

(12)

EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

(21) Anmeldenummer: 84104376.3

(51) Int. Cl.³: **H 01 F 27/22**
H 01 F 27/08

(22) Anmeldetag: 18.04.84

(30) Priorität: 10.05.83 CH 2547/83

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:
14.11.84 Patentblatt 84/46

(84) Benannte Vertragsstaaten:
AT CH DE FR GB IT LI

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

(72) Erfinder: Mesic, Ejub, Dipl.-Ing.
Erlenstrasse 6
CH-5442 Fislisbach(CH)

(54) Induktives Bauelement sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb.

(57) Bei einem induktiven Bauelement, insbesondere einer Drossel, die aus einer Wicklung (1) und einem Kern (2) bestehen, wird die thermische Belastbarkeit dadurch verbessert, dass der Kern (2) eine gute Wärmeleitfähigkeit aufweist und die Wicklung (1) mit einem Kernaussenteil (7) über eine Wicklungslücke (8) in engem thermischen Kontakt steht. Die in der Wicklung (1) entstehende Wärme wird so auf einfache Weise auch über den Kernaussenteil (7) an die Umgebung abgegeben, so dass sich ohne aufwendige Wickelverfahren und Veränderungen im Aufbau des Bauelements eine zusätzliche Kühlung ergibt.

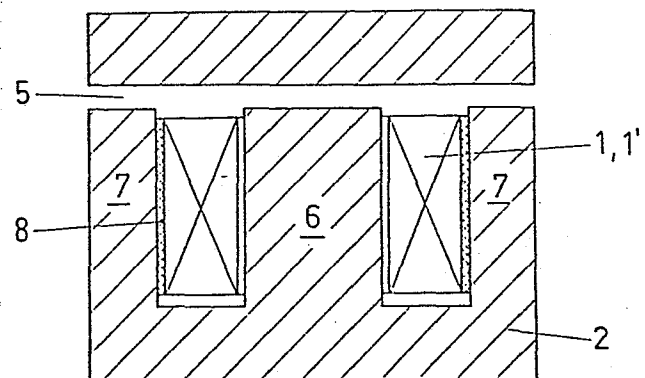


FIG. 2

52/83

Ot/eh

10.5.83

- 1 -

Induktives Bauelement sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb

Die Erfindung betrifft ein induktives Bauelement gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zu dessen Betrieb.

Ein solches Bauelement ist beispielsweise als Transformator mit Primär- und Sekundärwicklung zur Umsetzung von Wechselspannungen und -strömen oder als Drossel zur Glättung pulsierender Gleichströme ein seit langem bekanntes Grundelement der Elektrotechnik. Im Zuge der wachsenden Verbreitung von thyristorbestückten Umrichterschaltungen für eine Vielzahl von Anwendungen in der Antriebstechnik, so z.B. bei elektrischen Lokomotiven, Strassenbahnen oder Trolleybussen, hat sich insbesondere solchen Drosseln ein grosses Einsatzgebiet eröffnet, die sich einerseits durch grosse thermische Belastbarkeit und Stabilität und andererseits durch einen möglichst kompakten Aufbau auszeichnen.

Da bei den zur Glättung verwendeten Drosseln die Ummagnetisierungsverluste im Kern gegenüber den ohmschen Verlusten in der Wicklung in den Hintergrund treten, konzentriert sich bei den Betrachtungen über die thermische Belastbar-

keit das Interesse auf die Abfuhr der in der Wicklung anfallenden Wärme, die insbesondere auch aus den inneren Wicklungslagen der Spule nach aussen gebracht werden soll. Zur Verbesserung der Wärmeabfuhr aus der Spulen-
5 wicklung eines induktiven Bauelements ist es bekannt, bei der Wicklung zwischen den Wicklungslagen, insbesondere bei den Wickelköpfen, Distanzstäbe vorzusehen. Diese Distanzstäbe aus einem isolierenden Material sind zwischen verschiedenen Lagen versetzt so angeordnet, dass sich
10 beim Wickeln durch die Eigenspannung der Wicklungsdrähte an beiden Seiten der Stäbe kanalartige Durchgänge bilden, durch die eine konvektive oder forcierte Kühlung der inneren Spulenbereiche erfolgen kann.

Das Einlegen der Distanzstäbe während des Wickelvorganges
15 verursacht einen erheblichen, zusätzlichen Aufwand bei der Herstellung solcher induktiven Bauelemente und muss üblicherweise von Hand vorgenommen werden, weil dieser Arbeitsablauf einer Automatisierung nur schwer zugänglich ist. Darüber hinaus führen die eingelegten Distanzstäbe
20 vor allem im Aussenteil der Wicklung dazu, dass die Wicklung ausbaucht und die äusseren Abmessungen des Bauelements drastisch vergrössert werden. Schliesslich ist auch die Temperaturverteilung in der Wicklung nach wie vor sehr ungleichmässig, weil die Wärmeabfuhr durch den Einsatz
25 der Kühlkanäle für die im Kernbereich befindlichen Spulenabschnitte nicht wesentlich verbessert wird.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, ein induktives Bauelement zu schaffen, dessen thermische Belastbarkeit in einfach zu realisierender Weise und
30 ohne Vergrösserung der äusseren Abmessungen gegenüber den Bauelementen der bekannten Art merklich verbessert ist.

Die Aufgabe wird bei einem induktiven Bauelement der eingangs genannten Art durch die Merkmale aus dem kenn-

zeichnenden Teil des Anspruchs 1 gelöst. Das Wesen der Erfindung besteht darin, den Kern des induktiven Bauelements zur Wärmeabfuhr heranzuziehen. Durch den engen thermischen Kontakt zwischen der Wicklung und dem Kernaussenteil, 5 der sich aus der geringen Breite der Wicklungslücke und/oder ihre Füllung mit einem festen Isolierstoff ergibt, wird die Wärme gerade aus dem thermisch besonders belasteten Spulenabschnitt innerhalb des Kernbereichs direkt auf den Kern übertragen und aufgrund der guten Wärmeleitfähig- 10 keit des Kerns an die Aussenflächen weitergeleitet. Dadurch erhält man einerseits eine wesentlich vergrösserte Fläche für die Wärmeabgabe nach aussen und zum anderen dient der Kern als zusätzlicher Wärmespeicher, der die bei kurzzeitiger Ueberlastung auftretende Wicklungswärme aufnimmt 15 und so einen Temperatúrausgleich auf unterkritische Werte herbeiführt.

Mit dem Füllen der Wicklung durch einen festen Isolierstoff wird bei gleichzeitigem Schutz der Wicklung ein Uebergang mit Festkörper-Wärmeleitung geschaffen, der 20 sich durch einfaches Imprägnieren herstellen lässt. Besonders günstig ist es in diesem Zusammenhang, als Isolierstoff ein faserverstärktes Material vorzusehen, dessen thermische und mechanische Eigenschaften sehr gut auf die Anforderungen dieses Anwendungsfalles abgestimmt 25 werden können.

Besonders vorteilhaft ist es auch, wenn der Kern des induktiven Bauelements in an sich bekannter Weise als Paket aus Transformatorblechen zusammengesetzt ist. Obgleich die Bleche wegen der Wirbelstromverluste im Stapel 30 mit isolierenden Zwischenschichten angeordnet sind, ist der Stapel dennoch so orientiert, dass sich gerade von der Wicklung nach aussen, senkrecht zur Flächennormalen der Bleche, eine gute Wärmeleitung ergibt. In einer Weiterbildung der Erfindung gelangt man zu einem induktiven

Bauelement, bei dem das Paket des Kerns zur Vergrösserung der Wärmeübergangsfläche in Teilpakete unterteilt ist und die Teilpakete durch Distanzstücke voneinander getrennt sind und Kühlkanäle innerhalb des Kerns bilden. Dadurch
5 ist es möglich, die Wärmeabgabe vom Kern an den Aussenraum im Vergleich zum einteiligen Kern zu vervielfachen und die Kühlung noch effektiver zu gestalten.

Das Verfahren zum Betrieb eines induktiven Bauelementes nach der Erfindung zeichnet sich dadurch aus, dass der
10 Kern grossflächig mit einem Kühlmedium, vorzugsweise Luft, in Berührung gebracht und die in der Wicklung erzeugte Wärme über den Kern an das Kühlmedium abgegeben werden. Mit Hilfe dieses Verfahrens kann die grosse Oberfläche des Kerns zur Wärmeabgabe nach aussen eingesetzt
15 werden. Zusätzliche Vorteile ergeben sich dabei, wenn die Kühlung mit dem Kühlmedium forciert, also z.B. mittels eines Gebläses, erfolgt.

Die Erfindung soll nachfolgend in Ausführungsbeispielen anhand der Zeichnung beschrieben und näher erläutert
20 werden. Es zeigen:

Fig. 1 ein induktives Bauelement mit einem E-I-Kern in Draufsicht,

Fig. 2 die Seitenansicht des Bauelementes nach Fig. 1,

Fig. 3 ein induktives Bauelement mit einem in Teilpakete
25 unterteilten Kern in Draufsicht.

In Fig. 1 ist als Beispiel ein induktives Bauelement mit einem E-I-Kern 2 in der Draufsicht dargestellt. Der Kern 2, der einen weitgehend geschlossenen, magnetischen Kreis bildet, lässt sich unterteilen in einen Kerninnen-

teil 6 und Kernaussenteile 7. Der Kerninnenteil 6 wird von einer Wicklung 1 umschlossen, die in üblicher Weise aus einem Draht gewickelt und in ihrer Windungszahl auf die elektrischen und magnetischen Eigenschaften des Bauelements abgestimmt ist. Die schraffiert eingezeichneten Wicklungsinnebereiche 1' der Wicklung 1 sind ihrerseits vom Kern 2 umschlossen, so dass die in ihnen erzeugte Wärme bei den bisher bekannten Bauelementen innerhalb der Wicklung 1 nach aussen transportiert und dort an die Umgebung abgegeben werden musste, weil die Kernaussenteile 7 eine direkte Kühlung der Wicklungsinnebereiche 1' mit einem Kühlmedium verhinderten und ein direkter Wärmeübergang auf die Kernaussenteile 7 aufgrund des schlechten thermischen Kontakts durch eine vergleichsweise grosse, mit Luft gefüllte Wicklungslücke 8 zwischen den Wicklungsinnebereichen 1' und den Kernaussenteilen 7 nicht möglich war.

Bei der vorliegenden Erfindung dagegen steht die Wicklung 1 mit den Kernaussenteilen 7 in engem thermischen Kontakt. Dies wird dadurch erreicht, dass die Wicklungslücke 8 statt mit der sehr schlecht wärmeleitenden Luft, mit einem festen Isolierstoff ausgefüllt ist und/oder auch die Breite d der Wicklungslücke 8 kleiner als 0,5 mm gewählt wird. Aufgrund des engen thermischen Kontakts kann die Wärme aus den Wicklungsinnebereichen 1' direkt an die Kernaussenteile 7 abgegeben und wegen der guten Wärmeleitfähigkeit des Kerns 2 über seine äussere Oberfläche an die Umgebung abgeführt werden.

Besonders vorteilhaft ist es, die Wicklungslücke 8 in einer Breite von etwa 0,2 mm auszuführen, weil dann einerseits beim Einschieben der Wicklung in den Kern ausreichend Platz verbleibt, um die Isolation der Wicklung nicht zu gefährden, und andererseits nur wenig zusätzliches

Material zum Ausfüllen der Wicklungslücke verwendet werden muss, was den thermischen Kontakt günstig beeinflusst. Das Ausfüllen der Wicklungslücke 8 kann beispielsweise durch das an sich bekannte Verfahren der Vakuumimprägnierung erfolgen, wobei Lücken mit grösserer Breite vor der Im-
5 prägnierung mit Fasermatten verfüllt werden können.

Fig. 2 zeigt das induktive Bauelement nach Fig. 1 in der Seitenansicht. Man erkennt deutlich, wie die den Kernaussenteilen 7 zugewandten Seiten der Wicklung 1
10 über die ausgefüllten Wicklungslücken 8 an die Kernaussenteile 7 thermisch eng durch Festkörperkontakt angekoppelt sind. Der Kern 2 ist üblicherweise mit einem Luftspalt 5 versehen, der als Parameter für die Festlegung der elektrischen Daten des induktiven Bauelements dient und zusammen
15 mit den Parametern der Wicklung 1 und des Kerns 2 dazu benutzt werden kann, die Wicklung 1 bei vorgegebenem Kern 2 in ihren geometrischen Abmessungen stets so auszu-
legen, dass sich nur eine kleine Wicklungslücke 8 ergibt.

Sehr günstige Verhältnisse hinsichtlich der Wärmeabfuhr werden erreicht, wenn der Kern 2 als Paket aus einem
20 Stapel von Transformatorblechen aufgebaut ist. Die Transformatorbleche, die aus bekannten metallischen Legierungen mit entsprechenden magnetischen Eigenschaften gefertigt sind, haben als Metallbleche die erforderliche gute Wärme-
25 leitfähigkeit, um ohne hohe Temperaturgradienten ausreichend grosse Wärmemengen transportieren zu können. Damit die Wärme dann vom Kern 2 über seine aussenliegenden Oberflächen an die Umgebung abgeführt werden kann, sollten diese Wärmeübergangsflächen möglichst gross sein. Um Fläche
30 zu gewinnen, ist es vorteilhaft, wie in Fig. 3 dargestellt, Kühlkanäle 4 im Kern 2 vorzusehen, durch die ein geeignetes Kühlmedium, vorzugsweise Luft, hindurchtreten und dabei Wärme von den angrenzenden Kernwänden aufnehmen kann. Die Veränderung im Kernquerschnitt, die

sich durch die Kühlkanäle 4 bei gleichbleibenden Aussenabmessungen des Kerns ergibt, ist vergleichsweise gering und die mit ihr verbundene Aenderung der elektrischen Eigenschaften des Bauelements kann durch die Modifizierung anderer Parameter in einfacher Weise ausgeglichen werden. Bei einem aus Transformatorblechen aufgebauten Kern können die Kühlkanäle 4 dadurch erzeugt werden, dass kleinere Stapel von Blechen weggelassen und die übriggebliebenen Teilpakete 21, ..., 23 mit entsprechenden Distanzstücken 3 in den Zwischenräumen zusammengesetzt werden. Solche Kühlkanäle 4 haben den zusätzlichen Vorteil, dass die Wicklungsinnenbereiche 1' zumindest teilweise direkt vom Kühlmedium umströmt werden.

Als Beispiel für die Abmessungsverhältnisse kann ein Kern genommen werden, dessen Teilpakete 21, ..., 23 jeweils eine Dicke von etwa 60 mm aufweisen, während der durch die Distanzstücke 3 festgelegte Abstand zwischen den Teilpaketen und damit die Breite der Kühlkanäle 4 etwa 6 mm beträgt. Die Verbesserung in der thermischen Belastbarkeit, wie sie sich durch Einführung der Kühlkanäle 4 ergibt, lässt sich durch die folgenden Zahlenverhältnisse ausdrücken: Wenn die thermische Belastbarkeit eines induktiven Bauelements mit Konvektionskühlung über den Kern mit 100 % festgesetzt wird, kann dieser Wert durch forcierte Kühlung z.B. auf 300 % gesteigert werden. Die Einführung der Kühlkanäle 4 bringt dann eine weitere Steigerung der Belastbarkeit auf etwa 370 % bei gleichbleibendem Kühlmitteldurchsatz.

Insgesamt hat ein induktives Bauelement nach der Erfindung den Vorteil, dass seine thermische Belastbarkeit bei gleichen äusseren Abmessungen gegenüber dem Stand der Technik erheblich vergrössert ist, wobei diese Verbesserung mit sehr einfachen Mitteln zu erreichen ist.

P a t e n t a n s p r ü c h e

1. Induktives Bauelement, insbesondere Drossel für die Leistungselektronik, umfassend wenigstens eine Wicklung (1) und einen Kern (2) hoher magnetischer Permeabilität, welcher Kern (2) im wesentlichen aus einem Metall besteht und als weitgehend geschlossener, magnetischer Kreis ausgebildet ist, und sich aus einem Kerninnenteil (6) und einem Kernaussenteil (7) zusammensetzt, wobei die Wicklung (1) den Kerninnenteil (6) umschliesst und ihrerseits von dem Kern (2) umschlossen wird, dadurch gekennzeichnet, dass die Wicklung (1) vom Kernaussenteil (7) durch eine Wicklungslücke (8) mit einer Breite (d) von weniger als 0,5 mm getrennt und/oder die Wicklungslücke (8) mit einem festen Isolierstoff ausgefüllt sind.
- 15 2. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Isolierstoff ein faserverstärktes Epoxydharz ist.
3. Induktives Bauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (2) als Paket aus Transformatorblechen aufgebaut ist.
- 20 4. Induktives Bauelement nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Paket zur Vergrößerung der Wärmeübergangsfläche in Teilpakete (21, ..., 23) unterteilt ist und die Teilpakete (21, ..., 23) durch Distanzstücke (3) voneinander getrennt sind und Kühlkanäle (4) bilden.
- 25 5. Verfahren zum Betrieb eines induktiven Bauelements nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Kern (2) grossflächig mit einem Kühlmedium, vorzugsweise Luft, in Berührung gebracht und die in der Wicklung

(1) erzeugte Wärme über den Kern (2) an das Kühlmedium abgegeben werden.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Kühlung mit dem Kühlmedium forciert erfolgt.

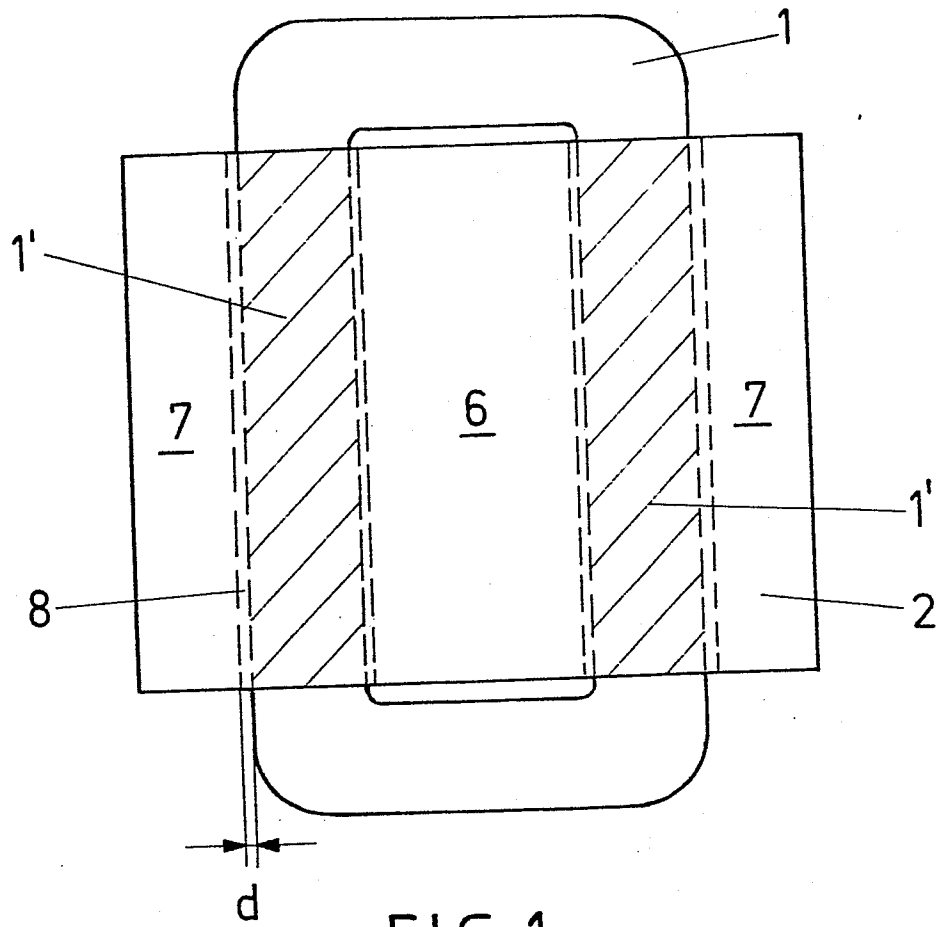


FIG. 1

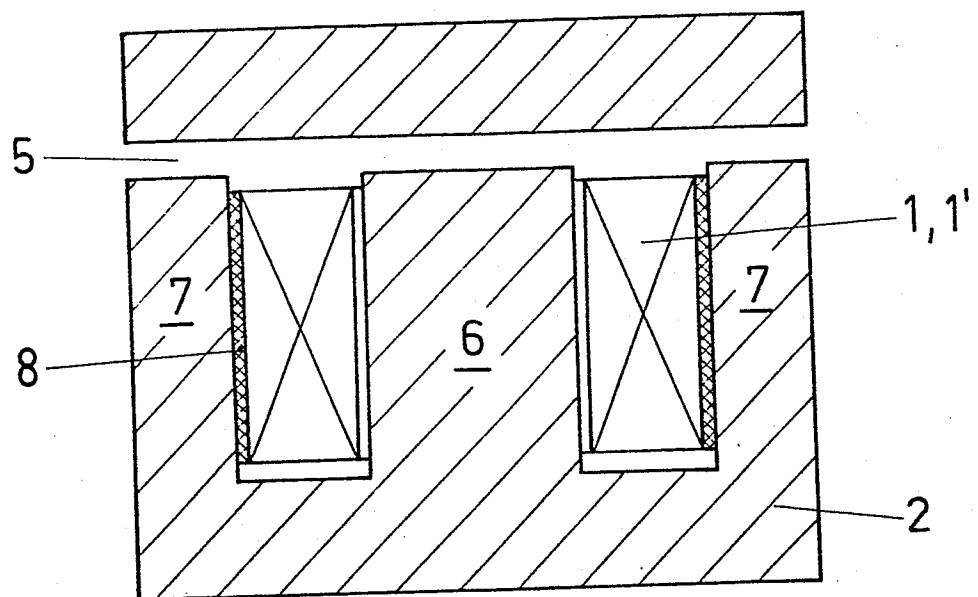


FIG. 2

- 2/2 -

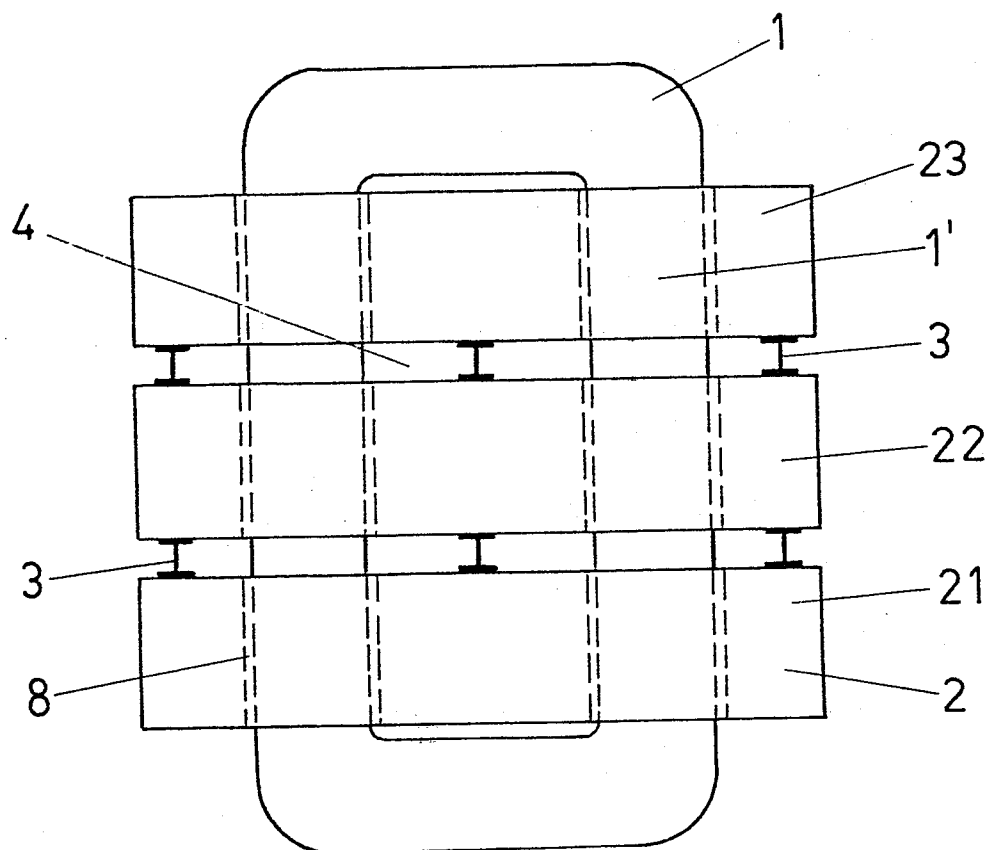


FIG. 3



Europäisches
Patentamt

EUROPÄISCHER RECHERCHENBERICHT

0124809

Nummer der Anmeldung

EP 84 10 4376

EINSCHLÄGIGE DOKUMENTE																	
Kategorie	Kennzeichnung des Dokuments mit Angabe, soweit erforderlich, der maßgeblichen Teile	Betrifft Anspruch	KLASSIFIKATION DER ANMELDUNG (Int. Cl. 3)														
X	PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 5, Nr. 78(E-58)(750), 22. Mai 1981; & JP - A - 56 27908 (MATSUSHITA DENKI SANGYO K.K.) 18.03.1981 * Insgesamt *	1-3	H 01 F 27/22 H 01 F 27/08														
A	--- PATENTS ABSTRACTS OF JAPAN, Band 7, Nr. 76, 30. März 1983, Seite 58E167; & JP - A - 58 4908 (FUJITSU DENSO K.K.) 12.01.1983 * Insgesamt *	4,5															
A	--- DE-C- 131 191 (SIEMENS) * Linke Spalte, Absätze 3,4; rechte Spalte, Absätze 1-4 *	4,5															
A	--- DE-C- 381 047 (BBC) * Zeilen 17-52 *	4-6	RECHERCHIERTE SACHGEBIETE (Int. Cl. 3)														
A	--- CH-A- 257 219 (MOSER-GLÄSER)		H 01 F 27/00														
A	--- GB-A-2 051 491 (WESTINGHOUSE CANADA) -----																
Der vorliegende Recherchenbericht wurde für alle Patentansprüche erstellt.																	
Recherchenort DEN HAAG		Abschlußdatum der Recherche 26-07-1984	Prüfer VANHULLE R.														
<table border="0"><tr><td>KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN</td><td>E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</td></tr><tr><td>X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet</td><td>D : in der Anmeldung angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie</td><td>L : aus andern Gründen angeführtes Dokument</td></tr><tr><td>A : technologischer Hintergrund</td><td></td></tr><tr><td>O : nichtschriftliche Offenbarung</td><td></td></tr><tr><td>P : Zwischenliteratur</td><td>& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument</td></tr><tr><td>T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze</td><td></td></tr></table>				KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist	X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument	Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument	A : technologischer Hintergrund		O : nichtschriftliche Offenbarung		P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument	T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze	
KATEGORIE DER GENANNTEN DOKUMENTEN	E : älteres Patentedokument, das jedoch erst am oder nach dem Anmeldedatum veröffentlicht worden ist																
X : von besonderer Bedeutung allein betrachtet	D : in der Anmeldung angeführtes Dokument																
Y : von besonderer Bedeutung in Verbindung mit einer anderen Veröffentlichung derselben Kategorie	L : aus andern Gründen angeführtes Dokument																
A : technologischer Hintergrund																	
O : nichtschriftliche Offenbarung																	
P : Zwischenliteratur	& : Mitglied der gleichen Patentfamilie, übereinstimmendes Dokument																
T : der Erfindung zugrunde liegende Theorien oder Grundsätze																	