



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 686 327 A5

51 Int. Cl.⁶: H 02 K 009/10

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 02449/93

22 Anmeldungsdatum: 17.08.1993

24 Patent erteilt: 29.02.1996

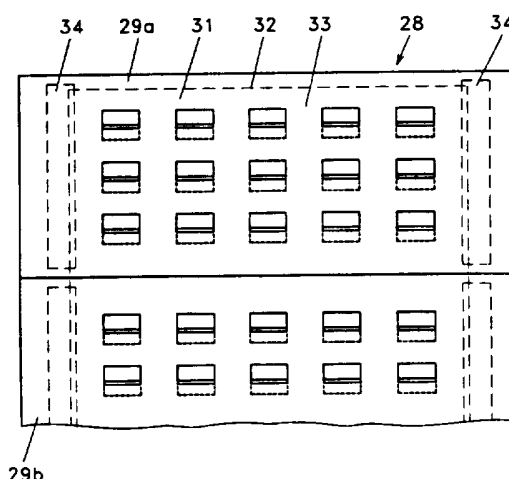
45 Patentschrift
veröffentlicht: 29.02.1996

73 Inhaber:
ABB Management AG Abt. TEI Immaterialgüterrecht,
Haselstrasse 16, 5401 Baden (CH)

72 Erfinder:
Iseli, Markus, Dr., Mülligen (CH)
Koppetsch, Lothar, Mannheim Vogelstang (DE)
Zimmermann, Hans, Mönchaltorf (CH)

54 Gasgekühlte elektrische Maschine.

57 Bei einer gasgekühlten elektrischen Maschine ist der wirksame Strömungsquerschnitt der Verbindung von den äusseren Heissgaskammern zum Kühler mit einem einstellbaren Drosselorgan (29, 31; 32, 33) versehen. Auf diese Weise lässt sich ohne Eingriff in die eigentliche Maschine die Aufteilung der verschiedenen Kühlluftströme innerhalb der Maschine so beeinflussen, dass eine Nivellierung des Temperaturniveaus in Maschinenlängsrichtung erreicht wird.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

Die Erfindung bezieht sich auf eine elektrische Maschine gemäss dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Eine gasgekühlte elektrische Maschine mit diesen Merkmalen ist beispielsweise aus «Brown Boveri Technik», 3/86, Seiten 133–138, insbesondere Bild 3 auf Seite 135, bekannt.

TECHNOLOGISCHER HINTERGRUND UND STAND DER TECHNIK

Prinzip der sogenannten indirekten Kühlung ist es, die in den Statorwicklungsstäben entstehenden Verluste an das Kühlmedium (Wasserstoff oder Luft) abzugeben. Der hauptsächliche Wärmeffluss findet dabei vom Stabkupfer über die Isolation in den Zahnbereich des Statorblechkörpers statt. Von den Statorzähnen wird die Wärme an das Kühlmedium abgegeben.

Die Grenzen der Aufwärmung sind dabei durch die Temperaturempfindlichkeit der Isolation und darüber hinaus durch entsprechende Maximaltemperaturen vorgegeben, welche in Normen durch verschiedene Isolationsklassen festgelegt sind (ANSI, IEC).

Infolge der relativ grossen Temperaturdifferenz zwischen dem in die Isolation eingebetteten Statorkupfer und der Aussenschicht der Isolation ist die maximale Leistung eines indirekt gasgekühlten Turbogenerators mit klassischem Kühlprinzip begrenzt.

Es hat daher nicht an Vorschlägen gefehlt, die Kühlung zu verbessern, wobei sich diese Bemühungen hauptsächlich auf die Intensivierung der Kühlung im mittigen Maschinenbereich konzentrierten.

So wird in der EP-B 0 279 064 eine gasgekühlte elektrische Maschine beschrieben, bei welcher die Heissgaskammern im mittleren Abschnitt der Maschine über separate Leitungen unter Umgehung der endseitigen Warmgaskammern direkt mit den Kühlern verbunden sind. Auf diese Weise wird eine Vermischung des erwärmten Kühlgases aus den mittigen Heissgaskammern mit demjenigen aus den endseitigen Heissgasräumen verhindert, und es besteht die Möglichkeit, die Volumenströme durch die einzelnen Kühlschlitze und der ihnen zugeordneten Luftspalt- und Kammerräume so aufzuteilen, dass eine fast vollständige Nivellierung des Temperaturprofils in Maschinenlängsrichtung resultiert.

Diese Massnahme hat sich bei Neukonstruktionen bestens bewährt. Bei bereits in Betrieb befindlichen Maschinen ist sie jedoch nur mit erheblichem Aufwand durchführbar.

KURZE DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

Aufgabe der Erfindung ist es, eine gasgekühlte elektrische Maschine der eingangs genannten Gattung zu schaffen, die ohne bauliche Eingriffe in die eigentliche Maschine eine wesentliche Vergleichsmässigung der Kühlwirkung ermöglicht.

Diese Aufgabe wird bei einer gasgekühlten elek-

trischen Maschine der eingangs genannten Gattung dadurch gelöst, dass erfindungsgemäss im Auströmquerschnitt der endseitigen Heissgaskammern zwischen diesen und dem Kühler Drosselorgane angeordnet sind.

Auf diese Weise lässt sich der Kühlluftstrom der Maschine nahezu beliebig auf die unterschiedlichen Kammern aufteilen und somit eine weitgehende Vergleichsmässigung der Maschinentemperatur in Maschinenlängsrichtung erreichen.

Die Drosselorgane bestehen vorzugsweise aus den gesamten Querschnitt überdeckenden Blechplatten, die mit einer Vielzahl von Durchbrüchen versehen sind. Zur Einstellung des wirksamen Querschnitts dient dabei gemäss einer besonders vorteilhaften Weiterbildung eine Lochplatte, die auf der Blechplatte aufliegt und ebenfalls mit Durchbrüchen versehen ist. Durch Verschieben der beiden Platten relativ zu einander lässt sich eine Feineinstellung des wirksamen Querschnitts bewirken.

Die Erfindung eignet sich insbesondere für das nachträgliche kühltechnische Tuning von bereits ausgeführten Maschinen, weil keine Eingriffe in die Maschine selbst vorgenommen werden müssen. In den Luftführungen von den Heissgaskammern zu den regelmässig in der Fundamentgrube unterhalb der Maschine angeordneten Kühlern hingegen ist hingegen genügend Platz und auch Bewegungsfreiheit für das Montagepersonal vorhanden, um die Drosselorgane einbauen und einstellen zu können.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Die Erfindung wird nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. In der Zeichnung zeigt

Fig. 1 einen vereinfachten Längsschnitt eines luftgekühlten Generators bekannter Bauart mit offenem Kühlkreislauf, mit Drosselorganen am Austritt der endseitigen Heissgaskammern;

Fig. 2 einen vergrösserten Ausschnitt von Fig. 1, der die Lage und Ausbildung der Drosselorgane verdeutlicht;

Fig. 3 eine Draufsicht auf ein Drosselorgan mit einstellbarem Querschnitt;

Fig. 4 eine alternative Ausführungsform eines Drosselorgans mit kreisrunden Durchbrüchen;

Fig. 5 eine weitere Variante eines Drosselorgans, bestehend aus voneinander distanzierten Blechplatten und einer zugehörigen Schlitzplatte.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

In Fig. 1 ist mit 1 ein Bocklager, mit 2 eine Ausserverschalung, mit 4 eine Innenverschalung und mit 5 ein Maschinengehäuse bezeichnet. Der Wickelkopf 6 stützt sich an Abstützplatten 7 an einer Statorpressplatte 8 ab. Im Statorblechkörper 9 sind radiale Belüftungsschlitze zwischen den einzelnen Teilblechkörpern vorgesehen. Zugstangen 10 pressen den Statorblechkörper samt Statorpressplatten 8 zusammen. Der Rotor 11 weist an beiden Enden Rotorkappen 12 auf. Die Wicklungsverbindungen im Wickelkopfraum sind mit 13 bezeichnet, die Pha-

sen- und Sternpunkt клемmen mit 14. An beiden Maschinenenden ist je ein Axialventilator 15 vorgesehen. Das radial innere Ende der Innenverschalung 4 ist als Luftführungsring 16 ausgebildet. In einer Fundamentgrube 17 unterhalb der Maschine sind Kühler 18 vorgesehen. Die Heissluft vor den Kühlern 18 ist durch Pfeile 19, die Kaltluft nach den Kühlern durch Pfeile 20 gekennzeichnet. Andere (nicht näher bezeichnete) Pfeile verdeutlichen die verschiedenen Kühlluftströme im Maschineninneren. Im nachfolgenden ist nur eine Maschinenhälfte zu betrachten, da die Maschine – was die Kühlung betrifft – symmetrisch aufgebaut ist.

Kalte Luft gelangt von den Kühlern 18 und den Raum zwischen Aussenverschalung 2 und Innenverschalung 4 zum Ventilator 15. Dann verzweigt sich der Kühlluftstrom. Ein erster Teilstrom strömt durch den Rotorwickelkopf unter der Rotorkappe 12, ein zweiter strömt in den Maschinenluftspalt 21, ein dritter Kühlluftstrom gelangt durch den Wickelkopfraum in den Maschinenrücken, also dem Raum zwischen Maschinengehäuse 5 und Statorblechkörper 9.

Im Maschinenrücken sind durch Gehäusespannen 22 und radiale und axiale Trennwände Kalt- und Heissgaskammern gebildet. Im Beispielsfall je eine Heissgaskammer 23 an beiden Maschinenenden und eine Heissgaskammer 24 in Maschinenmitte, sowie je eine Kaltgaskammer 25 zwischen den Kammern 23 und 24. In letztere strömt der genannte dritte Kühlluftstrom vom Ventilator 15 ein, wird durch die Belüftungsschlitze zwischen den Teilblechpaketen des Statorblechkörpers 9 gepresst und gelangt in die genannten Heissgaskammern 23 und 24. Von den Heissgaskammern 23 und 24 gelangt das heisse Kühlgas über grossflächige Durchbrüche 26 bzw. 27 an der Unterseite des Maschinengehäuses 5 in die Fundamentgrube und dort zu den Kühlern 18.

Insoweit entspricht der Aufbau und die Kühlluftführung der aus «Brown Boveri Technik» a.a.O. bekannten Maschine. Obwohl bei der Auslegung der Maschine die Anordnung und Aufteilung der in die verschiedenen Kammern ein- bzw. austretenden Luftströme die unterschiedlichen Strömungswiderstände berücksichtigt worden sind, kann sich doch beim späteren Betrieb herausstellen, dass die Kühlwirkung in Maschinenmitte weniger effektiv ist als an den Maschinenenden. Eine nachträgliche Anpassung durch Ein- und/oder Umbau der verschiedenen Leit- und Trenneinrichtungen im Statorrücken ist dabei nur bedingt – wenn überhaupt – möglich. Hier setzt nun die Erfindung ein.

Ihr liegt dabei die Idee zugrunde, die Aufteilung der einzelnen Volumenströme durch die Kalt- und Heissgaskammern nicht innerhalb des Maschinengehäuses sondern am Austritt aus der Maschine auf dem Weg zu den Kühlern 18 zu beeinflussen. Zu diesem Zweck sind in den Durchbrüchen 26, die den beiden endseitigen Heissgaskammern 23 zugeordnet sind, Drosselorgane 28 (in Fig. 1 durch strichlierte Linien symbolisiert) vorgesehen, welche vorzugsweise einstellbar den Strömungsquerschnitt von den Heissgaskammern 23 zu den Kühlern 18 einengen.

In Fig. 2, die einen vergrösserten Ausschnitt von Fig. 1 zeigt, ist die Lage und Ausbildung dieser Drosselorgane verdeutlicht. Jedes Drosselorgan 28 besteht aus einer ein- oder mehrteiligen Blechplatte 29, die auf einem Rahmen 30 befestigt ist. Dieser Rahmen 30 ist Teil des Maschinengehäuses und ruht auf der einen Seite auf einem Sockel 17a des Fundaments 17. In der Blechplatte 29 sind regelmässig verteilt Durchbrüche 31 vorgesehen. Von unten her ist an der Unterseite der Blechplatte 29 eine zweite, gegenüber der Blechplatte 29 horizontal verschiebbare Lochplatte 32 befestigt, die gleichfalls mit Durchbrüchen 33 versehen ist. Diese Durchbrüche 33 entsprechen hinsichtlich Form und Verteilung den Durchbrüchen 31 der Blechplatte 29. Seitliche Führungsleisten 34, die am der Unterseite der Blechplatte 29 befestigt sind, dienen als Montagehilfsmittel.

Die Blechplatte 29 ist vorzugsweise mehrteilig ausgeführt (Teile 29a und 29b in Fig. 3), um sie leicht von unten her in die Heissgaskammer 23 einbringen zu können. Die Lochplatte 32 hingegen kann einteilig ausgeführt sein. Wie aus der Draufsicht auf das Drosselorgan gemäss Fig. 3 ohne weiteres hervorgeht, kann durch Verschieben der Lochplatte 32 gegenüber der Blechplatte 29 in Richtung der Führungsschienen 34 der wirksame Querschnitt der Durchbrüche 31 in der Blechplatte 29 zwischen wohldefinierten Grenzen variiert werden und damit auch der wirksame Querschnitt am Austritt der beiden äusseren Heissgaskammern 23 hin zu den Kühlern 18 innerhalb vorgegebener Werte verändert werden.

Die nachfolgenden, aus der Praxis gewonnenen Werte sollen verdeutlichen, wie das Drosselorgan bei einer realen Maschine zur Vergleichsmässigung der Kühlung in Maschinenlängsrichtung beitragen kann:

Messungen haben ergeben, dass etwa zwei Drittel der Stator-Kühlluftmenge in die endseitigen Heissgaskammern 23 und nur ein Drittel in die mittlere Heissgaskammer 24 strömt. Als Folge davon erwärmt sich der mittlere Abschnitt der Maschine unzulässig hoch. Durch Rechnungen und Messungen an der realen Maschine im Betrieb gestützte Abschätzungen ergaben, dass etwa 60 bis 80% der gesamten Kühlluftmenge durch den mittleren Maschinenabschnitt (Heissgaskammer 24) zu führen sind, um eine annähernd konstante Temperatur in Maschinenlängsrichtung zu erzielen. Zu diesem Zweck musste der durchströmte Querschnitt in den beiden endseitigen Heissgaskammern 23 von je etwa 3 m² auf Werte zwischen 0,1 und 0,2 m² reduziert werden, um diese Luftmengenaufteilung zu erreichen. Durch den Einbau von je einer Blechplatte 29 mit Durchbrüchen 31 in die beiden endseitigen Heissgaskammern 23 mit einer Gesamt-Durchtrittsfläche von 0,2 m² und einer entsprechend ausgestalteten Lochplatte 32 liess sich das gesteckte Ziel ohne weiteres erreichen. Überraschenderweise erhöhte sich der Lärmpegel der Maschine durch die Einengung des Strömungs-Querschnitts in den Heissgaskammern nur unwesentlich, was auf die hier herrschenden vergleichsweise geringen Strömungsgeschwindigkeiten zurückzuführen ist.

Anstelle von Durchbrüchen 31, 33 mit rechteckförmigem Querschnitt können auch solche mit anderen Querschnitten, z.B. kreisrunde, wie in Fig. 4 dargestellt, vorgesehen werden. Auch müssen die Durchbrüche nicht unbedingt über die gesamte Fläche der Blechplatte 29 verteilt sein, sondern können beispielsweise im mittigen Bereich konzentriert sein. Statt einer bzw. mehrerer dicht aneinanderliegender, mit Durchbrüchen versehener Blechplatten 29 bzw. 29a, 29b können als Drosselorgan auch mehrere Blechplatten verwendet werden, die zwischen sich jeweils einen Spalt freilassen. Auch eine solche Lösung ist in Kombination mit einer modifizierten Lochplatte realisierbar, wie aus Fig. 5 hervorgeht.

Die Blechplatte besteht aus mehreren Teilen 29c, 29d und 29e, die voneinander durch einen Spalt S distanziert sind. An die Stelle der Lochplatte 33 tritt eine Schlitzplatte 35, die Schlitze 36 aufweisen, die parallel zu den Spaltkanten verlaufen.

Des weiteren braucht es nicht notwendig eine mit Durchbrüchen versehene Blechplatte und eine zugehörige Lochplatte bzw. Schlitzplatte. Sind nämlich einmal die optimalen Querschnitte durch Versuche bestimmt, so kann auch eine dementsprechend ausgestaltete Blechplatte bzw. entsprechend distanzierte Teilplatten mit einer Gesamtdurchtrittsfläche eben dieser Grösse eingebaut werden.

Die Erfindung wurde im vorstehenden anhand einer luftgekühlten Maschine mit drei Heissgaskammern und zwei Kaltgaskammern erläutert. Selbstverständlich kann die Erfindung auch bei Maschinen mit mehr als drei Heissgaskammern und mehr als zwei Kaltgaskammern realisiert werden. Gegebenenfalls müssten dann nicht nur in den äusseren sondern auch in den anderen Heissgaskammern, die zwischen den äusseren und der mittigen Heissgaskammer liegen, Drosselorgane der beschriebenen Art eingebaut werden.

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine mit einem auf einem Fundament (17) mit einer Fundamentgrube angeordneten Gehäuse (5), einem in diesem Gehäuse angeordnetem Statorblechkörper (9) mit in Nuten an seinem Innenumfang angeordnetem indirekt gekühlten Statorwicklungsleitern und einem Rotor (11), wobei der Blechkörper (9) des Stators aus einzelnen, durch Distanzstege voneinander beabstandeten Teilblechpaketen aufgebaut ist und die Zwischenräume zwischen zwei aufeinanderfolgenden Teilblechpaketen radial verlaufende Kühlschlitze bilden, und die Kühlschlitze den Maschinenluftspalt (21) mit Kammern verbinden, die zwischen dem Aussenumfang des Statorblechkörpers und dem Gehäuse gelegen sind, welche Kammern Kaltgaskammern (25) umfassen, die von kaltem Kühlgas beaufschlagbar sind, und welche Kammern Heissgaskammern (23, 24) umfassen, in welche erwärmtes Kühlgas aus den besagten Kühlschlitzen radial auswärts gerichtet einströmt, welche Heissgaskammern mit Kühlern (18) in Verbindung stehen, und wobei Kühlgas-Fördermittel (15) und Kühlgas-Leiteinrichtungen (4) an beiden Maschinen-

den, vorgesehen sind, welche das gekühlte Gas als Kaltgas den Kaltgaskammern zuleiten und das aufgewärmte Kühlgas aus den Heissgaskammern wieder absaugen, dadurch gekennzeichnet, dass im Ausströmquerschnitt (26) der endseitigen Heissgaskammern (23) zwischen diesen und dem Kühler (18) Drosselorgane (28) angeordnet sind.

2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Drosselorgan eine aus einer, vorzugsweise mehreren Blechplatten (29) besteht, welche mit Durchbrüchen (31) versehen ist.

3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechplatte (29) mit einer Lochplatte (32) zusammenwirkt, deren Durchbrüche (33) derart angeordnet und verteilt sind, dass durch Verschieben der Lochplatte (32) relativ zur Blechplatte (29) eine vorbestimmte wirksame Querschnittsverengung erreichbar ist.

4. Maschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass zur Vereinfachung der Montage/Demontage zumindest die Blechplatte (29) in mehrere Teilplatten (29a, 29b) unterteilt ist.

5. Maschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Blechplatte aus mehreren voneinander distanzierten Teilplatten (29c, 29d, 29e) besteht, die zwischen sich einen Spalt (S) freilassen.

6. Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilplatten (29c, 29d, 29e) mit einer Schlitzplatte (35) zusammenwirken, deren Schlitze (36) derart angeordnet und verteilt sind, dass durch Verschieben der Schlitzplatte (36) relativ zu den Teilplatten eine vorbestimmte wirksame Querschnittsverengung erreichbar ist.

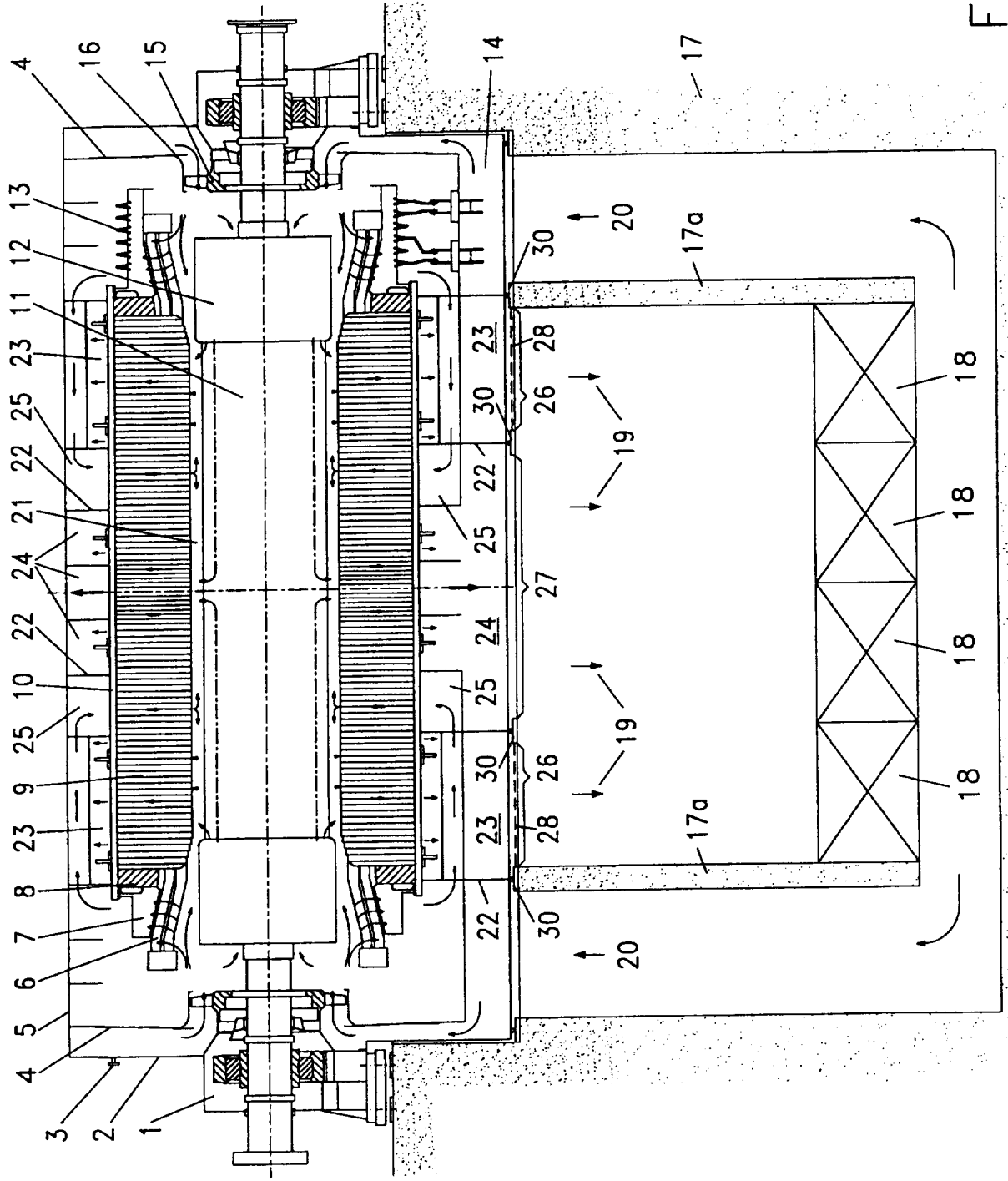
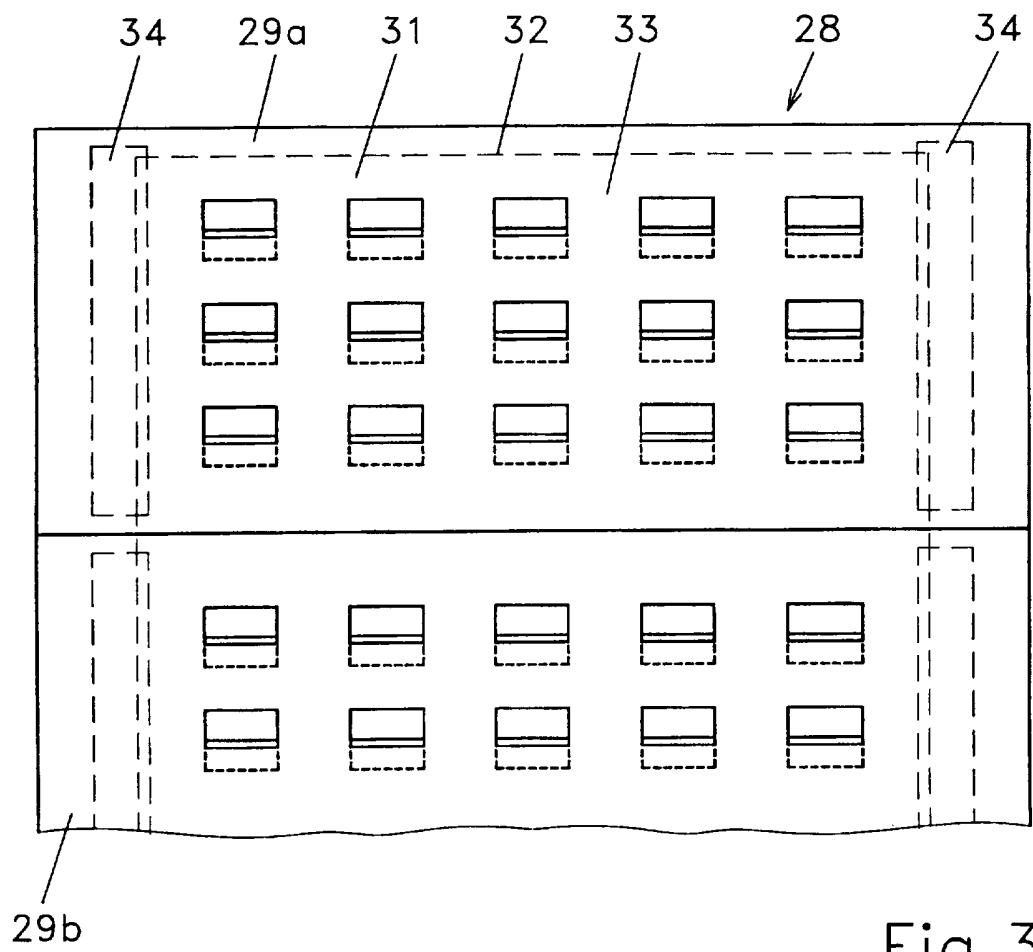
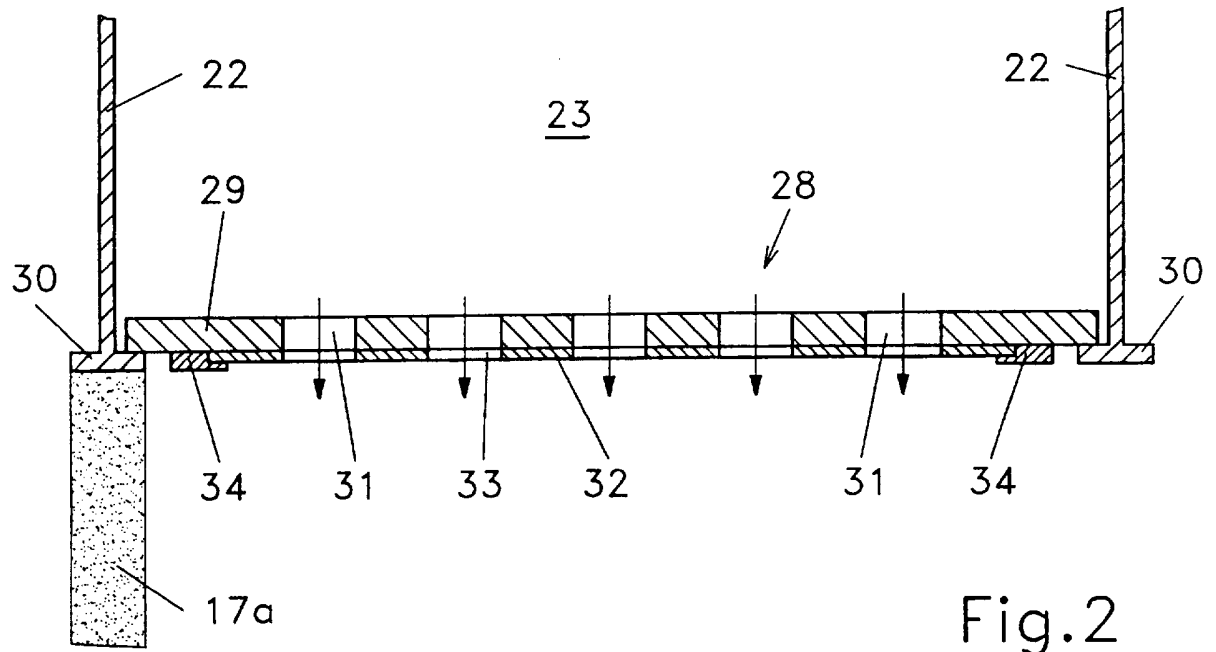


Fig. 1



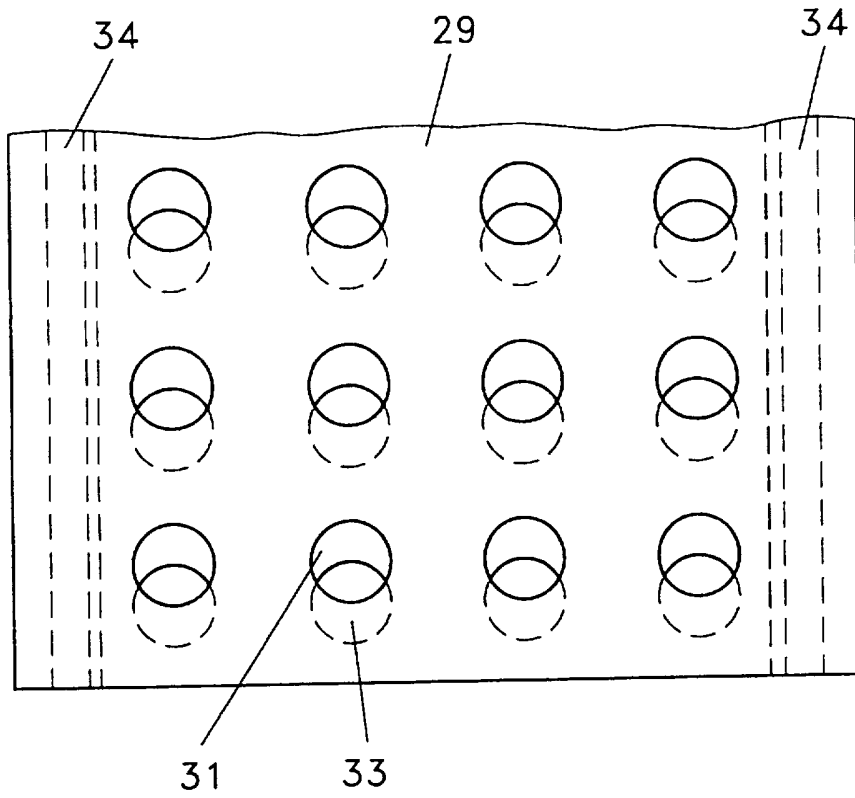


Fig. 4

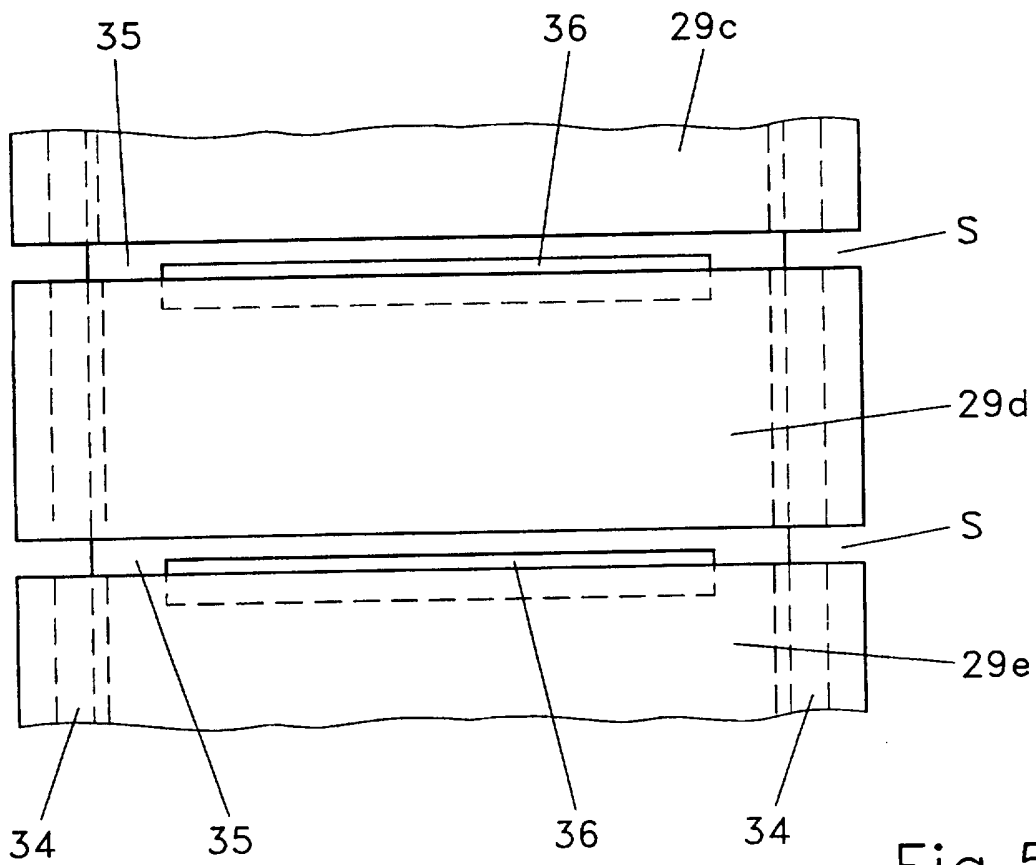


Fig. 5