



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 44 202 A1** 2004.03.25

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 44 202.9**
(22) Anmeldetag: **23.09.2002**
(43) Offenlegungstag: **25.03.2004**

(51) Int Cl.7: **H02K 3/24**

(71) Anmelder:
ALSTOM (Switzerland) Ltd., Baden, CH

(74) Vertreter:
Rösler, U., Dipl.-Phys.Univ., Pat.-Anw., 81241 München

(72) Erfinder:
**Gomes de Lima, Paulo, Dr., Wettingen, CH;
Salerno, Nevio, Oberrohrdorf, CH; Schwanda,
Josef, Lupfig, CH**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:
CH 3 57 797 A
EP 01 72 397 B1
JP 11-3 55 992 A

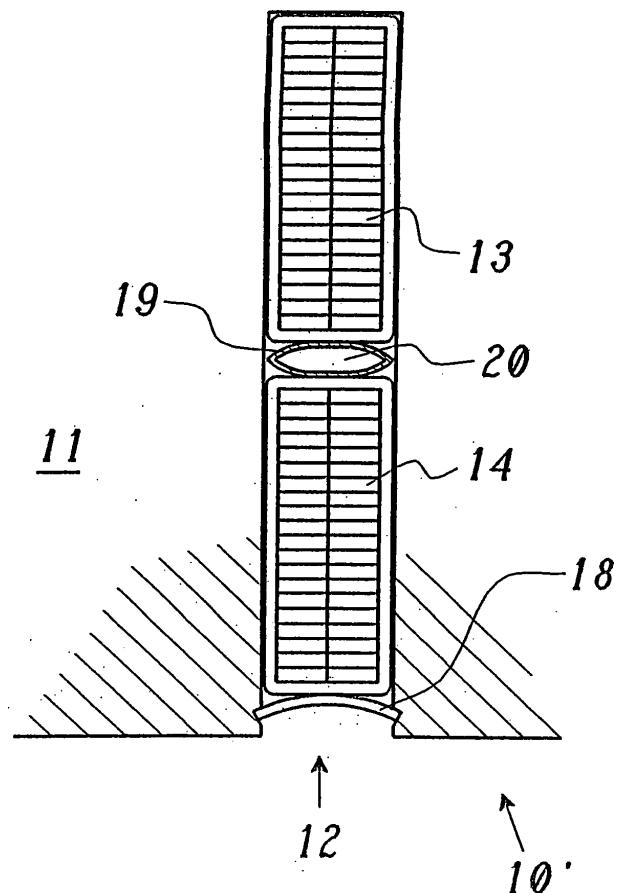
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Elektrische Maschine mit einem Stator mit gekühlten Wicklungsstäben**

(57) Zusammenfassung: Eine elektrische Maschine umfasst einen Stator (10) mit einem Blechkörper (11), in welchem eine Mehrzahl von in axialer Richtung verlaufender Nuten (12) vorgesehen sind, in denen jeweils mehrere Wicklungsstäbe (13, 14) in radialer Richtung übereinander liegend angeordnet und voneinander durch dazwischen liegende Abstandsmittel (19) getrennt sind, und in denen parallel zu den Wicklungsstäben (13, 14) verlaufende Kanäle (20) vorgesehen sind, durch welche ein Kühlmedium zur Kühlung der Wicklungsstäbe (13, 14) strömt.

Bei einer solchen Maschine wird mit geringem Aufwand eine deutlich verbesserte Kühlung der Wicklung dadurch erreicht, dass als Abstandsmittel sich in axialer Richtung erstreckende rohrförmige Abstandselemente (19) verwendet werden, deren Innenraum jeweils einen Kanal (20) für das Kühlmedium bildet.



Beschreibung

TECHNISCHES GEBIET

[0001] Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf das Gebiet der Kühlung von elektrischen Maschinen. Sie betrifft eine elektrische Maschine gemäss dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

[0002] Eine solche Maschine ist z.B. aus der Druckschrift EP-B1-0 172 397 bekannt.

STAND DER TECHNIK

[0003] Grosse rotierende elektrische Maschinen wie z.B. Generatoren zur Erzeugung von elektrischer Energie umfassen einen Rotor und einen Stator, der den Rotor konzentrisch umgibt. Der Stator ist üblicherweise als aus einzelnen Blechen aufgebauter Blechkörper ausgeführt. Bei grossen Leistungen wird die im Stator untergebrachte Statorwicklung mit einzelnen Wicklungsstäben gebildet, die in entsprechende Nuten im Blechkörper des Stators eingelegt und in den Nuten durch Nutenabschlusskeile gesichert werden.

[0004] Ein Querschnitt durch eine mit Wicklungsstäben gefüllte Nut eines Stators aus dem Stand der Technik ist in **Fig. 1** ausschnittsweise dargestellt. Der Stator **10'** aus **Fig. 1**, dessen untere, quer verlaufende Begrenzung gleichzeitig den Luftspalt zum darunter liegenden, in **Fig. 1** nicht dargestellten Rotor begrenzt, hat in dem Blechkörper **11** eine sich vom Luftspalt in radialer Richtung nach aussen erstreckende Nut **12**, in der in radialer Richtung übereinander liegend zwei Wicklungsstäbe **14** und **13** angeordnet sind. Die Wicklungsstäbe **13**, **14** selbst haben einen in **Fig. 1** angedeuteten, komplizierten Innenaufbau, auf den hier nicht weiter eingegangen werden soll.

[0005] Zwischen den beiden Wicklungsstäben **13**, **14** ist eine Nutzwischenlage **17** vorgesehen, die zur Verbesserung der elektrischen und mechanischen Eigenschaften der Wicklung dient. Die Wicklungsstäbe **13**, **14** sind in der Nut **12** in an sich bekannter Weise durch einen Keil **15** gesichert. Zwischen dem Keil **15** und dem oberen Wicklungsstab **14** ist zusätzlich meist eine Keilunterlage **16** vorgesehen.

[0006] Während des Betriebes der Maschine wird in den Wicklungen eine erhebliche elektrische Verlustleistung erzeugt, die als Wärme anfällt und aus den Wicklungen heraus nach aussen abgeführt werden muss. Zur Kühlung strömt in der Regel ein Kühlmedium, meist Luft oder ein anderes Gas, durch spezielle radiale Kühlschlitze im Stator-Blechkörper, sowie auch in axialer Richtung durch den Luftspalt oder axiale Kanäle, die zwischen den Nuten im Blechkörper verlaufen. Problematisch ist jedoch stets, die in den Wicklungsstäben erzeugte Wärme aus den Wicklungsnuten heraus durch den Blechkörper hindurch in die nächstliegenden Kühlkanäle zu transportieren.

[0007] Eine Möglichkeit der verbesserten Kühlung

der Wicklungsstäbe besteht darin, die Wicklungsstäbe teilweise hohl auszuführen und damit selbst als Kühlkanäle auszubilden (siehe z.B. die DE-A1-196 21 058). Hierdurch verringert sich jedoch der Leiterquerschnitt. Darüber hinaus ist es aufwändig, die hohlen Wicklungsstäbe in einen entsprechenden Kühlkreislauf einzubinden.

[0008] Eine andere Möglichkeit besteht darin, an den Wicklungsnuten seitlich kanalartige Ausnehmungen vorzusehen, durch welche das Kühlmedium in direktem Kontakt mit den Wicklungsstäben seitlich an diesen entlang strömen kann (siehe dazu die EP-A1-0 684 682). Eine vergleichbare Lösung wird in der eingangs genannten EP-B1-0 172 397 beschrieben, bei der ebenfalls in den Nuten an den Seiten der Wicklungsstäbe Kühlkanäle ausgebildet werden.

[0009] Nachteilig ist bei diesen bekannten Lösungen der vergleichsweise hohe Aufwand für die spezielle Ausgestaltung der Wicklungsnuten und die zusätzlich einzubauenden Mittel zum Lenken der Strömung des Kühlmediums, die den Zusammenbau der Maschine erheblich verlängern.

DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

[0010] Es ist daher Aufgabe der Erfindung, eine elektrische Maschine mit einer gekühlten Statorwicklung zu schaffen, welche die Nachteile bekannter Maschinen vermeidet, und sich insbesondere durch eine deutlich verbesserte Kühlung der Wicklungsstäbe bei gleichzeitig verringertem Montageaufwand und verbesserten thermomechanischen Eigenschaften auszeichnet.

[0011] Die Aufgabe wird durch die Gesamtheit der Merkmale des Anspruchs 1 gelöst. Der Kern der Erfindung besteht darin, dass die herkömmlichen, aus Vollmaterial bestehenden Abstandsmittel zwischen den Wicklungsstäben durch sich in axialer Richtung erstreckende rohrförmige Abstandselemente ersetzt werden, deren Innenraum jeweils einen Kanal für das Kühlmedium bildet. Hierdurch kann bei praktisch unveränderter Nut und ohne zusätzlichen Platzbedarf auf einfachste Weise ein sehr effizienter Kühlkanal direkt zwischen den Wicklungsstäben eingerichtet werden, der die Verlustwärme aus den Wicklungsstäben effektiv abführt.

[0012] Als zusätzlicher Vorteil lässt sich eine Absorption von Vibrationen und Ausdehnungen in den Wicklungsstäben erreichen, wenn die rohrförmigen Abstandselemente in radialer Richtung federnd ausgebildet sind. Dies lässt sich insbesondere dadurch erreichen, dass die Abstandselemente einen linsenförmigen Querschnitt aufweisen.

[0013] Besonders einfach lassen sich die kühlenden Abstandselemente in den Kühlkreislauf der Maschine integrieren, wenn im Blechkörper des Stators quer zu den Wicklungsstäben in radialer Richtung verlaufend in regelmässigen Abständen vom Kühlmedium durchströmte Kühlschlitze angeordnet sind, und wenn die Abstandselemente im Bereich der

Kühlschlitze jeweils Öffnungen aufweisen, durch welche Kühlmedium aus dem Innenraum der Abstandselemente in die Kühlschlitze bzw. von den Kühlschlitzen in den Innenraum der Abstandselemente strömen kann.

[0014] Besonders gut ist die Ankopplung, wenn in den Kühlschlitzen Mittel vorhanden sind, welche die Strömung des Kühlmediums aus den Kühlschlitzen in die Öffnungen der Abstandselemente lenken. Bevorzugt werden als Strömungslenkungsmittel Abstandshalter eingesetzt, welche in den Kühlschlitzen angeordnet sind.

KURZE ERLÄUTERUNG DER FIGUREN

[0015] Die Erfindung soll nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen im Zusammenhang mit der Zeichnung näher erläutert werden. Es zeigen

[0016] **Fig. 1** im Querschnitt eine mit Wicklungsstäben ausgefüllte Nut in einem Stator-Blechkörper nach dem Stand der Technik;

[0017] **Fig. 2** in einer zu **Fig. 1** vergleichbaren Darstellung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung; und

[0018] **Fig. 3** in einer perspektivischen, teilweise aufgeschnittenen Seitenansicht eine bevorzugte Art der Ankopplung zwischen dem erfindungsgemässen Abstandselement und den (vorhandenen) radialen Kühlschlitzen des Stators.

WEGE ZUR AUSFÜHRUNG DER ERFINDUNG

[0019] In **Fig. 2** ist in einer zu **Fig. 1** vergleichbaren Darstellung ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der Erfindung wiedergegeben. Der Stator **10** hat in seinem Blechpaket eine Mehrzahl von in radialer Richtung verlaufenden Nuten **12** zur Aufnahme von (in axialer Richtung verlaufenden) Wicklungsstäben **13, 14**. Die in der Nut **12** übereinander angeordneten Wicklungsstäbe **13, 14** sind in der Nut **12** durch einen (federnden) Keil **18** fixiert. Zwischen den Wicklungsstäben **13, 14** ist nun anstelle der herkömmlichen Nutzwischenlage aus Vollmaterial ein hohles Abstandselement **19** mit linsenförmigem Querschnitt angeordnet. Der hohle Innenraum des Abstandselementes **19** bildet einen Kanal **20**, durch den Kühlmedium zwischen den Wicklungsstäben **13, 14** hindurch strömen und mit hoher Effizienz Wärme aus den Wicklungsstäben **13, 14** aufnehmen kann. Der linsenförmige Querschnitt des Abstandselementes **19** hat zwei Vorteile: Zum einen ergibt sich bei geeigneter Materialwahl für das Abstandselement **19** ein Federeffekt, der die Wicklungsstäbe in radialer Richtung mit einer Vorspannung beaufschlagt. Hierdurch können Vibrationen in den Wicklungsstäben **13, 14** bzw. Wärmedehnungen oder dgl. aufgenommen und neutralisiert werden, was die Betriebssicherheit deutlich verbessert. Zum anderen liegen die flachen Seiten der „Linse“ mit einer grösseren Fläche an den benachbarten Wicklungsstäben an, was den Wärmeüber-

gang zwischen Wicklungsstäben **13, 14** und Abstandselement deutlich erhöht.

[0020] Der Kanal **20** des Abstandselementes **19** wird nun gemäss **Fig. 3** auf einfache Weise vorteilhaft in den vorhandenen Kühlkreislauf des Stators **10** dadurch eingebunden, dass an den Stellen, an denen die im Blechkörper **11** des Stators vorhandenen (radialen) Kühlschlitze **21, 22** die Nuten **12** kreuzen, in den Abstandselementen **19** entsprechende Öffnungen **25,...,28** vorgesehen sind, durch welche der Kanal **20** im Abstandselement **19** mit den Kühlschlitzen **21, 22** in der einen oder anderen Richtung Kühlmedium austauschen kann.

[0021] In **Fig. 3** ist mittels Pfeilen eine Strömungsrichtung eingezeichnet, in der Kühlmedium aus den Kühlschlitzen **21, 23** durch die Öffnungen **25,...,28** in den Kanal **20** einströmt und in axialer Richtung aus dem Kanal **20** wieder herausströmt. Diese Strömung wird dadurch verstärkt, dass die Abstandshalter **23, 24**, die in den Kühlschlitzen **21, 22** zur mechanischen Stabilisierung der Kühlschlitze **21, 22** vorgesehen sind, in strömungsleitender Weise zu den Öffnungen **25,...,28** hin gebogen sind. Die umgekehrte Strömungsrichtung ist ebenfalls vorgesehen. Welche Strömungsrichtung gerade vorherrscht, richtet sich nach dem Gesamtströmungsplan der Maschine bzw. des Stators.

[0022] Insgesamt ergibt sich mit der Erfindung eine elektrische Maschine mit gekühlter Statorwicklung, die sich durch folgende Vorteile auszeichnet:

- Der Wärmeübertragungskoeffizient von den Wicklungsstäben wird verbessert.
- Die Montagezeit wird durch den Wegfall der Nutzwischenlage verringert.
- Die Menge an gestanztem Material wird verringert.
- Durch einen Federeffekt können Vibrationen und Dehnungen der Windungsstäbe absorbiert werden.

Bezugszeichenliste

10,10'	Stator
11	Blechkörper
12	Nut
13,14	Wicklungsstab
15	Keil
16	Keilunterlage
17	Nutzwischenlage
18	Keil
19	Abstandselement (rohrförmig)
20	Kanal
21,22	Kühlschlitz
23,24	Abstandshalter
25,...,28	Öffnung

Patentansprüche

1. Elektrische Maschine, umfassend einen Stator (**10**) mit einem Blechkörper (**11**), in welchem eine

Mehrzahl von in axialer Richtung verlaufenden Nuten (12) vorgesehen sind, in denen jeweils mehrere Wicklungsstäbe (13, 14) in radialer Richtung übereinander liegend angeordnet und voneinander durch dazwischen liegende Abstandsmittel (19) getrennt sind, und in denen parallel zu den Wicklungsstäben (13, 14) verlaufende Kanäle (20) vorgesehen sind, durch welche ein Kühlmedium zur Kühlung der Wicklungsstäbe (13, 14) strömt, **dadurch gekennzeichnet**, dass als Abstandsmittel sich in axialer Richtung erstreckende rohrförmige Abstandselemente (19) verwendet werden, deren Innenraum jeweils einen Kanal (20) für das Kühlmedium bildet.

2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandselemente (19) in radialer Richtung federnd ausgebildet sind.

3. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abstandselemente (19) einen linsenförmigen Querschnitt aufweisen.

4. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass im Blechkörper (11) des Stators (10) quer zu den Wicklungsstäben (13, 14) in radialer Richtung verlaufend in regelmässigen Abständen vom Kühlmedium durchströmte Kühlschlitze (21, 22) angeordnet sind, und dass die Abstandselemente (19) im Bereich der Kühlschlitze (21, 22) jeweils Öffnungen (25,...,28) aufweisen, durch welche Kühlmedium aus dem Innenraum der Abstandselemente (19) in die Kühlschlitze (21, 22) bzw. von den Kühlschlitzen (21, 22) in den Innenraum der Abstandselemente strömen kann.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass in den Kühlschlitzen (21, 22) Mittel (23, 24) vorhanden sind, welche die Strömung des Kühlmediums aus den Kühlschlitzen (21, 22) in die Öffnungen (25,...,28) der Abstandselemente lenken.

6. Elektrische Maschine nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass als Strömunglenkungsmittel Abstandshalter (25,...,28) eingesetzt werden, welche in den Kühlschlitzen (21, 22) angeordnet sind.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

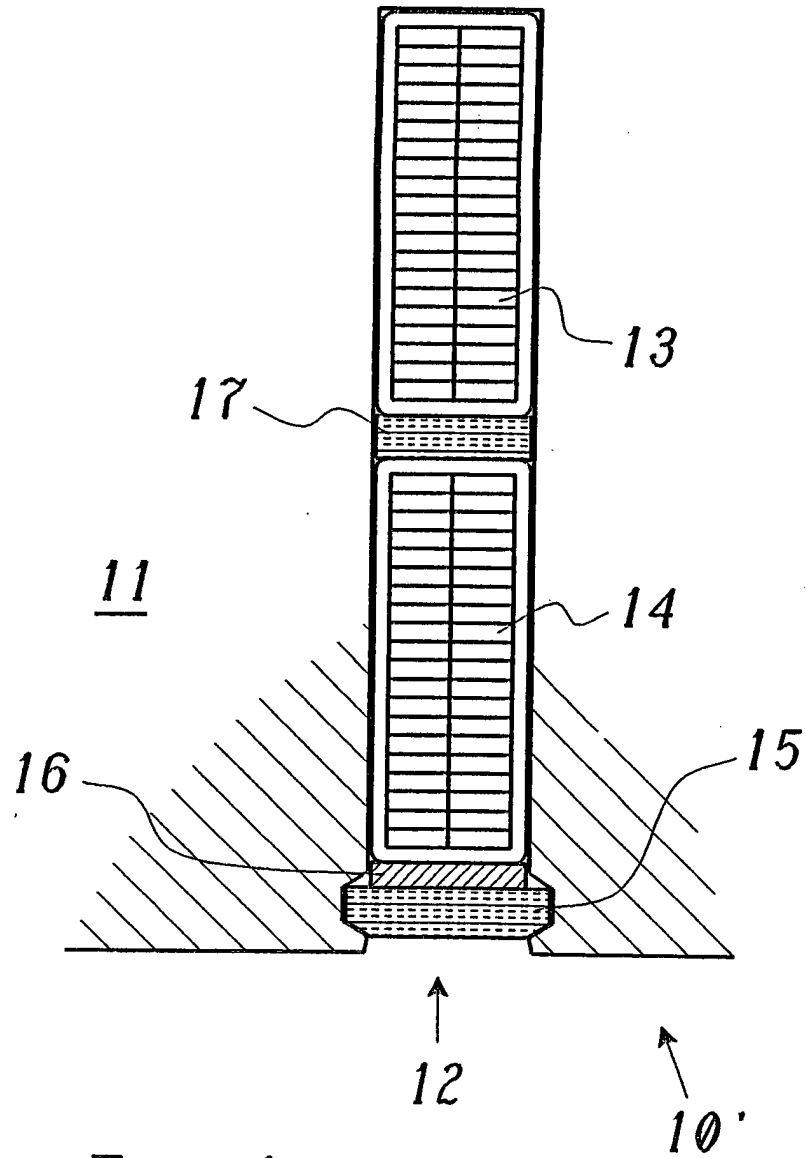


Fig. 1

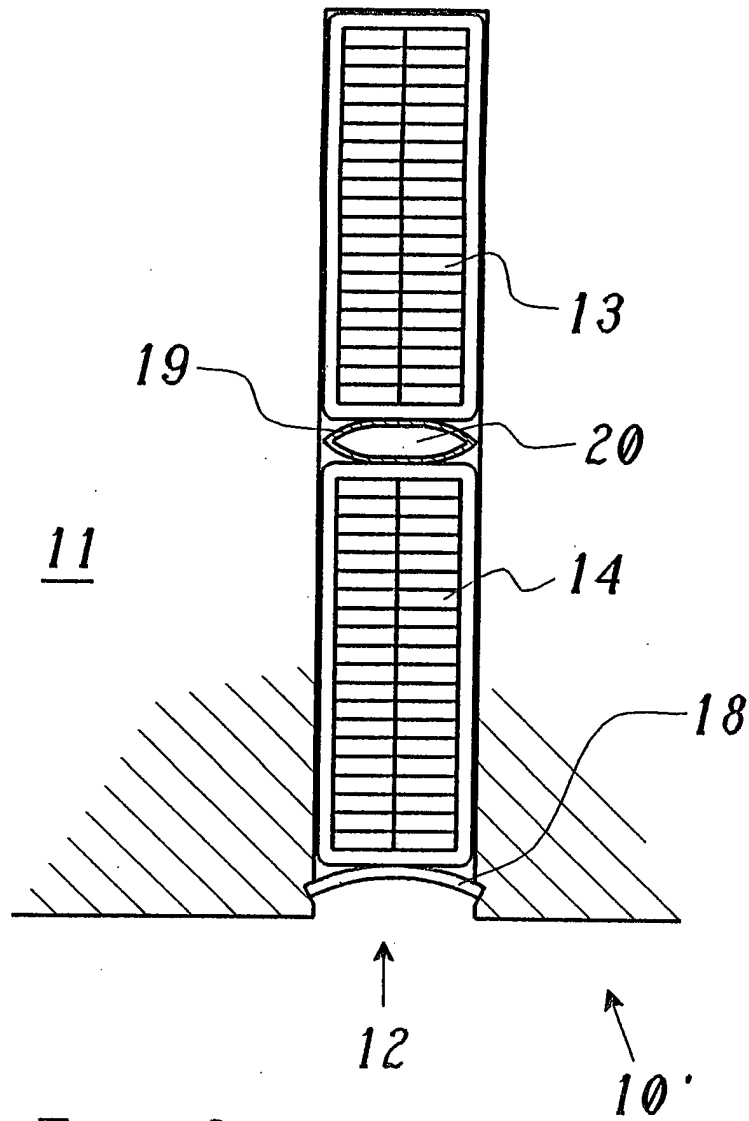


Fig. 2

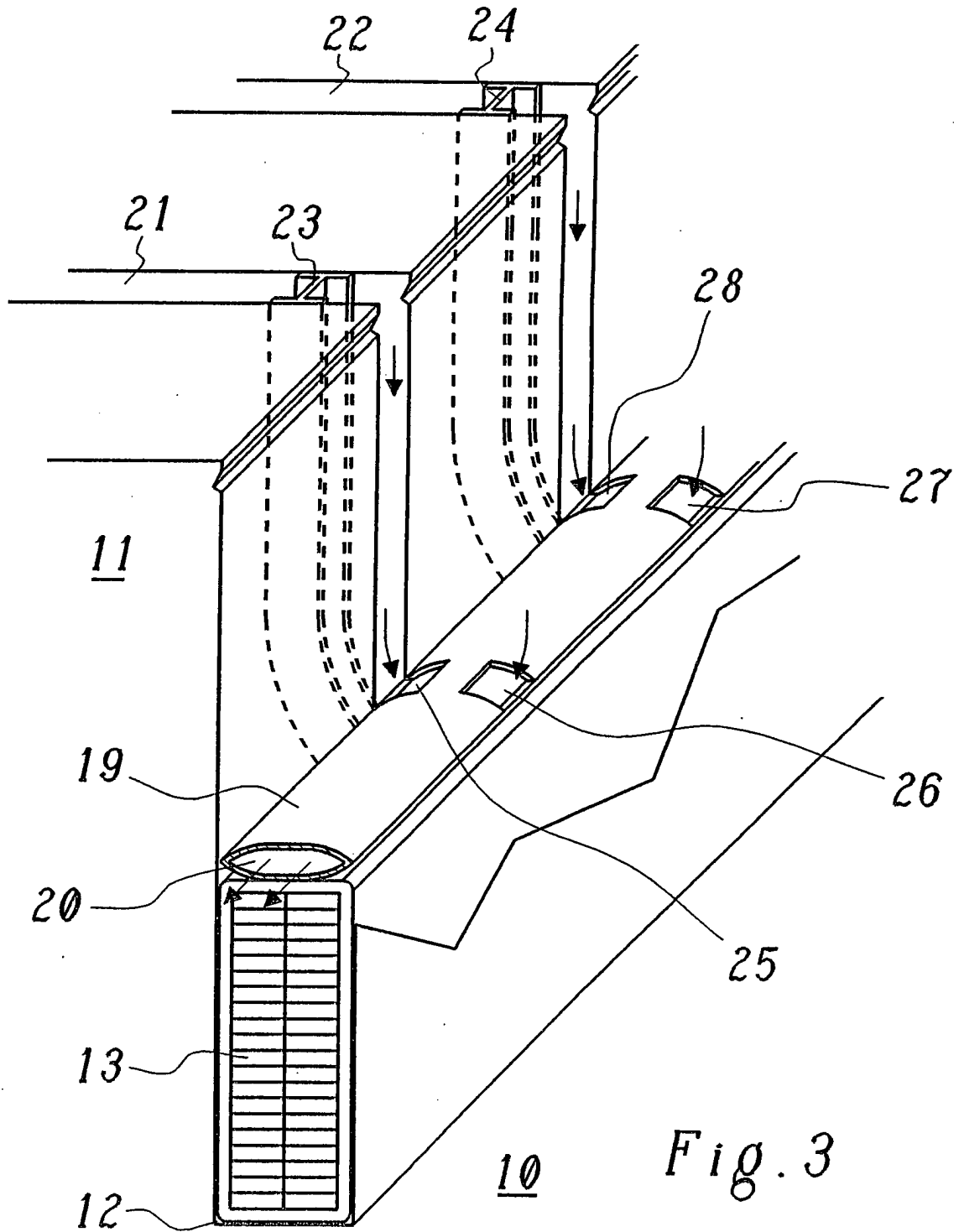


Fig. 3