



**PCT** WELTORGANISATION FÜR GEISTIGES EIGENTUM  
Internationales Büro  
INTERNATIONALE ANMELDUNG VERÖFFENTLICHT NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE  
INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT)

<p><b>(51) Internationale Patentklassifikation 5 :</b> H02K 19/10, 3/22, 3/24 H02K 9/04, 9/19, 9/22</p>	<p align="center"><b>A1</b></p>	<p><b>(11) Internationale Veröffentlichungsnummer:</b> WO 94/02984 <b>(43) Internationales Veröffentlichungsdatum:</b> 3. Februar 1994 (03.02.94)</p>
<p><b>(21) Internationales Aktenzeichen:</b> PCT/EP93/01911 <b>(22) Internationales Anmeldedatum:</b> 20. Juli 1993 (20.07.93) <b>(30) Prioritätsdaten:</b> P 42 23 831.5 20. Juli 1992 (20.07.92) DE <b>(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten ausser US):</b> PILLER GMBH [DE/DE]; Abgunst 24, D-37520 Osterode am Harz (DE). <b>(72) Erfinder; und (73) Erfinder/Anmelder (nur für US) :</b> HILLMANN, Frank [DE/DE]; Am Breiten Busch 25, D-37520 Osterode am Harz (DE). CANDERS, Wolf-Rüdiger [DE/DE]; Fuchshaller Weg 38, D-37520 Osterode am Harz (DE). KLEIN, Harald [DE/DE]; In der Horst 6, D-37520 Osterode am Harz (DE). SOTHEN VON, Heinz [DE/DE]; Kesperbergweg 26, D-37115 Duderstadt (DE). WIEGANDT, Eduard [DE/DE]; Thueringer Strasse 272, D-37534 Badenhausen (DE).</p>		<p><b>(74) Anwälte:</b> BECK, Juergen usw. ; Hoeger, Stellrecht &amp; Partner, Uhlandstrasse 14 c, D-70182 Stuttgart (DE). <b>(81) Bestimmungsstaaten:</b> BR, FI, HU, JP, KR, US, europäisches Patent (AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE). <b>Veröffentlicht</b> <i>Mit internationalem Recherchenbericht. Vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche zugelassenen Frist. Veröffentlichung wird wiederholt falls Änderungen eintreffen.</i></p>

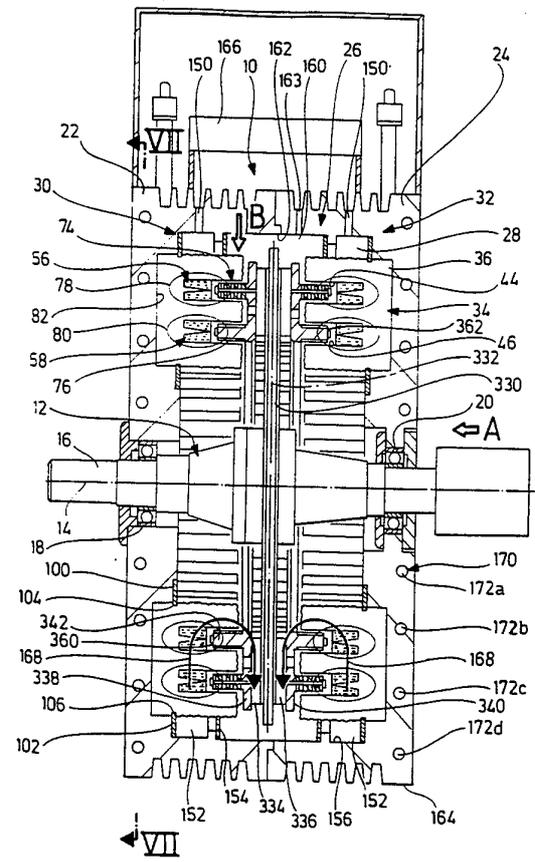
**(54) Title:** ELECTRIC MACHINE  
**(54) Bezeichnung:** ELEKTRISCHE MASCHINE

**(57) Abstract**

An electric machine has a rotor that rotates around an axis and a stator provided with a set of several C-shaped polar elements arranged around the axis at the same angular distance from each other. Each polar element surrounds a stator winding with a base strip and with two polar fingers that project from the base strip. In order to cool such an electric machine as efficiently as possible, the stator winding surrounds the axis like a ring and a cooling medium flows through the stator winding.

**(57) Zusammenfassung**

Um eine elektrische Maschine umfassend einen sich um eine Achse drehenden Läufer und einen Stator, welcher einen Satz mit einer Vielzahl um die Achse herum in gleichen Winkelabständen angeordneten C-förmigen Polelementen umfaßt, von denen jedes mit einem Basissteg und zwei von diesem abstehenden Polfingern eine Statorwicklung umgreift derart zu gestalten, daß diese möglichst effizient kühlbar ist, wird vorgeschlagen, daß die Statorwicklung ringförmig um die Achse umläuft und daß die Statorwicklung von einem Kühlmedium durchströmt ist.



**LEDIGLICH ZUR INFORMATION**

Code, die zur Identifizierung von PCT-Vertragsstaaten auf den Kopfbögen der Schriften, die internationale Anmeldungen gemäss dem PCT veröffentlichen.

AT	Österreich	FI	Finnland	MR	Mauritanien
AU	Australien	FR	Frankreich	MW	Malawi
BB	Barbados	GA	Gabon	NE	Niger
BE	Belgien	GB	Vereinigtes Königreich	NL	Niederlande
BF	Burkina Faso	GN	Guinea	NO	Norwegen
BG	Bulgarien	GR	Griechenland	NZ	Neuseeland
BJ	Benin	HU	Ungarn	PL	Polen
BR	Brasilien	IE	Irland	PT	Portugal
BY	Belarus	IT	Italien	RO	Rumänien
CA	Kanada	JP	Japan	RU	Russische Föderation
CF	Zentrale Afrikanische Republik	KP	Demokratische Volksrepublik Korea	SD	Sudan
CG	Kongo	KR	Republik Korea	SE	Schweden
CH	Schweiz	KZ	Kasachstan	SI	Slowenien
CI	Côte d'Ivoire	LI	Liechtenstein	SK	Slowakische Republik
CM	Kamerun	LK	Sri Lanka	SN	Senegal
CN	China	LU	Luxemburg	TD	Tschad
CS	Tschechoslowakei	LV	Lettland	TC	Togo
CZ	Tschechische Republik	MC	Monaco	UA	Ukraine
DE	Deutschland	MG	Madagaskar	US	Vereinigte Staaten von Amerika
DK	Dänemark	ML	Mali	UZ	Usbekistan
ES	Spanien	MN	Mongolei	VN	Vietnam

## B E S C H R E I B U N G

## Elektrische Maschine

Die Erfindung betrifft eine elektrische Maschine, umfassend einen sich um eine Achse drehenden Läufer und einen Stator, welcher einen Satz mit einer Vielzahl von um die Achse herum in gleichen Winkelabständen angeordneten C-förmigen Polelementen umfaßt, von denen jedes mit einem Basissteg und zwei von diesem abstehenden Polfingern eine Statorwicklung umgreift.

Derartige elektrische Maschinen sind beispielsweise aus der DE-OS 35 36 538 oder der DE-OS 39 27 454 bekannt.

Bei diesen bekannten Lösungen wurde jedoch nichts über das bei allen elektrischen Maschinen bestehende Problem einer optimalen Kühlung derselben ausgeführt.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine elektrische Maschine der gattungsgemäßen Art derart zu gestalten, daß diese möglichst effizient kühlbar ist.

Diese Aufgabe wird bei einer elektrischen Maschine der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Statorwicklung ringförmig um die Achse herum verläuft und daß die Statorwicklung von einem Kühlmedium durchströmt ist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung ist darin zu sehen, daß damit die Möglichkeit geschaffen ist, die Statorwicklung direkt zu kühlen, um die darin entstehende Wärme möglichst effizient abzuführen.

Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn die Statorwicklung jeweils zwischen den Polelementen liegende Durchlässe aufweist. Derartige Durchlässe zwischen den Polelementen schaffen die Möglichkeit, in einfacher Weise die Statorwicklung mit einem Kühlmedium zu durchströmen, das sich besonders einfach zwischen den Polelementen führen läßt.

Die Durchlässe könnten dabei prinzipiell jeweils verschiedene Bereiche der Statorwicklung durchsetzen.

Fertigungstechnisch besonders einfach ist jedoch eine Lösung, bei welcher die Durchlässe die Statorwicklung in zwei Teilwicklungen unterteilen, d.h., daß die Statorwicklung in Form zweier Teilwicklungen hergestellt ist, zwischen denen dann jeweils die Durchlässe liegen.

Um eine möglichst gleichmäßige Kühlleistung zu erreichen hat es sich ferner als zweckmäßig erwiesen, wenn die Durchlässe die Statorwicklung ungefähr mittig unterteilen.

Hinsichtlich der Ausrichtung der durch die Statorwicklung durchsetzenden Durchlässe wurden bislang keine näheren Angaben gemacht.

So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Durchlässe die Statorwicklung quer zur Wicklungsrichtung durchsetzen. Dabei können die Durchlässe in mehreren Richtungen quer zur Wicklungsrichtung ausgerichtet werden.

Ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel sieht dabei vor, daß die Durchlässe die Statorwicklung parallel zur Achse durchsetzen.

Eine weitere Alternative sieht vor, daß die Durchlässe die Statorwicklung radial zur Achse durchsetzen.

Um die durch die Durchlässe in zwei Teilwicklungen unterteilten Statorwicklungen einfach und dauerhaft fixieren zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Teilwicklungen durch Distanzstücke im Abstand voneinander gehalten sind.

Um insbesondere eine effiziente Kühlung der Statorwicklung im Bereich der Polelemente zu ermöglichen, sind die Statorwicklung teilende und thermisch an die Polelemente gekoppelte Distanzstücke im Bereich der Polelemente angeordnet und insbesondere an diesen gehalten.

Ein Einbau der Statorwicklung in die Polelemente ist insbesondere dann einfach realisierbar, wenn die Distanzstücke in einer Polnut der Polelemente liegen und diese teilen, so daß in die Polnut die zwei vorgewickelten Teilwicklungen einsetzbar sind.

So sieht eine vorteilhafte Möglichkeit vor, daß die Distanzstücke an die Polelemente angeformt sind, dies schafft die Möglichkeit aus einem Innenbereich der Statorwicklung Wärme direkt in das jeweilige Polelement abzuleiten.

Dies ist besonders günstig dann möglich, wenn die Distanzstücke sich parallel zu den Polfingern erstrecken.

Eine Alternative zum Anformen der Distanzstücke an die Polelemente sieht vor, daß die Distanzstücke in die Polelemente eingesetzt sind.

Vorzugsweise sind in diesem Fall die Distanzstücke so angeordnet, daß sie sich quer zu den Polelementen erstrecken.

In diesem Fall ist es besonders zweckmäßig, wenn die Distanzstücke an den Polelementen formschlüssig fixierbar sind, wobei ein besonders einfacher Einbau der Distanzstücke dann möglich ist, wenn die Distanzstücke in Form einer Rast- oder Schnappverbindung in den Polelementen gehalten sind.

Alternativ zum Vorsehen von die Statorwicklung durchsetzenden Durchlässen, die sich insbesondere quer zur Wicklungsrichtung erstrecken, sieht ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß die Statorwicklung einen sich innerhalb derselben in Wicklungsrichtung erstreckenden Kühlkanal aufweist.

Ein derartiger Kühlkanal kann beispielsweise dadurch hergestellt werden, daß die Statorwicklung so gewickelt ist, daß dieser Kühlkanal innerhalb derselben gebildet wird. Besonders einfach läßt sich die Statorwicklung mit einem Kühlkanal dann realisieren, wenn dieser durch einen in die Statorwicklung eingewickelten Schlauch gebildet ist.

Um eine möglichst gleichmäßige Kühlwirkung in der Statorwicklung zu entfalten, ist vorzugsweise vorgesehen, daß der Kühlkanal im wesentlichen mittig in der Statorwicklung liegt und sich in der Wicklungsrichtung derselben erstreckt.

Prinzipiell kann auch ein derartiger, sich in Wicklungsrichtung durch die Statorwicklung erstreckender Kühlkanal für ein gasförmiges Kühlmedium geeignet sein. Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn der Kühlkanal von einem flüssigen Kühlmedium durchflossen ist, wobei insbesondere in einem derartigen Fall ein Kreislauf für das flüssige Kühlmedium vorgesehen ist, in welchem beispielsweise mittels einer Umwälzpumpe und eines Kühlers das flüssige Kühlmedium auf einer gewünschten Temperatur gehalten wird.

Im einfachsten Fall wird bei einem derartigen Ausführungsbeispiel als Kühlmedium Wasser eingesetzt.

Die erfindungsgemäße Aufgabe wird ferner alternativ oder ergänzend zu den Merkmalen der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele bei einer elektrischen Maschine der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Polelemente gekühlt sind.

Eine vorteilhafte Realisierung sieht dabei vor, daß die Polelemente von einem Gasstrom umströmt sind.

Ein besonders zweckmäßiges Ausführungsbeispiel sieht vor, daß der Gasstrom Zwischenräume zwischen aufeinanderfolgenden Polelementen durchsetzt und somit insbesondere längs der Oberflächen der Polelemente strömt.

Eine derartige Lösung ist besonders dann zweckmäßig, wenn die Polelemente mit ihren Oberflächen ungefähr parallel zu Ebenen ausgerichtet sind, welche Teil einer durch die Achse hindurchgehenden und durch diese definierten Ebenenschar sind.

Um eine möglichst effiziente Ankopplung zwischen dem Gasstrom und den Polelementen zu erreichen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Polelemente im Bereich ihrer Polfinger eine strukturierte Oberfläche aufweisen, da eine derartig strukturierte Oberfläche aufgrund der größeren Grenzfläche zwischen den Polfingern und dem Gasstrom eine bessere thermische Ankopplung gewährleistet. Dabei ist insbesondere lediglich ein Teil der Oberflächen der Polfinger strukturiert.

Besonders einfach lassen sich Polelemente herstellen, welche an Außenseiten der Polfinger, also an nicht der Polnut zugewandten Seiten, eine Strukturierung aufweisen.

Eine ausreichend einfach herzustellende und besonders wirksame Lösung sieht vor, daß die Polelemente an ihren quer zu ihrer C-Ebene verlaufenden Außenseiten eine Strukturierung aufweisen.

Im einfachsten Fall sind die strukturierten Oberflächen so ausgebildet, daß sie eine Folge von sich abwechselnden Erhebungen und Vertiefungen aufweisen.

In dem Fall, in dem die Polelemente aus Blechpaketen hergestellt sind, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß jedes Blech eines Blechpakets an einer die Außenseite des Polfingers bildenden Schmalseite eine Verzahnung aufweist, so daß beim Zusammensetzen derartiger Blechpakete sich quer zu den Polelementen, d.h. beispielsweise in Azimutalrichtung, erstreckende Rippen bilden, die durch aufeinanderliegende Zähne der Verzahnung der einzelnen Bleche entstehen.

Eine besonders effiziente Kühlung der Polelemente ist dann möglich, wenn ein Gehäuse der elektrischen Maschine in ein Gehäuseinneres derselben mündende Einströmöffnungen für einen Gasstrom aufweist und wenn in dem Gehäuseinneren die Polelemente von dem Gasstrom umströmt sind.

Noch vorteilhafter ist es, wenn in dem Gehäuseinneren der Läufer von dem Gasstrom umströmt ist, um sowohl die Polelemente als auch den Läufer thermisch zu koppeln.

Weiter ist es vorteilhaft, wenn das Gehäuse Ausströmöffnungen für den Gasstrom aufweist, so daß der im Gehäuseinneren erhitzte Gasstrom wiederum nach außen abströmen kann.

Insbesondere, um hinsichtlich der Umströmung der Polelemente und gegebenenfalls des Läufers definierte

Verhältnisse zu schaffen, ist vorzugsweise vorgesehen, daß das Gehäuse eine Zwangsentlüftung für das Gehäuseinnere aufweist.

Diese Zwangsentlüftung ist beispielsweise so ausgeführt, daß sie ein Gebläse umfaßt, welches entweder Luft/Gas in das Gehäuse drückt oder aus diesem absaugt.

Eine besonders vorteilhafte Art der Führung des Gasstroms in dem Gehäuseinneren sieht vor, daß ein kühlender Gasstrom in das Gehäuseinnere im Bereich der Polelemente in radialer Richtung einströmt.

Ergänzend und alternativ dazu ist günstigerweise vorgesehen, daß ein erwärmter Gasstrom aus dem Gehäuseinneren in radialer Richtung abströmt.

Eine besonders zweckmäßige Führung des Gasstroms in dem Gehäuse sieht vor, daß dieser das Gehäuseinnere U-förmig durchsetzt und entweder im Bereich der Polelemente in radialer Richtung einströmt, dann U-förmig seine Strömungsrichtung umkehrt und im Bereich des Läufers in radialer Richtung abströmt oder umgekehrt.

Diese Lösung ist besonders zweckmäßig dann, wenn die Polelemente mit ihren Oberflächen so ausgerichtet sind, daß sie mit diesen ungefähr parallel zur Ebene einer Ebenenschar ausgerichtet sind, welche durch die Achse hindurchgeht und durch diese definiert ist.

Alternativ oder ergänzend zu den Merkmalen der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele sieht eine weitere Lösung der Aufgabe bei einer elektrischen Maschine der eingangs beschriebenen Art erfindungsgemäß vor, daß die Polelemente auf einem gekühlten Statorträger sitzen und mit diesem thermisch gekoppelt sind.

Eine besonders einfache Lösung der thermischen Kopplung zwischen den Polelementen und dem Statorträger sieht vor, daß die Polelemente mit dem Statorträger verklebt sind, um einen möglichst großflächigen Wärmeübergang von den Polelementen auf den Statorträger zu ermöglichen.

Eine besonders gute thermische Ankopplung ist dann erreichbar, wenn die Polelemente mit Teilbereichen ihrer Oberfläche mit dem Statorträger vergossen sind.

Beispielsweise sind hierzu die Polelemente mit Teilbereichen in eine Ausnehmung des Statorträgers eingesetzt und in dieser durch eine Vergußmasse großflächig thermisch mit dem Statorträger gekoppelt.

Hinsichtlich der Kühlung des Statorträgers sind die unterschiedlichsten Möglichkeiten denkbar.

So sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel vor, daß der Statorträger durch einen Gasstrom gekühlt ist.

Vorzugsweise ist dabei der Gasstrom auf einer dem Gehäuseinneren abgewandten Außenseite des Statorträgers entlanggeführt.

Zweckmäßigerweise ist hierzu vorgesehen, daß der Gasstrom durch ein den Statorträger auf der dem Gehäuseinneren abgewandten Seite übergreifendes Führungsschild über denselben geführt ist.

Alternativ zur Kühlung des Statorträgers mit einem über den Statorträger geführten Gasstrom sieht ein weiteres Ausführungsbeispiel vor, daß der Statorträger von einem Kühlkanal durchsetzt ist.

Dieser Kühlkanal kann auch durch einen Gasstrom durchsetzt sein. Noch vorteilhafter ist es jedoch, wenn der Kühlkanal von einem flüssigen Kühlmedium durchsetzt ist.

Zweckmäßigerweise ist der Kühlkanal so angeordnet, daß er den Statorträger im Bereich einer Aufnahme für die Polelemente durchsetzt, um die von den Polelementen eingeleitete Wärme möglichst effizient abzuführen.

Dies ist beispielsweise dadurch realisierbar, daß der Kühlkanal den Statorträger spiralähnlich oder mäanderähnlich durchsetzt. Zweckmäßigerweise ist vorgesehen, daß der Kühlkanal um die Achse umlaufende Ringsegmente aufweist, die ihrerseits miteinander verbunden sind.

Eine besonders effiziente Kühlung des Statorträgers ist dadurch möglich, daß der Statorträger einen die Polelemente tragenden Haltering umfaßt, der in einem Statorständer gehalten und direkt gekühlt ist.

Vorzugsweise ist der Haltering dabei so angeordnet, daß er den Kühlkanal im Statorständer abdeckt und somit direkt von dem in dem Kühlkanal strömenden Kühlmedium angeströmt ist.

Im einfachsten Fall ist der Haltering so ausgebildet, daß er auf einer Seite die Polelemente trägt und mit einer gegenüberliegenden Seite den Kühlkanal abdeckt, so daß der Haltering auf einer dem Polelement gegenüberliegenden Seite direkt mit dem den Kühlkanal durchsetzenden Kühlmedium beaufschlagt ist.

Ergänzend oder alternativ zu den vorstehend beschriebenen Merkmalen sieht ein weiteres vorteilhaftes Ausführungsbeispiel der eingangs beschriebenen elektrischen Maschine vor, daß die Statorwicklung thermisch mit den Polelementen gekoppelt ist.

Vorzugsweise ist dabei die Statorwicklung mit den Polelementen durch ein Kontaktmedium gekoppelt, wobei das Kontaktmedium im einfachsten Fall eine Klebe- oder Vergußmasse ist, mit welcher die Statorwicklung in Polnuten der Polelemente gehalten ist.

Alternativ dazu ist vorgesehen, daß die Polelemente in ihrer Polnut eine Nutauskleidung tragen, wobei die Nutauskleidung vorzugsweise aus einem elektrisch isolierenden, aber gut wärmeleitenden Material ausgebildet ist, welches vorzugsweise eine möglichst geringe Dicke aufweist. Mögliche Realisierungsformen sind eine Pulverbeschichtung der Polnut, eine Nutauskleidung aus einem Kunststoffteil oder aus einem Flachmaterial.

Vorzugsweise ist dabei diese Nutauskleidung mit den Polelementen über ein Kontaktmedium, beispielsweise eine Klebe- oder Vergußmasse, verbunden. Alternativ oder ergänzend dazu ist die Statorwicklung mit der Nutauskleidung über ein Kontaktmedium, beispielsweise eine Klebe- oder Vergußmasse, gekoppelt, so daß von der Statorwicklung über die jeweiligen Kontaktmedien eine gute thermische Ankopplung an die Polelemente erfolgt.

Im Zusammenhang mit der bisherigen Beschreibung einzelner Ausführungsbeispiele der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine wurde nicht näher darauf eingegangen, wie eine optimale Kühlung oder thermische Kopplung des Läufer mit dem Stator erfolgen kann.

Alternativ oder ergänzend zu den Merkmalen der vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispiele sieht daher eine Lösung der eingangs genannten Aufgabe vor, daß bei einer elektrischen Maschine der eingangs genannten Art der Läufer Gasumwälzschaufeln aufweist.

Diese Gasumwälzschaufeln dienen zumindest dazu, eine möglichst große Verwirbelung des im Gehäuseinneren befindlichen Gases zu erreichen und somit den Läufer möglichst gut thermisch an den Stator anzukoppeln.

Alternativ oder ergänzend dazu können die Gasumwälzschaufeln aber auch so angeordnet und ausgerichtet sein, daß sie die Ausbildung eines gerichteten Gasstroms im Gehäuseinneren unterstützen und somit zu einer Zwangsentlüftung des Gehäuseinneren führen.

Im einfachsten Fall ist der Läufer mit einer Läuferscheibe und quer zu dieser stehenden Gasumwälzschaukeln versehen.

Um die sich beim Betrieb erwärmenden Magnetkreiselemente des Läufers möglichst effektiv kühlen zu können, ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Gasumwälzschaukeln in einem die Magnetkreiselemente tragenden Bereich der Läuferscheibe angeordnet sind, um im Bereich der Magnetkreiselemente eine gute Luftverwirbelung zu gewährleisten.

Besonders zweckmäßig ist es dabei, wenn die Gasumwälzschaukeln in thermischem Kontakt mit den Magnetkreiselementen stehen, so daß über einen Wärmekontakt zwischen den Magnetkreiselementen und den Gasumwälzschaukeln die Gasumwälzschaukeln nicht nur zur Umwälzung von Gas oder Luft im Gehäuseinneren dienen, sondern gleichzeitig als zusätzliche Kühlflächen, über welche in den Magnetkreiselementen entstehende Wärme an das den Läufer umgebende Gas abgegeben werden kann.

Ein besonders vorteilhaftes Ausführungsbeispiel sieht dabei vor, daß die Gasumwälzschaukeln eine Verbindung zwischen den Magnetkreiselementen des Läufers und der Läuferscheibe darstellen.

Um gleichzeitig eine stabile Verankerung der Magnetkreiselemente zu erhalten, sieht ein vorteilhaftes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Läufers vor, daß die Luftumwälzschaukeln einen Läufer ring tragen, auf welchem seinerseits dann die Magnetkreiselemente sitzen.

Zur möglichst effizienten Kühlung der Magnetkreiselemente ist vorgesehen, daß diese zwischen Zähnen sitzen, welche an den Magnetkreiselementen in thermischem Kontakt anliegen.

Konstruktiv besonders einfach ist eine Lösung, bei welcher zwischen aufeinanderfolgenden Magnetkreiselementen jeweils ein Zahn angeordnet ist, welcher mit den beiden aufeinanderfolgenden Magnetkreiselementen thermisch gekoppelt ist.

Vorzugsweise sind die Zähne mit den Magnetkreiselementen durch ein Kontaktmedium, beispielsweise eine Klebe- oder Vergußmasse, welche Spalte zwischen den Zähnen und den Magnetkreiselementen ausfüllt, gekoppelt. Insbesondere ist ein derartiges Kontaktmedium eine Klebe- oder Vergußmasse.

Die Zähne können prinzipiell einzeln mit dem Läufer verbunden sein.

Konstruktiv besonders einfach und thermisch besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn die Zähne einstückig an einen Läuferkörper, insbesondere einen Läuferferring oder an Rippen desselben, angeformt sind und die Magnetkreiselemente zwischen den Zähnen sitzen.

Vorzugsweise sind die Zähne vorteilhafterweise so ausgebildet, daß sie formschlüssig an den Magnetkreiselementen anliegen und somit eine möglichst großflächige thermische Ankopplung an die Magnetkreiselemente aufweisen. Vorzugsweise sind die Kontaktflächen noch mit einem Wärmekontaktmittel versehen.

Grundsätzlich besteht die Möglichkeit, daß die Magnetkreiselemente Teile geschlossener, um die Achse umlaufende und an dem Läufer gehaltene Ringe sind und daß die Zähne in radialer Richtung innerhalb und außerhalb der Ringe anliegen.

Besonders vorteilhaft ist es jedoch, wenn jedem Satz von C-förmigen Polelementen ein Satz in Azimutalrichtung aufeinanderfolgend angeordneter einzelner Magnetkreiselemente zugeordnet ist. Vorzugsweise sitzen in Azimutalrichtung zwischen den Magnetkreiselementen dann die vorstehend genannten Zähne, um die vorstehend im Zusammenhang mit diesen Zähnen beschriebenen Vorteile zu erhalten.

Die Magnetkreiselemente können prinzipiell Permanentmagnete sein. Besonders vorteilhaft sind jedoch Magnetkreiselemente, die aus einem nicht permanent magnetisierten und magnetisch leitfähigen Material sind.

Insbesondere dann, wenn die elektrische Maschine als Reluktanzmotor arbeitet, ist vorteilhafterweise vorgesehen, daß die Statorwicklung, insbesondere als um die Achse des Läufers herum verlaufende Ringspule, von einem einen AC-Anteil und einen DC-Anteil aufweisenden Strom durchflossen ist.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine arbeitet als Synchronmotor, insbesondere als modifizierter

Reluktanzmotor, bei welchem die Zahl der Polelemente eines Satzes der Zahl der diesem Satz von Polelementen zugeordneten Magnetkreiselemente entspricht und jeweils alle Magnetkreiselemente gleichzeitig von den Polelementen des jeweiligen Satzes angezogen oder nicht angezogen werden.

Die von der Erfindung insbesondere umfaßten elektrisch erregten Transversalfluß-Maschinen, sind in ihrem grundsätzlichen Aufbau aus der DE 39 27 454 C2 bekannt.

Derartige Synchronmaschinen werden insbesondere dort eingesetzt, wo eine hohe Kraftdichte je Volumeneinheit und geringe Verluste gefordert werden. Wesentliche Merkmale derartiger Transversalfluß-Maschinen sind die Ausführung der Wicklung in Form von Ringspulen konzentrisch zur Welle sowie die um die Spule herum transversal angeordneten magnetischen Kreise.

Bei der aus der DE 39 27 454 bekannten Lösung wird der magnetische Fluß in Weicheisen-Polelementen geführt, die senkrecht zur Bewegungsrichtung angeordnet sind, wobei die Wicklung mit ihren magnetisierenden Teilen in Längsrichtung verläuft und in zwei Spulenteile aufgeteilt ist, von denen in einem ein Gleichstrom und in dem anderen ein Wechselstrom geführt wird. Die durch die Weicheisen-Polelemente gebildeten magnetischen Kreise sollen dabei stets beide Spulenteile umfassen.

Bei der praktischen Umsetzung ergeben sich zahlreiche Probleme, insbesondere in Hinblick auf eine kompakte Bauform bei gleichzeitig hoher Kraftdichte. Die

erfindungsgemäße Lösung geht von der Überlegung aus, die Polgeometrie der Maschine im Sinne einer Erhöhung der Kraftdichte, bezogen auf das Maschinenvolumen, zu optimieren.

In diesem Sinne sieht die Erfindung in ihrer allgemeinsten Ausführungsform eine elektrisch erregte Transversalflußmaschine mit einem beweglichen und einem festen Teil (Läufer; Stator) mit folgenden Merkmalen vor:

- der Stator weist eine Anzahl, radial zur Welle der Maschine ausgerichtete Polelemente auf, die gleichmäßig in Umfangsrichtung verteilt angeordnet sind,
- jedes Polelement ist mit mindestens einer, in Richtung der Achse des Läufers sich erstreckenden Polnut ausgebildet, wobei beispielsweise jedes Polelement, ausgehend von einem mittleren Polabschnitt, in Richtung auf zwei stirnseitige Lagerschilde der Maschine spiegelbildlich ausgebildet ist,
- in der Polnut verläuft mindestens eine, konzentrisch zur Welle angeordnete Erregerspule,
- der auf Wälzlagern geführte Läufer umfaßt insbesondere zwei Trägerscheiben, die mit jeweils mindestens einem, konzentrisch zur Welle verlaufenden Läufer ring bestückt sind, der in die korrespondierende Polnut im Stator eingreift.

Dieser Aufbau ermöglicht auf kleinstem Raum die Anordnung der Weicheisen-Polelemente in gleichmäßiger Verteilung und radialer Ausrichtung sowie die korrespondierende Gestaltung der Läuferinge ermöglichen bei kleiner Masse eine hohe Kraftdichte.

Dieser kann weiter optimiert werden, wenn nach einer Ausführungsform die Polelemente, ausgehend vom mittleren Polabschnitt, mit jeweils drei Polfingern auf jeder Seite (spiegelbildlich) ausgebildet sind, unter gleichzeitiger Ausbildung von jeweils zwei konzentrisch zur Achse verlaufenden Polnuten auf jeder Seite.

Für das einzelne Polstück ergibt sich damit in der Seitenansicht die Form eines doppelten "E", wobei die beiden "E" spiegelbildlich zueinander angeordnet sind.

Werden nun in den Polnuten (zwei auf jeder Seite) beispielsweise je zwei Erregerspulen eingelegt, so entspricht dies quasi der integralen Ausbildung von vier Motoren, wobei die entsprechenden Spulen versetzt angesteuert werden. Die Folge ist ein extrem gleichmäßiger Lauf der Maschine bei gleichzeitig geringen Verlusten.

Die Erregerspulen können aus Kupferdraht gewickelte Spulen sein.

Ausgehend von beispielsweise 64, symmetrisch zur Wellenachse angeordneten Polelementen mit jeweils drei Polfingern auf jeder Seite, ergeben sich dabei 128 Abschnitte der Polelemente auf jeder Seite, die gegenüber der jeweiligen Erregerspule zu isolieren sind.

Zur Lösung dieses konstruktiv und elektrisch komplizierten Problems sieht eine Ausführungsform der Erfindung vor, die Isolierung zwischen den Erregerspulen und den Polflächen der korrespondierenden Polfinger von U-förmig gestalteten, in Richtung auf die Lagerschilde offenen Isolierkörpern oder Nutauskleidungen zu bilden.

Dabei können die einzelnen Isolierstücke oder Nutausbildungen vorzugsweise diskrete Bauteile sein, was jedoch einen entsprechenden Bestückungsaufwand erfordert. Nach einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sollten deshalb die Basisabschnitte der U-förmig aufgebogenen Isolierkörper zwischen benachbarten Polelementen einstückig miteinander verbunden sein.

Daraus ergibt sich die Möglichkeit, mit einem einzigen Isolierkörper oder einer einzigen Nutausbildung je Polnut sämtliche Kontaktflächen zwischen Erregerspule und Polelementen zu isolieren. Der Isolierkörper kann dabei ein gestanztes Isolierpapier sein, das dann eine mittlere ringförmig geschlossene Basis aufweist, von der radial nach außen und innen Schenkelabschnitte verlaufen, die später aufgebogen werden.

Mit Hilfe eines einzigen Werkzeugs läßt sich ein solcher Isolierkörper in einem Arbeitsschritt einsetzen.

Eine Weiterbildung sieht vor, die freien Enden der U-Schenkel jedes Isolierkörper-Abschnitts nach außen abgekröpft auszubilden, wobei der abgekröpfte Abschnitt dann in korrespondierende Schlitze auf den Flächen der Polfinger einrasten kann. Auf diese Art und Weise wird gleichzeitig eine Verdrehsicherung erreicht.

Besonders günstig ist es, wenn die Erregerspulen oberseitig durch an den Polfingern befestigte Isolierstücke abgedeckt sind.

Die Schlitze für die Isolierkörper können weiter dazu genutzt werden, Isolierstücke zu fixieren, die auf den Erregerspulen oberseitig aufgelegt werden, insbesondere, wenn die Erregerspule je Polnut mehrteilig ausgebildet wird, so daß die einzelnen Teilwicklungen durch die genannten Isolierstücke voneinander getrennt sind.

Die elektrischen Anschlüsselemente der Wicklungen können radial zwischen den Polstücken herausgeführt werden.

Die Polelemente bestehen vorzugsweise aus Weicheisen und werden beispielsweise jeweils aus einer Vielzahl von aufeinandergeschichteten Blechen gebildet. Elektrobacklackbleche haben sich dabei als besonders vorteilhaft erwiesen.

Zur Konfektionierung der einzelnen Polelemente (die - in Richtung der Achse des Läufers betrachtet - in etwa der Minutenteilung einer Uhr entspricht) hat sich das Aufbringen eines Schrumpfrings als vorteilhaft erwiesen. Ein korrespondierender Innenring kann dabei die Verformung der Polelemente verhindern.

Grundsätzlich reicht ein Schrumpfring, der dann vorzugsweise auf der Umfangsfläche der mittleren Polabschnitte verläuft, zur Konfektionierung aus. Ebenso können aber auch die beidseitig vorspringenden Polfinger

umfangsseitig von eigenen Schrumpfringen eingefaßt werden. Derartige Schrumpfringe lassen sich beispielsweise durch induktive Erwärmung aufweiten und anschließend durch Abkühlung auf die Umfangsfläche ortsfest aufbringen.

In Hinblick auf eine notwendige Kühlung der Maschine können die Schrumpfringe gleichzeitig mit Kühlrippen oder Nuten zur Durchführung von Kühlluft ausgebildet werden.

Konstruktive Vorteile ergeben sich dann, wenn die Polstücke sowie die in den Polnuten einliegenden Erregerspulen mit einem Isolierharz vergossen sind.

Besonders günstig ist es, wenn die Läuferinge entsprechend der Positionierung der Polstücke umfangsseitig mit korrespondierenden nutartigen Vertiefungen ausgebildet sind.

Ferner ist es zweckmäßig, wenn in jeder der Polnuten mindestens eine Erregerspule einliegt.

Außerdem ist vorzugsweise vorgesehen, daß die Erregerspule jeder Polnut in zwei übereinander angeordnete Teilspulen aufgeteilt ist (in Richtung der Achse betrachtet).

Weitere Merkmale und Vorteile der erfindungsgemäßen Lösung sind Gegenstand der nachfolgenden Beschreibung sowie der zeichnerischen Darstellung einiger Ausführungsbeispiele. In der Zeichnung zeigen:

- Fig. 1 einen Längsschnitt durch ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 2 eine sektorweise Darstellung einer Draufsicht in Richtung des Pfeils A in Fig. 1 mit weggebrochenem rechten Stator links oben und zusätzlich weggebrochenem Läufer rechts oben;
- Fig. 3 eine vergrößerte ausschnittsweise Draufsicht auf ein Polelement in einer Ansicht ähnlich Fig. 1;
- Fig. 4 eine vergrößerte ausschnittsweise Draufsicht auf mehrere Polelemente in einer Ansicht ähnlich Fig. 2;
- Fig. 5 eine vergrößerte Darstellung einer Draufsicht auf mehrere Polelemente in Richtung des Pfeils B in Fig. 1 und Fig. 2;
- Fig. 6 eine vergrößerte Darstellung eines Polelements ähnlich Fig. 3 mit Stützelementen;
- Fig. 7 einen Schnitt längs Linie VII-VII in Fig. 1;
- Fig. 8 eine ausschnittsweise vergrößerte Darstellung ähnlich Fig. 3 eines zweiten Ausführungsbeispiels einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 9 einen Schnitt längs Linie IX-IX in Fig. 8;

- Fig. 10 eine Variante des in Fig. 9 dargestellten Schnitts;
- Fig. 11 einen Teilschnitt ähnlich Fig. 1 durch ein drittes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 12 einen Teilschnitt ähnlich Fig. 2 durch das dritte Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 13 einen Schnitt ähnlich Fig. 3 durch ein viertes Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 14 eine Draufsicht ähnlich Fig. 5 beim vierten Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 15 einen Schnitt ähnlich Fig. 3 durch ein fünftes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine;
- Fig. 16 eine vergrößerte ausschnittsweise Darstellung eines Querschnitts durch ein erstes Ausführungsbeispiel eines für alle fünf Ausführungsbeispiele geeigneten Läufers in einer Darstellung ähnlich Fig. 1;
- Fig. 17 einen Schnitt längs Linie XVII-XVII in Fig. 16;

Fig. 18 eine vergrößerte ausschnittsweise Darstellung einer Draufsicht in Richtung des Pfeils D in Fig. 16;

Fig. 19 einen Teilschnitt ähnlich Fig. 16 durch ein zweites Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Läufers;

Fig. 20 eine Darstellung ähnlich Fig. 18 des zweiten Ausführungsbeispiels des Läufers gemäß Fig. 19;

Fig. 21 einen Teilschnitt durch ein sechstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Maschine;

Fig. 22 eine Draufsicht auf ein Teilsegment eines Isolierkörpers zur Verwendung in der Maschine nach Fig. 21;

Fig. 23 der Isolierkörper nach Fig. 22 in der Montageposition (im Schnitt) und

Fig. 24 eine Aufsicht auf eine Innenfläche eines Läufers der Maschine nach Fig. 21.

Ein erstes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine umfaßt, wie in Fig. 1 dargestellt, ein Gehäuse 10, in welchem ein Läufer 12 um eine Achse 14 rotierend gelagert ist. Der Läufer 12 weist dazu eine Läuferwelle 16 auf, welche in zwei im Abstand voneinander angeordneten Läuferlagern 18 und 20 in einem vorderen

Lagerschild 22 bzw. einem hinteren Lagerschild 24 des Gehäuses 10 gelagert ist. Die vorderen Lagerschilde 22 und 24 tragen dabei einen Gehäusemantel 26, welcher sich zwischen den Lagerschilden 22 und 24 erstreckt und ein Gehäuseinneres 28 zusammen mit den Lagerschilden 22 und 24 nach außen abschließt.

Die Lagerschilde 22 und 24 stellen gleichzeitig Statorträger für zwei Statoren 30 und 32 dar, von denen jeder, wie insbesondere in Fig. 2 dargestellt, einen Satz mit einer Vielzahl von umlaufend um die Achse 14 in gleichen Winkelabständen und gleichen radialen Abständen von der Achse 14 angeordneten Polelementen 34 umfaßt.

Jedes der Polelemente 34 umfaßt, wie in Fig. 3 dargestellt, einen Basissteg 36, von welchem ausgehend sich drei parallel zueinander ausgerichtete Polfinger 38, 40 und 42 erstrecken, wobei jeweils zwischen zwei Polfingern 38 und 40 sowie 40 und 42 eine Polnut 44 bzw. 46 liegt, so daß insgesamt das Polelement eine E-ähnliche Form aufweist, welche auch als Doppel-C bezeichnet werden kann, wobei jeweils die Polfinger 38 und 40 mit dem Basissteg 36 und die Polfinger 40 und 42 mit dem Basissteg 36 eine C-Form bilden.

In den Polnuten 44 und 46, und zwar in einem hinteren Nutabschnitt 48 bzw. 50 der Polnut 44 bzw. 46, welcher sich ausgehend von einem Nutboden 52 bzw. 54 erstreckt, liegt in jeder der Polnuten 44 bzw. 46 eine als ganzes mit 56 bzw. 58 bezeichnete Statorwicklung. Jede der

Statorwicklungen 56 und 58 verläuft coaxial zur Achse 14 auf einer senkrecht zur Achse 14 liegenden Ringbahn, allerdings mit jeweils unterschiedlichem Abstand von der Achse 14.

In dem in Fig. 3 dargestellten Ausführungsbeispiel sind ferner die beiden Statorwicklungen 56 und 58 jeweils in zwei Teilwicklungen 56a und b sowie 58a und b unterteilt, wobei die beiden Teilwicklungen 56a, b und 58a, b jeweils durch einen Distanzfinger 60 bzw. 62 voneinander getrennt sind. Die Distanzfinger 60 und 62 sind dabei einstückig an den Basissteg 36 des Polelements 34 angeformt und erheben sich ungefähr mittig von dem jeweiligen Nutboden 52 bzw. 54.

In einen sich an den hinteren Nutabschnitt 48 bzw. 50 anschließenden vorderen Nutabschnitt 64 bzw. 66, welcher sich von den Statorwicklungen 56 bzw. 58 bis zu vorderen Enden 68, 70, 72 der Polfinger 38, 40, 42 erstreckt, greift der Läufer 12 mit seinen Magnetkreiselementen 74 bzw. 76 ein, um jeweils bei dem in dem vorderen Nutabschnitt 64 bzw. 66 stehendem Magnetkreiselement 74 bzw. 76 einen geschlossenen Magnetfeldlinienverlauf 78 bzw. 80 zuzulassen, wobei der Magnetfeldlinienverlauf 78 durch den Basissteg 36 sowie die Polfinger 38 und 40 sowie das Magnetkreiselement 74 und die Luftspalte zwischen diesem und den Polfingern 38 und 40 hindurchverläuft, während der Magnetfeldlinienverlauf 80 durch den Basissteg 36 sowie die Polfinger 40 und 42, das Magnetkreiselement 76 und die Luftspalte zwischen diesem und den Polfingern 40 und 42 hindurchverläuft.

Vorzugsweise liegen die Magnetfeldlinienverläufe 78 und 80 der Polelemente 34 in Ebenen einer Ebenenschar, welche durch die Achse 14 hindurchgeht und durch diese definiert ist.

Zur Verankerung am jeweiligen Statorträger, das heißt an dem vorderen Lagerschild 22 und dem hinteren Lagerschild 24, sind die Polelemente 34 in eine Ausnehmung 82 in den Statorträgern 22, 24 eingesetzt, wobei diese Ausnehmung 82 vorzugsweise als zur Achse 14 konzentrische Ringnut ausgebildet ist, deren innere Seitenwand 84 und äußere Seitenwand 86 jeweils Teil einer zur Achse 14 coaxialen Zylinderfläche ist und deren Boden 88 durch eine zur Achse 14 konzentrische Kreisringfläche gebildet ist, die senkrecht zur Achse 14 steht.

Die Ausnehmung 82 ist dabei so ausgebildet, daß die Polelemente 34 mit einem wesentlichen Teil ihres Basissteiges 36 in der Ausnehmung 82 liegen, mit einer Basisfläche 90 auf dem Boden 88 aufsitzen und mit ihren Außenseiten 92 und 94, welche in Außenseiten 92 und 94 der Polfinger 38 und 42 übergehen, an der inneren Seitenwand 84 bzw. der äußeren Seitenwand 86 anliegen und somit formschlüssig durch die Ausnehmung 82 gegen eine Bewegung radial zur Achse 14 gesichert sind.

Zur Fixierung der Polelemente dergestalt, daß sich deren einander zugewandte Oberflächen 96 und 98 näherungsweise ebenfalls parallel zu Ebenen einer durch die Achse 14 hindurchgehenden und durch diese definierten Ebenenschar erstrecken und die Polelemente 34 in gleichen Winkelabständen um die Achse 14 herum angeordnet sind, ist

auf einer radial innen liegenden Seite der Polelemente 34 ein innerer Positionierring 100 und auf einer radial außen liegenden Seite der Polelemente 34 ein äußerer Positionierring 102 vorgesehen, wobei jeder der Positionier-  
ringe 100, 102 Vorsprünge 104 bzw. 106 aufweist, welche zwischen einander zugewandten Oberflächen 96, 98 aufeinanderfolgender Polelemente 34 eingreifen und an diesen Oberflächen 96, 98 aufeinanderfolgender Polelemente 34 anliegen und somit den Abstand zwischen diesen Polelementen exakt definieren.

Vorzugsweise sind diese Positionier-  
ringe 100 und 102 an dem jeweiligen Statorträger 22 bzw. 24 durch Befestigungselemente 108 und 110 fixierbar, so daß eine vorteilhafte, vom Statorträger getrennte Herstellung der Positionier-  
ringe 100 und 102 möglich ist, die das Herstellen definiert bemaßter Vorsprünge 104 und 106 erleichtert. Diese Positionier-  
ringe 100 und 102 sind somit nachträglich auf die separat mit der Ausnehmung 82 hergestellten Stator-  
träger 22 und 24 montierbar.

Neben der Ausrichtung der Polelemente 34 in definierten Winkelabständen um die Achse 14 erfolgt eine Stabilisierung der Polelemente 34 relativ zueinander in Azimutal-  
richtung 112 durch einerseits in der Ausnehmung 82 liegende Basisstützelemente 114, welche die Basisstege 36 der Polelemente 34 zwischen einander gegenüberliegenden Oberflächen 96 und 98 ausfüllen. Die Basisstützelemente 114 werden im einfachsten Fall durch eine Vergußmasse gebildet, welche die Ausnehmung 82 ausfüllt, und nach ihrem Aushärten die zwischen den Oberflächen 96 und 98 der Polelemente 34 im Bereich der Basisstege 36 liegenden

Basisstützelemente bildet. Gleichzeitig bewirkt die Vergußmasse eine allseitige Verklebung der in der Ausnehmung 82 liegenden Bereiche der Basisstege 36 mit den Seitenwänden 84 und 86 sowie dem Boden 88 derselben und somit auch einen guten thermischen Kontakt zwischen den Polelementen 34 und den Statorträgern 22, 24.

Eine noch vorteilhaftere Alternative von Basisstützelementen, dargestellt in den Fig. 5 und 6 umfaßt einen Haltekörper 116 aus elastischem und porösem Material, beispielsweise Filz, welcher in die Zwischenräume zwischen den Oberflächen 96 und 98 im Bereich der Basisstege 36 in die Ausnehmung 82 eingelegt und mit einer Vergußmasse 118 getränkt ist, welche einerseits den Haltekörper 116 durchsetzt und gleichzeitig ebenfalls in die Zwischenräume zwischen den Polelementen 34 und der Ausnehmung 82 eindringt, so daß nach dem Aushärten einerseits der poröse und elastische Haltekörper versteift und andererseits das Polelement 34 ebenfalls mit seinen Außenseiten 92 und 94 sowie der Basisfläche 90 in die Ausnehmung 82 eingeklebt ist und ebenfalls ein guter thermischer Kontakt zwischen den Polelementen 34 und den Statorträgern 22, 24 entsteht.

Der Haltekörper 116 hat den Vorteil, daß er die Vergußmasse 118 aufsaugt und somit auch im nicht ausgehärteten Zustand hält und an einem Wegfließen hindert.

Darüber hinaus sind zur zusätzlichen Versteifung zwischen den Polelementen 34 im Bereich der Polfinger 38, 40 und 42 Fingerstützelemente 120 vorgesehen, welche ebenfalls einen Haltekörper 122 aus porösem und elastischem Material, beispielsweise ebenfalls Filz umfassen, der seinerseits wiederum durch eine Vergußmasse 124 versteift ist. Der Haltekörper 122 hat den großen Vorteil, daß er auch die Vergußmasse 124 im nicht ausgehärteten Zustand hält und an einem Wegfließen hindert.

Vorzugsweise sitzen die Fingerstützelemente 120 im Bereich nahe der Enden 68, 70 und 72 der Polfinger 38, 40 und 42 und führen ebenfalls zu einer Versteifung zwischen den Polelementen 34 in Richtung der Azimutalrichtung 112.

Durch die die Statorwicklungen 56 und 58 in Teilwicklungen 56a und 56b bzw. 58a und 58b aufteilenden Distanzfinger 60 und 62 der Polelemente 34 entstehen, wie insbesondere in Fig. 4 dargestellt, in zwischen den Polelementen 34 liegenden Abschnitten 56c und 58c der Statorwicklungen 56 bzw. 58 zwischen den Teilwicklungen 56a und 56b bzw. 58a und 58b liegende Durchlässe 130 bzw. 132, welche sich parallel zur Achse 14 durch die Statorwicklungen 56 bzw. 58 hindurcherstrecken und eine Durchströmung der Statorwicklungen 56 bzw. 58 mit einem Kühlmedium, beispielsweise Luft, zulassen.

Ferner sind die Polelemente 34, wie in Fig. 3 dargestellt, im Bereich über die Ausnehmung 82 überstehenden Außenseiten 92 und 94 mit einer wellenförmigen,

aufeinanderfolgende Erhöhungen 134 und Vertiefungen 136 aufweisenden Oberfläche 138 bzw. 140 versehen, wobei die Erhöhungen 134 vorzugsweise parallel zur Azimutalrichtung 112 verlaufen.

Desgleichen sind die vorderen Enden 68, 70 und 72 der Polfinger 38, 40 und 42 ebenfalls mit wellenförmigen Oberflächen 142, 144 und 146 versehen, wobei die Wellenstruktur im einfachsten Fall mit der der Oberflächen 138 und 140 identisch ist und die Erhöhungen 134 und die Vertiefungen 136 ebenfalls vorzugsweise parallel zur Azimutalrichtung 112 verlaufen.

Durch diese wellenförmigen Oberflächen 138, 140, 142, 144 und 146 ist eine verbesserte Kühlung der Polelemente 34 erreichbar, wobei diese Kühlung ebenfalls durch ein Kühlmedium, vorzugsweise Luft, im Gehäuseinneren 28 erfolgt.

Zur Erzeugung eines in das Gehäuseinnere 28 führenden Luftstroms sind in dem Gehäusemantel 26 Einströmöffnungen 150 für Luft vorgesehen, welche von außerhalb des Gehäuses 10 Luft in einen Ringraum 152 einströmen lassen, welcher die Polelemente 34 im Bereich ihrer Außenseite 94, und zwar vorzugsweise im Anschluß an den äußeren Positioniererring 102, umgibt. Dieser Ringraum 152 erstreckt sich von dem äußeren Positioniererring 102 weg bis zu einer Blende 154, welche den Ringraum 152 in Richtung des vorderen Endes 68 des Polfingers 38 abschließt und vorzugsweise in Richtung der Achse 14 gesehen in einem Bereich liegt, in welchem der hintere Nutabschnitt 48 in

den vorderen Nutabschnitt 64 übergeht. Die Blende 154 erstreckt sich dabei von dem Gehäusemantel 26 in Richtung des Polfingers 38 bis zu dessen Außenseite 94. Der Ringraum 152 ist somit einerseits durch die Blende 154, andererseits durch eine Innenwand 156 des Gehäusemantels 26 und schließlich durch das jeweilige Lagerschild 22 oder 24 und den auf diesem sitzenden Positionierring 102 abgeschlossen. Ferner ist der Ringraum 152 in radialer Richtung zur Achse 14 hin offen, so daß in diesen eingeströmte Luft vorzugsweise in Zwischenräume 158 zwischen einander zugewandten Oberflächen 96 und 98 aufeinanderfolgender Polelemente 34 einströmt und radial längs dieser zur Achse 14 strömt. Gleichzeitig kann die Luft die Statorwicklungen 56 und 58 umströmen und auch durch die Durchlässe 130 und 132 der Statorwicklungen 56 bzw. 58 hindurchströmen. Dadurch wird ausgehend von dem Ringraum 152 eine möglichst gleichmäßige Luftumspülung sowohl der Polelemente 34 als auch der Statorwicklungen 56 bzw. 58 erreicht, wobei die Kühlung der Polelemente 34 - wie bereits beschrieben - durch die wellenförmigen Oberflächen 138 und 140 verbessert wird. Die sich dabei erwärmte Luft strömt dann zum Läufer 12 hin und längs des Läufers 12 wieder nach außen in einen mittigen Sammelringraum 160, welcher zwischen den auf gegenüberliegenden Seiten desselben angeordneten und den gegenüberliegenden Statoren 30 und 32 zugeordneten Blenden 154 und einer Innenseite 162 des Gehäusemantels 26 liegt.

Beim Strömen der Luft in den Ringraum 152 erfolgt eine weitere Kühlung der Polelemente 34 im Bereich von deren Polfinger 38, 40 und 42, vorzugsweise im Bereich von deren vorderen Enden, durch die ebenfalls in diesen Bereichen gewellten Oberflächen 138, 140, 142, 144 und 146.

Die sich in dem mittigen Sammelringraum 160 sammelnde erwärmte Luft wird über Ausströmöffnungen 163, die ebenfalls im Gehäusemantel 26 angeordnet sind, abgeführt.

Vorzugsweise ist zum Abziehen der erwärmten Luft über die Ausströmöffnungen 163 auf einer Außenseite 164 des Gehäusemantels 26 ein Gebläse 166 montiert, welches über die Ausströmöffnungen 162 Luft aus dem mittigen Sammelringraum 160 ansaugt und nach außen abbläst.

Durch die über die Ringräume 152 zuströmende Luft und über den mittigen Sammelringraum 160 abströmende Luft entsteht in dem Gehäuseinneren 28 eine U-förmige Luftströmung 168, welche die Polelemente 34, die Statorwicklungen 56 und 58 und den Läufer in seinen den Polelementen 34 zugewandten Bereichen umströmt.

Ferner erfolgt eine zusätzliche Kühlung der Polelemente 34 durch in den Lagerschilden 22 und 24 angeordnete Kühlkanäle 170, welche, wie in Fig. 7 dargestellt, das jeweilige Lagerschild 22 in Form von zur Achse 14 konzentrischen Ringsegmenten 172a, 172b, 172c und 172d durchsetzen, die nahezu geschlossen sind und jeweils endseitig über Bögen 174a, 174b und 174c mit dem jeweils nächst außenliegenden Ringsegment verbunden sind, wobei beispielsweise eine Zufuhr von flüssigem Kühlmedium - beispielsweise Wasser - über eine Zuleitung 176 und eine Abfuhr des Füllelements über eine Ableitung 178 erfolgt.

Die Zuleitung 176 und die Ableitung 178 sind dabei vorzugsweise mit einer Pumpe 180 für das Kühlmedium und einem Kühler für dieses verbunden, wobei die Pumpe 180 das Kühlmedium in einem Ringkreislauf über die Zuleitung 176 durch die Ringsegmente 172, dann über die Ableitung 178 zum Kühler 182, und wieder zurück pumpt.

Vorzugsweise ist das Kühlmedium in dem Kreislauf derart geführt, daß die Reynoldszahl des durch die Kühlkanäle 170, d.h. die Ringsegmente 172 und die Bögen 174, strömende Kühlmedium möglichst über 10.000 liegt, um eine Wärmeübergangszahl ausreichender Größe zu erhalten.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine, ausschnittsweise dargestellt in Fig. 8, ist die Ausnehmung 82 nicht, wie in Fig. 1 dargestellt, in dem jeweiligen Lagerschild 22, 24 angeordnet, sondern die Ausnehmung 82 liegt in einem Haltering 190, der sich seinerseits konzentrisch zur Achse 14 um diese herum erstreckt und in einer Lagerausnehmung 192 in einem von dem jeweiligen Lagerschild 22 oder 24 umfaßten Statorständer gelagert ist. Die Lagerausnehmung 192 umfaßt dabei eine innere Lagerwand 194 und äußere Lagerwand 196, die beide vorzugsweise eine zur Achse 14 zylindrische Form aufweisen. In diesen ist der Haltering 190 derart angeordnet, daß eine innere Außenwand 198 und eine äußere Außenwand 200 im Abstand von der jeweiligen Lagerwand 194 bzw. 196 verläuft. Ein sich zwischen der jeweiligen Lagerwand 194 bzw. 196 und der jeweils gegenüberliegenden Außenwand 198 bzw. 200 befindlicher Zwischenraum ist durch eine elastische Zwischenlage 202 bzw. 204 ausgefüllt, welche sich einerseits an der

Lagerwand 194 bzw. 196 und andererseits an der jeweiligen Außenwand 198 bzw. 200 abstützt und den Haltering 190 trägt und diesen so ausrichtet, daß sich die Polfinger 38, 40, 42 jeweils parallel zur Achse 14 erstrecken.

Vorzugsweise sind die Zwischenlagen 202 und 204 aus eingeklebten oder einvulkanisierten Gummiringen, wobei als Gummiringe beispielsweise entweder einer oder mehrere O-Ringe Verwendung finden.

Um eine möglichst effektive Kühlung der Polelemente 34 zu erhalten, ist anstelle der Kühlkanäle 170 zwischen einem Ausnehmungsgrund 206 der Lagerausnehmung 192 und einer Rückseite 208 des Halterings 190 ein Zwischenraum 210 vorgesehen, welcher von einem Kühlmedium durchströmt ist. Zweckmäßigerweise ist der Zwischenraum 210 durch Zwischenwände 212 unterteilt, so daß in diesem Zwischenraum 210 eine definierte Führung eines Kühlmediums möglich ist. Die Zwischenwände 212 erheben sich dabei von dem Ausnehmungsgrund 206 und reichen bis zur Rückseite 208, wobei die Rückseite 208 auf diesen Zwischenwänden 212 beweglich aufliegt.

Für die Art der Anordnung der Zwischenwände 212 sind mehrere Möglichkeiten denkbar, bei einer ersten Möglichkeit, dargestellt in Fig. 9, wird das flüssige Kühlmedium über einen radial außenliegenden Einlaß 214 zugeführt und einen radial innenliegenden Auslaß 216 abgeführt. Die Zwischenwände 212 führen dabei das Kühlmedium in den Zwischenraum 210 spiralförmig und in radialer Richtung nach innen.

Bei der in Fig. 10 dargestellten Variante sind dagegen die Zwischenwände 212' so angeordnet, daß sie das Kühlmedium von einem radial außenliegenden Einlaß 214 zunächst mäanderförmig radial nach innen führen und dann wieder mäanderförmig radial nach außen zu einem ebenfalls radial außenliegenden Auslaß 216'.

Im übrigen ist das zweite Ausführungsbeispiel der erfindungsgemäßen elektrischen Maschine in gleicher Weise ausgebildet wie das erste Ausführungsbeispiel, so daß bezüglich aller übrigen Merkmale auch inhaltlich auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel Bezug genommen werden kann.

Bei einem dritten Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 11 und 12, sind die Lagerschilde 22 und 24 nicht, wie bei den vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen wassergekühlt, sondern mit diese übergreifenden Luftführungsschilden, nämlich einem vorderen Luftführungsschild 218 und einem hinteren Luftführungsschild 220 versehen, welche sich im Abstand von einer Außenseite 222 des vorderen Lagerschildes 22 und einer Außenseite 224 des hinteren Lagerschildes 24 erstrecken und einen Luftkanal 226 bzw. 228 zwischen den Außenseiten 222 bzw. 224 und sich selbst begrenzen.

Ferner ist der Gehäusemantel 26 noch mit um die Achse 14 umlaufenden Kühlrippen 230 versehen, welche vorzugsweise in zur Achse 14 senkrechten Ebenen liegen.

Eine Luftströmung durch die Luftkanäle 226 und 228 wird erzeugt durch beiderseits eines Klemmenkastens 232 angeordnete Gebläse 234 und 236, welche über Luftkanäle 238 bzw. 240 den Gehäusemantel 26 in radialer und tangentialer Richtung mit einer Luftströmung beaufschlagen, die darüber hinaus beiderseits des Gehäusemantels 26 in die Luftkanäle 226 und 228 eintritt und diese durchsetzt, wobei die Luft vorzugsweise auf einer den Gebläsen 234 und 236 gegenüberliegenden Seite des Gehäuses 10 durch Austrittsöffnungen 242 bzw. 244 aus den Luftkanälen 226 bzw. 228 austritt.

Damit wird ebenfalls eine ausreichende Kühlung der Lager-  
schilder 22 und 24 erreicht und durch Tangentialströmung entlang der Kühlrippen 230 ebenfalls eine ausreichende Kühlung im Bereich des Gehäusemantels 26.

Im übrigen erfolgt in gleicher Weise eine Kühlung des Gehäuseinneren, wie im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben.

Auch alle übrigen Teile des dritten Ausführungsbeispiels sind mit denen des ersten Ausführungsbeispiels identisch, so daß diesbezüglich dieselben Bezugszeichen verwendet werden und inhaltlich voll auf die Beschreibung des ersten Ausführungsbeispiels verwiesen wird.

Bei einem vierten Ausführungsbeispiel, dargestellt in den Fig. 13 und 14, sind die Statorwicklungen 56 und 58 durch Distanzeinsätze 250 und 252 geteilt, so daß sich ebenfalls Teilwicklungen 256a und 256b bzw. 258a und 258b bilden.

Zwischen diesen Teilwicklungen 256a und 256b bzw. 258a und 258b sitzen im Bereich der Polelemente 34 die ebenfalls an diesen gehaltenen Distanzstücke 250 und 252, so daß die Distanzstücke 250 und 252 in den Zwischenraum 158 zwischen den Oberflächen 96 und 98 aufeinanderfolgender Polelemente 34 zu Durchlässen 254 in den in diesem Zwischenraum liegenden Bereichen 256c bzw. 258c der jeweiligen Statorwicklung 56 bzw. 58 führen, wobei sich diese Durchlässe 254 in radialer Richtung durch die jeweilige Statorwicklung 56 bzw. 58 hindurcherstrecken.

Damit hat eine Strömung 168 im Gehäuseinneren 28 die Möglichkeit, auch die Statorwicklungen 56 und 58 in radialer Richtung im Bereich der Zwischenräume 158 zu durchströmen und somit möglichst effizient zu kühlen.

Die Distanzeinsätze 250 und 252 sind, wie in Fig. 13 dargestellt, vorzugsweise formschlüssig in den Polnuten 44 bzw. 46 der Polelemente 34 gehalten, wobei sich die Distanzeinsätze vorzugsweise mit Fortsätzen 260 bzw. 262 in Ausnehmungen 264 bzw. 266 der Polelemente 34 hineinerstrecken, die jeweils seitlich der Polnut 44 bzw. 46 liegen.

Besonders vorteilhaft ist dabei, wenn die Distanzeinsätze 250 bzw. 252 mit ihren Fortsätzen 260 bzw. 262 in Form eines Einrastens oder eines Einschnappens mit den Ausnehmungen 264 bzw. 266 in Eingriff bringbar sind, um bis in den Polnuten 44 bzw. 46 fixiert zu sein.

Vorzugsweise sind die Distanzeinsätze 250, 252 so ausgebildet, daß sie sich in Azimutalrichtung 112 lediglich im wesentlichen über die Breite der Polelemente 34 erstrecken, so daß sich andererseits wiederum in den Zwischenräumen 154 die Durchlässe 254 über den gesamten Abstand zwischen aufeinanderfolgenden Oberflächen 96 und 98 in Azimutalrichtung 112 ausdehnen können, um eine möglichst effiziente Kühlung der Statorwicklung 56 bzw. 58 im Bereich des Zwischenraums 158 zu gewährleisten.

Im übrigen ist das vierte Ausführungsbeispiel in gleicher Weise ausgebildet wie das erste Ausführungsbeispiel, so daß hinsichtlich der nicht ausdrücklich erwähnten Elemente dieselben Bezugszeichen verwendet und hinsichtlich der Beschreibung derselben auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel verwiesen werden kann.

Bei einem fünften Ausführungsbeispiel, dargestellt in Fig. 15, sind die Statorwicklungen 56 und 58 nicht in Teilwicklungen unterteilt, sondern füllen den jeweiligen hinteren Nutabschnitt 48 bzw. 50 im wesentlichen vollständig aus.

Zur Kühlung der Statorwicklungen 56 und 58 liegt im Querschnitt mittig derselben ein in Wicklungsrichtung oder Azimutalrichtung 112 umlaufender Kühlschlauch 270 bzw. 272 oder mehrere Kühlschläuche, welche ihrerseits vorzugsweise von einem flüssigen Kühlmedium durchsetzt ist. Die Kühlschläuche 270 und 272 sind ebenfalls an eine Pumpe zur Umwälzung des flüssigen Kühlmediums und einen Kühler zur Kühlung des flüssigen Kühlmediums angeschlossen.

Die Kühlschläuche 270 und 272 laufen vorzugsweise in gleicher Richtung wie die einzelnen Wicklungen der Statorwicklungen 56 und 58 ringförmig um die Achse 14 jeweils im Querschnitt mittig der Statorwicklungen 56 und 58 um, so daß im wesentlichen über die gesamte ringförmige Erstreckung der Statorwicklungen 56 und 58 eine Kühlung derselben, und zwar eine direkte Kühlung derselben, über den jeweiligen Kühlschlauch 270 und 272 erfolgt, wobei ein Zufluß und ein Abfluß für den jeweiligen Kühlschlauch 270 und 272 vorzugsweise in radialer Richtung, beispielsweise in gleicher Art und Weise wie die Zuleitungen zu den Statorwicklungen 56 bzw. 58, weggeführt ist.

Die Kühlschläuche 270 und 272 sind vorzugsweise mit den jeweiligen Statorwicklungen 56 und 58 verklebt, beispielsweise durch Träufelharz mit diesem oder durch Verbacken mit diesem, so daß ein optimaler Wärmekontakt zwischen den einzelnen Wicklungen der Statorwicklungen 56 bzw. 58 und dem jeweiligen im Querschnitt mittig in diesem liegenden Kühlschlauch 270 bzw. 272 erfolgt.

Sowohl bei dem vierten Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 13 und 14 als auch bei dem fünften Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 15 ist jeweils zwischen der jeweiligen Statorwicklung 56 bzw. 58 und der entsprechenden Polnut 44 bzw. 46 eine Nutauskleidung 280 vorgesehen, welche aus elektrisch isolierendem Material hergestellt ist und die jeweilige Statorwicklung 56 bzw. 58 gegen das jeweilige Polelement 34 isoliert. Die Nutauskleidung 280 ist dabei vorzugsweise aus einem dünnen, papierähnlichen Material vorgesehen, welches seinerseits ebenfalls einen guten Wärmekontakt zwischen dem jeweiligen Polelement 34 und der entsprechenden Statorwicklung 56 bzw. 58 gewährleistet.

Darüber hinaus sind die hinteren Nutabschnitte 48 bzw. 50 jeweils durch einen Nutdeckel 282 verschlossen, welcher seitliche Fortsätze 284 bzw. 286 aufweist, die ihrerseits in Ausnehmungen 288 bzw. 290 in den Polelementen eingreifen, wobei die Ausnehmungen 288 bzw. 290 seitlich der Polnuten 44 bzw. 46 angeordnet sind. Vorzugsweise sind die Nutdeckel 282 so ausgebildet, daß sie mit ihren seitlichen Fortsätzen 284 bzw. 286 in Form einer Rast- oder Schnappverbindung in die Ausnehmungen 288 bzw. 290 einrastbar oder einschnappbar sind, um an den jeweiligen Polelementen festgelegt zu werden.

Um die Kühlung der Statorwicklungen 56 und 58 in den Zwischenräumen 158 zwischen aufeinanderfolgenden Polelementen 34 nicht zu behindern, erstrecken sich ferner die Nutdeckel 282 in Azimutalrichtung 112 ebenfalls lediglich über die Breite des jeweiligen Polelements 34, in welchem sie verankert sind.

Zweckmäßigerweise ist beim vierten Ausführungsbeispiel vorgesehen, daß der Nutdeckel 282 mit dem Distanzeinsatz 250 identisch ausgebildet ist und in identischer Weise an dem jeweiligen Polelement 34 verrastbar oder einschnappbar ausgebildet ist.

Hinsichtlich seiner übrigen Merkmale ist das fünfte Ausführungsbeispiel mit dem ersten Ausführungsbeispiel identisch, so daß bezüglich dieser Merkmale dieselben Bezugszeichen verwendet werden und auch voll inhaltlich auf die Ausführungen zum ersten Ausführungsbeispiel Bezug genommen werden kann.

Im Rahmen der bislang beschriebenen Ausführungsbeispiele wurde nicht näher auf die Ausbildung des Läufers 12 eingegangen.

Der in den Fig. 16 bis 18 dargestellte Läufer ist zum Einsatz in allen fünf vorstehend beschriebenen Ausführungsbeispielen vorgesehen.

Der als Ganzes mit 12 bezeichnete Läufer umfaßt, wie in Fig. 16 dargestellt, neben der Läuferwelle 16 eine sich radial zu dieser und in einer senkrecht zur Achse 14 stehenden Ebene 332 erstreckende Läuferscheibe 330. Diese Läuferscheibe trägt in einem radial außenliegenden Bereich, wie aus Fig. 16 und 17 zu ersehen, beiderseits sich von derselben weg in Richtung der Achse 14 erstreckende Luftumwälzschaukeln 334 und 336, die ihrerseits mit ihren der Läuferscheibe 330 abgewandten Enden Läuferringe 338 bzw. 340 tragen, von welchen ausgehend sich die Magnetkreiselemente 74 und 76 ebenfalls in Richtung parallel zur Achse 14 erstrecken.

Die Magnetkreiselemente 74 und 76 sitzen, wie in Fig. 17 und 18 dargestellt, zwischen einstückig an die Läuferringe 338 und 340 angeformten Zähnen 342 und 344, welche die Magnetkreiselemente 74 und 76 in einem mittleren Bereich 346 beidseitig formschlüssig umgreifen.

Die Magnetkreiselemente 74 und 76 weisen radial innenliegende Vorsprünge 348 und radial außenliegende Vorsprünge 350 auf, welche durch einen mittleren Bereich 346 verbunden sind, der seinerseits eine sich quer zur radialen Richtung von einem Vorsprung 348 zum anderen

Vorsprung 350 hin erstreckende und sich quer zur radialen Richtung bauchig erweiternde und wieder verengende Außenkontur 352 aufweist, wobei diese Außenkontur 352 beispielsweise die Form eines Kreiszyylindersegments aufweist.

Die sich bauchig erweiternde und wieder verengende Außenkontur 352 wird von den Zähnen 342 beiderseits jedes Magnetkreiselements 74, 76 umgriffen und führt somit zu einer formschlüssigen Fixierung der Magnetkreiselemente 74 bzw. 76 sowohl gegen eine Bewegung in radialer Richtung als auch in azimuthaler Richtung und zusätzlich gegen eine Rotation um eine zur Achse 14 parallele Achse.

Vorzugsweise sind die Magnetkreiselemente 74, 76 mit mittleren Bereichen 346 derselben durchsetzenden und parallel zur Achse 14 verlaufenden Bohrungen 354 versehen, durch welche Befestigungsschrauben 356 hindurchgreifen, die ihrerseits in die Läuferringe 338 und 340 eingeschraubt sind, so daß die Schrauben 356 die Magnetkreiselemente 74, 76 an den Läuferringen 338 und 340 anliegen und zwischen den Zähnen 342, 344 gegen eine Bewegung in Richtung parallel zur Achse 14 fixiert halten.

Die Zähne 342 bzw. 344 erstrecken sich von den Läuferringen 138 und 140 in Richtung parallel zur Achse 14 über dieselbe Distanz wie die Magnetkreiselemente 74, so daß der Läufer 12 im Bereich der Magnetkreiselemente 74 und 76 durchgehend in einer Ebene umlaufende seitliche Kreisringflächen 360 und 362 aufweist.

Allerdings erstrecken sich die Zähne 342 und 344 in radialer Richtung lediglich soweit, daß sie jeweils den mittleren Bereich 346 der Magnetkreiselemente 74 und 76 formschlüssig umgreifen, so daß die Magnetkreiselemente 74, 76 mit ihren radial innen liegenden Vorsprüngen 348 über eine Innenseite 364 überstehen und mit ihren radial außen liegenden Vorsprüngen 350 über eine Außenseite 366.

Vorzugsweise sind die Zähne 342 und 344 einstückig an die Läuferringe 338 und 340 angeformt und aus einem magnetisch nicht leitenden, jedoch elektrisch gut leitenden Material, wie zum Beispiel Aluminium hergestellt.

Zur optimalen Fixierung werden noch zwischen den Magnetkreiselementen 74 und 76 und den Zähnen 342 und 344 sich bildende Spalte 368 mit einem Tränkharz vergossen um eine thermisch optimale Kopplung zwischen den Zähnen 342, 344 und den Magnetkreiselementen 74, 76 zu erhalten.

Zwischen dem Läufer ring 338 und den Luftumwälzschaukeln 334 sowie der Läuferscheibe 330 bilden sich in radialer Richtung zur Achse 14 verlaufende Radialkanäle 370. In gleicher Weise bilden sich zwischen dem Läufer ring 340, den Luftumwälzschaukeln 336 und der Läuferscheibe 330 ebenfalls Radialkanäle 372. Bei rotierendem Läufer 12 wird in den Radialkanälen 370 und 372 geführte Luft radial nach außen beschleunigt, und zwar in Richtung des mittleren Sammelringraums 160, von welchem ausgehend die Luft über die Ausströmöffnungen 162 abströmt. Die durch die Radialkanäle 370 und 372 hindurchströmende Luft bewirkt dabei eine effiziente Kühlung der Läufer ringe 338 und 340

sowie der mit diesen einstückig verbundenen Zähne 342 und 344 und der zwischen den Zähnen sitzenden und mit diesen thermisch gekoppelten Magnetkreiselementen 74 und 76, so daß insgesamt auch die im Bereich der Magnetkreiselemente 74 und 76 entstehende Wärme im Bereich des Läufers 12 optimal abgeführt wird.

Darüber hinaus entsteht generell durch den rotierenden Läufer 12 im Gehäuseinneren 28 eine Verwirbelung der Luft auch zwischen den Polelementen 34, so daß sich eine gute thermische Kopplung zwischen dem Läufer 12 und den Statoren 30 und 32 einstellt, die wiederum Voraussetzung dafür ist, daß der Luftspalt zwischen den Magnetkreiselementen 74 und 76 und den entsprechenden Polfingern 38, 40 bzw. 40, 42 der Polelemente 34 möglichst klein gehalten werden kann.

Bei einem zweiten Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Läufers, dargestellt in Fig. 19 und 20, entfallen im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel die Läuferferringe 338 und 340.

Die Läuferscheibe 330 trägt vielmehr ihrerseits Rippen 390, welche sich ungefähr in radialer Richtung zur Achse 14 erstrecken und die Zähne 342 tragen, zwischen welchen die Magnetkreiselemente 74, 76 in gleicher Weise wie beim ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Läufers sitzen. Die Zähne 342 umfassen dabei die Magnetkreiselemente 74, 76 in gleicher Weise in dem mittleren Bereich 346, wie dies im Zusammenhang mit dem ersten Ausführungsbeispiel beschrieben wurde.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel liegen zwischen den Rippen 390 sich bildende Nutkanäle 392, welche in entgegengesetzter Richtung zur Läuferscheibe 330 offen sind.

Die Nutkanäle 392 werden teilweise durch die Magnetkreiselemente 74, 76 abgedeckt, welche hierzu mit ihrem mittleren Bereich 346, und zwar im Bereich ihrer ausgebauchten Außenkontur 352, auf Auflageflächen 394 aufsitzen, welche durch die Rippen 390 seitlich der Nutkanäle 392 gebildet werden. Die Auflageflächen 394 liegen dabei in Höhe einer der Läuferscheibe 330 abgewandten Außenkante 396 der Rippen 390 oder weisen noch einen größeren Abstand von der Läuferscheibe 330 auf als die Außenkante 396, so daß die Magnetkreiselemente 74, 76 eine Gas- oder Luftströmung durch die Nutkanäle 392 in radialer Richtung nicht behindern.

Im Gegensatz zum ersten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Läufers erstrecken sich jedoch die Zähne 342 in Richtung von der Läuferscheibe 330 über die Magnetkreiselemente 74, 76 hinaus und weisen in ihrem überstehenden Bereich 398 eine schwalbenschwanzähnliche Nut 400 auf, welche in Azimutalrichtung die überstehenden Bereiche 398 durchsetzt.

In diese schwalbenschwanzähnliche Nut 400 ist als Haltekörper ein Filzstreifen 402 einlegbar, welcher sich in Azimutalrichtung 112 von einem überstehenden Bereich 398 zum nächsten und zu der schwalbenschwanzähnlichen Nut 400 in diesem erstreckt, damit die Magnetkreiselemente 74, 76 auf ihrer der Läuferscheibe 330 abgewandten Außenseite 404, 408 übergreift, und somit diese gegen eine Bewegung

derselben von der Läuferscheibe 330 weg sichern. Dieser als Haltekörper ausgebildete Filzstreifen 402 ist vorzugsweise mit einer Vergußmasse getränkt und versteift, so daß er in der schwalbenschwanzähnlichen Nut 400 eines jeden der Zähne 342 gegen eine Bewegung von der Läuferscheibe 330 weg formschlüssig fixiert ist und im Bereich zwischen den Zähnen 342 ebenfalls ausreichend steif ist, um die Magnetkreiselemente 74, 76 gegen eine Bewegung von der Läuferscheibe 330 weg zu sichern.

Da die Magnetkreiselemente 76 gegenüber den Magnetkreiselementen 74 in Azimutalrichtung 112 versetzt sind, vorzugsweise genau mittig zwischen den Magnetkreiselementen 74 angeordnet sind, verlaufen die Rippen 390 nicht genau in radialer Richtung, sondern abschnittsweise in spitzem Winkel zur radialen Richtung geneigt, um die jeweils in den Lücken zwischen den Magnetkreiselementen 74, 76 vorgesehenen Zähne 342 zu tragen.

Die Polelemente 34 können prinzipiell aus einstückig gesintertem Material hergestellt sein. Besonders vorteilhaft ist ein Aufbau der Polelemente 34 aus einzelnen Blechen 380, welche gegeneinander isoliert sind und parallel zu den Oberflächen 96, 98 verlaufen. Diese Bleche sind insbesondere E-förmig ausgebildet. Beispielsweise handelt es sich bei diesen einzelnen Blechen um Elektrobacklackbleche.

Ein derartiges Polelement 34 stellt somit ein Blechpaket aus einander anliegenden Blechen 380 dar, welche in der Azimutalrichtung 112 aufeinander geschichtet sind und sich

parallel zu den Oberflächen 96, 98 erstrecken. Bevorzugterweise sind diese Bleche Elektrobacklackbleche, alternativ dazu ist es aber auch denkbar, diese Bleche aus metallischen Gläsern auszubilden.

In gleicher Weise sind die Magnetkreiselemente 74 und 76 entweder einstückig aus Eisenpulver hergestellt oder ebenfalls als Blechpakete, welche, wie in Fig. 7 dargestellt, aus einer Stapelrichtung 382, die parallel zur Achse 14 verläuft, zu einem Blechpaket aufeinandergeschichteten und gegeneinander isolierten Blechen 384 bestehen. Diese Bleche sind beispielsweise ebenfalls Elektrobacklackbleche. Aufgrund der kleinen Baugröße der Magnetkreiselemente 74, 76 ist es aber auch möglich, als Bleche 384 beispielsweise Bleche aus metallischen Gläsern zu verwenden.

In den folgenden Figuren sind gleiche oder gleichwirkende Bauteile mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

Mit "W" ist in Fig. 21 die Achse einer (nicht dargestellten) Welle eines Läufers einer erfindungsgemäßen elektrischen Maschine gekennzeichnet.

Radial zur Achse W einer Läuferwelle sind insgesamt 64 Polelemente 410 vorgesehen. Jedes Polstück 410 besteht aus einer Vielzahl, aufeinander angeordneter Elektrobacklackbleche und weist folgende Form auf: einen mittleren Polabschnitt 410m, von dem aus - in Richtung der Achse W - jeweils drei Polfinger 410f auf beiden Seiten

verlaufen, die zwischen sich entsprechend zwei Polnuten 410n ausbilden. Wie Fig. 21 zeigt, ergibt sich dabei in der Seitenansicht eine Konfiguration eines doppelten "E" entlang einer gedachten Symmetrieachse radial zur Achse "W" durch den mittleren Polabschnitt 410m.

Die jeweils mittleren Polabschnitte 410m sitzen innen-seitig auf einem konzentrisch zur Achse W der Laufwelle verlaufenden Widerlager 410w auf.

Die Polelemente 410 sind symmetrisch um die Wellenachse W angeordnet und werden außenseitig von Spannringen 310s gehalten.

Während der um die mittlere Polabschnitte 410m herum verlaufende Spannring 410s außenseitig glatt ausgebildet ist, sind die an den freien Enden der äußeren Polfinger 410f umfangsseitig angeordneten Spannringe (Schrumpfringe) 410s' mit einer Vielzahl von in Richtung der Achse W verlaufenden Nuten ausgebildet, die der Führung von Kühlluft dienen, wie nachstehend noch beschrieben wird.

In den Polnuten 410n liegen Isolierkörper 412 ein, deren grundsätzlicher Aufbau sich aus den Figuren 22, 23 ergibt.

Fig. 22 zeigt dabei ein Teilsegment einer Nutauskleidung oder eines Isolierkörpers 412, der einen ringförmigen, durchgehenden mittleren Bereich 412m aufweist, von dem sich radial nach außen und innen Abschnitte 412a, 412i erstrecken, die vor dem Einsetzen in die korrespondierende Polnut 410n um 90° aufgebogen werden.

Auf diese Weise können mit einem einzigen Isolierkörper 412 sämtliche Innenflächen zwischen gegenüberliegenden Abschnitten der Polfinger 410f und der zugehörigen Fläche des mittleren Polabschnittes 410m belegt werden.

Zur Fixierung des Isolierkörpers 412 in den Polnuten 410n sind die Abschnitte 412a, 412i an ihren freien Enden mit nach außen vorkragenden Rastnasen 412r ausgebildet, die - wie Fig. 23 zeigt - in korrespondierende schlitzartige Aufnahmen 410a der Polfinger 410f einrasten.

Aus der Zusammenschau der Fig. 21 bis 23 ergibt sich weiter, daß in jeder Polnut 410n (also sowohl der inneren, wie auch der äußeren Polnut) jeweils zwei Erregerspulen 414i, 414a übereinander angeordnet sind und gegenüber den Polfingern 410f bzw. den mittleren Polabschnitt 410m durch den beschriebenen Isolierkörper 412 und untereinander durch isolierende Distanzstücke 416 isoliert sind, die eine Ringform aufweisen und ebenfalls in den schlitzförmigen Ausnahmen 410a der Polfinger 410f verrastet werden.

Auf diese Weise wird nicht nur eine besonders einfache und sichere Isolierung der Teile gegeneinander erreicht, vielmehr wird gleichzeitig auch eine (unerwünschte) Verschiebung der ringförmigen Erregerspulen 414i, 414a in Richtung der Achse W und damit aus den Polnuten 410n heraus verhindert.

Die elektrischen Anschlußelemente für die Erregerspulen 414i, 414a verlaufen zwischen den beabstandeten Polfingern 410f nach außen, wie in Fig. 21 angedeutet.

Fig. 23 zeigt, daß die Erregerspulen 414i, 414a sich nur über einen Teil der Höhe der Polnuten 410n erstrecken.

Der verbleibende Abschnitt der Polnuten 410n wird - wie Fig. 21 zeigt - von Läuferblechringen 416i, 416a ausgefüllt, die auf einer Trägerscheibe 418, die hier aus Aluminium besteht und über Kunststoffträger 418k verbunden sind, angeordnet sind. Die Läuferblechringe 416i, 416a sind auf ihren inneren und äußeren Umfangsflächen jeweils mit nutartigen Vertiefungen ausgebildet, und zwar korrespondierend zur Verteilung der Polfinger 410f, so daß die Läuferblechringe 416i, 416a paßgenau in den von den Erregerspulen 414i, 414a nicht ausgefüllten Bereich der Polnuten 410n eingesetzt werden können.

Ohne weiteres kann der Läufer aber auch aus anderen Werkstoffen ausgebildet sein.

Die Trägerscheibe 418 sitzt auf der Welle auf und wird insgesamt von einem hier nicht näher beschriebenen Gehäuse 420 umfaßt.

Die mittleren Polabschnitte 410m sowie die Polfinger 310f der Polstücke sind mit einem Zwei-Komponenten Epoxidharz vergossen, ebenso wie die Erregerspule 414i, 414a innerhalb der Polnuten 410n.

Die Nutausbildung oder der Isolierkörper 412 besteht beispielsweise aus einem Hartpapier.

Die Poleelemente 410 sind aus Weicheisen-Blechen gebildet, während die Erregerspulen 414i, 414a aus Kupferdraht gewickelte Spulen sind.

Die (nicht dargestellte) Welle des Läufers besteht im Ausführungsbeispiel aus Stahl, ebenso wie die Spannringe (Schrumpfringe) 410, 410s.

Die in den Figuren dargestellte Maschine ist als oberflächengekühlte Maschine ausgeführt. Hierzu ist es notwendig, die in der Maschine entstehende Verlustwärme an die Maschinenoberfläche und von dort an die Umgebung abzuleiten. Der Wärmetransport in der Maschine erfolgt durch Wärmeleitung und erzwungene Konvektion der Maschinenluft.

Die konstruktive Anordnung der Vergußelemente zwischen den Stator-Eisenelementen, d.h. insbesondere den Polelementen 410, ist so gewählt, daß eine Wärmeabfuhr über den Weg Vergußelement-Schrumpfring 410s - Gehäuse 412, aber auch durch erzwungene Konvektion (Luftumwälzung) möglich ist. Damit eine erzwungene, ausreichend turbulente Strömung in der Maschine erzeugt werden kann, sind auf den Läufer-scheiben 418 Ventilatorflügel 422 angebracht.

Die Luft wird dann in Pfeilrichtung L (Fig. 21) als Doppelströmung von beiden Läufer-Trägerscheiben 418 umgewälzt. Auf der Rückseite der Läuferscheibe 418 gibt die Luft die aufgenommene Wärme an das korrespondierende Lagerschild des Gehäuses 412 ab. Auch hier können wieder auf der Innenseite des Gehäuses 412 Kühlrippen angeordnet werden.

## P A T E N T A N S P R Ü C H E

1. Elektrische Maschine umfassend einen sich um eine Achse drehenden Läufer und einen Stator, welcher einen Satz mit einer Vielzahl um die Achse herum in gleichen Winkelabständen angeordneten C-förmigen Polelementen umfaßt, von denen jedes mit einem Basissteg und zwei von diesem abstehenden Polfingern eine Statorwicklung umgreift,  
d a d u r c h g e k e n n z e i c h n e t, daß die Statorwicklung (56, 58) ringförmig um die Achse (14) umläuft und daß die Statorwicklung (56, 58) von einem Kühlmedium durchströmt ist.
2. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorwicklung (56, 58) jeweils zwischen den Polelementen (34) liegende Durchlässe (130, 254) aufweist.
3. Elektrische Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlässe (130, 132, 254) die Statorwicklung (56, 58) in zwei Teilwicklungen (56a,b, 58a,b; 256a,b, 258a,b ) unterteilen.
4. Elektrische Maschine nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Durchlässe (130, 132, 254) die Statorwicklung (56, 58) quer zur Wicklungsrichtung (112) durchsetzen.

5. Elektrische Maschine nach Anspruch 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilwicklungen (56a,b, 58a,b; 256a,b, 258a,b) durch Distanzstücke (60, 62; 250, 252) im Abstand voneinander gehalten sind.
6. Elektrische Maschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Polelemente (34) die Statorwicklung (56, 58) teilende und thermisch an die Polelemente (34) gekoppelte Distanzstücke (60, 62; 250, 252) angeordnet sind.
7. Elektrische Maschine nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanzstücke (60, 62; 250, 252) in einer Polnut (44, 46) der Polelemente (34) liegen und diese teilen.
8. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanzstücke (60,62) an die Polelemente (34) angeformt sind.
9. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanzstücke (250, 252) in die Polelemente (34) eingesetzt sind.
10. Elektrische Maschine nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Distanzstücke (250, 252) an den Polelementen (34) formschlüssig fixierbar sind.
11. Elektrische Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorwicklung (56, 58) einen sich innerhalb derselben in Wicklungsrichtung (112) erstreckenden Kühlkanal (270, 272) aufweist.

12. Elektrische Maschine nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkanal durch einen in die Statorwicklung (56, 58) eingewickelten Schlauch (270,272) gebildet ist.
13. Elektrische Maschine nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkanal (270, 272) von einem flüssigen Kühlmedium durchströmt ist.
14. Elektrische Maschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) gekühlt sind.
15. Elektrische Maschine nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) von einem Gasstrom (168) umströmt sind.
16. Elektrische Maschine nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom (168) Zwischenräume zwischen aufeinanderfolgenden Polelementen (34) durchsetzt.
17. Elektrische Maschine nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) im Bereich ihrer Polfinger (38, 40, 42) eine strukturierte Oberfläche (138, 140, 142, 144, 146) aufweisen.

18. Elektrische Maschine nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, daß die strukturierten Oberflächen (138, 140, 142, 144, 146) eine Folge von sich abwechselnden Erhebungen (134) und Vertiefungen (136) aufweisen.
19. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 15 bis 18, dadurch gekennzeichnet, daß ein Gehäuse (10) der elektrischen Maschine in ein Gehäuseinneres (28) derselben mündende Einströmöffnungen (150) für den Gasstrom (168) aufweist.
20. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 15 bis 19, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (12) von dem Gasstrom (68) umströmt ist.
21. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 15 bis 20, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) Ausströmöffnungen (162) für den Gasstrom (168) aufweist.
22. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 15 bis 21, dadurch gekennzeichnet, daß das Gehäuse (10) eine Zwangsentlüftung (166) für das Gehäuseinnere (28) aufweist.
23. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 15 bis 22, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom (168) das Gehäuseinnere (28) U-förmig durchsetzt und dabei entweder im Bereich der Polelemente (34) in radialer Richtung einströmt, dann seine Strömungsrichtung umkehrt und im Bereich des Läufers (12) in radialer Richtung abströmt oder umgekehrt.

24. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 14 bis 23, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) auf einem gekühlten Statorträger (22, 24) sitzen und mit diesem thermisch gekoppelt sind.
25. Elektrische Maschine nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) mit dem Statorträger (22, 24) verklebt sind.
26. Elektrische Maschine nach Anspruch 24 oder 25, dadurch gekennzeichnet, daß die Polelemente (34) mit Teilbereichen in eine Ausnehmung (82) des Statorträgers (22, 24) eingesetzt und in dieser durch eine Vergußmasse (118) großflächig thermisch mit dem Statorträger (22, 24) gekoppelt sind.
27. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Statorträger (22, 24) durch einen Gasstrom gekühlt ist.
28. Elektrische Maschine nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom auf einer dem Gehäuseinneren (28) abgewandten Außenseite (222, 224) des Statorträgers (22, 24) entlanggeführt ist.
29. Elektrische Maschine nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, daß der Gasstrom durch ein den Statorträger (22, 24) auf der dem Gehäuseinneren abgewandten Seite übergreifendes Führungsschild (218, 220) über demselben geführt ist.

30. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 24 bis 26, dadurch gekennzeichnet, daß der Statorträger von einem Kühlkanal (170, 210) durchsetzt ist.
31. Elektrische Maschine nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkanal (170, 210) von einem flüssigen Kühlmedium durchströmt ist.
32. Elektrische Maschine nach Anspruch 30 oder 31, dadurch gekennzeichnet, daß der Statorträger (22, 24) im Bereich einer Aufnahme (82) für die Polelemente (34) von dem Kühlkanal (170, 210) durchsetzt ist.
33. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 30 bis 32, dadurch gekennzeichnet, daß der Kühlkanal (170, 210) den Statorträger (22, 24) spiral- oder mäanderförmig durchsetzt.
34. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 30 bis 33, dadurch gekennzeichnet, daß der Statorträger (22, 24) einen die Polelemente tragenden Haltering (190) umfaßt, der in einem Statorständer gehalten und direkt gekühlt ist.
35. Elektrische Maschine nach Anspruch 34, dadurch gekennzeichnet, daß der Haltering (190) den Kühlkanal (210) im Statorständer abdeckt.
36. Elektrische Maschine nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, daß der Haltering (190) auf einer Seite die Polelemente (34) trägt und mit einer gegenüberliegenden Seite den Kühlkanal (210) abdeckt.

37. Elektrische Maschine nach einem der Ansprüche 14 bis 36, dadurch gekennzeichnet, daß die Statorwicklung (56, 58) thermisch mit den Polelementen (34) gekoppelt ist.
38. Elektrische Maschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder nach einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Läufer (12) Gasumwälzschaufeln (334, 336) aufweist.
39. Elektrische Maschine nach Anspruch 38, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasumwälzschaufeln (334, 336) in einem die Magnetkreiselemente (74, 76) tragenden Bereich der Läuferscheibe (330) angeordnet sind.
40. Elektrische Maschine nach Anspruch 39, dadurch gekennzeichnet, daß die Gasumwälzschaufeln (334, 336) in thermischem Kontakt mit den Magnetkreiselementen (74, 76) stehen.
41. Elektrische Maschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 oder einem der voranstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß einzelne Magnetkreiselemente (74, 76) des Läufers (12) zwischen Zähnen (342, 344) sitzen, welche an den Magnetkreiselementen (74, 76) in thermischem Kontakt anliegen.
42. Elektrische Maschine nach Anspruch 41, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen aufeinanderfolgenden Magnetkreiselementen (74, 76) jeweils ein Zahn (342, 344) angeordnet ist, welcher mit den beiden aufeinanderfolgenden Magnetkreiselementen (74, 76) thermisch gekoppelt ist.

43. Elektrische Maschine nach Anspruch 42, dadurch gekennzeichnet, daß die Zähne (342, 344) einstückig an einen Läuferkörper (338, 340) angeformt sind und die Magnetkreiselemente (74, 76) zwischen den Zähnen (342, 344) sitzen.



FIG. 2

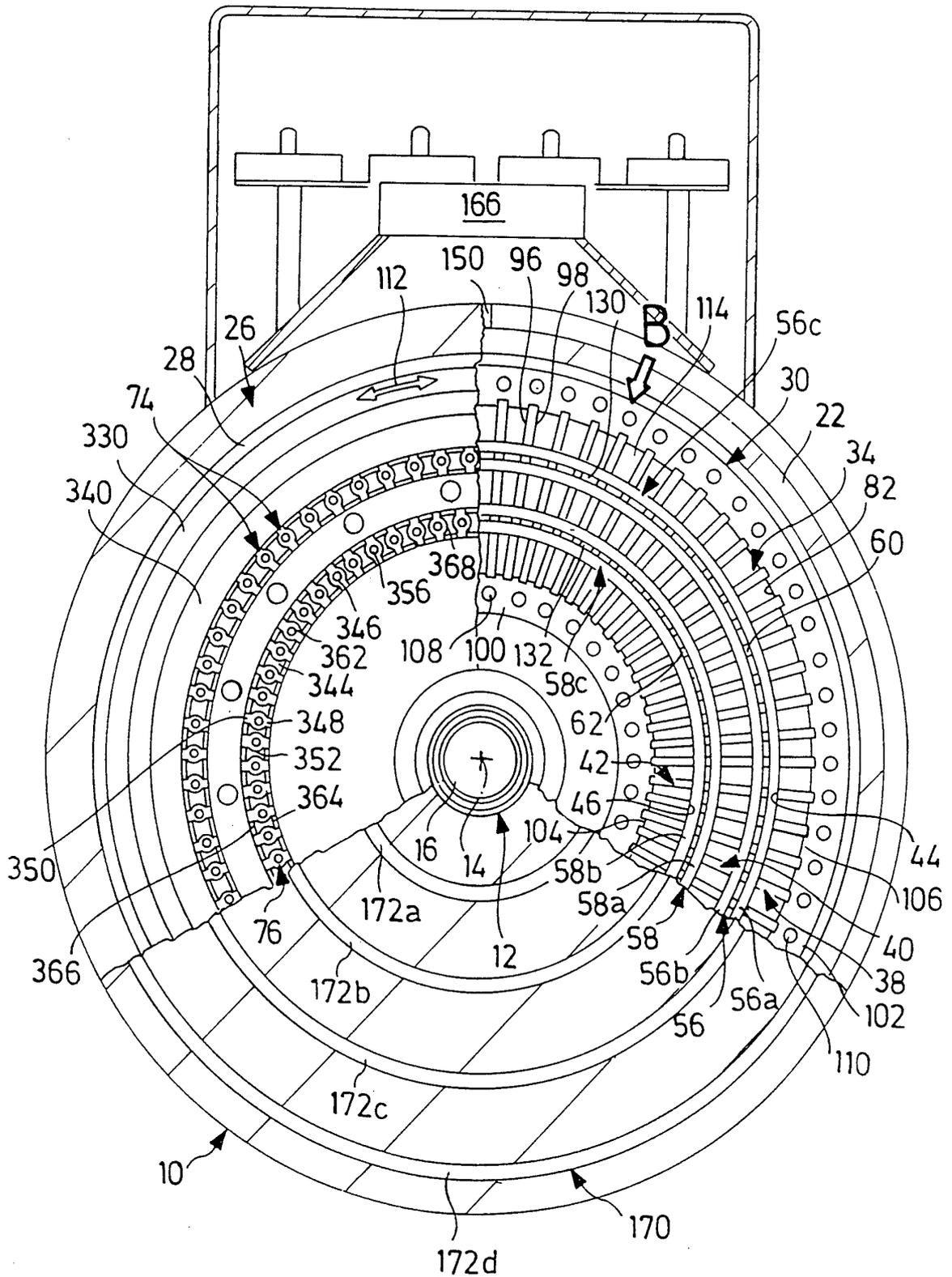


FIG. 3

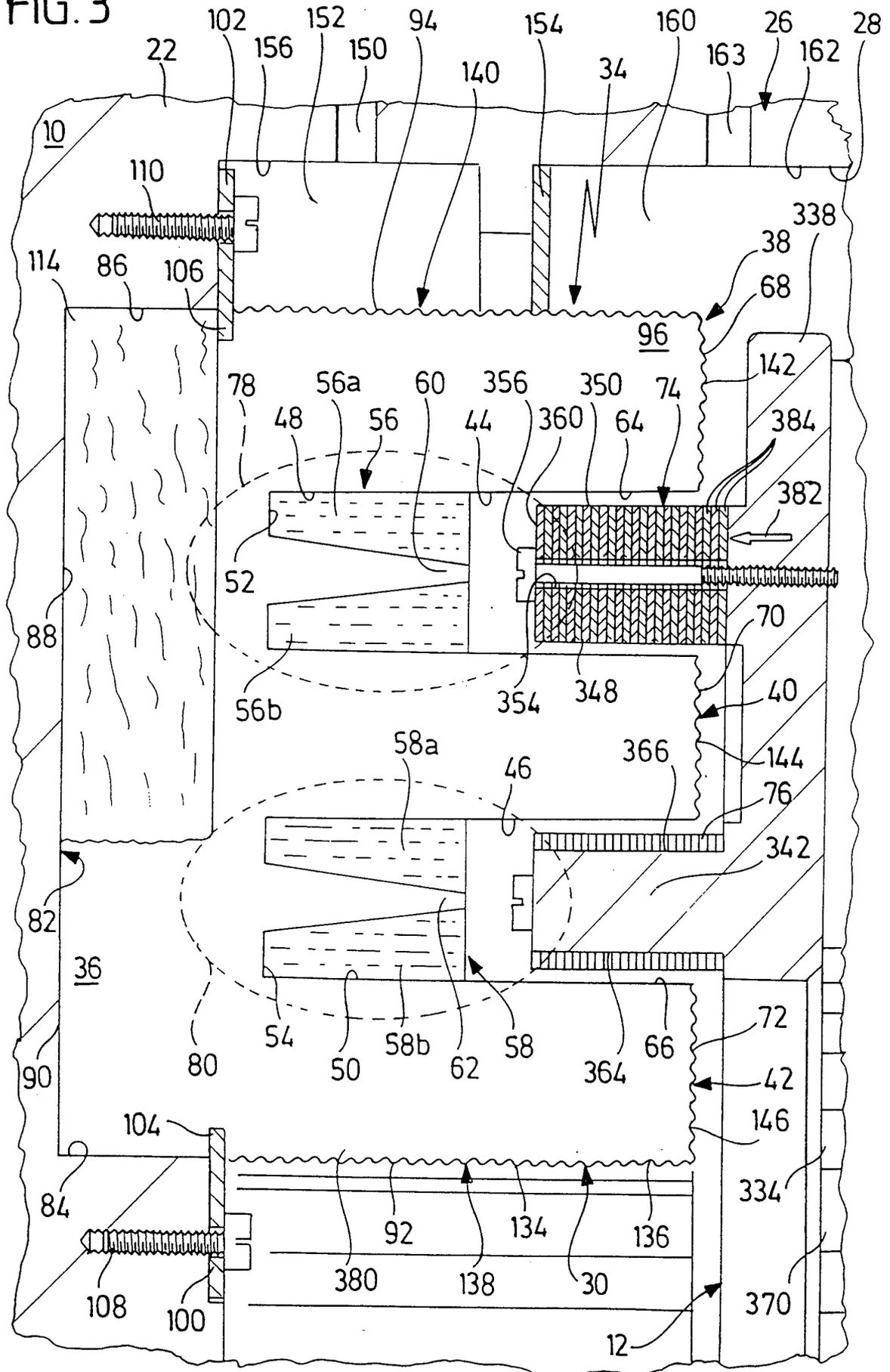




FIG. 5

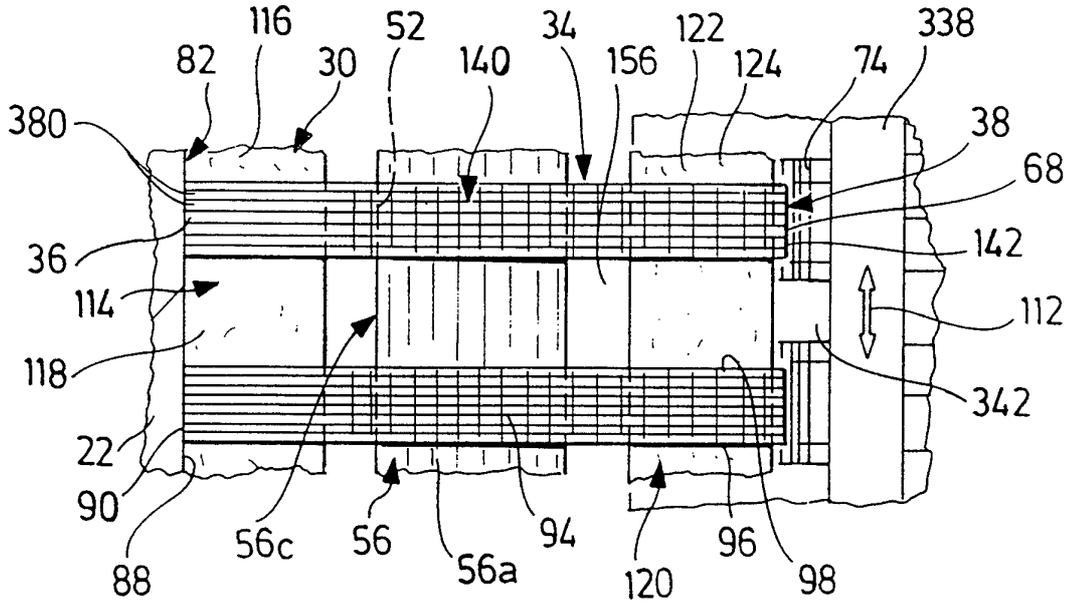


FIG. 6

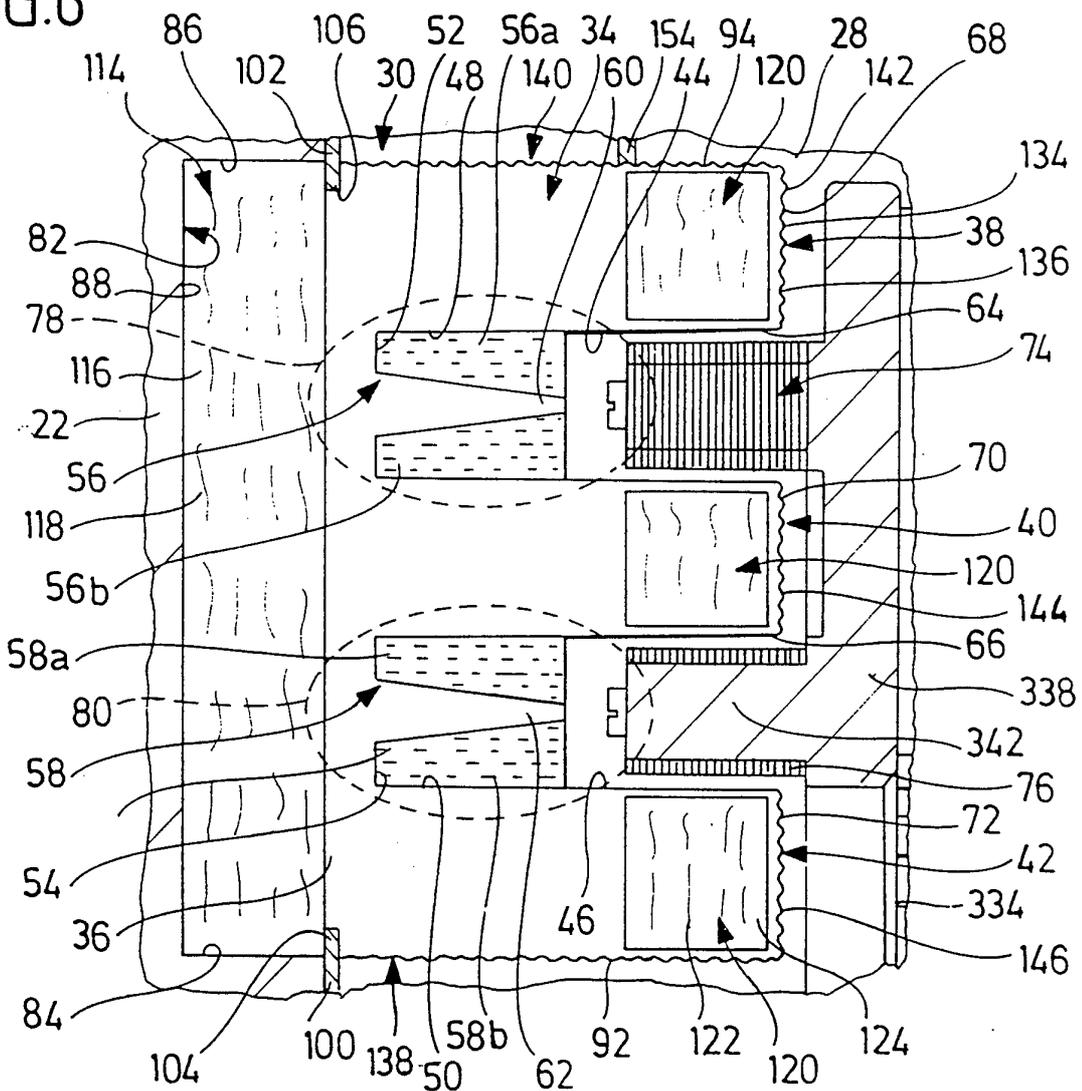


FIG. 7

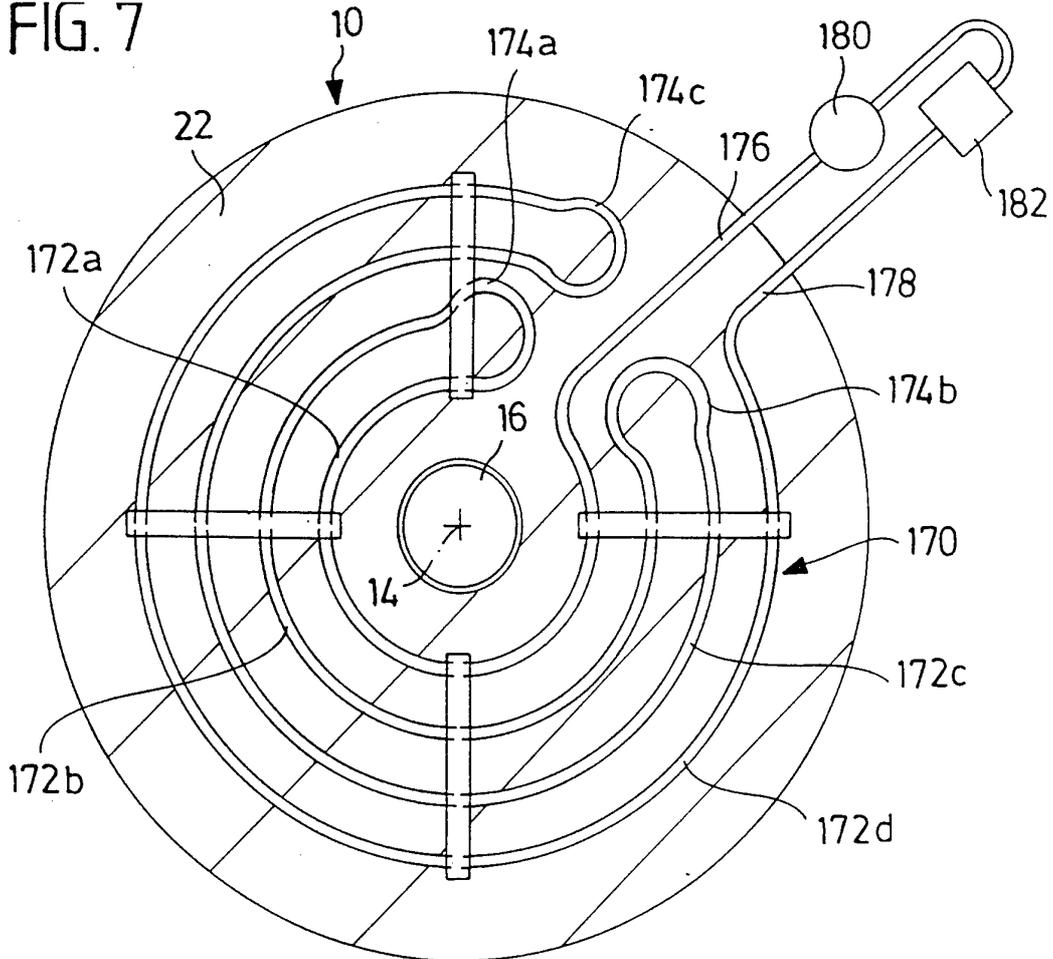


FIG. 8

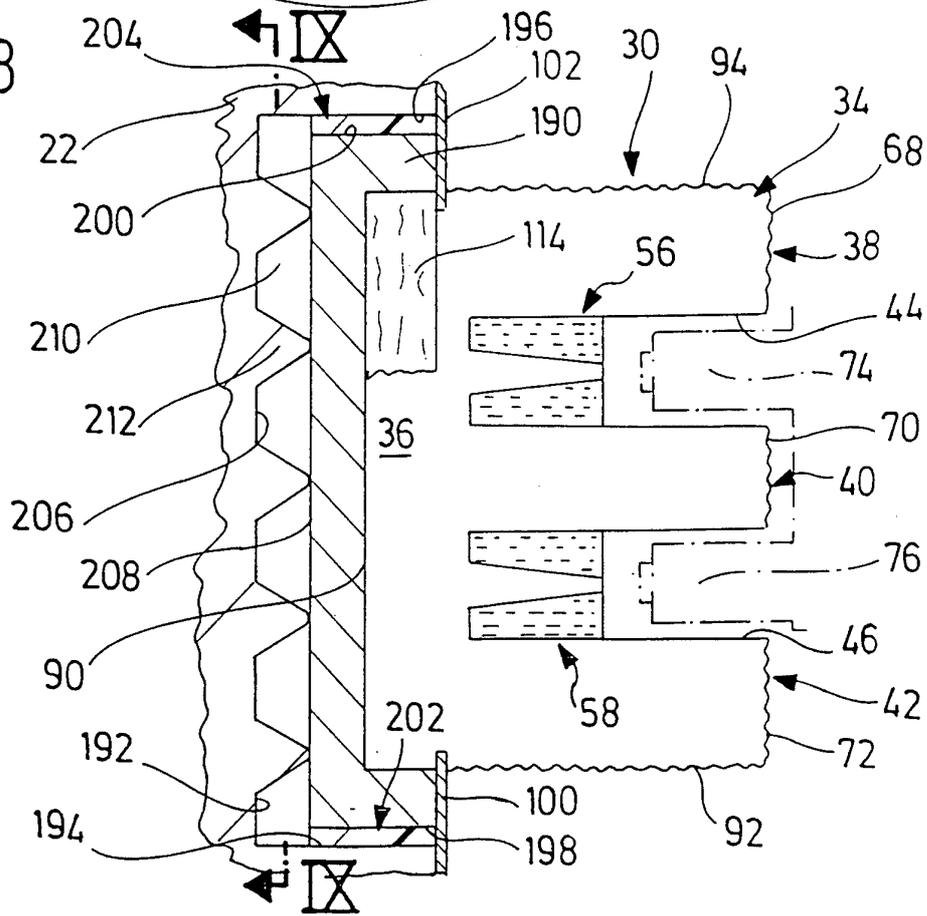


FIG. 9

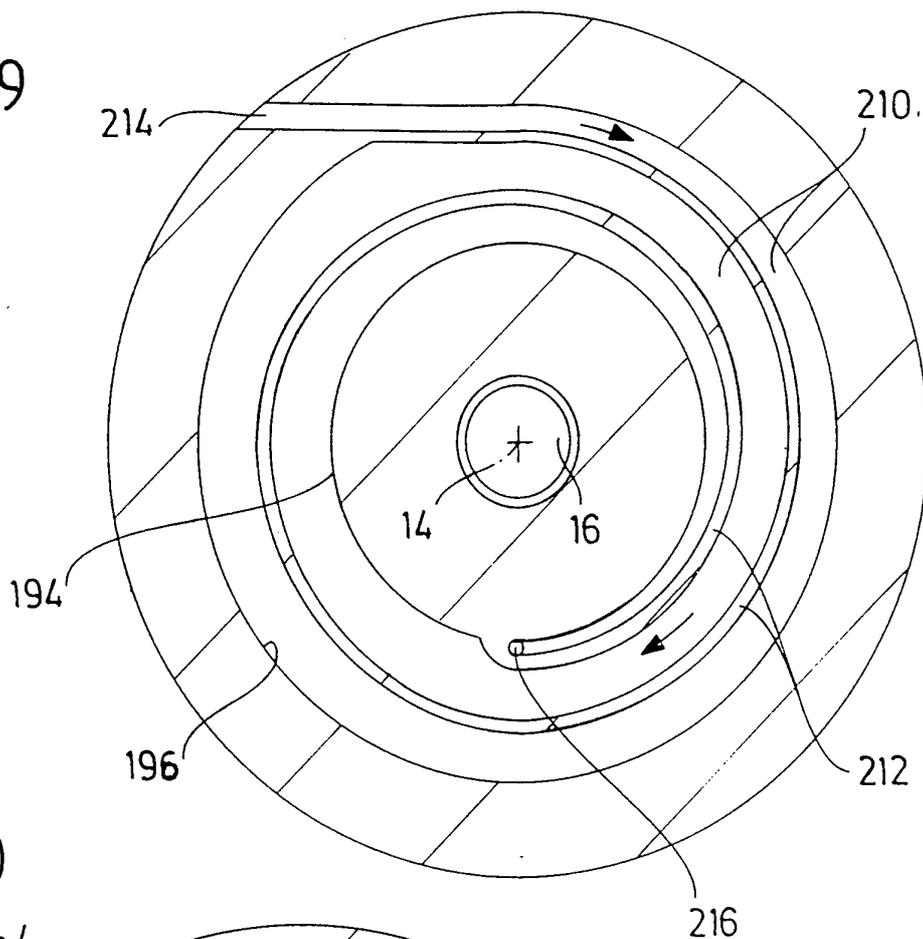


FIG. 10

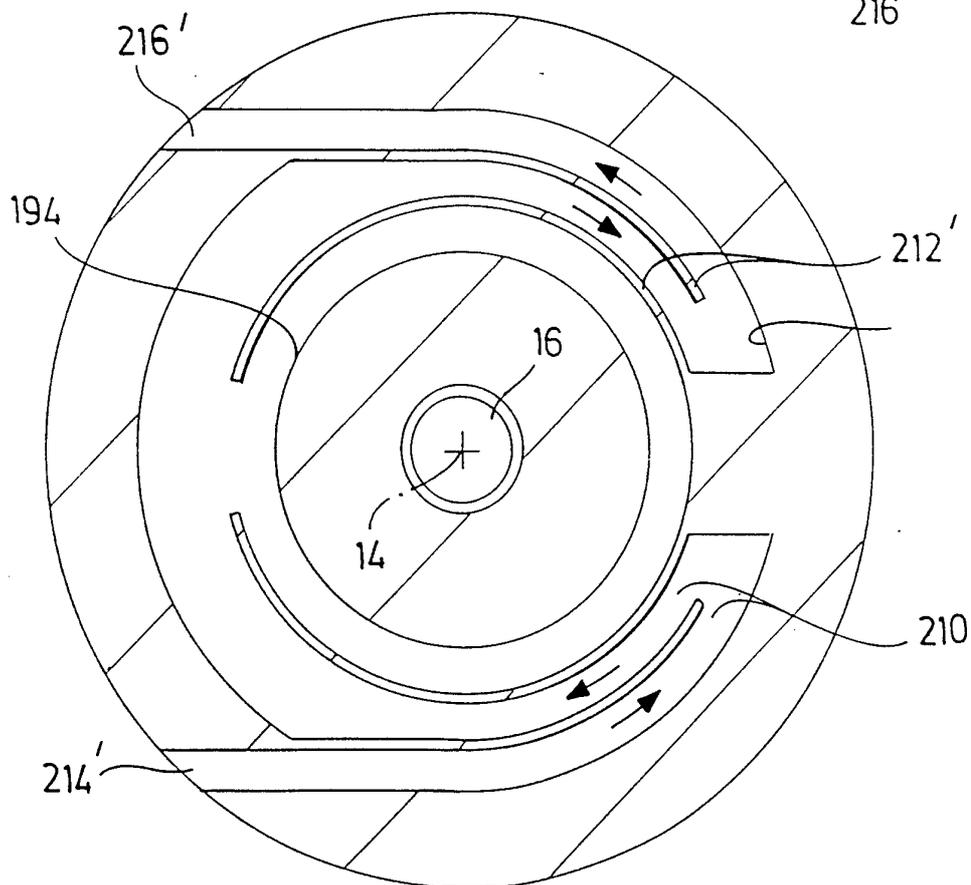


FIG. 11

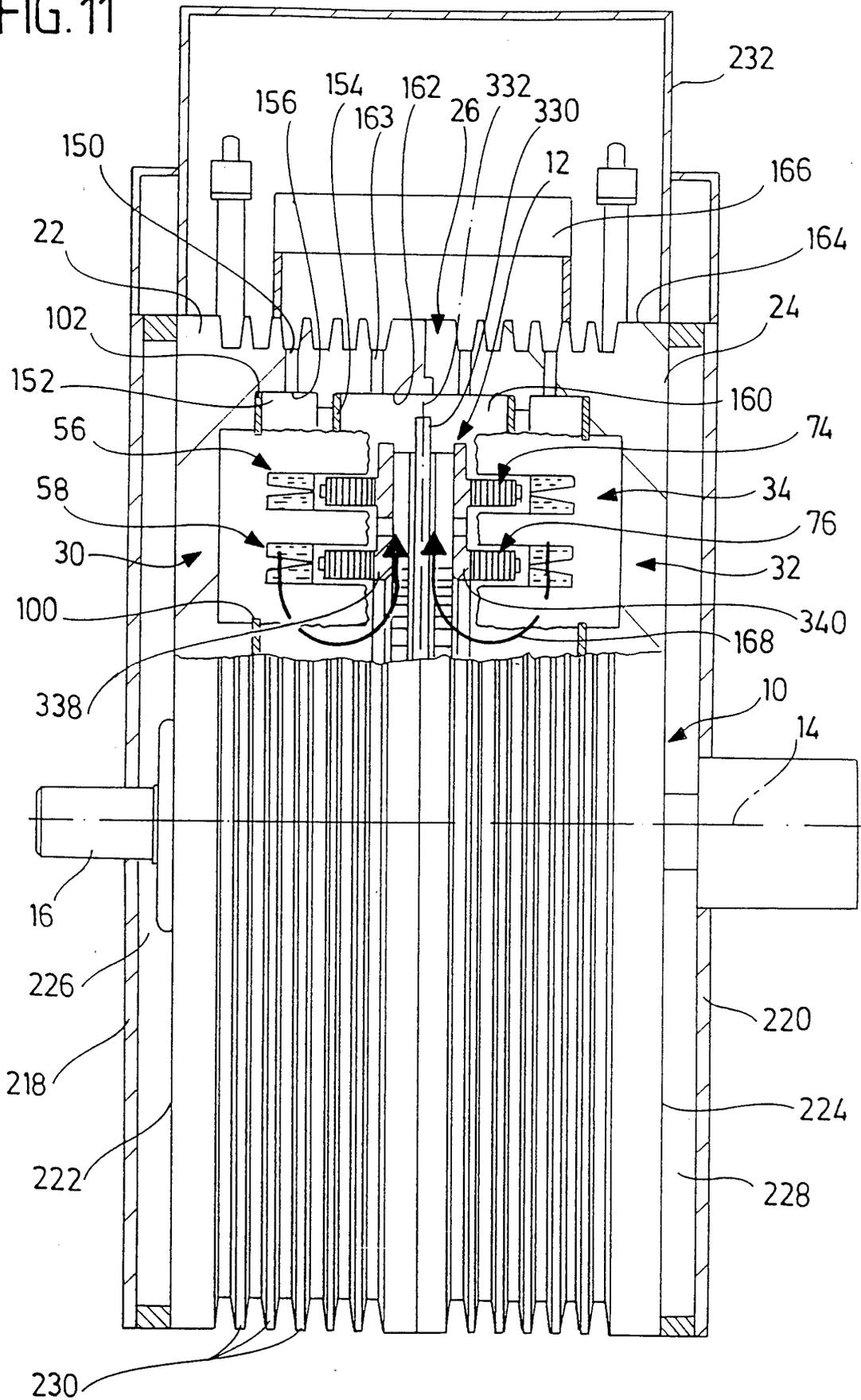


FIG. 12

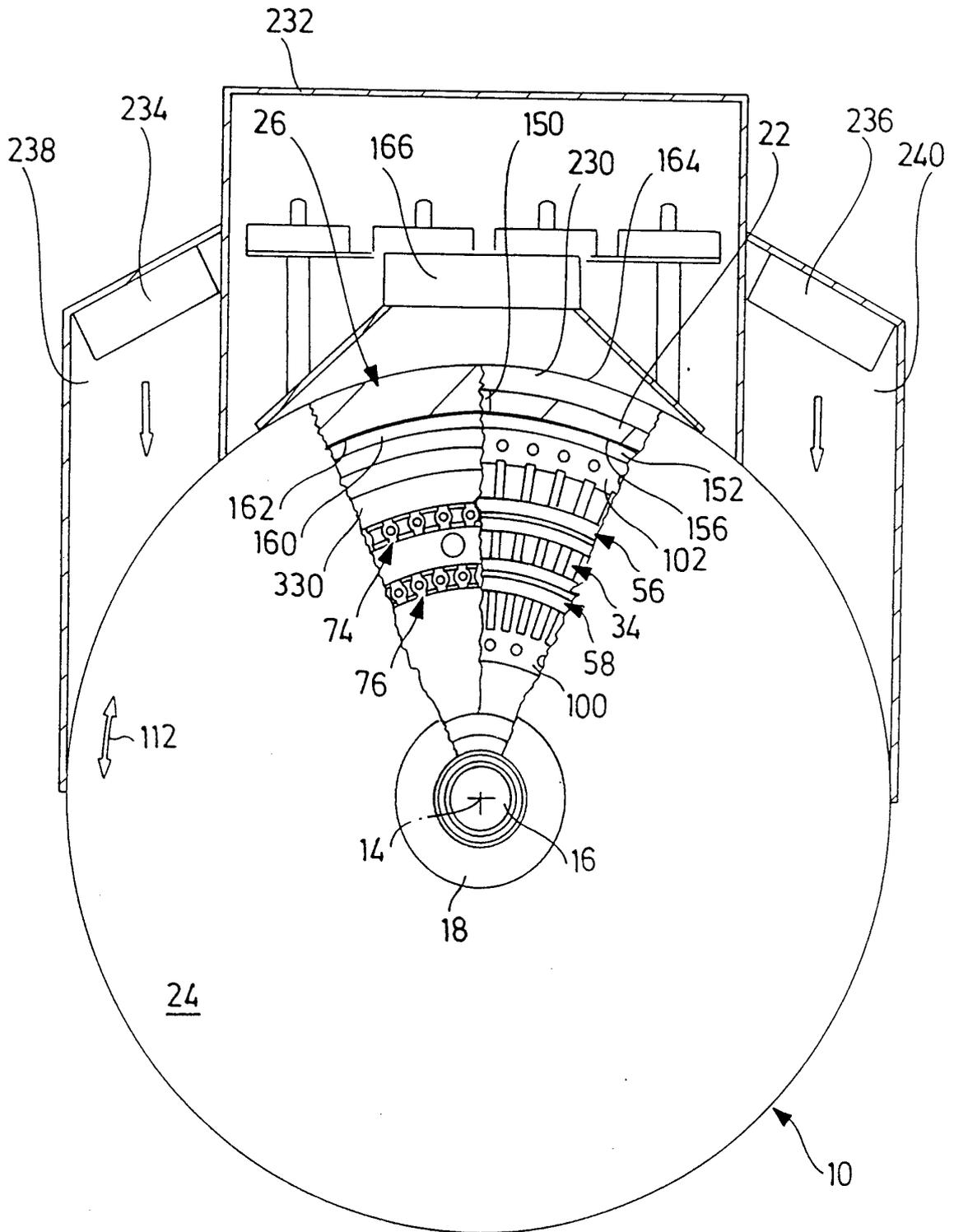


FIG.13

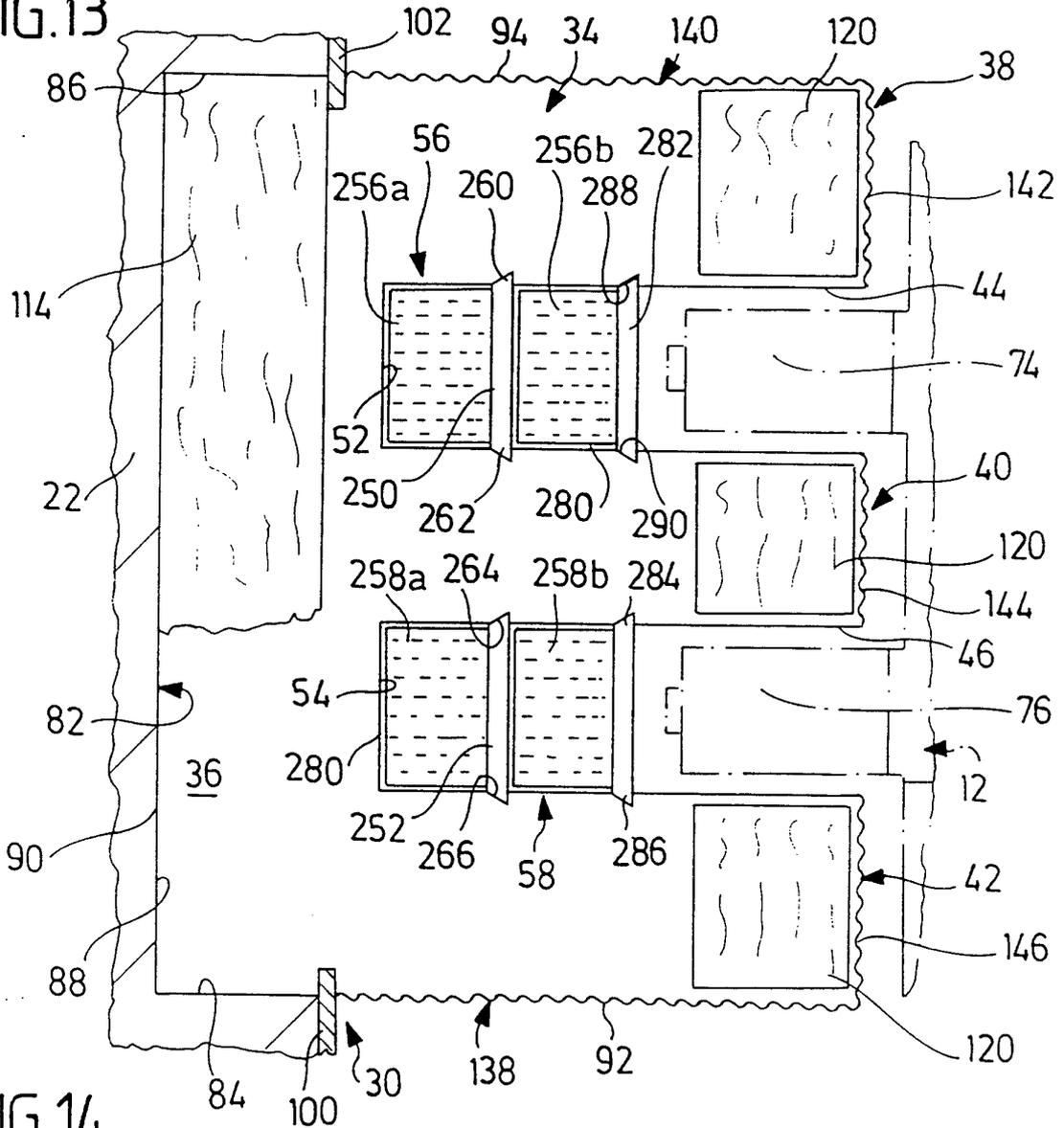


FIG.14

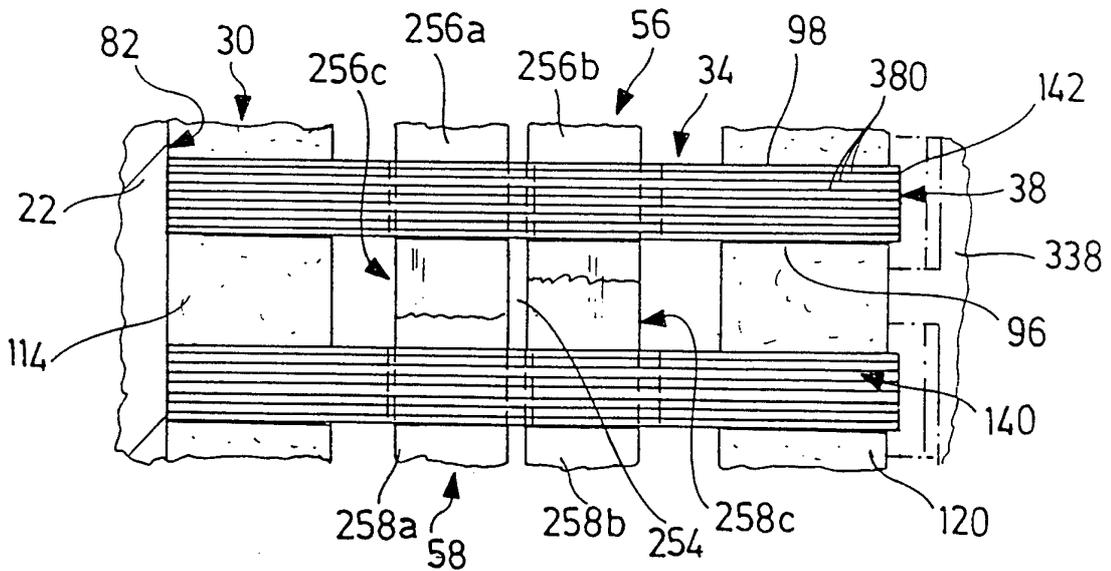


FIG. 15

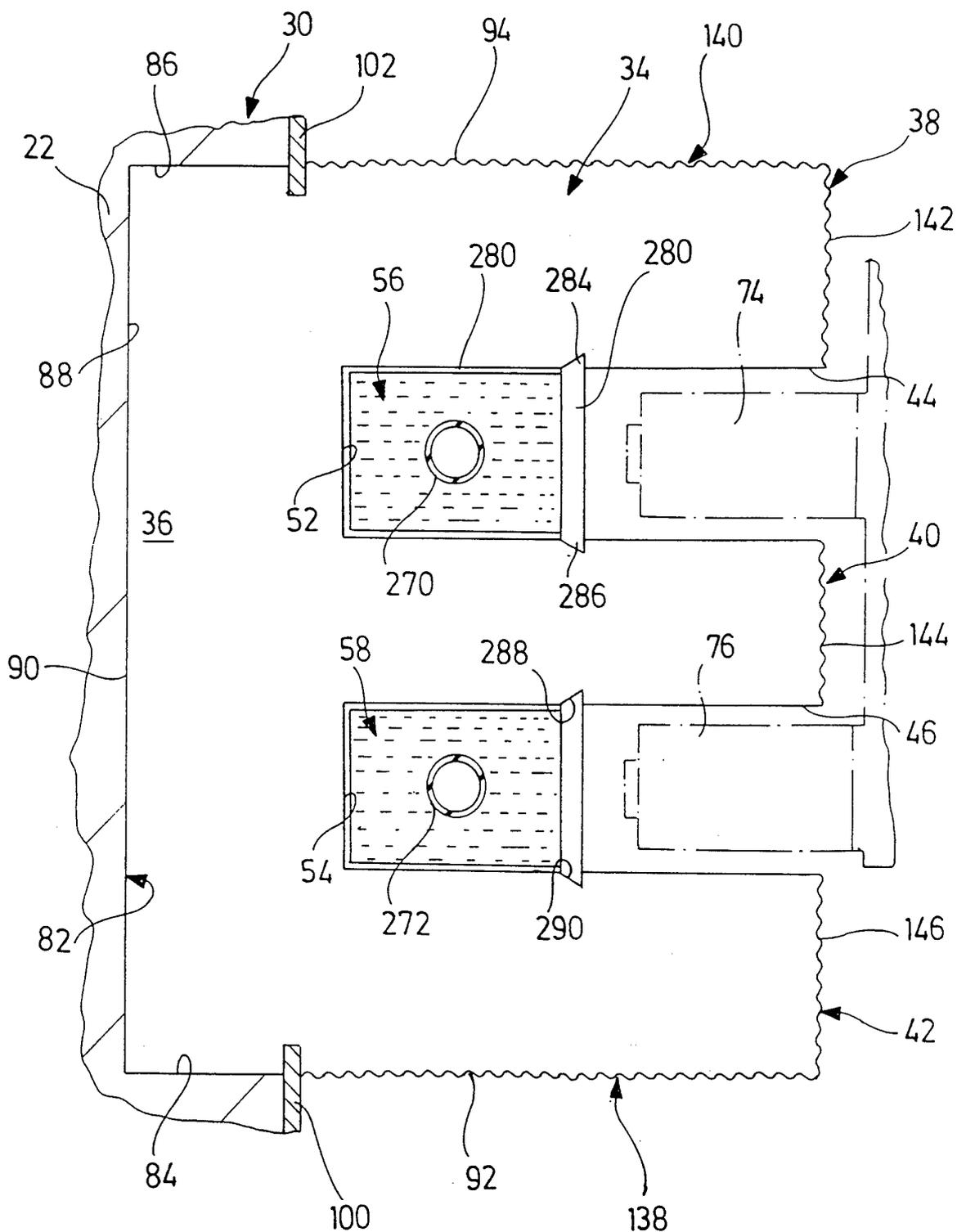




FIG. 17

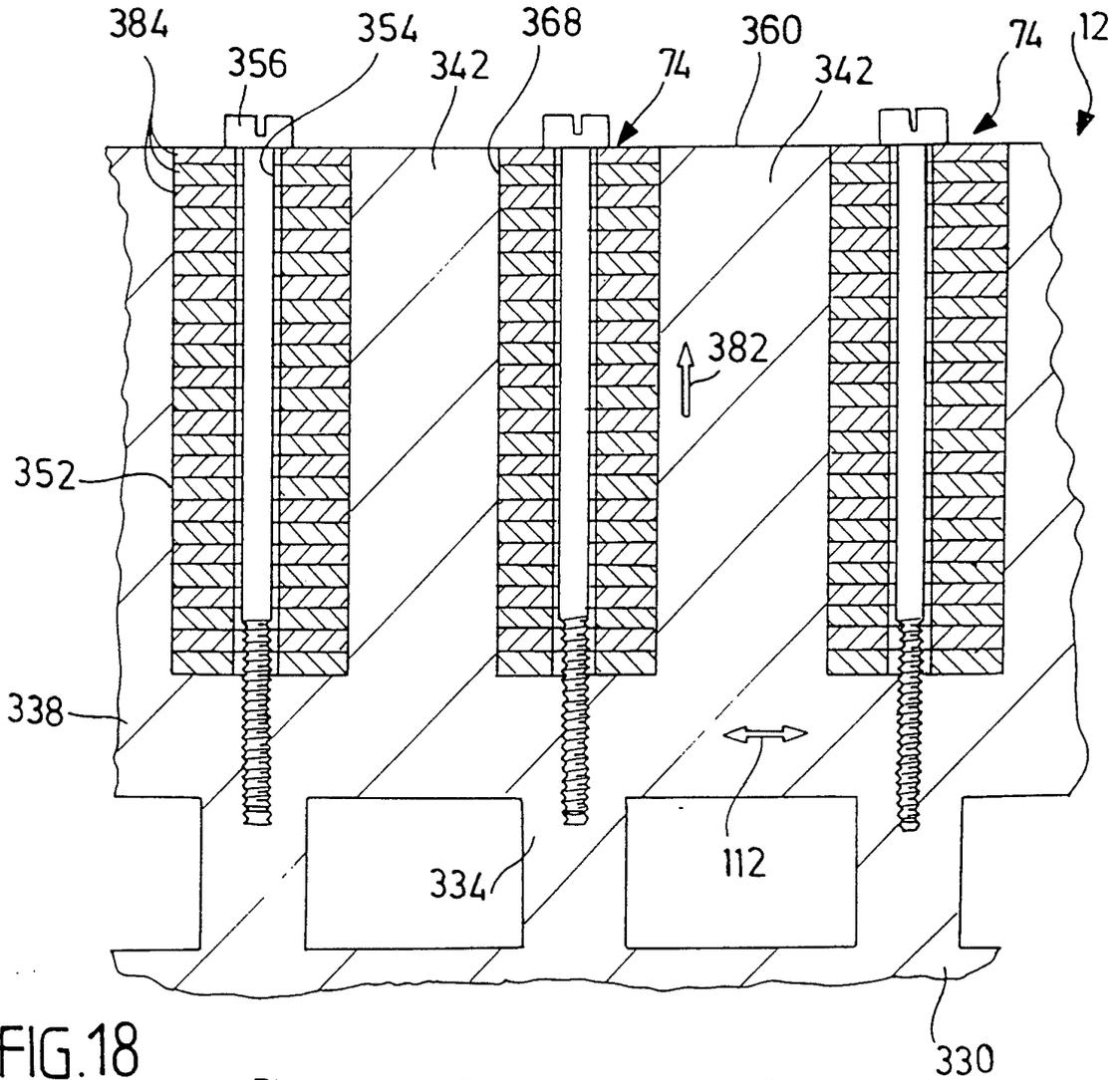


FIG. 18

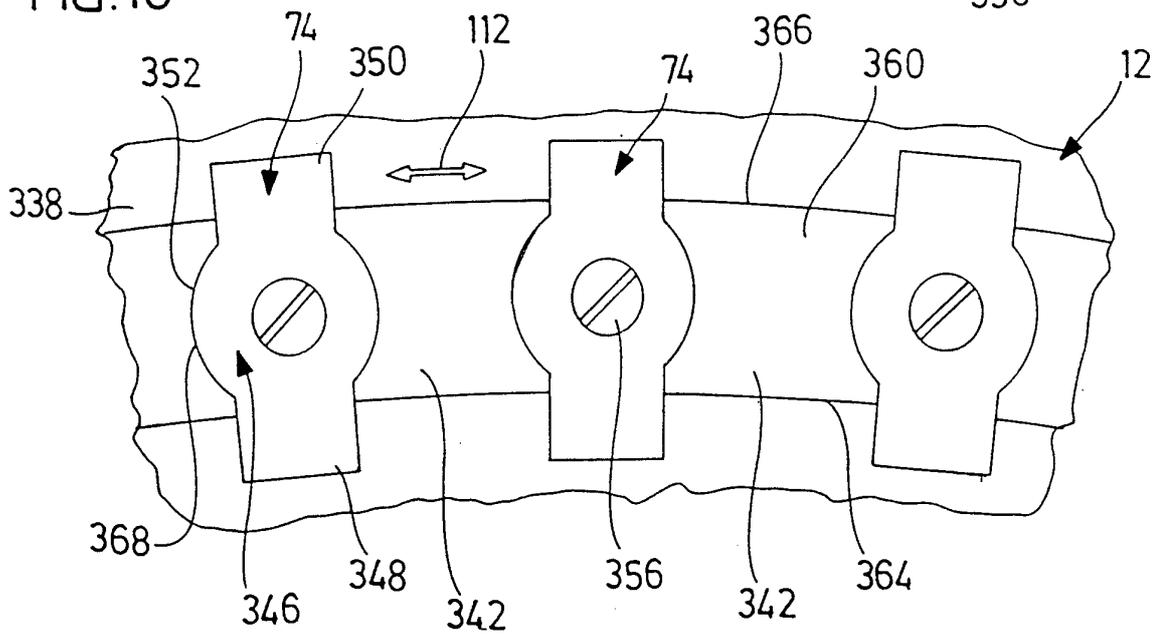


FIG. 19

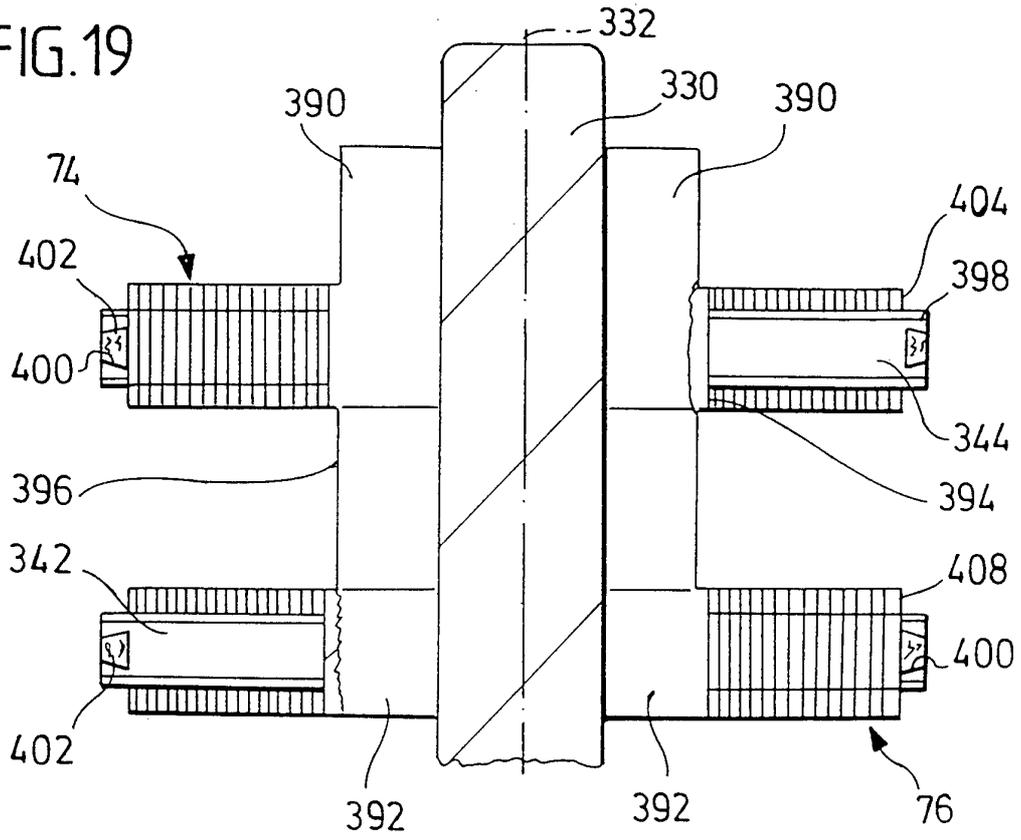


FIG. 20

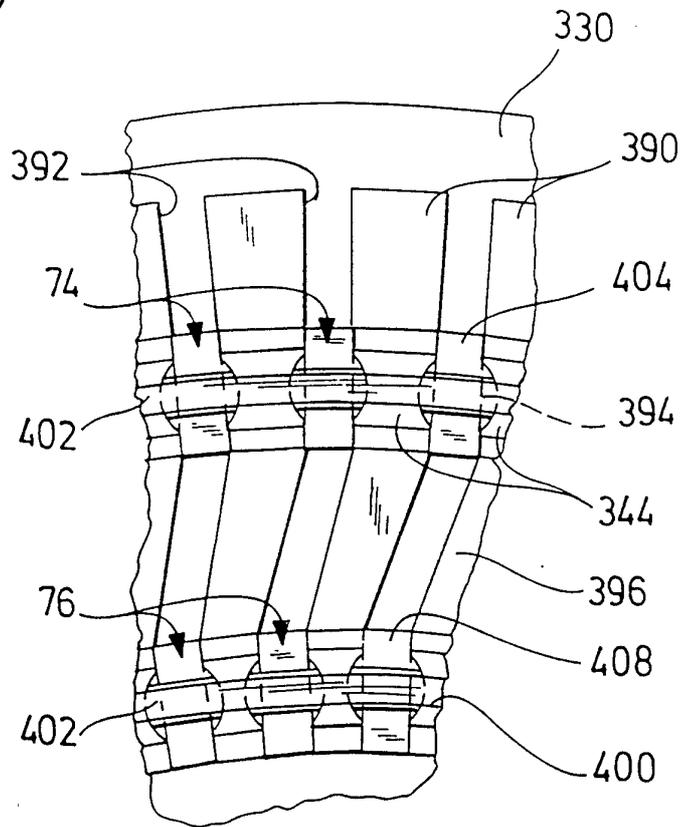


FIG. 21

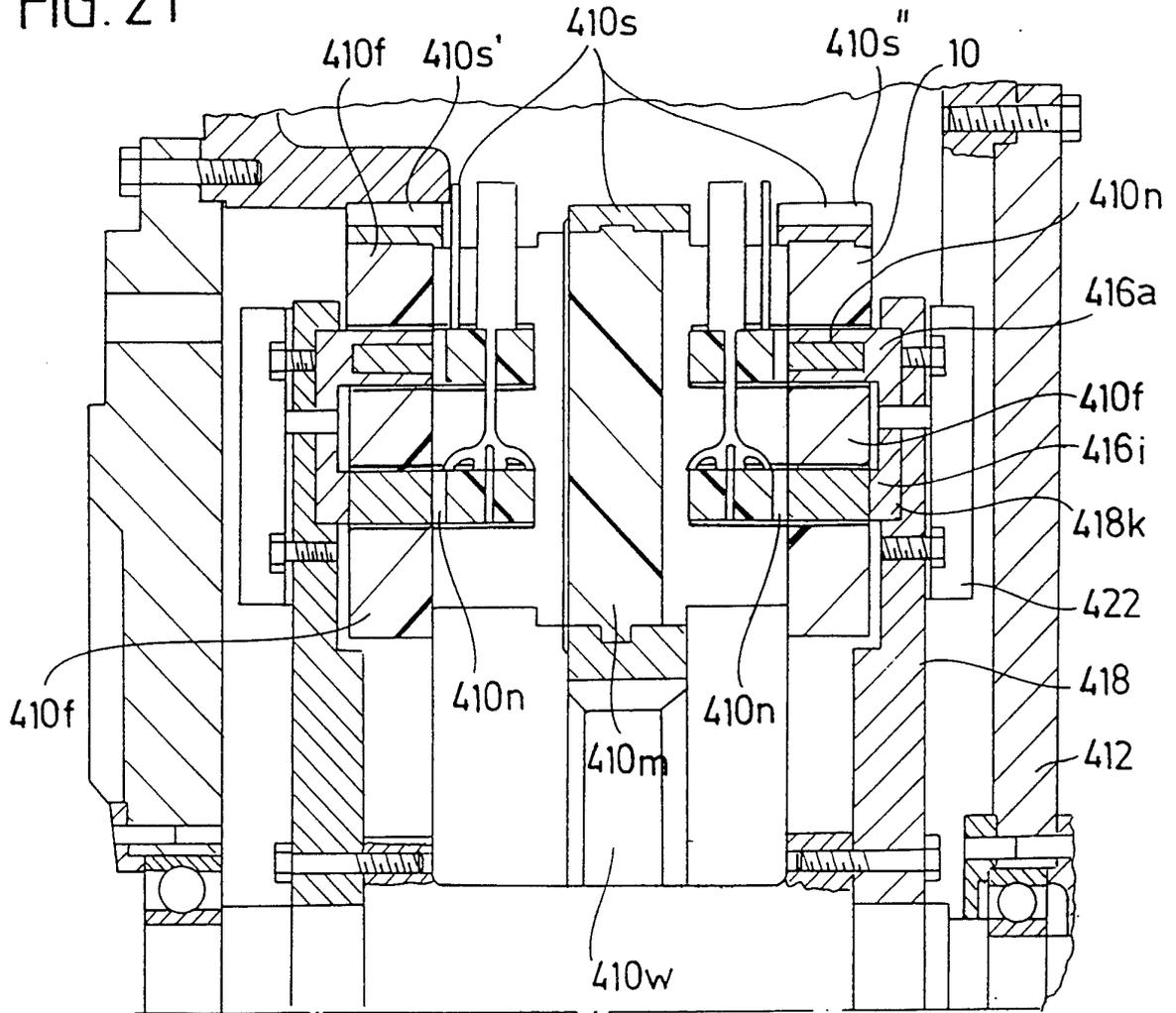


FIG. 22

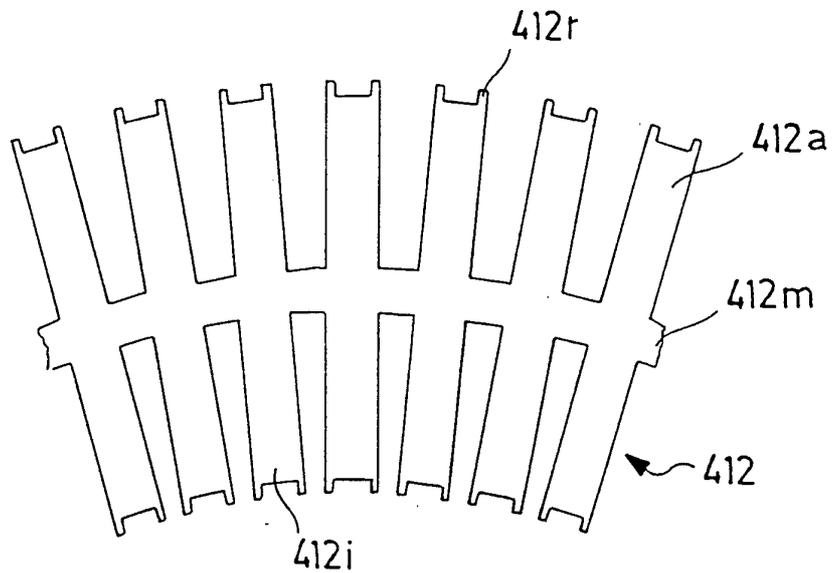


FIG. 23

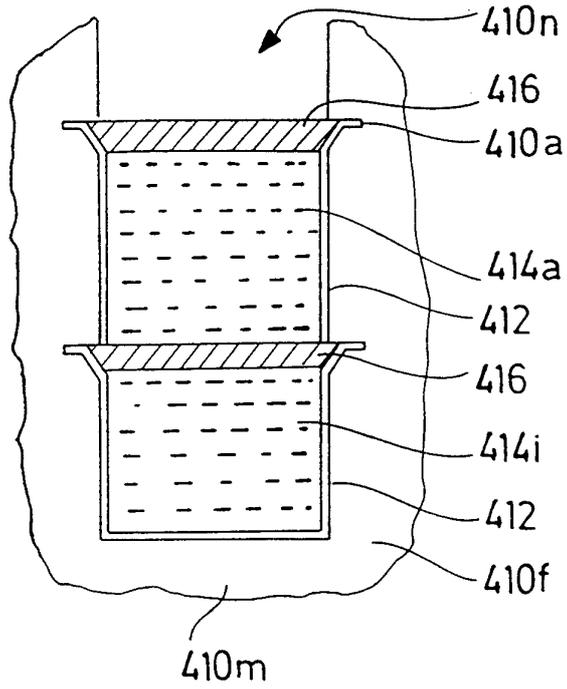
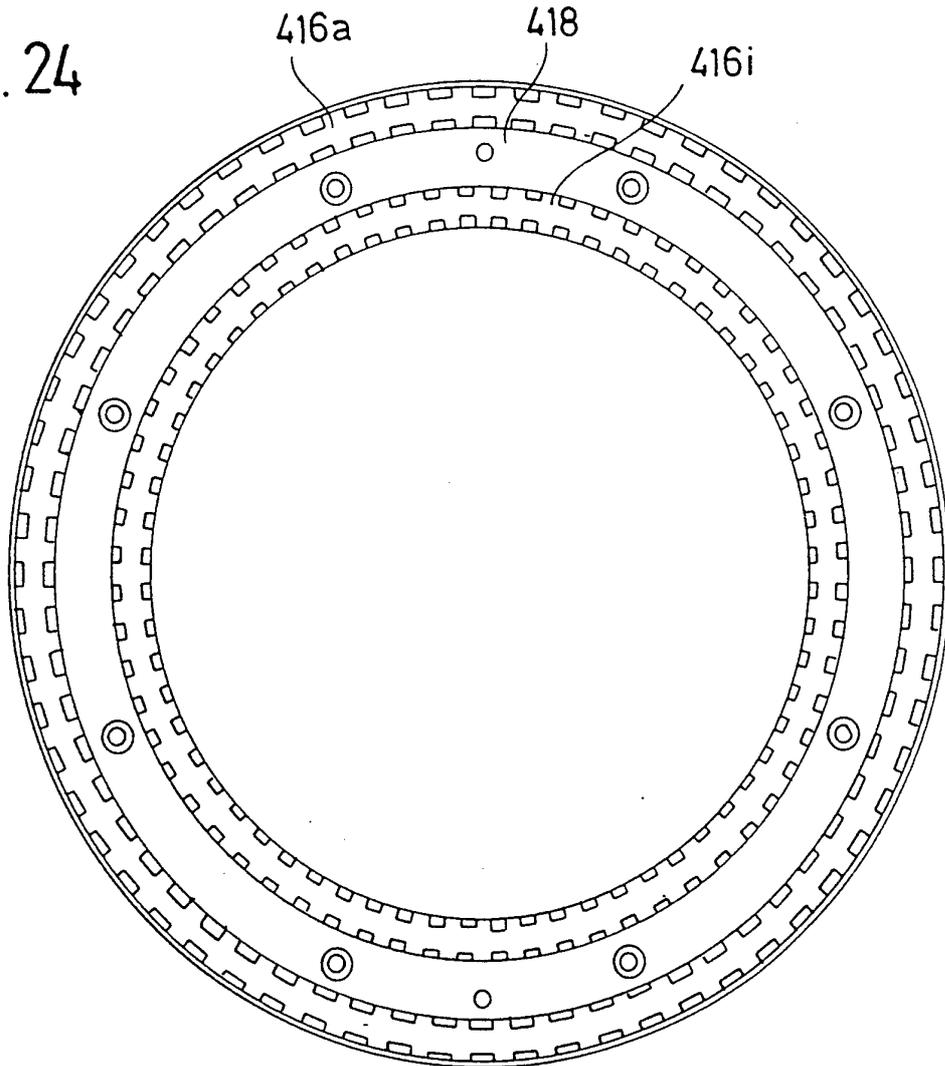


FIG. 24



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 93/01911

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 5 H02K19/10 H02K3/22 H02K3/24 H02K9/04 H02K9/19 H02K9/22		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 5 H02K		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US,A,4 786 834 (GRANT ET AL.) 22 November 1988 see column 7, line 35 - line 59; figures ---	1,2,14, 38
A	GB,A,2 139 822 (CATERPILLAR) 14 November 1984 see page 2, line 26 - line 45; figures 1-4 ---	1,14
A	DE,A,39 27 454 (WEH) 21 February 1991 cited in the application see column 6, line 21 - line 41; figures ---	1,14
A	US,A,4 279 944 (LASKARIS) 21 July 1981 see abstract ---	1,2
A	EP,A,0 353 042 (ROLLS-ROYCE) 31 January 1990 see column 7, line 2 - line 29; figures ---	1,2,14, 38
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/>
	Patent family members are listed in annex.	
* Special categories of cited documents :		
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention	
"E" earlier document but published on or after the international filing date	"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone	
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.	
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	"&" document member of the same patent family	
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
16 December 1993	29.12.93	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  Zanichelli, F	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/EP 93/01911

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 133 571 (NIPPONDENSO) 27 February 1985 see page 13, line 2 - page 15, line 7; figures -----	1,14,38

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP 93/01911

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US-A-4786834	22-11-88	AU-A- 1724188	30-01-89
		CA-A- 1278015	18-12-90
		EP-A- 0365535	02-05-90
		JP-A- 1085554	30-03-89
		WO-A- 8900358	12-01-89
-----			
GB-A-2139822	14-11-84	DE-A- 3416361	08-11-84
		JP-A- 59220038	11-12-84
-----			
DE-A-3927454	21-02-91	NONE	
-----			
US-A-4279944	21-07-81	NONE	
-----			
EP-A-0353042	31-01-90	GB-A, B 2222031	21-02-90
		JP-A- 2074142	14-03-90
		US-A- 5021698	04-06-91
-----			
EP-A-0133571	27-02-85	JP-A- 60039336	01-03-85
		JP-B- 4080623	21-12-92
		JP-A- 60055831	01-04-85
		US-A- 4536672	20-08-85
-----			

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES IPK 5 H02K19/10 H02K3/22 H02K3/24 H02K9/04 H02K9/19 H02K9/22		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE		
Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) IPK 5 H02K		
Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US,A,4 786 834 (GRANT ET AL.) 22. November 1988 siehe Spalte 7, Zeile 35 - Zeile 59; Abbildungen ---	1,2,14, 38
A	GB,A,2 139 822 (CATERPILLAR) 14. November 1984 siehe Seite 2, Zeile 26 - Zeile 45; Abbildungen 1-4 ---	1,14
A	DE,A,39 27 454 (WEH) 21. Februar 1991 in der Anmeldung erwähnt siehe Spalte 6, Zeile 21 - Zeile 41; Abbildungen ---	1,14
A	US,A,4 279 944 (LASKARIS) 21. Juli 1981 siehe Zusammenfassung ---	1,2
	-/--	
<input checked="" type="checkbox"/>	Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen	<input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie
<ul style="list-style-type: none"> <li>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</li> <li>* 'A' Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>* 'E' älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>* 'L' Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>* 'O' Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>* 'P' Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>* "T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</li> <li>* "X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</li> <li>* "Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</li> <li>* "&amp;" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</li> </ul>
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
16. Dezember 1993		29. 12. 93
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. ( + 31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: ( + 31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter  Zanichelli, F

C.(Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	EP,A,0 353 042 (ROLLS-ROYCE) 31. Januar 1990 siehe Spalte 7, Zeile 2 - Zeile 29; Abbildungen ---	1,2,14, 38
A	EP,A,0 133 571 (NIPPONDENSO) 27. Februar 1985 siehe Seite 13, Zeile 2 - Seite 15, Zeile 7; Abbildungen -----	1,14,38

## INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP 93/01911

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US-A-4786834	22-11-88	AU-A- 1724188	30-01-89
		CA-A- 1278015	18-12-90
		EP-A- 0365535	02-05-90
		JP-A- 1085554	30-03-89
		WO-A- 8900358	12-01-89
-----			
GB-A-2139822	14-11-84	DE-A- 3416361	08-11-84
		JP-A- 59220038	11-12-84
-----			
DE-A-3927454	21-02-91	KEINE	
-----			
US-A-4279944	21-07-81	KEINE	
-----			
EP-A-0353042	31-01-90	GB-A, B 2222031	21-02-90
		JP-A- 2074142	14-03-90
		US-A- 5021698	04-06-91
-----			
EP-A-0133571	27-02-85	JP-A- 60039336	01-03-85
		JP-B- 4080623	21-12-92
		JP-A- 60055831	01-04-85
		US-A- 4536672	20-08-85
-----			