



(12) Wirtschaftspatent

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1 Patentgesetz

(19) DD (11) 236 201 A1

4(51) H 01 F 27/28

AMT FÜR ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 01 F / 275 139 2

(22) 12.04.85

(44) 28.05.86

(71) VEB Transformatorenwerk „Karl Liebknecht“, 1160 Berlin, Wilhelminenhofstraße 83–85, DD

(72) Baarz, Klaus; Rindfleisch, Hans-Jochen, Dr.-Ing.; Janke, Klaus; Kühn, Gottfried; Lindenberg, Hans-Eberhard; Retzlaff, Ingo, DD

(54) Ausleitungsanordnung für Scheibenspulenwicklungen von Transformatoren

(57) Die Erfindung betrifft eine Ausleitungsanordnung für Scheibenspulenwicklungen von Transformatoren mit mehr als einer Windung pro Scheibe und mehr als einem Leiter pro Windung. Ziel und Aufgabe bestehen darin, die bei Transformatoren hoher Leistung auftretende erhöhte elektrische Beanspruchung der Isolation im Bereich der Wicklungsausleitungen zu vermeiden und die erforderliche mechanische Festigkeit der Spulenabstützung zu gewährleisten, wobei die auftretende radiale Vertiefung in der zylinderförmigen Spulenkontur unabhängig von der Gestaltung der Spulenübergänge ganz vermieden werden sollen. Das wird dadurch erreicht, daß ein nichtstromführendes Ausleitungsteilstück vorgesehen ist, das aus Leiterbündeln mit Einzelleiter gleicher Abmessung und gleicher Anzahl wie die stromführenden Leiterbündel der stromführenden Ausleitung aufgebaut ist und von radial außen kommend entgegengesetzt zur Richtung der stromführenden Leiterbündel in die äußere Spulenkontur hineingebogen ist. Die nichtstromführenden Leiter des Ausleitungsteilstückes sind von radial außen nach radial innen entsprechend der Steigung der stromführenden Leiter im Bereich der inneren Spulenübergänge in ihrer Länge abgestuft. Fig. 2

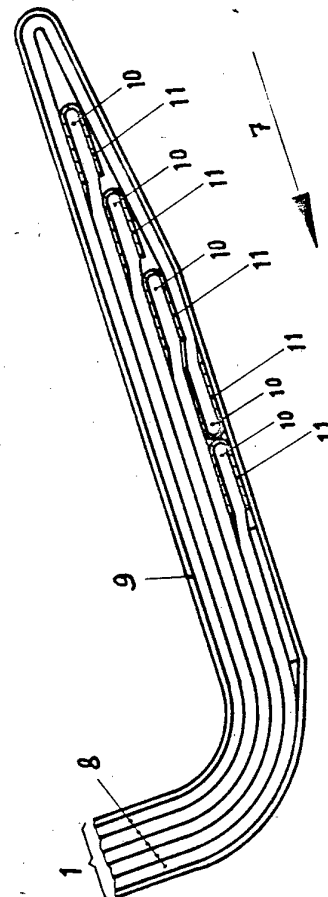


Fig. 2

Erfindungsanspruch:

Ausleitungsanordnung für Scheibenspulenwicklungen von Transformatoren mit mehr als einer Windung pro Scheibe und mehr als einem Leiter pro Windung, **gekennzeichnet dadurch**, daß ein nicht stromführendes Ausleitungsteilstück (6) vorgesehen ist, das aus Leiterbündeln (1) mit Einzelleiter (8) gleicher Abmessung und gleicher Anzahl wie die stromführenden Leiterbündel der stromführenden Ausleitung aufgebaut ist und von radial außen kommend entgegengesetzt zur Richtung der stromführenden Leiterbündel in die äußere Spulenkontur hineingebogen ist; daß die nichtstromführenden Leiterbündel im Umfangsbereich der inneren Spulenübergänge liegen oder sich bis dorthin erstrecken und die Leiter in jedem dieser Leiterbündel von radial außen nach radial innen entsprechend der Steigerung der stromführenden Leiter im Bereich der inneren Spulenübergänge in ihrer Länge abgestuft sind; und daß der radial außenliegende Leiter jedes dieser Leiterbündel in Wickelrichtung nach radial zurückgebogen ist und die Enden der übrigen, zum jeweils gleichen Leiterbündel gehörenden Leiter abdeckt.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Ausleitungsanordnung für Scheibenspulenwicklungen von Transformatoren mit mehr als einer Windung pro Scheibe und mehr als einem Leiter pro Windung.

Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Bei Transformatorenwicklungen, welche aus Scheibenspulen aufgebaut sind, müssen die einzelnen Scheibenspulen an ihren Enden untereinander in Form von Spulenübergängen am inneren und äußeren Spulenumfang verbunden und die freibleibenden Enden der Spulen, welche an den Wicklungsenden liegen, zur Verbindung mit anderen Wicklungen oder den Durchführungen des Transformators aus der Wicklung durch Ausleitungen herausgeführt werden.

Hierbei sind die Spulenübergänge so angeordnet, daß innerhalb eines Umfangsbereichs, der sich jeweils zwischen zwei axialen Abstützungen der Scheibenspulen befindet, immer nur einer der parallelen Leiter einer Windung in die benachbarte Scheibenspule überführt ist. Die Verbindung zweier Scheibenspulen erfolgt auf diese Weise in einem bestimmten Umfangsbereich, der mindestens das n -fache des Abstandes zweier axialer Spulenabstützungen beträgt, wobei n die Anzahl der in einer Windung befindlichen parallelen Leiter ist. Auf diese Weise kann erreicht werden, daß im Bereich der Spulenübergänge die geringstmögliche Abweichung der Spulenmantelfläche von der Zylinderform entsteht. Die verbleibende Abweichung ist eine dreieckförmige Vertiefung in der Scheibenkontur, deren Höhe gleich der radialen Dicke des Leiters und deren Länge nicht größer als etwa der halbe Abstand zwischen zwei axialen Spulenabstützungen ist.

Die Größe einer solchen Vertiefung darf im Verhältnis zu den Abständen der jeweiligen Scheibenspule zur benachbarten Wicklung bzw. zu den benachbarten Scheibenspule zur benachbarten Wicklung bzw. zu den benachbarten Scheibenspulen ein von der gesamten Wicklungsgeometrie abhängiges Maß aus isoliertechnischen Gründen nicht überschreiten. Diese Forderung kann dadurch erfüllt werden, daß die radiale Dicke jedes einzelnen Leiters einer Windung entsprechend bemessen wird, woraus sich dann eine bestimmte erforderliche Anzahl von parallelen Leitern einer Windung ergibt, um den notwendigen Windungsquerschnitt zu erreichen.

In der Regel wird dieser isoliertechnischen Forderung bereits dadurch genügt, daß die radialen Leiterdicken zur wirksamen Begrenzung der durch Wirbelströme hervorgerufenen Zusatzverluste bestimmte Werte nicht überschreiten dürfen. Im Bereich der Ausleitungen an den Wicklungsenden können dagegen die Leiter nicht einzeln am Umfang versetzt nacheinander herausgebogen werden, da die Ausleitung jeweils nur im Umfangsbereich zwischen zwei axialen Spulenabstützungen aus der Wicklung herausgeführt werden kann. Dadurch entsteht an dieser Stelle ebenfalls eine dreieckförmige Vertiefung, deren größte Tiefe gleich der radialen Höhe einer Windung und damit gleich dem n -fachen einer radialen Leiterdicke, und deren Länge gleich der Länge des gesamten Umfangsbereichs der Spulenübergänge an der jeweils gegenüberliegenden Mantelfläche der gleichen Scheibenspule und damit gleich dem $2n$ -fachen der Länge einer einzelnen Vertiefung in diesem Bereich ist. Die von einer Vertiefung im Ausleitungsbereich der Wicklung aufgespannte Fläche beträgt somit etwa das $2n^2$ -fache der entsprechenden Fläche einer Vertiefung im Bereich der Spulenübergänge. Damit entsteht eine Deformation des elektrischen Feldes im Ausleitungsbereich, die insbesondere an den gegenüberliegenden Rändern der benachbarten Scheibenspulen zu einer Erhöhung der elektrischen Feldstärke führt, die um so größer ist, je weiter sich die Vertiefung radial in die Spule erstreckt, und die sich auf ein um so größeres Isolationsvolumen auswirkt, je länger diese Vertiefung am Wicklungsumfang ist. Beide Einflüsse der Geometrie der Vertiefung auf das elektrische Feld führen zu einer Verminderung der elektrischen Festigkeit der Isolation. Außerdem wirkt sich die Vertiefung im Bereich der Spulenausleitung ungünstig auf die mechanische Festigkeit der Wicklung aus, da dort die axiale Abstützung der benachbarten Scheibenspulen zu der Vertiefung nicht vorhanden ist, was zu zusätzlichen Biegebeanspruchungen der Leiter und der Abstützelemente führt.

Die radiale Vertiefung in der Spulenkontur des Ausleitungsbereichs der Wicklung kann nur durch wesentliche, sich in vielfacher Hinsicht nachteilig auswirkende Veränderungen der gesamten Wicklungsgeometrie verringert werden. So kann zum Beispiel durch eine Verminderung der Anzahl der parallelen Leiter eine Windung die Anzahl der Spulenübergänge und damit die Länge des Spulenübergangsbereichs an der jeweils gegenüberliegenden Spulenmantelfläche verringert werden, womit eine entsprechend geringere Länge der Vertiefung im Ausleitungsbereich erreicht wird. Dies hat aber aufgrund der größeren radialen Leiterdicke größere Vertiefungen in der Spulenkontur aller Spulenübergangsbereiche der Wicklung, d. h. eine wesentliche Verringerung der elektrischen Festigkeit der Wicklungsisolation, zur Folge. Auch andere Veränderungen der Wicklungsgeometrie zur Verringerung der radialen Vertiefung in die Spulenkontur des Ausleitungsbereichs, wie zum Beispiel eine Vergrößerung der axialen Breite der Leiter zur Erzielung einer geringeren radialen Höhe der Windung, wirken sich nachteilig — in diesem Fall auf die Wicklungskühlung — aus.

Es ist daher bekannt, die Vertiefung in der Spulenkontur durch ein entsprechendes, isoliertes Formstück auszufüllen, welches aus massivem Leitermaterial besteht und an das Ausleitungspotential angelenkt ist. In einem solchen Formstück werden durch das Streufeld der Wicklung Wirbelströme induziert, die zu zusätzlichen Verlusten und zu entsprechend erhöhten Temperaturen führen. Oberhalb bestimmter Leistungsgrenzen der Transformatoren werden dabei die zulässigen Grenztemperaturen überschritten. Daher ist es üblich, diese Formstücke aus Isoliermaterial herzustellen und mit einer leitfähigen Oberflächenschicht zu versehen.

Nachteilig bleibt hierbei die komplizierte, schwierig herzustellende Geometrie des Formstückes und die Notwendigkeit einer Anlenkung, die eine isoliertechnische wie technologische Schwachstelle darstellt.

Es ist deshalb auch üblich, die Form der Scheibenspule durch Einlegen von streifenförmigem Isoliermaterial zwischen die Windungen bzw. die parallelen Leiter von Windungen so zu gestalten, daß die durch die Ausleitung hervorgerufene Vertiefung in der Spulenkontur auf die gesamte radiale Höhe der Scheibenspule gleichmäßig in Gestalt lanzettförmiger Isolierspalte aufgeteilt wird. Diese bekannte Art der Gestaltung der Spulengeometrie findet jedoch ihre Grenze bei steigender Leistung der Transformatoren dadurch, daß mit abnehmender Windungszahl und zunehmender Anzahl der parallelen Leiter diese in gemeinsam umbandelte Leiterbündel geringer Anzahl zusammengefaßt werden müssen, so daß die maximal mögliche Anzahl der Isolierspalte abnimmt, dagegen die Ausdehnung der Vertiefung in der Spulenkontur des Ausleitungsbereichs infolge des zunehmenden Windungsquerschnitts größer wird. Dabei ist zu berücksichtigen, daß die Größe eines Isolierspaltes aus isoliertechnischen Gründen etwa auf die Breite eines axialen Kühlkanals begrenzt bleiben muß. Dieser Entwicklungstrend wird noch dadurch verstärkt, daß mit zunehmender Leistung der Transformatoren besonders vorteilhaft Drilleiter zum Einsatz kommen, die eine besonders große Anzahl paralleler Leiter in einem gemeinsam umbandelten Leiterbündel enthalten.

Ziel der Erfindung

Ziel der Erfindung ist es, bei Wicklungen aus Scheibenspulen von Transformatoren hoher Leistungen erhöhte elektrische Beanspruchungen der Isolation im Bereich der Wicklungsausleitungen zu vermeiden und die erforderliche mechanische Festigkeit der Spulenabstützung zu gewährleisten.

Darlegung des Wesens der Erfindung

Es ist daher die Aufgabe der Erfindung, eine solche Anordnung von Leitern in einer Scheibenspule, welche vorzugsweise aus wenigen Windungen großen Querschnitts mit Bündeln gemeinsam umbandelter paralleler Leiter aufgebaut ist, zu schaffen, die es gestattet, die im Bereich der Wicklungsausleitung auftretende radiale Vertiefung in der zylinderförmigen Spulenkontur unabhängig von der Gestaltung der Spulenübergänge ganz zu vermeiden. Erfindungsgemäß wird dieses dadurch erreicht, daß ein nicht stromführendes Ausleitungsstück vorgesehen ist, dergestalt, daß es aus Leiterbündeln mit Einzelleitern gleicher Abmessungen und gleicher Anzahl wie die stromführenden Leiterbündel der stromführenden Ausleitung aufgebaut ist und von radial außen kommend entgegengesetzt zur Richtung der stromführenden Leiterbündel in die äußere Spulenkontur hineingebogen ist. Die nichtstromführenden Leiterbündel liegen dabei im Umfangsbereich der inneren Spulenübergänge oder erstrecken sich bis dorthin, wobei die Leiter in jedem dieser Leiterbündel von radial außen nach radial innen entsprechend der Steigung der stromführenden Leiter im Bereich der inneren Spulenübergänge in ihrer Länge abgestuft sind. Der radial außenliegende Leiter jedes dieser Leiterbündel ist in Wickelrichtung nach radial innen zurückgebogen und deckt die Enden der übrigen, zum jeweils gleichen Leiterbündel gehörenden Leiter ab.

Dadurch ist ein Formstück geschaffen, mit Hilfe dessen die radiale Vertiefung in der zylinderförmigen Spulenkontur vollständig geschlossen werden kann. Die besonderen Vorteile dieses Formstückes gegenüber den bisher bekannten bestehen darin, daß es flexibel ist und sich so der geometrischen Form der Vertiefung leicht und vollständig anpassen läßt. Die Herstellung der Gestalt des Formstückes ist durch bloßes Abschneiden der Leiter des nicht stromführenden Ableitungsteilstückes am spulenseitigen Ende des Formstückes leicht möglich.

Die dabei entstehenden Ecken in der Kontur des Formstückes werden durch den zurückgebogenen Leiter wirksam abgedeckt, wobei dieser in besonderem Maße zur Formflexibilität beiträgt. Durch den Aufbau des Formstückes analog zum Aufbau der stromführenden Ausleitung in das Formstück auch ausleitungsseitig leicht in die Ausleitungskonstruktion integrierbar. Dabei ist es hochspannungstechnisch vorteilhaft, daß durch das ausleitungsseitige Ende des Formstückes der elektrisch wirksame Durchmesser der Ausleitung vergrößert und dadurch die elektrische Beanspruchung der Isolation in diesem Bereich herabgesetzt wird. Auf Grund des analogen Aufbaus des nichtstromführenden Formstückes und der stromführenden Ausleitung lassen sich beide fertigungstechnisch günstig mit der Ableitung verbinden, so daß eine sichere und feste Anlenkung aller Einzelleiter des Formstückes gewährleistet ist. Dagegen wird die Anlenkung der bisher bekannten Formstücke mit Hilfe eines dünnen, isolierten Drahtes hergestellt, der an das Formstück und die Ableitung angelötet und im Ausleitungsbündel angeordnet ist. Dieser Draht kann fertigungstechnisch so ungünstig im Ausleitungsbündel liegen, daß er auf Grund seines kleinen Durchmessers eine örtliche Erhöhung der elektrischen Feldstärke im Ausleitungsbündel hervorruft. Außerdem besteht immer die Gefahr des Brechens des Anlenkungsdrahtes, wobei bei den bisher bekannten Formstücken eine nur beschränkt zuverlässige Anlenkung erreichbar ist. An dem spulenseitigen Ende des Ausleitungsstückes sind die Einzelleiter jedes Leiterbündels in geeigneter Weise gegeneinander isoliert, so daß durch das Streufeld der Wicklung hervorgerufene Ausgleichströme innerhalb des Formstückes und damit verbundene zusätzliche Verluste sicher unterbunden sind. Dadurch unterscheidet sich das erfindungsgemäße Formstück vorteilhaft von der bisher bekannten, aus massivem Leitermaterial hergestellten Formstücken, in denen durch das Streufeld der Wicklung Wirbelströme und damit erhebliche Zusatzverluste hervorgerufen werden, die zu unzulässig hohen örtlichen Erwärmungen führen können.

Durch die gegenläufige Anordnung des Formstückes zur stromführenden Ausleitung am Umfang der Spule wird eine erhöhte mechanische Stabilität der Ausleitung bei radialem Zug und bei Biegung in Umfangsrichtung erreicht, da das Formstück auf Grund seiner erfindungsgemäßen Anordnung und Gestalt im Zusammenwirken mit der stromführenden Ausleitung eine Verstrebung darstellt.

Vorteilhaft ist auch, daß die Umfangslage der erfindungsgemäßen Ausleitungsanordnung unabhängig von der Lage des Bereichs der inneren Spulenübergänge gewählt werden kann, ohne daß dabei besondere fertigungstechnische Schwierigkeiten bei der Anpassung an die radiale Vertiefung und bei der Herstellung des Formstücks selbst entstehen. Dies ist besonders darin begründet, daß das Formstück nicht nur den gleichen Aufbau wie die stromführende Ausleitung, sondern prinzipiell auch wie die letzte Windung der Spule besitzt. Liegt die Ausleitung innerhalb des Umfangsbereiches der inneren Spulenübergänge, so enthält das Formstück ein Leiterbündel weniger als die stromführende Ausleitung, während es dann, wenn die Ausleitung außerhalb des Umfangsbereiches der inneren Spulenübergänge angeordnet ist, die gleiche Anzahl Leiterbündel wie die stromführende Ausleitung besitzt.

Ausführungsbeispiel

Anhand von zwei zeichnerischen Darstellungen soll die Erfindung näher erläutert werden. Hierbei zeigt Fig. 1 den Ausleitungsbereich einer Scheibenspule in der Abwicklung und Fig. 2 ein Leiterbündel des stromlosen Ausleitungsteilstücks in Längsschnittdarstellung.

In Fig. 1 ist die aus drei Leiterbündeln 1 bestehende stromführende Ausleitung 2 als Ende der radial außen liegenden Windung 3 radial aus der Scheibenspule 4 herausgebogen und befindet sich im Umfangsbereich der inneren Spulenübergänge 5. Das als Formstück ausgebildete stromlose Ausleitungsteilstück 6 besteht aus zwei Leiterbündeln 1, die ausleitungsseitig mit der stromführenden Ausleitung 2 verbunden und spulenseitig an ihren Enden so gestaltet und entgegengesetzt zur Wickelrichtung 7 derart in die Spulenkontur eingelegt sind, daß dort die durch die stromführende Ausleitung 2 hervorgerufene radiale Vertiefung nach radial außen elektrisch wirksam geschlossen ist.

In Fig. 2 besteht das Leiterbündel 1 des stromlosen Ausleitungsteilstücks 6 der Fig. 1 aus fünf Leitern 8, die mit einer gemeinsamen Papierisolation 9 versehen sind, die der Windungsisolation der Scheibenspule 4 in Fig. 1 entspricht. Die spulenseitigen Enden 10 der Leiter 8 sind mit Ausnahme des radial außenliegenden Leiters von radial außen nach radial innen so in ihrer Länge abgestuft, daß eine keilförmige Kontur des Ausleitungsteilstücks entsteht, die der Steigung der Leiter im Bereich der inneren Spulenübergänge 5 der Fig. 1 angepaßt ist. Der radial außenliegende Leiter 8 ist nach radial innen in Wickelrichtung 7 um die Enden 10 der übrigen Leiter 8 herumgebogen und endet in einer Ebene mit dem radial innenliegenden Leiter 8 so, daß sich die Enden 10 beider Leiter 8 ohne Lücke gegenüberliegen. Dadurch wird erreicht, daß die Enden 10 der Leiter 8 jedes Leiterbündels 1 des Ausleitungsteilstücks 6 gegen die nach radial innen benachbarte Scheibenspule elektrisch wirksam abgeschirmt sind. Um Kurzschlüsse zwischen den Enden 10 der Leiter 8 und dadurch hervorgerufene Ausgleichströme zu vermeiden, sind Isolierstoffstreifen 11 um die Enden 10 der Leiter 8 gelegt.

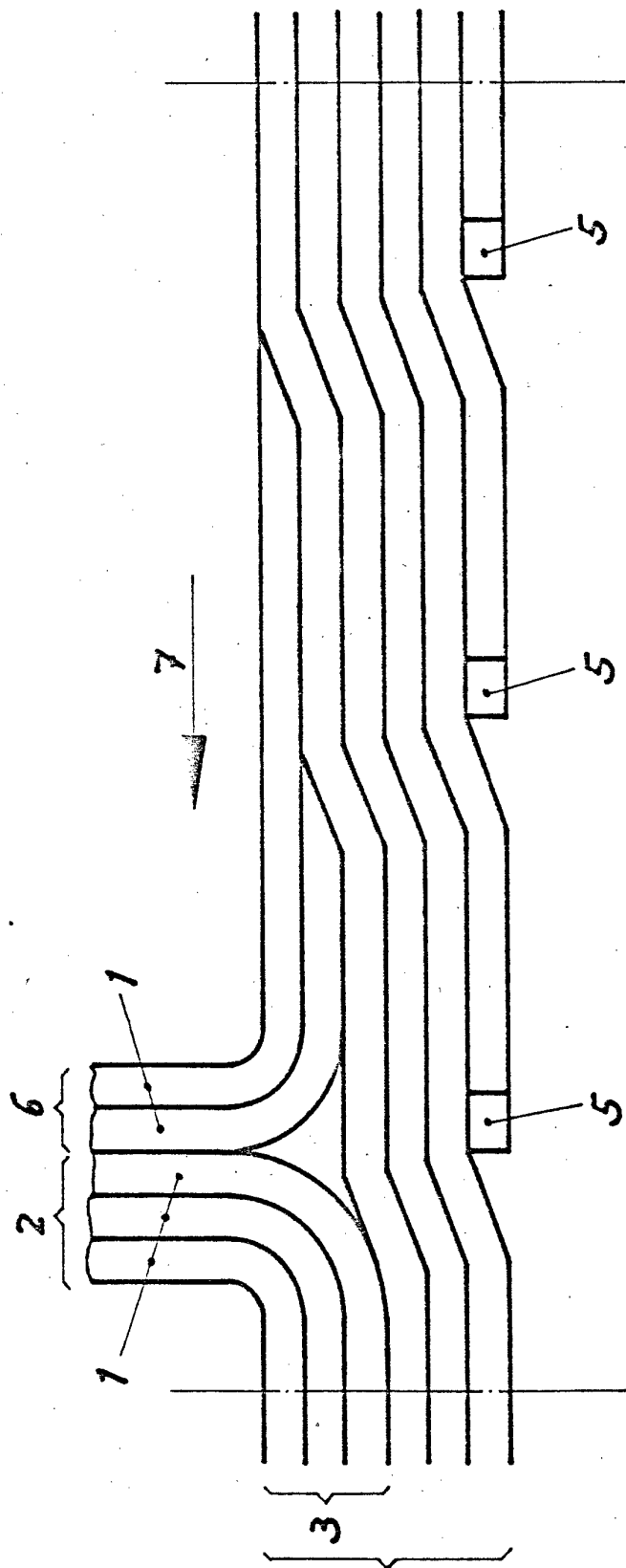


Fig. 1

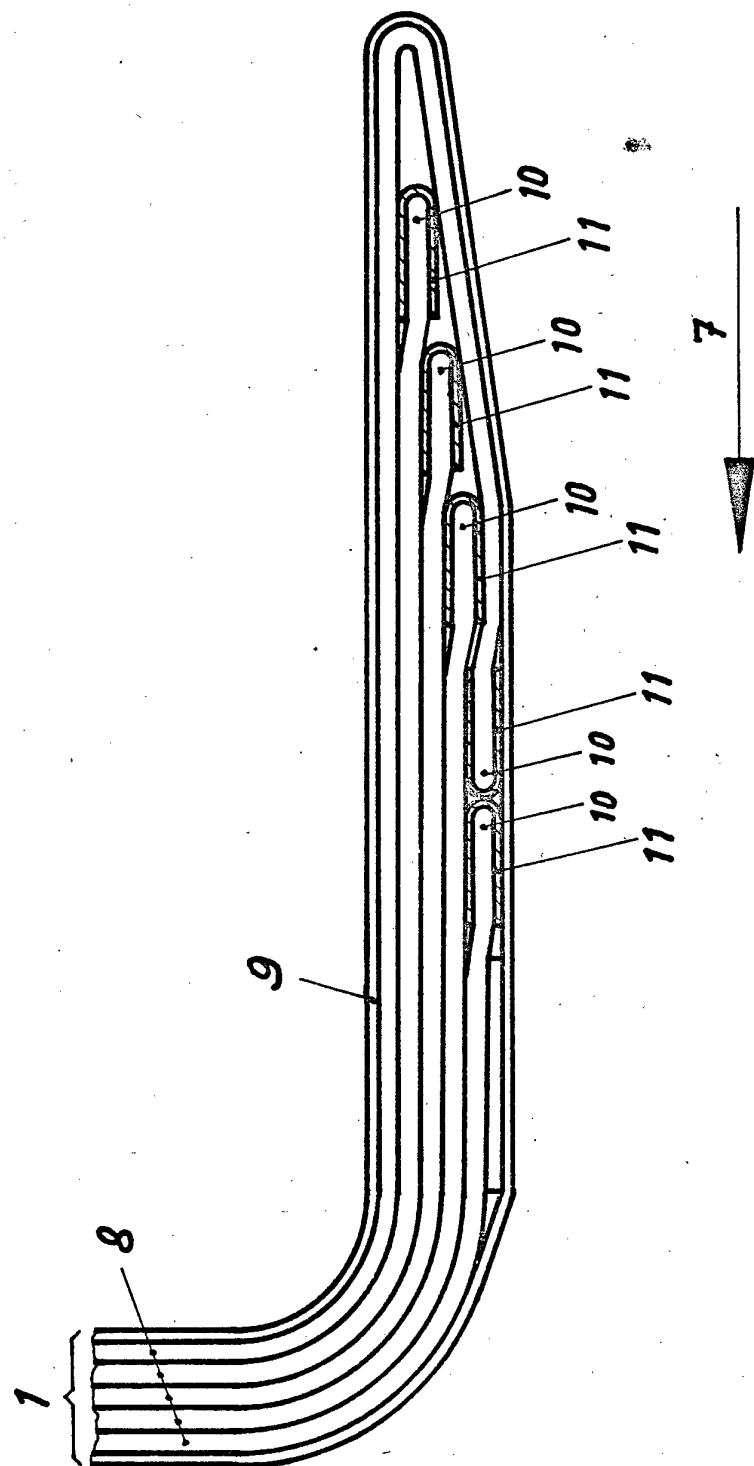


Fig. 2