

**Erfnungspatent für die Schweiz und Liechtenstein**  
Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

**⑫ PATENTSCHRIFT A5**

⑯ Gesuchsnummer: 7465/81

⑯ Inhaber:  
Ganz Villamossagi Müvek, Budapest II (HU)

⑯ Anmeldungsdatum: 20.11.1981

⑯ Erfinder:  
Geszti, Pal Otto, Dr., Budapest XII (HU)  
Karsai, Karoly, Dr., Budapest II (HU)  
Kiss, Laszlo, Dr., Budapest II (HU)

⑯ Patent erteilt: 13.02.1987

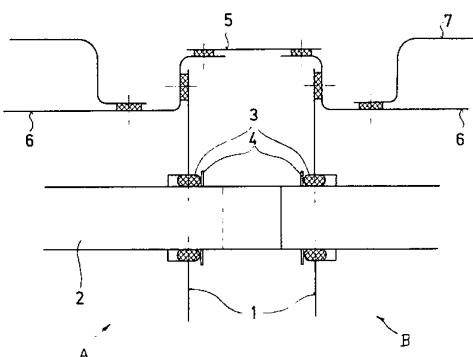
⑯ Vertreter:  
E. Blum & Co., Zürich

⑯ Patentschrift  
veröffentlicht: 13.02.1987

**⑤4 Transformator mit einem zerlegbaren magnetischen Kreis.**

⑤7 Die Erfnung bietet eine Lösung für die Erhöhung der Einheitsleistungen an, die die Zuverlässigkeit keineswegs beeinträchtigt. Der Transformator ist in Einheiten A, B zerlegbar, die eine Wicklung und den flüssigen Isolierstoff enthalten. Ein Abschnitt des Eisenkerns (2) ist in einem separaten Kessel (6, 7) angeordnet. Bei der Montage werden die Einheiten wieder zum Transformator zusammengebaut.

Der Vorteil der Erfnung liegt darin, dass die Einheitsleistung erhöht werden kann, ohne die Zuverlässigkeit herabzusetzen.



## PATENTANSPRÜCHE

1. Transformator mit einem zerlegbaren magnetischen Kreis mit einem Eisenkern mit Halbrahmen oder Vollrahmen, dadurch gekennzeichnet, dass der zerlegbare magnetische Kreis aus einem in einen Unterteil und einen Oberteil unterteilten Joch und aus die Jochteile miteinander verbindenden Säulen besteht, wobei die Jochteile mindestens einen Endabschnitt aufweisen und wobei ineinanderpassende Endabschnitte von Jochteilen jeweils eine Isolierplatte (1) eines die Jochteile und die Säulen umschliessenden Kessels (6, 7) durchdringen und miteinander verbunden sind.

2. Transformator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Endabschnitte der Jochteile keil- oder kammförmig ausgebildet sind.

3. Transformator nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Isolierplatte (1) und den Endabschnitten eine Dichtung (3) vorgesehen ist.

4. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die durch die Isolierplatte (1) ragenden Endabschnitte der Jochteile durch eine Platte (5) abgedeckt sind.

5. Transformator nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Raum zwischen den Isolierplatten (1) mit Kühlöl gefüllt ist.

Die Erfindung betrifft einen Transformator gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Eine Eigenart der gegenwärtig verbreiteten Energiesysteme besteht darin, dass die Einheitsleistungen der elektrischen Anlagen und daher der Transformatoren eine zunehmende Tendenz aufweisen. Der Grund dafür ist, dass zwischen der Masse, dem Preis und der Leistung der Transformatoren mit erhöhter Leistung die folgende Korrelation besteht:

$$M = c_1 \bar{A} = c_2 P^k$$

wobei:

$M$  = die Masse des Transformators

$\bar{A}$  = den Preis

$P$  = die Leistung

$c_1, c_2$  = Konstanten,

$K$  = einen Exponenten (immer  $< 1$ ) bezeichnen.

Die Grösse der Einheitsleistungen wird immer von den transportierbaren Massen und Abmessungen bestimmt, die bei dem Transport per Bahn, auf der Strasse oder den Wasserstrassen noch zulässig sind. Im allgemeinen kann die Erhöhung der Einheitsleistungen durch den Einbau von grösseren Materialmengen in die noch zur Verfügung stehenden Dimensionen oder durch erhöhte elektrische, thermische und mechanische Inanspruchnahmen erreicht werden. Die Erhöhung wird durch die folgende Gleichung veranschaulicht:

$$dP = \sum_{i=1}^n (c'_i \sigma_i d M_i + c''_i M_i d \sigma_i)$$

wobei:

$dP$  = die Erhöhung der Einheitsleistung,

$i = 1, \dots, n$  = die Zahl derjenigen Bestandteile, durch deren Änderung die erhöhte Leistung erreicht werden kann,

$M_i$  = die Masse der Bestandteile,

$\sigma_i$  = die an den Bestandteilen auftretende Belastung,

$c'_i, c''_i$  = Konstanten bezeichnen.

Aus der Korrelation geht es eindeutig hervor, dass die Einheitsleistung entweder durch die Erhöhung der eingebauten Masse oder durch eine erhöhte Belastung – oder wie es die Praxis zeigt – durch die gleichzeitige Verwendung beider Möglichkeiten erhöht werden kann. Die in der Hinsicht der Betriebssicherheit gewonnenen Erfahrungen haben es gezeigt, dass die erhöhte Belastung und der Einbau einer grösseren Masse (bei unveränderter Belastung) – jedes für sich – die Betriebssicherheit herabsetzen, wobei bei der gleichzeitigen Verwendung beider Methoden die Verschlechterung der Betriebssicherheit akkumuliert in den Vordergrund tritt. Im allgemeinen kann die verminderte Betriebssicherheit durch die Anwendung neuartiger Materialien oder Technologien kompensiert werden, was aber in der Mehrheit der Fälle mit Mehrkosten verbunden ist und die wirtschaftlichen Vorteile der Erhöhung der Einheitsleistung beeinträchtigt.

Die erhöhten Einheitsleistungen basieren auf immer höheren Spannungspiegeln, was wiederum zu weiteren Schwierigkeiten führt. Aufgrund der höheren Spannung kann in den durch die Transportmöglichkeiten beschränkten Rauminhalt infolge der beanspruchten grösseren Menge des Isolierstoffes weniger aktives Material eingebaut werden, also wird auch die erreichbare Einheitsleistung geringer sein. Der Zusammenhang zwischen der in das limitierte Volumen vorsehbaren Transformatorenleistung und der Nennspannung des Transformatoren lautet in der ersten Annäherung, wie folgt:

30

$$P = C_3 - C_4 U$$

wobei:

$P$  = die Leistung in MVA,

$U$  = den effektiven Wert der Spannung

35  $C_3, C_4$  = Konstanten bezeichnen.

Bei mitteleuropäischen Lichtraumprofilen und bei einphasigen Transformatoren sind  $C_3 = 2600$  und  $C_4 = 1,2$  gleich. Das bedeutet, dass bei 400 kV die Grenzleistung 2120 MVA 40 beträgt, während sie bei 1200 kV bloss den Wert 1160 MVA erreicht.

Um die erwähnten Schwierigkeiten beseitigen zu können, haben die Hersteller der Transformatoren zahlreiche Methoden ausgearbeitet. Eine Methode kann so gekennzeichnet werden, dass im wesentlichen der Transformator in der herkömmlichen Ausführung, aber in grösseren Dimensionen hergestellt wird. Nach den werkseitigen Prüfungen wird der Transformator zerlegt, in Bestandteilen zur Baustelle transportiert und zusammengebaut. Auf diese Weise 50 werden die mit dem Transport verbundenen Schwierigkeiten eliminiert.

Der Nachteil dieser Lösung besteht darin, dass die Betriebssicherheit bzw. Zuverlässigkeit sich infolge der grösseren Masse der Konstruktion verschlechtert, gleichzeitig 55 bringt die Montage auf der Baustelle einen Mehraufwand an Kosten und Zeit mit sich. Über den erwähnten Nachteil wird die Lebensdauer der Isolierstoffe durch die doppelte Montage, Trocknung und Ölauflösung verkürzt.

Die andere Methode kann so gekennzeichnet werden, dass 60 der Transformator in herkömmlicher Weise grösser dimensioniert wird. Durch die Teilung des Eisenkerns und der Kastenkonstruktion kann der Transformator in mehrere Teile aufgeteilt werden, die während des Transportes hermetisch verschlossen sind. Auf der Baustelle wird der Transformator schneller montiert, als bei der vorstehend beschriebenen Methode. Dadurch wird die Lebensdauer weniger herabgesetzt.

Der Nachteil dieser Methode besteht in der mit der einge-

bauten grösseren Masse verbundenen Verschlechterung der Betriebssicherheit, bzw. in dem deren Beseitigung erziegenden Mehraufwand (bessere Grundstoffe, Einführung teurerer Technologien). Überdies ist diese Methode mit der lokalen Vakuumrocknung und dem durch die Ölauffüllung hervorgerufenen Mehraufwand an Kosten und Zeit verbunden.

Ziel der Erfindung ist es, einen Transformator zu schaffen, der die vorstehend erwähnten Nachteile nicht aufweist.

Dieses Ziel wird erfindungsgemäss mit den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruches 1 erreicht.

Die Erfindung wird anhand eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels, mit Hilfe der beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 die Verbindung eines einphasigen Eisenkerns,  
Figur 2 die Verbindung eines dreiphasigen Kernes,

Figur 3, 4, 5 Ausführungsformen der Verbindungsstellen des Eisenkerns,

Figur 6 eine Ausführungsform einer Dichtung des aus dem geschlossenen System hervorragenden Eisenkernabschnittes,

Figur 7 der nachträgliche Abschluss und die Dichtung der montierten Eisenkernabschnitte.

Aus der Figur 1 ist es ersichtlich, dass bei der erfindungsgemässen Ausführung mit zwei einphasigen Einheiten A, B (die untere Abbildung) gegenüber den zwei einphasigen Transformatoren (die obere Abbildung) in der Abmessung im Material sowie je ein Kernabschnitt bei den einphasigen Einheiten und ein entsprechender Anteil an Öl und Kasten eingespart werden kann.

Für die dreiphasige Ausführung ist in der Figur 2 ein Beispiel dargestellt. Bei den Versionen nach Figur 1 bzw. 2 kann bei dem Eisenkernmaterial eine Preisreduktion von etwa 20%, bei dem Preis der gesamten Konstruktion eine Einsparung von mindestens 5-10% erreicht werden. Diese Einsparung ergibt sich aus der traditionellen Konstruktion und aus der Anwendung der üblichen Isolier- und Leitstoffmenge, aber bei einer verminderten Masse des Eisenkerns, daher kann die mit der Massenzunahme verbundene akzessorische Verschlechterung der Betriebssicherheit - durch die die Einheitsleistungszunahmen im allgemeinen gekennzeichnet werden können - vermieden werden.

Bei dem erfindungsgemässen Transformator erübrigt sich die auf der Baustelle durchzuführende Ölbehandlung, da an den Stellen, wo die beiden Einheiten A, B zusammengebaut werden, der Kasten mit einer öldicht verschliessenden, elektrisch isolierenden Platte abgeschlossen wird. Die Endabschnitte des Eisenkerns ragen aus der Isolierplatte heraus, so können diese an die nächste, sich anschliessende Einheit angeschlossen werden. An der Verbindungsstelle wird die Jochkonstruktion zwecks Erleichterung der Montage des Eisenkerns entsprechend ausgebildet.

In der Figur 3 ist ein Ausführungsbeispiel für eine Verbindungsstelle dargestellt. Der Vorteil dieser Lösung zeigt sich bei der Montage vor Ort in der leichteren Anpassungsfähigkeit. Ein weiterer Vorteil dieser Ausbildung besteht darin, dass die auf die Stossluftpalte entfallende Erregung und die zwischen den Flächen auftretende Kraft verminder werden, wodurch eine schwingungs- und geräuschärmere Gestaltung erreicht werden kann. Die Erregung beträgt bei senkrechten Stossflächen:

$$\vartheta_m = \frac{B_j}{\mu_0} \delta$$

bei einer Verbindungsstelle gemäss Fig. 3

$$\vartheta_e = \frac{B_j \sin \alpha}{\mu_0} \delta$$

In den obigen Gleichungen bezeichnen  
s  $\alpha$  = Winkel der Stossfläche an der Verbindungsstelle,

$B_j$  = die Jochinduktion,

$\mu_0$  = die Luftpermeabilität

$\delta$  = die durchschnittliche Luftpalte, die bei der Anwendung gleicher Technologien den gleichen Wert aufweist, ob

es sich um eine schräge oder eine senkrechte Stumpfstoßfläche handelt.

Die an der Stelle der Luftpalte auftretende magnetische Kraftwirkung ist bei einer senkrechten Stossfläche

$$^{15} F_m = \frac{1}{2} \frac{B \delta^2}{\mu_0} A_j$$

gleich, bei einer schrägen Stossfläche beträgt die Kraftwirkung

$$F_t = \frac{1}{2} \frac{B \delta^2}{\mu_0} A_j \sin \alpha$$

25 (in den Gleichungen bezeichnet A den Eisenquerschnitt des Joches).

Die eine vibration- und geräuscherregende Wirkung der auftretenden grössten magnetischen Kräfte kann durch die an sich bekannte umrahmte Eisenkernkonstruktion weiter 30 verringert werden. In solchen Konstruktionen weisen die in den einzelnen Rahmen vorhandenen Kraftflüsse abweichende Phasenlagen auf, auch die Resultante der auftretenden Kraftwirkungen ist geringer.

In der Figur 4 weist die Verbindungsstelle schräge Stossflächen auf und in der Figur 5 ist die Verbindungsstelle kammartig ausgebildet. In der Figur 6 ist eine zweckmässige Lösung der Dichtung des aus dem geschlossenen System herausragenden Eisenkernabschnittes dargestellt. Wie aus der Figur ersichtlich ist, ragt der Eisenkern 2 über die Isolierplatte 1 hinaus. Die Dichtung 3 wird von dem Rahmen 4 so angedrückt, dass das Öl während der Montage ausschliesslich über den Eisenkern aussickern kann, wobei dieses Heraussirkern durch Anwendung der bei dem geschichteten Eisenkern üblichen Verklebetechnik weitgehend verminder werden kann. Durch den hermetischen Verschluss mittels einer Sperrplatte 5 wird der Ölfluss während des Transportes vollkommen eliminiert. Nach erfolgter Montage der Einheiten A, B ist der durch die Isolierplatte 1 ragende Eisenkernabschnitt (Fig. 7) mit der Dichtung 3 und dem Rahmen 4 unverändert abgedichtet, um eine Verschmutzung zu verhindern. Nach dem Zusammenbau schliesst die Sperrplatte 5 den Raum der miteinander verbundenen Eisenkerne von der Atmosphäre ab, wobei der erwähnte Raum zur Verbesserung des Kühlereffekts nachträglich mit Öl aufgefüllt wird.

55 In der Figur 7 ist der Kasten mit 6, der Deckenteil mit 7 bezeichnet.

Durch die erfindungsgemässen Lösung wird die Möglichkeit gegeben entweder eine einphasige Einheit mit erhöhter Leistung aus mehreren Einheiten mit niedrigerer Leistung 60 oder einen dreiphasigen Transformator aus einphasigen Einheiten herzustellen. Der wirtschaftliche Vorteil der Lösung ergibt sich aus der Einsparung an Raum und Bauelementen, während der technische Vorteil sich in der Aufrechterhaltung der kleinen Elemente kennzeichnenden höheren 65 Betriebssicherheit und in den verminderten Schwierigkeiten während des Transports manifestiert; auf diese Weise wird die Errichtung von Transformatoren mit einer Leistung von GVA in einer Einheit ermöglicht.

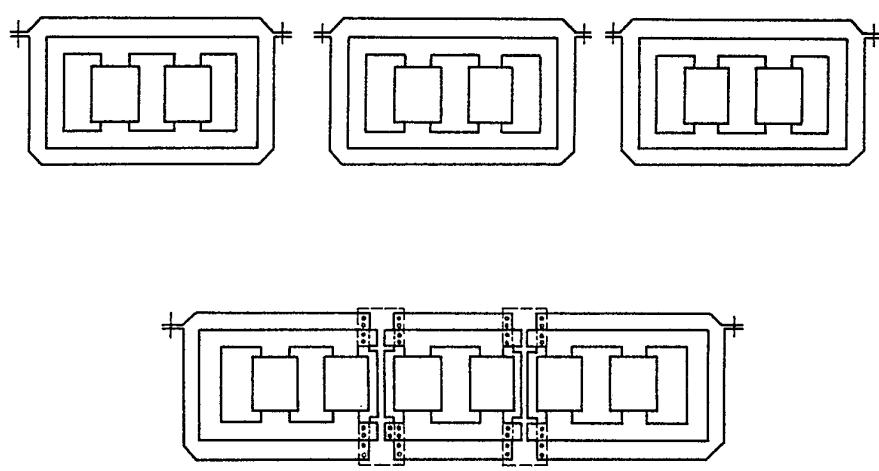
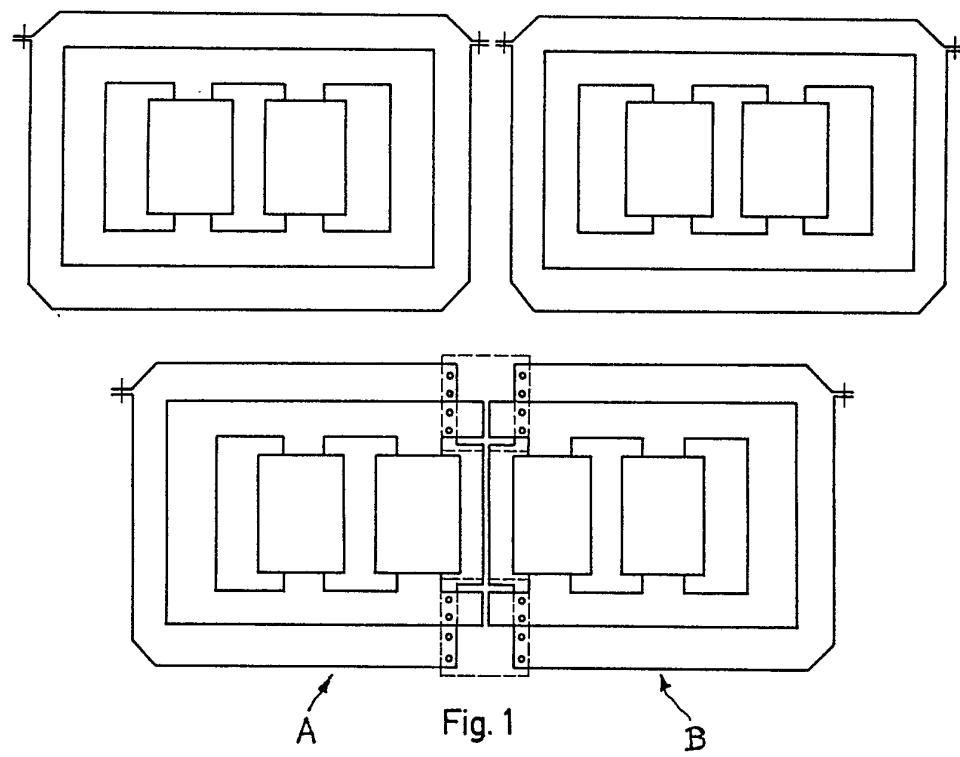


Fig. 2

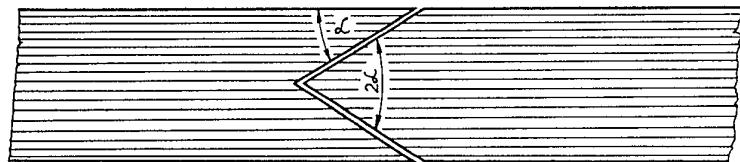
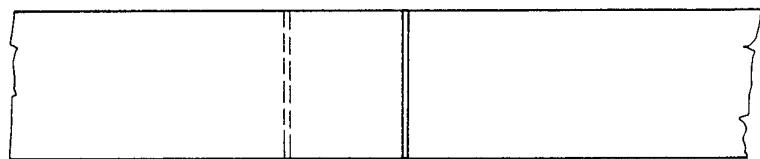


Fig. 3

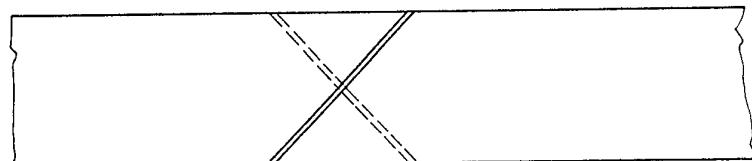
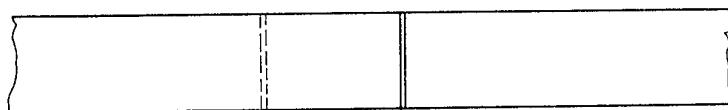
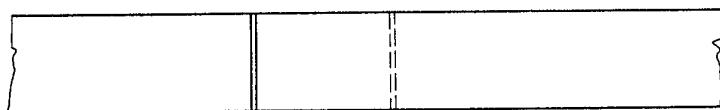


Fig. 4

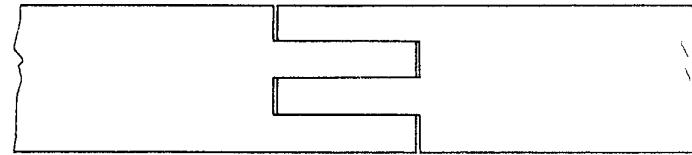
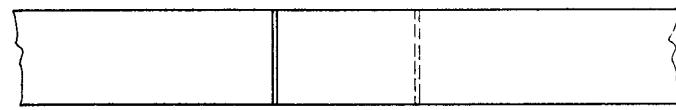


Fig. 5

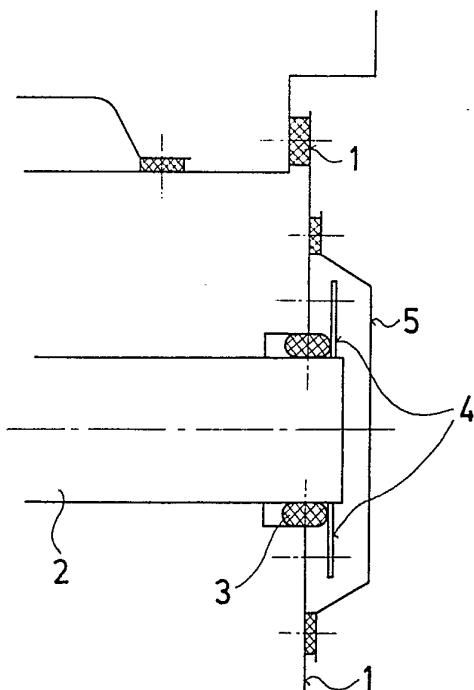


Fig. 6

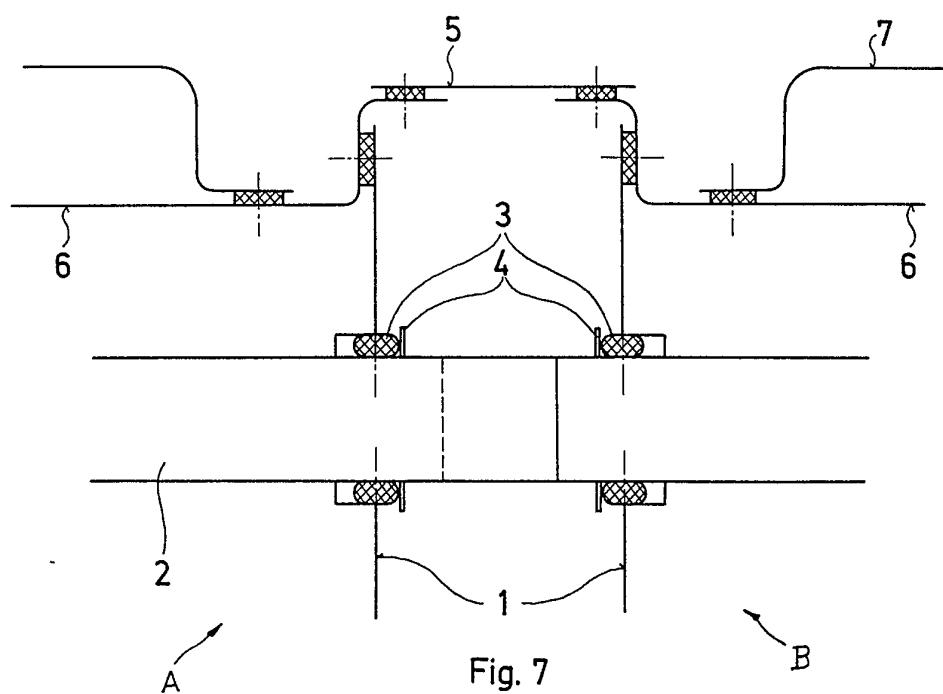


Fig. 7