

(19)

österreichisches
patentamt

(10)

AT 413 158 B 2005-11-15

(12)

Patentschrift

- (21) Anmeldenummer: A 1966/2003 (51) Int. Cl.⁷: H01F 27/26
(22) Anmeldetag: 2003-12-09
(42) Beginn der Patentdauer: 2005-04-15
(45) Ausgabetag: 2005-11-15

(56) Entgegenhaltungen:
CH 484499A

(73) Patentinhaber:
VA TECH EBG TRANSFORMATOREN
GMBH & CO
A-4021 LINZ, OBERÖSTERREICH (AT).

(72) Erfinder:
HAMBERGER PETER DR.
ZWETTL/RODL, OBERÖSTERREICH
(AT).

(54) **ELEKTRISCHE MASCHINE MIT EINER ABSCHIRMEINRICHTUNG GEGEN
MAGNETISCHEN STREUFLUSS**

(57) Um die negativen Auswirkungen des magnetischen Streufusses in elektrischen Maschinen, wie z.B. Wirbelstromverluste, Heißstellen, etc., zu verringern, wird ernungsgemäß vorgeschlagen, eine Abschirmeinrichtung vorzusehen, die als Zugstange 4 ausgeführt ist und das Material der Zugstange 4 eine hohe magnetische Leitfähigkeit aufweist.

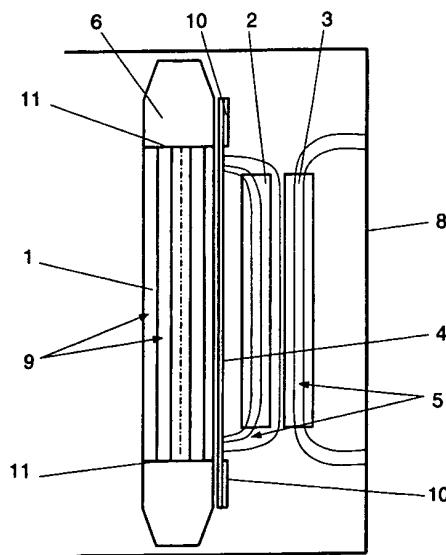


Fig. 1

Die gegenständliche Erfindung betrifft eine Elektrische Maschine mit einem Kern und zumindest einer Wicklung, die den Kern zumindest teilweise umgibt und einer Abschirmeinrichtung, die zumindest teilweise das Eindringen des Streuflusses in den Kern verhindert.

- 5 In elektrischen Maschinen, wie z.B. Transformatoren, umgibt eine Wicklung einen Kern, der in der Praxis meistens aus geschichteten Kernblechen besteht. Dabei kommt es auch zu einem von den Wicklungen ausgehenden Streufluss, der den Luftspalt zwischen Wicklung und Kern überbrückt und in die Blechpakte eindringt. Gleichzeitig wird ein Teil des Streuflusses auch in das Gehäuse des Transformators gedrängt. Der Streufluss erzeugt dabei sowohl im Blechpaket, als auch im Gehäuse Wirbelströme, die sich in unerwünschten Wirbelstromverlusten bemerkbar machen. Diese Wirbelstromverluste treten z.B. auch durch unerwünschte Heißstellen im Kern und/oder im Gehäuse zu Tage. Diese Wirbelströme sind aber darüber hinaus auch für höherfrequente Lastgeräusche und damit hohe Betriebsgeräusche verantwortlich zu machen. Ebenso entstehen Wirbelstromverluste in einer herkömmlichen massiven Zugstange durch die 15 Wirbelströme, die sich ausbilden, wenn der Streufluss in das Material der Zugstange eindringt und dieser Streufluss in der Zugstange weitergeleitet wird.

Um die Wirbelstromverluste zu verringern, hat man z.B. bisher die Kernbleche geschlitzt ausgeführt, um die Angriffsfläche für den Streufluss zu verringern. Jedoch ist es vom technischen 20 Aufwand nicht möglich, die Schlitze so fein zu setzen, dass die Wirbelstromausprägung fast zur Gänze unterdrückt würde.

Ebenfalls wurden bisher bereits Abschirmungen gegen den Streufluss an unterschiedlichsten Stellen des Transformators und zu unterschiedlichsten Zwecken vorgesehen. Die 25 JP 2002-075752 A zeigt z.B. eine bekannte Pressplattenabschirmung mit einer Abschirmeinrichtung aus einem hochpermeablen Material. Die JP 09-180946 A zeigt eine Abschirmung des Trafobehälters gegenüber dem Streufluss, um die Wärmeabstrahlung des Trafobehälters zu reduzieren. Eine kapazitive Abschirmung zwischen Kern und Wicklung geht aus der DE 30 20 400 A1 hervor. Diese geerdete Abschirmung wird jedoch aus einem weichmagnetischen Material mit hoher Permeabilität und guter elektrischer Leitfähigkeit gebildet, um unter 30 anderem zu verhindern, dass Streufluss vom Kern nach außen dringt. Als Beispiel für das Material der Abschirmung wird MUMETALL® genannt, mit einem spezifischen Widerstand von typischerweise $0,55\Omega\text{mm}^2/\text{m}$ und einer spezifischen magnetischen Permeabilität von typischerweise größer 30.000.

35 Die DE 12 37 677 zeigt ein als Magnetschild fungierendes Blechpaket, das auf das äußerste Blechpaket des Kerns aufgelegt ist und dessen Schichtung senkrecht zur Blechschildrichtung des Kerns ausgerichtet ist. Dieses Blechpaket muss aber in der Wicklung mittels Spannleisten oder Spannkeilen verspannt werden. Der Zusammenbau eines solchen Transformatoren ist 40 damit aber relativ aufwendig, da die Blechpakte des Magnetschilds justiert, gehalten und verspannt werden müssen. Außerdem erhöht man durch die Verspannung die mechanische Belastung auf die Wicklung selbst, die entsprechend ausgelegt werden muss. Das Streufeld das durch den Transformatorkessel nach außen in die Umgebung des Transformatoren dringt kann durch EMV Abstrahlungen ebenfalls zu Problemen führen. Oftmals werden diesbezüglich 45 Grenzwerte von $1\mu\text{T}$ gefordert, was nicht einfach einzuhalten ist.

Der CH 484 499 A ist eine Abschirmeinrichtung zu entnehmen, die an der Zugstange eines geschichteten Kerns angeordnet wird. Die Abschirmeinrichtung besteht aus geschichteten Blechen, wobei die Blechschichtung parallel zur Kernschichtung ausgerichtet ist, was zu einer 50 verringerten Abschirmwirkung gegen Streufluss führt. Die Abschirmeinrichtung vergrößert natürlich den notwendigen Bauraum einer solchen Anordnung. Weiters muss die Abschirmeinrichtung an der Zugstange befestigt werden, was eine aufwendigere Herstellung eines solchen Transformators bedingt.

55 Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung liegt darin, eine Platz sparende Vorrichtung an-

zugeben, mit der die Wirbelstromverluste einer elektrischen Maschine und alle oben angeführten weiteren negativen Effekte und Nachteile, verringert werden können und die darüber hinaus einfach aufgebaut ist.

5 Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass die Abschirmleinrichtung als Zugstange des Transformators ausgebildet ist wobei die Zugstange aus geschichteten Blechen ausgeführt ist und die Schichtung der Zugstange im Wesentlichen normal zur Schichtung des Kerns ausgerichtet ist und das Material der Zugstange eine hohe relative magnetische Permeabilität, vorzugsweise mindestens größer 1.000, aufweist.

10 Durch die hohe magnetische Permeabilität wird vermehrt Streufluss zur Zugstange gesaugt, sodass folglich weniger Streufluss zu andere Komponenten, wie z.B. das Gehäuse der Maschine, gelangt. Aber es wird auch verhindert, dass der Streufluss in den Kern eindringen kann, da der Streufluss in der Zugstange kurzgeschlossen wird. Damit sinken in Summe die Wirbelstromverluste sowohl im Kern als auch im Gehäuse. Die nicht in den Wicklungen und in Zusammenhang mit den Ausleitungen auftretenden Wirbelstromverluste können damit wesentlich gesenkt werden.

15 20 Dadurch können weiters Heißstellen in den Kernblechen vermieden werden und es kann darüber hinaus noch Wicklungskupfer eingespart werden, was sich in den Kosten der elektrischen Maschine positiv auswirkt.

25 Als weiteren Vorteil werden die Betriebsgeräusche reduziert, da der Streufluss im Kern keine Sättigung und daher keine Wirbelströme höherer Frequenz verursacht und damit auch keine höherfrequenten Schwingungen im Kern angeregt werden können.

30 Dadurch dass der Streufluss verstärkt nach innen geschlossen wird, ergibt sich eine positive Auswirkung auf die EMV Abstrahlung. Dies ist ein positiver Beitrag zur Erfüllung der steigenden Forderungen hinsichtlich des den Trafo umgebenden Streufeldes.

35 40 Die Funktion der Zugstange und der Schirmung ist in einem Bauteil vereinigt, weshalb sich eine besonders Platz sparende Anordnung ergibt.

45 50 Die Wirbelstromverluste lassen sich weiter reduzieren, indem im Bereich zumindest eines Teils einer Stirnseiten einer Wicklung ein Streufinger angeordnet wird, der mit der Zugstange magnetisch leitend verbunden ist und das Material des Streufingers eine hohe relative magnetische Permeabilität, vorzugsweise mindestens größer 1.000, aufweist. Durch einen Solchen Streufinger wird ein Teil des Streuflusses, der sonst in die Pressplatte oder in das Gehäuse gehen würde, zur Zugstange geleitet und dort wiederum nach innen geschlossen.

55 Das verwendete Material weist für eine besonders gute erfindungsgemäße Wirkung eine relative magnetische Permeabilität von größer 10.000 auf, wie z.B. Trafoblech oder Dynamoblech.

60 Besonders vorteilhaft wird die Zugstange und/oder der Streufinger aus geschichteten Blechen gebildet, wobei die Schichtung im Wesentlichen normal zur Schichtung des Kerns ausgerichtet ist, da dann die Wirbelströme noch weiter gesenkt werden können. Durch die Zugstange und/oder den Streufinger aus Blechlamellen werden die Wirbelströme in der Zugstange und/oder dem Streufinger weitestgehend unterdrückt, wodurch auch keine Heißstellen in der Zugstange bzw. dem Streufinger auftreten können. Eine weitere Verbesserung ergibt sich, wenn die einzelnen Bleche der geschichteten Zugstange bzw. des Streufingers gegeneinander isoliert sind.

65 Die Erfindung wird im Nachfolgenden anhand der beispielhaften, schematischen und nicht einschränkenden Figuren 1 bis 4 beschrieben. Dabei zeigt

70 Fig. 1 einen Ausschnitt einer Wicklung eines Transformators mit einer erfindungsgemäßen

Abschirmeinrichtung,

Fig. 2 einen Aufriss einer als Zugstange ausgeführten Abschirmeinrichtung,

Fig. 3 einen Grundriss der Anordnung einer Zugstange am Kern und

Fig. 4 eine erfindungsgemäße Ausführung mit Streufinger in zwei Ansichten.

5 Fig. 1 zeigt einen Ausschnitt einer elektrischen Maschine, hier ein Transformator. Ein hinlänglich bekannter, aus einzelnen Kernblechen 9 geschichteter Kern 1 des Transformators bildet zusammen mit dem angedeuteten Joch 6 in hinlänglich bekannter Weise einen Teil des magnetischen Kreises des Transformatoren, in dem der magnetische Hauptfluss fließt. Die bekannte
 10 Zugstange 4 mit den Pressplatten 10 zur Fixierung und zum Zusammenhalten der Blechpakete 9 des Kerns 1 ist ebenfalls schematisch dargestellt. Die Zugstange 4 geht über die obere und untere Jochkante 11 hinaus und weist an ihren äußeren Enden je eine Pressplatte 10 auf, mit der die Zugstange 4 im Transformator mit hinlänglich bekannten Mitteln, wie z.B. Schrauben oder Bolzen, fixiert werden kann, siehe Fig. 1 und 2. Um den Kern 1 sind konzentrisch eine
 15 Primärwicklung 2 und eine Sekundärwicklung 3 angeordnet, wie in Fig. 1, schematisch dargestellt. In beiden Wicklungen 2, 3 entsteht im Betrieb bekannter Weise ein Streufluss 5, der bei einem herkömmlichen Transformator zum Teil in den Kern 1 und zum anderen Teil in das angedeutete Transformatorgehäuse 8 geleitet wird und dort jeweils Wirbelströme und damit verbundene Wirbelstromverluste erzeugt. Die Aufteilung des Streuflusses 5 auf Kern 1 und Gehäuse 8 hängt dabei bei einem herkömmlichen Transformator im Wesentlichen von den geometrischen Gegebenheiten im Transformator ab.

25 Beim erfindungsgemäßen Transformator nach Fig. 1 ist jedoch zwischen Kern 1 und Primärwicklung 2 eine Abschirmeinrichtung in Form der Zugstange 4 angeordnet. Diese Zugstange 4 ist in der Regel im Bereich der Breitseiten der Kernblechpakete 9, bzw. der Kernbleche selbst, vorgesehen, wie in Fig. 3 angedeutet, da dort der Streufluss 5 in bekannter Weise besonders große Wirbelströme in den Blechebenen induzieren kann. An den Stirnseiten der Kernblechpakete 9, bzw. der einzelnen Kernbleche, entstehen nur geringe Wirbelströme, sodass dort eine Abschirmung für den Streufluss 5 nicht erforderlich ist. Grundsätzlich könnte die Zugstange 4 aber auch an einer anderen Stelle angeordnet sein. Die Zugstange 4 besteht in diesem Beispiel
 30 aus einem Material, das eine hohe magnetische Permeabilität, also eine hohe magnetische Leitfähigkeit aufweist. Durch die hohe magnetische Permeabilität „saugt“ die Zugstange 4 den Streufluss 5 vermehrt an und es wird weniger Streufluss 5 in das Gehäuse 8 geleitet, in dem folglich auch geringere Wirbelströme und Wirbelstromverluste erzeugt werden. Die Zugstange 4 „schluckt“ somit praktisch den Streufluss 5, oder anders ausgedrückt wird der Streufluss 5 durch die als Abschirmeinrichtung ausgebildete Zugstange 4 „kurzgeschlossen“, damit er nicht in die Kernbleche 9 des Kern 1 eindringen kann.

40 Ein dazu geeignetes Material sollte eine relative Permeabilität von mindestens 1000 oder 5000, vorzugsweise mindestens 10.000, 15.000 oder 20.000, bis 30.000, aufweisen. Ein solches bekanntes Material ist z.B. Trafoblech, das im Transformatorenbau bisher als Kernmaterial zur Übertragung des Hauptflusses verwendet wurde. Trafobleche weisen in eine Vorzugsrichtung optimierte Materialdaten auf und solche kornorientierte Trafobleche können eine relative Permeabilität von bis zu 30.000 erreichen. Ein anderes geeignetes Material wäre z.B. Dynamoblech, das z.B. bei rotierenden elektrischen Maschinen eingesetzt wird, mit einer relativen Permeabilität von bis zu 10.000. Die Zugstange in einem herkömmlichen Transformator wird dahingegen aus massiven Baustahl, mit einer relativen Permeabilität von typischerweise lediglich 125 bei 1,7T, mit Schlitten gefertigt.

45 50 Die Wirkung der Zugstange 4 als Abschirmeinrichtung kann noch weiter verbessert werden, wenn die Zugstange 4, ähnlich wie der Kern 1, aus geschichteten Blechen 12 gebildet wird, wie in den Fig. 2 und 3 angedeutet. Die nebeneinander liegenden Bleche 12 sind dabei vorzugsweise noch gegeneinander elektrisch isoliert. Damit entsteht in einer Richtung normal auf Schichtung des Kerns 1 ein geschichtetes Blechpaket, das in Querrichtung einen hohen elektrischen Widerstand aufweist, wodurch die in der Zugstange 4 entstehenden Wirbelströme redu-

ziert werden. Querrichtung bedeutet in diesem Beispiel z.B. in Fig. 2 in Blattebene von links nach rechts (oder rechts nach links) und in Fig. 4 in Blattebene von unten nach oben (oder umgekehrt). Das Blechpaket 12 der Zugstange 4 kann dabei ebenfalls durch die Pressplatte 10 zusammengehalten werden, kann aber genauso gut auch mit einer beliebigen anderen geeigneten Methode, wie z.B. durch Kleben, zusammengehalten werden.

Eine weitere Verbesserung der Abschirmung kann mit Streufingern 13 erzielt werden, wie in Fig. 4 gezeigt. Die Anordnung und der Aufbau des Transformators mit Kern 1, Primär- 2 und Sekundärwicklung 3, geschichteter Zugstange 4 und Pressplatte 10 ist wie oben bereits beschrieben. Zusätzlich sind nun aber noch Streufinger 13 angeordnet, die sich über und unter den Stirnflächen 15 (die untere Hälfte ist in Fig. 4 zwecks Vereinfachung nicht dargestellt) der beiden Wicklungen 2, 3 ausgehend von der Zugstange 4 radial und normal auf die Zugstange 4 vom Kern 1 nach außen erstrecken. Die Zugstange 4 und die Streufinger 13 sind dabei magnetisch leitend verbunden. Magnetisch leitend verbunden bedeutet in diesem Zusammenhang natürlich, dass der magnetische Fluss über die Verbindungsstelle von Zugstange 4 und Streufinger 13 geleitet wird, also ein möglichst kleiner magnetischer Widerstand vorhanden ist. Der von den Stirnflächen 15 der Wicklungen 2, 3 ausgehende Streufluss 5, der sonst in die Pressplatte 10 oder in das Gehäuse 8 geleitet und dort Wirbelstromverluste verursachen würde, wird nun durch die hohe relative magnetische Permeabilität des Material des Streufingers 13 zum Teil von den Streufingern 13 aufgesammelt und zur Zugstange 4 geleitet, wo er wieder nach innen geschlossen wird. Mögliche Wirbelstromverluste in den Streufingern 13 werden weitestgehend unterdrückt, wenn die Streufinger, wie in Fig. 4 angedeutet, ebenso wie die Zugstange 4 aus geschichteten Blechen 14 ausgebildet werden, die ebenfalls wieder gegeneinander isoliert sein sollten. Die Schichtung des Streufingers 13 ist dabei so wie die Schichtung der Zugstange 4 wieder normal auf die Schichtung des Kerns 1 ausgerichtet.

Die Streufinger 13 in Fig. 4 erstrecken sich nur im Bereich der Breitseiten der Kernblechpakete 9 des Kerns 1 über die Stirnflächen 15 der Wicklungen 2, 3. Es ist aber selbstverständlich, dass solche Streufinger 13 auch oder zusätzlich an anderen Stellen angeordnet sein könnten, insbesondere könnten sich die Streufinger 13 auch über die gesamte Stirnfläche 15 der Wicklungen 2, 3 erstrecken, was zu einer Art Streuscheibe führen würde.

Patentansprüche:

1. Elektrische Maschine, vorzugsweise ein Transformator, mit einem Kern (1), vorzugsweise ein geschichteter Kern, und zumindest einer Wicklung (2), die den Kern (1) zumindest teilweise umgibt und einer Abschirmeinrichtung, die zumindest teilweise das Eindringen von Streufluss (5) in den Kern (1) verhindert, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Abschirmeinrichtung als Zugstange (4) ausgebildet ist, *wobei die Zugstange (4) aus geschichteten Blechen (12) ausgeführt ist und die Schichtung der Zugstange (4) im Wesentlichen normal zur Schichtung des Kerns (1) ausgerichtet ist* und dass das Material der Zugstange (4) eine hohe relative magnetische Permeabilität, vorzugsweise mindestens größer 1.000, aufweist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, *dadurch gekennzeichnet*, dass im Bereich zumindest eines Teils einer Stirnseite (15) der Wicklung (2) ein Streufinger (13) angeordnet ist, der mit der Zugstange (4) magnetisch leitend verbunden ist und das Material des Streufingers (13) eine hohe relative magnetische Permeabilität, vorzugsweise mindestens größer 1.000, aufweist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, *dadurch gekennzeichnet*, dass sich der Streufinger (13) im Wesentlichen normal auf die Zugstange (4) radial nach außen erstreckt.
4. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, *dadurch gekennzeichnet*, dass die relative magnetische Permeabilität des Materials der Zugstange (4) und/oder des

Streufingers (13) größer 10.000, vorzugsweise größer 20.000, ist.

5. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 4, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Zugstange (4) und/oder der Streufinger (13) aus Trafoblech oder Dynamoblech ausgeführt ist.
6. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 2 bis 5, *dadurch gekennzeichnet*, dass der Streufinger (13) aus geschichteten Blechen (12) ausgeführt ist.
- 10 7. Elektrische Maschine nach Anspruch 6, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Schichtung des Streufingers (13) im Wesentlichen normal zur Schichtung des Kerns (1) ausgerichtet ist.
- 15 8. Elektrische Maschine nach Anspruch 6 oder 7, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine Anzahl der einzelnen nebeneinander liegenden Bleche (12) der Zugstange (4) und/oder des Streufingers (13) gegeneinander elektrisch isoliert sind.
- 20 9. Zugstange eines Transformators, *dadurch gekennzeichnet*, dass die Zugstange (4) aus einzelnen geschichteten Blechen (12) mit einer hohen relativen magnetischen Permeabilität, vorzugsweise mindestens größer 1.000, ausgeführt ist.
- 25 10. Zugstange nach Anspruch 9, *dadurch gekennzeichnet*, dass zumindest eine Anzahl der einzelnen nebeneinander liegenden Bleche (12) der Zugstange (4) gegeneinander elektrisch isoliert sind.
11. Zugstange nach Anspruch 9 oder 10, *dadurch gekennzeichnet*, dass das Material der Zugstange (4) eine relative magnetische Permeabilität größer 10.000, vorzugsweise größer 20.000, aufweist.

30 Hiezu 2 Blatt Zeichnungen

35

40

45

50

55

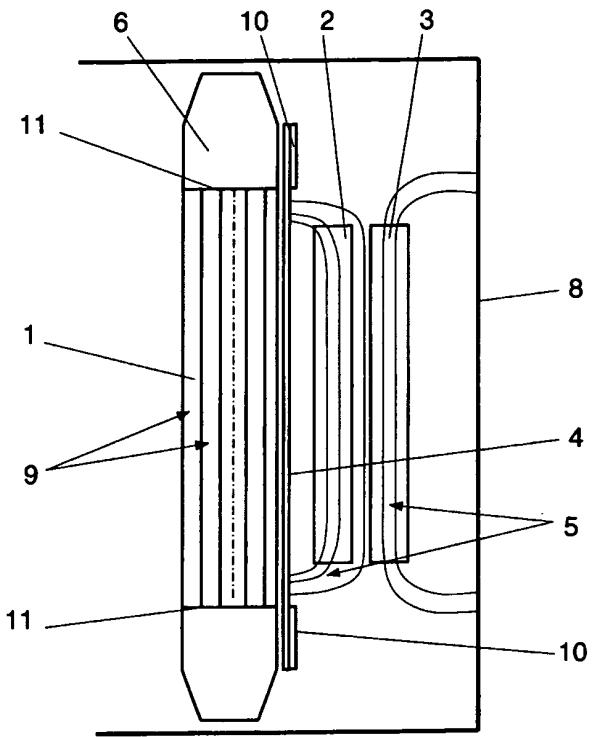


Fig. 1

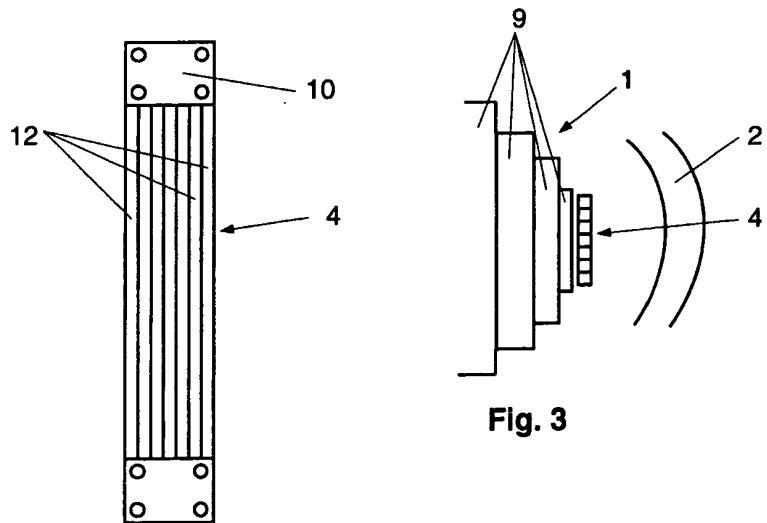


Fig. 2

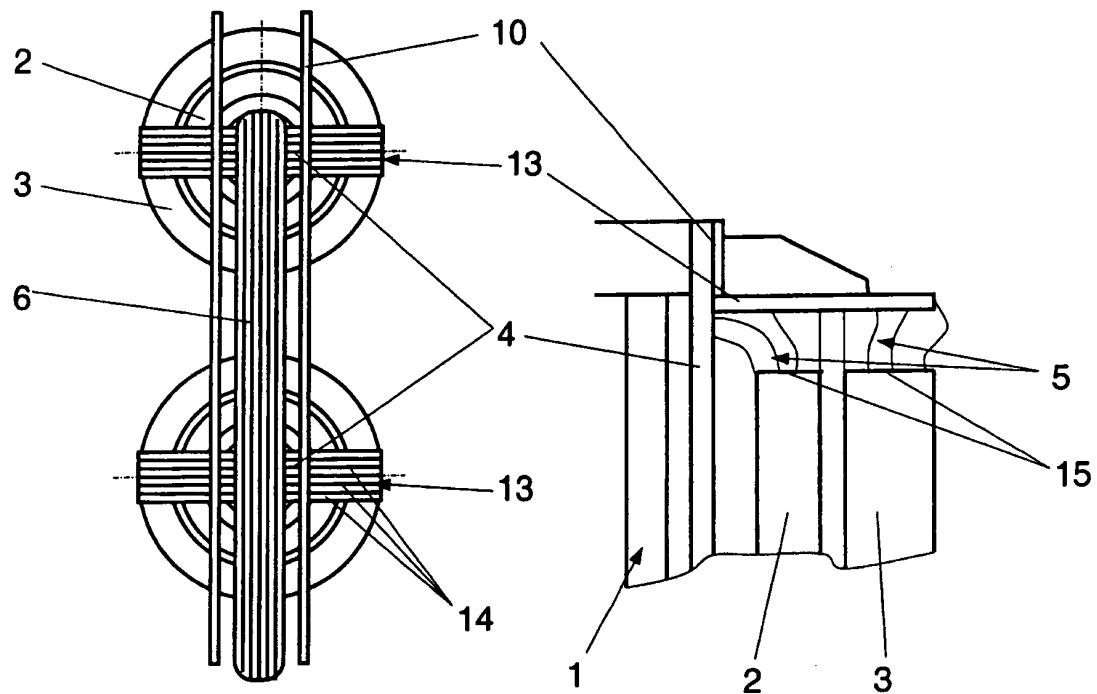


Fig. 4