildete Komponente. Das Granulat wird aus Quarzglas gebildet und die teilweise faserförmig ausgebildete Komponente aus Wollastonit. Die Kugelnkörper sind aus E-Glas gefertigt und weisen eine sich teilweise mit dieser Teilchengrösse des Granulats aus Quarzglas überlappende Teilchengrösse auf. In dem Kunststoffformstoff 1 beträgt das Verhältnis vom Granulat zu den Kugelnkörpern aus E-Glas und zu der aus Wollastonit gebildeten Komponente in Gewichtsprozenten nahezu 3 : 1 : 2,4.

In Figur 2 ist eine Drossel mit einer zweiteiligen magnetischen Kernanordnung 3 dargestellt. Einen Schenkel der Kernanordnung 3 umgibt eine Wicklung 7, wobei die Wicklung 7 und ein Teil der Kernanordnung 3 gemeinsam spaltfrei in einen Kunststoffformstoff 1 eingebettet sind. Jedes Ende der Wicklung 7 steht in Verbindung mit einer vom Kunststoffformstoff 1 getragenen Anschlussarmatur 4 mit jeweils einer Bohrung 8, welche zum Anschliessen von Stromzuführungen verwendet werden kann. Die Kernanordnung 3 weist einen Spalt 9 auf, welcher als Luftspalt ausgebildet oder mit dem Kunststoffformstoff 1 gefüllt sein kann. Nicht dargestellt sind Teile, welche die Drossel mechanisch abstützen und tragen, eine Platte 10 deutet diese Elemente an. Derartige Drosseln können auf die verschiedensten Arten ausgeführt sein, so können z.B. auch weitere Bereiche der Kernanordnung 3 umwickelt sein, ferner können sie auch scheibenförmige oder auch mehrlagige Wicklungen 7 aufweisen.

Bei der Herstellung dieses elektrischen Apparates werden die Wicklung und der Kern zunächst sorgfältig entfettet, in eine Giessform eingelegt und in dieser fixiert. Aus den Füllstoffen und Giessharz wird im Verhältnis von etwa 4 : 1 eine giessfähige Formmasse gemischt. Diese Formmasse wird nach dem üblichen Vakuumgiessverfahren in die Giessform eingebracht und umschliesst dort Wicklung und Kern. Die hier verwendete Formmasse mit über 75 % Füllstoffen ist überraschenderweise giessfähig und normal verarbeitbar.

Vor dem Mischen der Formmasse werden das Granulat und die Kugelkörper in einer Mischanlage vermischt, aufgeheizt und vorgetrocknet. Dabei ist die Teilchengrösse der grössten Kugelkörper grösser als die Teilchengrösse der kleinsten Teile des Granulates, die überwiegende Menge der Kugelkörper weist jedoch eine kleinere Teilchengrösse auf als das Granulat. Das für die Formmasse verwendete Giessharz stammt aus einer der Gruppen der anhydridgehärteten Epoxidharze, der ungesättigten Polyesterharze, der Acrylharze oder der Polyurethanharze. Für elektrische Apparate, welche unter Freiluftbedingungen eingesetzt werden, werden jedoch zweckmässigerweise nur aromatenfreie Giessharze und Härter vorgesehen. Der Füllstoff Wollastonit kann bereits mit dem Giessharz und dem Härter vermischt in die Mischanlage eingebracht und dort mit den übrigen Füllstoffen zur Formmasse vermischt werden, er kann aber auch separat eingebracht werden. Während des gesamten Mischvorganges der Formmasse wird die Mischanlage mit Unterdruck beaufschlagt und es findet eine dauernde Entgasung der Formmasse statt, zusätzlich wird die Formmasse noch aufgewärmt.

Die Giessform wird ebenfalls vorgewärmt und unter Unterdruck mit der aufgewärmten Formmasse beschickt. Die Formmasse wird in der Giessform einem mehrere Stunden dauernden Geliervorgang unter erhöhter Temperatur unterworfen und erstarrt dabei zum Kunststoffformstoff. Dieser Kunststoffformstoff umschliesst die Wicklung und den Kern spaltenfrei. Nach der Entnahme des elektrischen Apparates aus der Giessform wird dieser Kunststoffformstoff unter erhöhter Temperatur mehrere Stunden nachgehärtet.

Die Formmasse wird etwa aus folgenden Bestandteilen gemischt:

43 bis 52 MT Epoxidharz,

36 bis 44 MT Härter,

0,1 MT Beschleuniger

50 bis 80 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse 0,355 bis 2,0 mm,

40 bis 60 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse 0,25 bis 0,71 mm,

20 bis 30 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse 0,125 bis 0,355 mm,

40 bis 60 MT Kugelkörper aus E-Glas mit der Teilchengrösse 0,075 bis 0,15 mm, und

25 55 bis 65 MT Wollastonit.

Die Füllstoffe können auch mit einem Haftvermittler verarbeitet werden, was sich insbesondere bei Freiluftanwendungen vorteilhaft auswirkt. Das Mischen der Formmasse erfolgt bei einer Temperatur von 50 bis 60 °C, wobei der Unterdruck 100 bis 1000 Pascal betragen kann. Die mit Wicklungen und Kernen bestückte Giessform wird auf 80 °C vorgewärmt und dann unter Unterdruck von 100 bis 1000 Pascal mit der aufgewärmten Formmasse gefüllt. Der Geliervorgang erfolgt bei 80 °C und dauert mehrere Stunden, so dass die Schwingungsspannungen vorteilhaft klein gehalten werden können. Die Nachhärtung wird im Temperaturbereich von 130 bis 140 °C durchgeführt.

Der so erzeugte Kunststoffformstoff weist einen Ausdehnungskoeffizienten von $15,5 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ auf. Der Kern weist einen Ausdehnungskoeffizienten von ca. $12 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ auf und die Wicklung, beispielsweise aus Kupfer, einen solchen von $17 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. Zwischen Kunststoffformstoff und den in ihn spaltfrei eingebetteten Teilen ist die Differenz der Ausdehnungskoeffizienten demnach jeweils nur gering, so dass bei Temperaturschwankungen nur geringe innere Spannungen auftreten können. Damit ist sichergestellt, dass in dem Kunststoffformstoff keine Risse auftreten können. Ferner können auch keine Ablösungserscheinungen und Spaltbildungen zwischen Kunststoffformstoff und den in ihn eingebetteten Teilen auftreten. Erwärmungsverluste aus dem Kern und aus der Wicklung können, dank der innigen Verbindung, direkt über den Kunststoffformstoff abgeführt werden, was eine bessere Kühlung des elektrischen Apparates ermöglicht.

Der Füllstoff Wollastonit führt dank seiner teilweise faserförmigen Struktur zu einem Kunststoffformstoff mit höherer Festigkeit als bei alleiniger Verwendung von körnigen Füllstoffen erreicht werden kann. Der hohe Füllstoffgehalt hat in der Regel eine gewisse Festigkeitsverminderung des Kunststoffformstoffs zur Folge, welche hier durch den Einsatz von Wollastonit vorteilhaft kompensiert werden kann.

Ansprüche

1. Elektrischer Apparat mit mindestens einem von mindestens einer Wicklung aus elektrisch leitendem Material umgebenen magnetischen Kern, mit Anschlussarmaturen (4), die mit Enden der mindestens einen Wicklung in Verbindung stehen, mit einem isolierenden, mit anorganischen Füllstoffen angereicherten Kunststoffformstoff (1) in welchen die mindestens eine Wicklung und der mindestens eine Kern eingebettet sind und welcher die Anschlussarmaturen (4) trägt, dadurch gekennzeichnet,

-dass die mindestens eine Wicklung und der mindestens eine Kern spaltfrei in den Kunststoffformstoff (1) eingebettet sind, und

-dass der Kunststoffformstoff (1) einen Ausdehnungskoeffizienten aufweist, dessen Wert zwischen dem des Ausdehnungskoeffizienten des Materials der mindestens einen Wicklung und dem des Ausdehnungskoeffizienten des mindestens einen Kernes liegt.

2. Elektrischer Apparat nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

-dass in den Kunststoffformstoff (1) mehr als 75 Gewichtsprozent Füllstoffe eingelagert sind, welche überwiegend als Granulat ausgebildet sind,

-dass die Füllstoffe ein Gemenge aus Kugeln enthalten, und

-dass in den Füllstoffen eine teilweise faserförmig ausgebildete Komponente enthalten ist.

3. Elektrischer Apparat nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

-dass das Granulat aus Quarzglas gebildet wird,

-dass die Kugeln aus E-Glas gefertigt sind, und

-dass die teilweise faserförmig ausgebildete Komponente aus Wollastonit gebildet wird.

4. Elektrischer Apparat nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,

-dass das Verhältnis vom Granulat aus Quarzglas zu den Kugeln aus E-Glas und zu der aus Wollastonit gebildeten Komponente in Gewichtsprozenten nahezu 3 : 1 : 2,4 beträgt, und

-dass das Granulat aus Quarzglas eine sich teilweise mit der Teilchengrösse der Kugeln aus E-Glas überlappende Teilchengrösse aufweist.

5. Verfahren zur Herstellung des elektrischen Apparates nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet,

-dass aus den Füllstoffen und Giessharz im Verhältnis von etwa 4 : 1 eine giessfähige Formmasse gemischt wird, und

-dass der mindestens eine von der mindestens einen Wicklung umgebene Kern in eine Giessform eingelegt und mit der Formmasse umgossen wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

-dass vor dem Mischen der Formmasse das Granulat und die Kugeln vermischt, aufgeheizt und vorgetrocknet werden, wobei die Teilchengrösse der grössten Kugeln grösser ist

als die Teilchengrösse kleinster Teile des Granulates und die überwiegende Menge der Kugeln eine kleinere Teilchengrösse aufweist als das Granulat.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,

-dass während des gesamten unter Unterdruck durchgeführten Mischens eine Entgasung und eine Aufwärmung der Formmasse stattfindet.

8. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet,

-dass das für die Formmasse verwendete Giessharz aus einer der Gruppen der anhydridgehärteten Epoxidharze, der ungesättigten Polyesterharze, der Acrylharze und der Polyurethanharze stammt.

9. Verfahren nach den Ansprüchen 5 bis 8, dadurch gekennzeichnet,

-dass die Giessform vorgewärmt und unter Unterdruck mit der aufgewärmten Formmasse beschickt wird,

-dass die Formmasse anschliessend einem mehrere Stunden dauernden Geliervorgang unter erhöhter Temperatur unterworfen wird, und

-dass nach dem Erstarren der Formmasse zum Kunststoffformstoff (1) und nach der Entnahme des elektrischen Apparates aus der Giessform, dieser Kunststoffformstoff (1) unter erhöhter Temperatur nachgehärtet wird.

10. Verfahren nach den Ansprüchen 5 bis 9, dadurch gekennzeichnet,

- dass die Formmasse etwa aus folgenden Bestandteilen gemischt wird:

43 bis 52 MT Epoxidharz,

36 bis 44 MT Härter,

0,1 MT Beschleuniger,

50 50 bis 80 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse 0,355 bis 2 mm,

40 bis 60 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse

55 0,25 bis 0,71 mm,

20 bis 30 MT Quarzglas mit der Teilchengrösse 0,125 bis 0,355 mm,

40 bis 60 MT Kugelkörper aus E-Glas mit der
Teilchengrösse 0,075 bis 0,15 mm, und
55 bis 65 MT Wollastonit.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

5

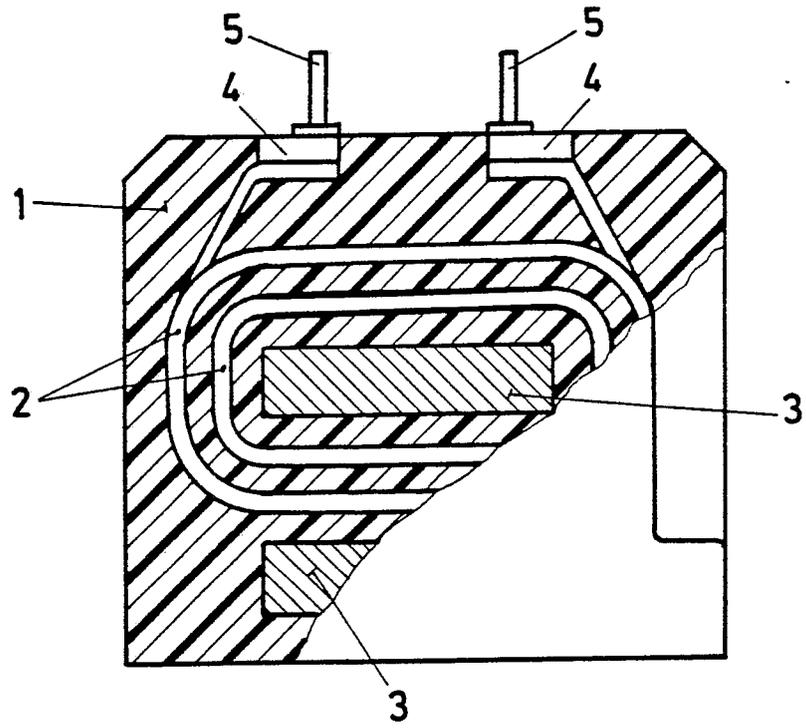


Fig. 1

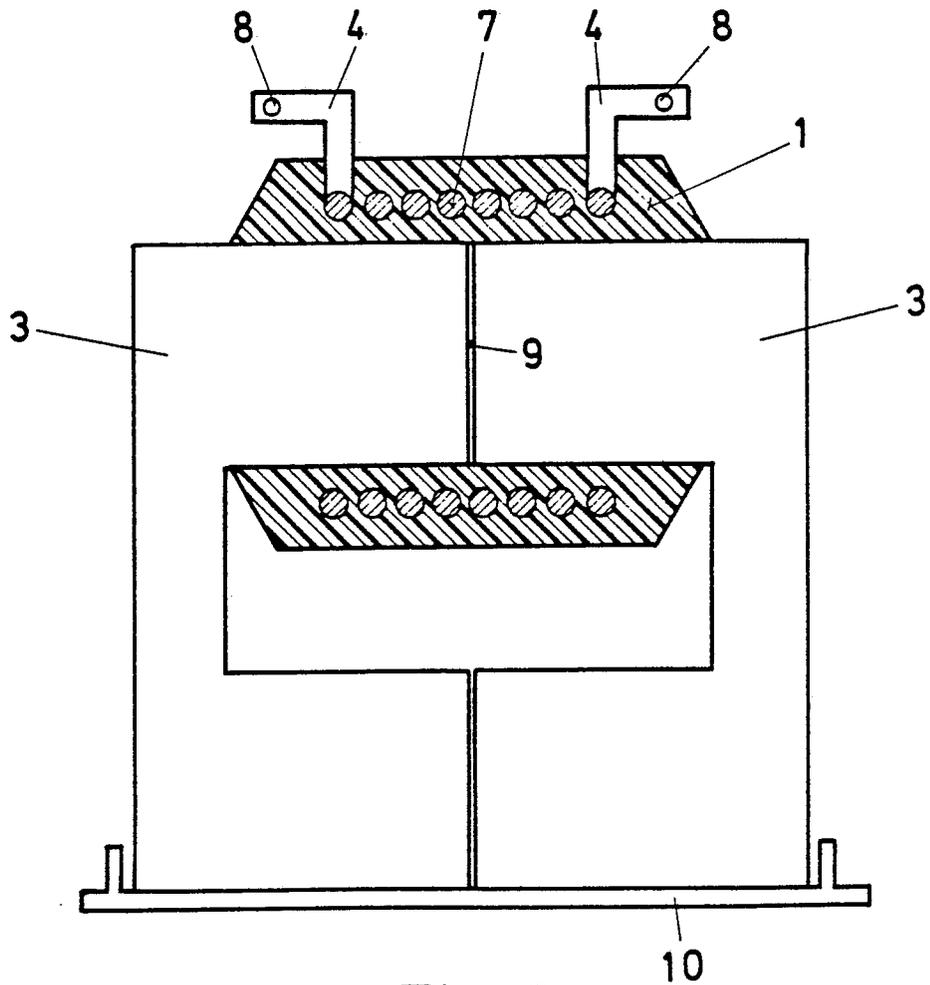


Fig. 2



EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE			
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 4)
A	GB-A- 845 780 (THE GENERAL ELECTRIC CO.) * Seite 2, Zeilen 50-51, 98-117 *		H 01 F 27/02 H 01 F 27/32
A	CH-A- 458 464 (WESTINGHOUSE) * Spalte 8, Zeile 42 - Spalte 9, Zeile 10; Spalte 11, Zeilen 13-16 *	1-3, 5, 8-10	
A	DE-A-1 665 023 (LICENTIA) * Seite 6; Seite 8, letzter Absatz *	2, 3	
A	DE-A-2 422 998 (SIEMENS)		
A	DE-A-2 945 515 (WESTINGHOUSE)		RECHERCHIERTES SACHGEBIETE (Int. Cl. 4) H 01 F 27/00
A	DE-A-2 211 222 (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO.)		
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.			
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 29-09-1987	Prüfer VANHULLE R.
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 : nichtschriftliche 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 andern Gründen angeführtes Dokument & : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	