



**Europäisches Patentamt**  
**European Patent Office**  
**Office européen des brevets**

⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 167 896**  
**B1**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT

④⑤ Veröffentlichungstag der Patentschrift:  
**25.11.87**

⑤① Int. Cl.<sup>4</sup>: **H 01 F 27/28, H 01 F 5/00**

②① Anmeldenummer: **85107558.0**

②② Anmeldetag: **19.06.85**

---

⑤④ **Scheibenspulenwicklung für Transformatoren.**

③⑦ Priorität: **02.07.84 DE 3424285**

⑦③ Patentinhaber: **Siemens Aktiengesellschaft Berlin und München, Wittelsbacherplatz 2, D-8000 München 2 (DE)**

④③ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**15.01.86 Patentblatt 86/3**

⑦② Erfinder: **Knorr, Wolfgang, Dr. Dipl.-Ing., Zwieseler Strasse 1a, D-8500 Nürnberg (DE)**

④⑤ Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**25.11.87 Patentblatt 87/48**

⑧④ Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI NL SE**

⑤⑥ Entgegenhaltungen:  
**DE-A-3 105 317**  
**DE-B-1 225 291**  
**DE-C-975 856**

**EP 0 167 896 B1**

---

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents im Europäischen Patentblatt kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Scheibenspulenwicklung für Transformatoren aus ein oder mehreren abwechselnd links- und rechtsgängige Spiralen bildenden Wickelleitern und mit zwischen den einzelnen Scheibenspulen angeordneten radialen Kühl- und Isolierkanälen.

Einfache Scheibenspulen weisen eine nicht lineare Stoßspannungsverteilung in axialer Richtung längs der einzelnen Spulen auf, so daß bei Belastung mit Spannungstößen ausgehenden Belastungen sind bereits eine Reihe von Maßnahmen bekannt.

So ist es beispielweise durch die DE-C-975 856 schon bekannt, daß durch Ineinanderwickeln der Spulen eine viel gleichmäßigere Stoßspannungsverteilung erzwungen wird und Durchschläge weitgehend verhindert werden. Die Scheibenspulen werden hierzu aus jeweils zwei beim Wickelvorgang gleichzeitig und räumlich parallel zueinander zugeführten Wickelleitern gewickelt. Anschließend werden die innerhalb der einzelnen Scheibenspulen liegenden Wickelleiterabschnitte beispielsweise durch Lötverbindungen elektrisch so hintereinandergeschaltet, daß jede Scheibenspule zweimal von demselben Strom durchflossen wird, wobei innerhalb dieser Scheibenspule zwischen einander benachbarten Windungen eine Spannung liegt, die gleich dem Produkt der Windungsspannung und der Gesamtzahl der Windungen je Scheibenspule ist. Versieht man die Windungen in der Reihenfolge, in der sie vom Strom durchflossen werden, mit Windungskennziffern, so sinkt entsprechend mit steigender Windungskennziffer die Spannung gegen Erdpotential.

Die Windungskennziffern können also auch als Mehrfaches der Windungsspannung gegenüber dem Wicklungseingang angesehen werden. Der Spannungsabfall bei einmaligem Durchgang durch eine Scheibenspule wird als Zweigspannung bezeichnet, die längs des Leiters auftritt. Dementsprechend liegt bei einer Einzelspulenwicklung zwischen einander benachbarten Windungen die einfache und bei einer ineinandergewickelten Doppelspulenwicklung zwischen den Windungen die zweifache Zweigspannung an. Die Einzelspulenwicklung wird daher bei höheren Stoßspannungsbeanspruchungen bevorzugt.

Leider haben jedoch auch die bekannten ineinandergewickelten Scheibenspulenwicklungen ihre Nachteile. Diese liegen in der erhöhten Windungsbeanspruchung, da statt der bei nicht ineinandergewickelten Doppelspulen auftretenden einfachen Windungsspannung die ein oder mehrfache Zweigspannung zwischen einander benachbarten Windungen auftritt. Diese Zweigspannung erreicht bei Stoßvorgängen ein Mehrfaches vom linear errechneten Wert. Dadurch sind Vorentladungen in oder zwischen den Scheibenspulen nicht ausgeschlossen. Die

Windungsisolierung wird daher bei ineinandergewickelten Spulen gegenüber einfachen Spulen zwar so verstärkt, daß kein Windungsdurchschlag eintritt, vorentladungen in den Zwickeln zwischen den Kanten einander benachbarter Windungen werden häufig jedoch in Kauf genommen. Ein Teil der durch das Ineinanderwickeln gewonnene Längskapazität geht dadurch wieder verloren.

Gemäß einer weiteren bekannten Maßnahme zur Beherrschung von Spannungstößen sind analog zu den Eingangswindungen der Anordnung gemäß der DE-C-22 46 398, die sich auf eine Lagenwicklung bezieht, in bisher ausgeführten Scheibenspulenwicklungen zum Schutz gegen die Vorentladungen durch das Auftreten der Bandfelder, die an der inneren und/oder der äußeren Mantelfläche der Wicklung liegenden Windungen verstärkt isoliert worden. Nachteilig ist bei der Auslegung der verstärkten Isolierung unter diesem Gesichtspunkt jedoch, daß entweder wiederum die Längskapazität verringert wird oder daß eine Schwachstelle in der Isolierung durch eine kumulierende Wirkung der Zweigspannung zwischen den beiden ganz innen oder ganz außen in einer Scheibenspule benachbarten Windungen mit der Zweigspannung gegenüber anderen Scheibenspulen entsteht. So werden Vorentladungen zwar am Spulenrand nicht aber zwischen den Windungen vermieden.

Ausgehend von der Anordnung gemäß der DE-C-22 46 398 hat man auch schon lediglich die Außenkanten der Bandwindungen verstärkt isoliert oder die Wickelleiterisolierung durch Kantenschutzwinkel verstärkt. Trotz dieser Maßnahmen erfolgten aber bei Steigerungen der Prüfspannung über die Nennspannung hinaus Längsüberschläge zunächst längs der äußeren Mantelfläche zu einer weiter vom Eingang entfernt liegenden Spule. Dies wird auch durch die Kantenschutzwinkel nicht verhindert.

Ein weiterer Vorschlag zur Gestaltung von Scheibenspulenwicklungen zur Beherrschung von Stoßspannungen ist durch die DE-A-31 05 317 bekannt geworden. Die dort vorgeschlagene Lösung beruht auf der Annahme, daß die hohe Feldstärke zwischen Nachbarwindungen einen Beitrag zur Ursache des Längsüberschlages gibt, wenn die Spannung zwischen den beiden radial am weitesten innen oder außen liegenden Windungen an einer Scheibenspule sich mit der axial verlaufenden Spannung längs mehrerer Scheibenspulen gleichgerichtet überlagert. Dies ist insbesondere an den Bandbereichen innen und außen an den Scheibenspulen der Fall. Dagegen nimmt im radialen mittleren Bereich der einzelnen Scheibenspulen die Spannung von Windung zu Windung nicht monoton zu, sondern abwechselnd zu und ab, so daß es hier nicht zu Querüberschlägen kommt. Daher ist es möglich, in diesem Bereich die Leiterisolierung schwächer zu gestalten.

Demzufolge sind zur Verbesserung der Stoßspannungsfestigkeit in der DE-A-31 05 317

mindestens in den am Wicklungseingang liegenden Spulen ausgehend von der inneren und der äußeren Mantelfläche mindestens je zwei Windungen mit Zusatzisolierungen ausgerüstet, die mindestens eine hoch beanspruchte Kante dieser Windungen winkelförmig umfassen und ist die Windungskapazität zwischen von Zusatzisolierungen freien Windungen gegenüber der Windungskapazität von mit Zusatzisolierung ausgerüsteten Windungen erhöht. Zur Fertigungsvereinfachung können dabei mehr als zwei, unter Umständen alle, Windungen der am Wicklungseingang liegenden Spulen mit Zusatzisolierungen ausgeführt werden, deren Dicke bis Null an den vom Eingang entfernteren Spulen abnimmt. Eine weitere Möglichkeit zur Verstärkung der Isolierung zwischen diesen Bandwindungen besteht in der Vergrößerung des Abstandes dieser Bandwindungen voneinander durch die Anordnung eines axialen Kühlkanals.

Wie Versuche gezeigt haben, bringt jedoch auch diese Lösung für die Stoßspannungsfestigkeit nur eine verhältnismäßig kleine Erhöhung, die in der Größenordnung der der DE-C-22 46 398 analogen Ausführung liegt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, für Scheibenspulenwicklungen von Transformatoren eine Anordnung zu schaffen, die eine weiter verbesserte Sicherheit gegen Stoßspannungsdurchschläge hat und die trotzdem einen so geringen Isolierauftrag erfordert, daß die im Normalbetrieb auftretende Verlustwärme optimal abgeführt werden kann und gleichzeitig eine Minimierung der für die Wicklung erforderlichen Querschnittsfläche erreicht ist.

Diese Aufgabe wird für eine Scheibenspulenordnung der eingangs genannten Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß mindestens die Scheibenspulen im Bereich eines Hochspannungseinganges in zwei wicklungstechnisch gleiche, axial übereinanderliegende, die gleiche Spannung führende Teile aufgespalten sind, zwischen denen ein demzufolge im Normalbetrieb elektrisch nicht beanspruchter Zusatzisolierkanal liegt.

Nach zweckmäßigen Weiterbildungen der Erfindung ist bei ihrer Anwendung auf Scheibenspulenwicklungen mit abgestufter Längskapazität vorgesehen, daß die Scheibenspulen auch im Bereich von Sprungstellen der Längskapazität der Wicklung in zwei axial übereinanderliegende, zwischen sich je einen Zusatzisolierkanal bildende Teile aufgespalten sind.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung bestehen darin, daß die beiden gemeinsam dieselbe Scheibenspule bildenden Teile an der am Innenmantel und am Außenmantel der Wicklung liegenden Windung galvanisch miteinander verbunden sind und daß mindestens in den einen Zusatzisolierkanal aufweisenden Scheibenspulen ausgehend vom Innen- und vom

Außendurchmesser jeweils die erste und die zweite Windung stärker gegeneinander isoliert sind als die übrigen Windungen.

Die erfindungsgemäße Wicklungsanordnung ist sehr vorteilhaft, weil durch die elektrisch unbelasteten Zusatzisolierkanäle durch Gleitentladungen begünstigte Längsüberschläge sicher vermieden sind.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

Fig. 1 zeigt in stark verkleinertem Maßstab den Querschnitt durch eine vollständig aus ineinandergewickelten Doppelspulen aufgebauten Scheibenspulenwicklung und

Fig. 2 die Einzelheit II aus Fig. 1 in weniger stark verkleinertem Maßstab.

Einander entsprechende Teile sind in beiden Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen.

Scheibenspulenwicklungen 41 und 42 stützen sich über achsparallele Kühlkanalleisten 44 auf einen Isolier- und Tragzylinder 43 ab. Zwischen den achsparallelen Kühlkanalleisten 44 liegende axiale Kühlkanäle sind mit radialen Kühl- und Isolierkanälen 46 zwischen den Scheibenspulen 41 und 42 verbunden.

Die Scheibenspulen 41 und 42 sind aus zwei gleichzeitig gewickelten Wickelleitern aufgebaut, die jeweils am Innendurchmesser der Scheibenspule 41 und 42 überkreuzt miteinander verbunden sind und deren Enden am Außendurchmesser der Scheibenspulen 41 und 42 entweder eine Rückverbindung in einem Scheibenspulenpaar oder die Verbindung zum benachbarten Scheibenspulenpaar darstellen. Dadurch werden die Windungen in der durch die eingetragenen Ziffern angegebenen Reihenfolge vom Strom durchflossen, d. h. jede der Scheibenspulen 41 und 42 wird zweimal vom Strom durchflossen. Die oberste Scheiben-Spule 41 ist mit einem Hochspannungseingang 45 und die unterste Scheibenspule 42 ist entweder mit Erdpotential und/oder einem Sternpunkt oder in nicht dargestellter Art und Weise zur Herstellung einer Dreieckschaltung mit dem Hochspannungseingang 45 der nächstfolgenden Phase verbunden.

Jede der Scheibenspulen 41 und 42 ist in zwei in Achsrichtung übereinanderliegende wicklungstechnisch gleiche Teile gespalten, die zwischen sich einen Zusatzisolierkanal 47 bilden. Die beiden jeweils eine Scheibenspule 41 bzw. 42 bildenden Teile sind beim Ausführungsbeispiel aus im Querschnitt gleichen Wickelleitern gewickelt. Durch die wicklungstechnisch gleiche Ausbildung der jeweils zur selben Scheibenspule 41 bzw. 42 gehörenden Teile tritt in dem Zusatzisolierkanal 47 in Achsrichtung keinerlei Potentialdifferenz auf. Das auch die Zusatzisolierkanäle 47 füllende Kühl- und Isoliermittel ist daher im Normalbetrieb in Achsrichtung in diesen Kanälen elektrisch nicht beansprucht.

Beim Auftreffen einer beispielweise durch einen Blitzeinschlag verursachten Stoßspannung wird in den Zwickeln 48 zwischen einander

benachbarten Windungen insbesondere im Eingangsbereich der Wicklung eine sehr hohe Felddichte aufgebaut, die zu Vorentladungen an dieser Stelle führen kann. Wie Versuche gezeigt haben, sind derartige Vorentladungen beim weiteren Ansteigen der Stoßspannung häufig Ausgangspunkte für Durchschläge durch die benachbarten mit elektrischer Spannung vorbelasteten Kühl- und Isolierkanäle 46. Bei der erfindungsgemäßen Anordnung verlaufen derartige Durchschläge etwa entlang einer Linie 49 höchstens bis in einen Zwickel 48 im nächsten Zusatzisolierkanal 47.

Ein Überschlag zur jeweils übernächsten Scheibenspule ist nicht möglich, da der Zusatzisolierkanal elektrisch nicht beansprucht wird und eine Entladung an dieser Stelle unterbrochen wird.

Die erfindungsgemäße Teilung der Scheibenspulen in Achsrichtung ist unabhängig von der übrigen Ausführung bei allen Scheibenspulenwicklungen möglich und nicht auf ineinandergewickelte Scheibenspulen beschränkt.

#### Patentansprüche

1. Scheibenspulenwicklung für Transformatoren aus ein oder mehreren abwechselnd links- und rechtsgängige Spiralen bildenden Wickelleitern und mit zwischen den einzelnen Scheibenspulen (41, 42) angeordneten radialen Kühl- und Isolierkanälen (46), dadurch gekennzeichnet, daß mindestens die Scheibenspulen (41, 42) im Bereich eines Hochspannungseinganges (45) in zwei wicklungstechnisch gleiche, axial übereinanderliegende, die gleiche Spannung führende Teile aufgespalten sind, zwischen denen ein demzufolge im Normalbetrieb elektrisch in Achsrichtung nicht beanspruchter Zusatzisolierkanal (47) liegt.

2. Scheibenspulenwicklung nach Anspruch 1 mit abgestufter Längskapazität, dadurch gekennzeichnet, daß die Scheibenspulen (41, 42) auch im Bereich von Sprungstellen der Längskapazität der Wicklung in zwei axial übereinanderliegende, zwischen sich je einen Zusatzisolierkanal (47) bildende Teile aufgespalten sind.

3. Scheibenspulenwicklung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden gemeinsam dieselbe Scheibenspule (41, 42) bildenden Teile an der am Innenmantel und am Außenmantel der Wicklung liegenden Windung galvanisch miteinander verbunden sind.

4. Scheibenspulenwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens in den einen Zusatzisolierkanal (47) aufweisenden Scheibenspulen (41, 42) ausgehend vom Innen- und vom Außendurchmesser jeweils die erste und die zweite Windung stärker gegeneinander isoliert

sind als die übrigen Windungen.

5. Scheibenspulenwicklung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden zusammen jeweils eine Scheibenspule (41, 42) bildenden Teile aus im Querschnitt gleichen Wickelleitern gewickelt sind.

5

10

#### Claims

15

20

25

1. A disc coil winding for transformers consisting of one or more wound conductors forming alternately anti-clockwise and clockwise spirals and having radial cooling and insulating channels (46) which are arranged between the individual disc coils (41, 42), characterised in that at least the disc coils (41, 42) in the region of a high voltage input (45) are split into two parts which are identical in respect of winding technique, are arranged axially one above another, and carry the same voltage, and between which an additional insulating channel (47) is arranged which consequently is not subject to electrical loading in the axial direction in normal operation.

30

35

40

2. A disc coil winding as claimed in Claim 1, having a stepped longitudinal capacity, characterised in that also in the region of transition points of the longitudinal capacity of the winding, the disc coils (41, 42) are divided into two parts which are arranged axially one above another and in each case form an additional insulating channel (47) between them.

45

50

55

3. A disc coil winding as claimed in Claim 1 or Claim 2, characterised in that the two parts which together form the same disc coil (41, 42), are electrically connected to one another at the turn which contacts the inner surface and the outer surface of the winding.

4. A disc coil winding as claimed in one of Claims 1 to 3, characterised in that at least in those disc coils (41, 42) which are provided with an additional insulating channel (47), proceeding from the inner and outer diameter, the first and the second turns are in each case better insulated from one another than are the other turns.

5. A disc coil winding as claimed in one of Claims 1 to 4, characterised in that the two parts which together form a disc coil (41, 42) are wound from wound conductors which are identical in cross-section.

60

65

#### Revendications

1. Enroulement formé de bobines plates pour transformateurs, constitué par un ou plusieurs conducteurs enroulés formant des spirales s'enroulant alternativement dans le sens sinistrorsum et dans le sens dextrorsum et comportant des canaux radiaux de refroidissement et d'isolation (46) disposés entre les différentes bobines plates (41,42), caractérisé

par le fait qu'au moins les bobines plates (41, 42) sont subdivisées, dans la zone de l'entrée (45) de la haute tension, en deux parties identiques du point de vue de la technique de l'enroulement, superposées axialement et portées à la même tension, et entre lesquelles se trouve disposé un canal d'isolation supplémentaire (47), qui, par conséquent, n'est pas soumis à une contrainte électrique dans la direction axiale pendant le fonctionnement normal. 5  
10

2. Enroulement formé de bobines plates suivant la revendication 1, comportant une capacité longitudinale échelonnée, caractérisé par le fait que les bobines plates (41, 42) sont subdivisées également au niveau de zones de sauts de la capacité longitudinale de l'enroulement, en deux parties superposées axialement et délimitant entre elles respectivement un canal d'isolation supplémentaire (47). 15  
20

3. Enroulement formé de bobines plates suivant la revendication 1 ou 2, caractérisé par le fait que les deux parties constituant à l'état réuni la même bobine plate (41, 42), sont reliées entre elles galvaniquement au niveau de la spire située sur l'enveloppe intérieure et sur l'enveloppe extérieure de l'enroulement, 25  
30

4. Enroulement formé de bobines plates suivant l'une des revendications 1 à 3, caractérisé par le fait qu'au moins dans les bobines plates (41, 42) possédant un canal d'isolation supplémentaire (47) et à partir du pourtour intérieur et du pourtour extérieur, respectivement la première spire et la seconde spire sont plus fortement isolées l'une par rapport à l'autre que les autres spires. 35  
40

5. Enroulement formé de bobines plates suivant l'une des revendications 1 à 4, caractérisé par le fait que les deux parties qui constituent à l'état réuni respectivement une bobine plate (41, 42) sont formées par l'enroulement de conducteurs possédant une même section transversale. 45  
50  
55  
60  
65  
5

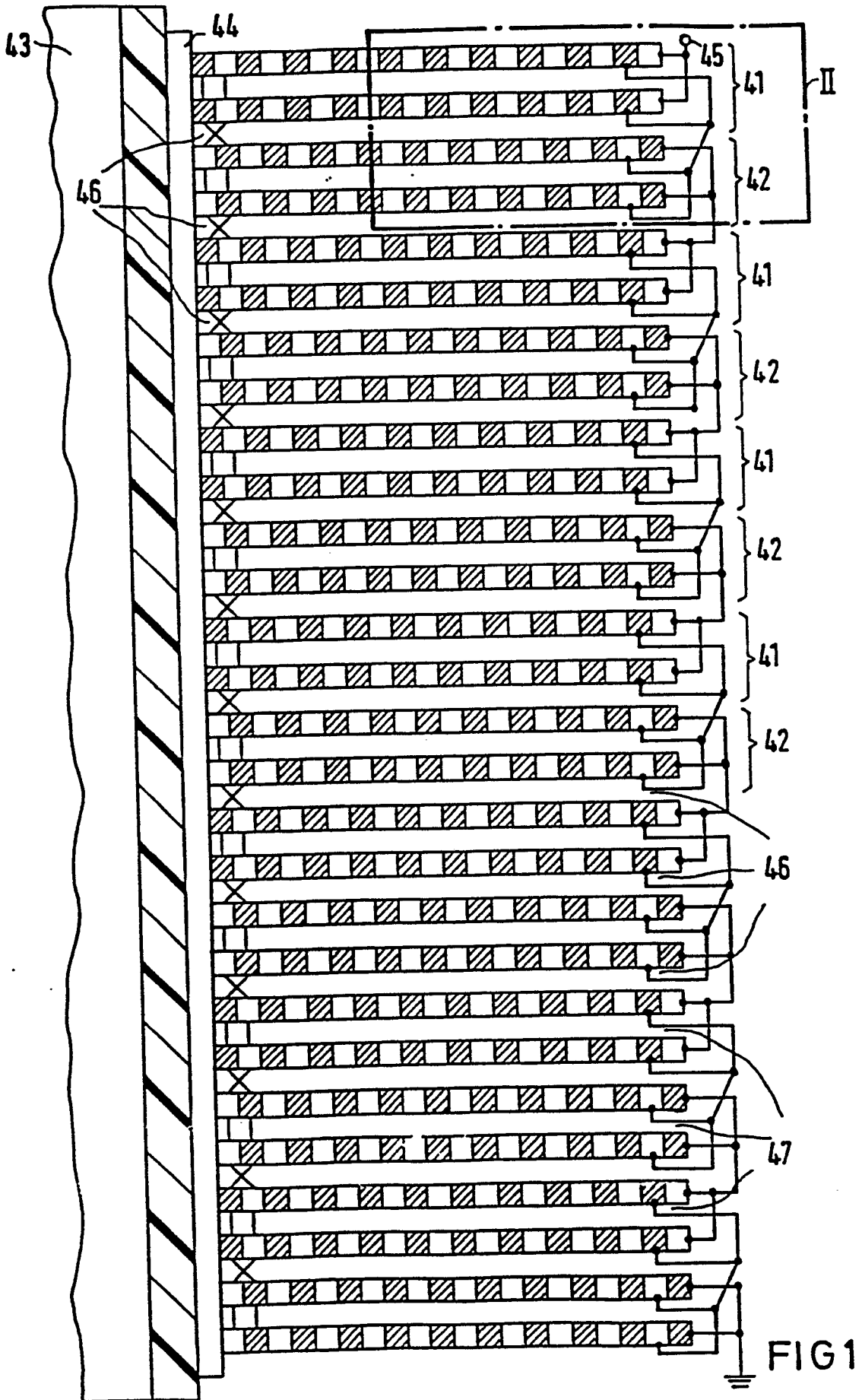


FIG 1

