



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 601 15 494 T2 2006.08.03

(12)

## Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) EP 1 346 457 B1

(51) Int Cl.<sup>8</sup>: **H02K 9/00** (2006.01)

(21) Deutsches Aktenzeichen: **601 15 494.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US01/45299**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **01 987 183.9**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 2002/050982**

(86) PCT-Anmeldetag: **30.11.2001**

(87) Veröffentlichungstag

der PCT-Anmeldung: **27.06.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **24.09.2003**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **30.11.2005**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **03.08.2006**

(30) Unionspriorität:

**739359 19.12.2000 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**CH, DE, ES, GB, IT, LI**

(73) Patentinhaber:

**General Electric Co., Schenectady, N.Y., US**

(72) Erfinder:

**WETZEL, Garrett, Todd, Niskayuna, US;**

**JARCYNSKI, Donald, Emil, Scotia, US;**

**VANDERVORT, Lee, Christian, Voorheesville, US;**

**SALAMAH, Armando, Samir, Niskayuna, US;**

**TURNBULL, Nigel, Wayne, Clifton Park, US**

(54) Bezeichnung: **ABSTANDSBLOCK MIT STRÖMUNGSABLENKELEMENT ZUR ERHÖHUNG DER WICKELKOPF-KÜHLUNG IN EINEM DYNAMO-ELEKTRISCHEN GENERATOR**

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

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

### HINTERGRUND ZU DER ERFINDUNG

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Einrichtung einer verbesserten Kühlung von Generatorrotoren durch Verzweigen einer größeren Menge von Kühlmittel zu dem normalerweise unversorgten Zentrum des Hohlraums.

**[0002]** Die Ausgangsleistungsdaten von elektrischen Generatoren, z.B. großen Turbogeneratoren, ist häufig dadurch beschränkt, dass der durch die Rotor-Feldwindung fließende Strom aufgrund der Temperaturbeschränkungen, denen die Isolierung des elektrischen Leiters unterworfen ist, nicht gesteigert werden kann. Folglich trägt eine wirkungsvolle Kühlung der Rotorwicklung unmittelbar zu der maximal erreichbaren Ausgangsleistung der Maschine bei. Dies trifft insbesondere die Rotorendregion, wo eine unmittelbare erzwungene Kühlung aufgrund der typischen Konstruktion dieser Maschinen schwierig und kostspielig ist. Da der Markt zunehmend höhere Wirkungsgrade und höhere Zuverlässigkeit für kostengünstigere Generatoren mit höherer Leistungsdichte verlangt, wird die Kühlung der Rotorendregion ein beschränkender Faktor.

**[0003]** Rotoren von Turbogeneratoren basieren gewöhnlich auf konzentrischen rechteckigen Spulen, die in Schlitten eines Rotors untergebracht sind. Die (üblicherweise als Spulenköpfe bezeichneten) Endabschnitte der Spulen, die jenseits des Trägers des Hauptrotorkörpers angeordnet sind, sind gewöhnlich durch einen Sicherungsring (siehe [Fig. 1](#)) gegen Rotationskräfte gestützt. Zwischen den konzentrischen Spulenköpfen sind beabstandete Trägerblöcke angeordnet, um eine relative Position aufrecht zu erhalten und um die mechanische Stabilität hinsichtlich axialer Kräfte, z.B. thermischer Belastungen (siehe [Fig. 2](#)) zu erhöhen. Darüber hinaus sind die Kupferspulen an ihren Außenrändern in radialer Richtung durch den Sicherungsring gesichert, der Zentrifugalkräften entgegenwirkt. Das Vorhandensein des Abstandhalters und des Sicherungsringes führt zu einer Anzahl von Kühlmittelbereichen, die den Kupferspulen ausgesetzt sind. Der primäre Kühlmittelpfad verläuft axial zwischen der Spindel und dem unteren Ende der Spulenköpfe. Weiter bilden die begrenzenden Flächen der Spulen und der Blöcke und die innere Oberfläche der Sicherungsringkonstruktion zwischen den Spulen diskrete Hohlräume. Die Spulenköpfe werden einem Kühlmittel ausgesetzt, das aufgrund von Rotationskräften von radial unterhalb der Spulenköpfe in diese Hohlräume getrieben wird (siehe [Fig. 3](#)). Diese Wärmeübertragung ist in der Regel gering. Der Grund hierfür liegt darin, dass gemäß in einem einzelnen rotierenden Spulenkopfhohlraum anhand einer rechnerischen Strömungsmechanikanalyse berechneter Strömungspfadlinien der Kühlmittelstrom

in den Hohlraum eintritt, einen primären Kreislauf durchquert und den Hohlraum verlässt. Typischerweise weist die Zirkulation insbesondere in der Nähe des Zentrums des Hohlraums niedrige Wärmeübertragungskoeffizienten auf. Daher dient dies zwar als ein Mittel zur Wärmeabfuhr von den Spulenköpfen, ist aber verhältnismäßig ineffizient.

**[0004]** Vielfältige Konfigurationen wurden eingesetzt, um zusätzliches Kühlgas durch die Rotorendregion zu leiten. Sämtliche dieser Kühlungsansätze beruhen entweder darauf, dass (1) unmittelbar in den Kupferleitern Kühlkanäle geschaffen werden, indem Nuten oder Kanäle in den Leitern ausgebildet werden, und das Gas dann zu einem sonstigen Bereich der Maschine gepumpt wird, und/oder dass (2) mittels Hinzufügung von Leiblechen, Strömungskanälen und Pumpenvorrichtungen Bereiche von verhältnismäßig höheren und niedrigeren Drücken erzeugt werden, um das Kühlgas dazu zu zwingen, über die Leiteroberflächen zu strömen.

**[0005]** In einige Systemen ist der in hohem Maße belastete Rotorsicherungsring mit radialem Durchgangslöchern ausgebildet, um es zu ermöglichen, Kühlgas direkt entlang der Rotorsspulenköpfe zu pumpen und in den Luftspalt auszustoßen, allerdings weisen derartige Systeme aufgrund von Aspekten der hohen mechanischen Belastung und der Lebensdauer des Sicherungsringes nur begrenzten Nutzen auf.

**[0006]** Falls die herkömmlichen Ansätze einer erzwungenen Kühlung des Rotorendes verwendet werden, erhöhen sich Komplexität und Kosten der Rotorkonstruktion beträchtlich. So ist es beispielsweise erforderlich, unmittelbar gekühlte Leiter spanabhebend zu bearbeiten oder zu formen, um die Kühlkanäle auszubilden. Darüber hinaus muss ein Auslasskrümmer vorgesehen werden, um das Gas irgendwo in den Rotor auszustoßen. Die erzwungene Kühlung verwendenden Ansätze erfordern, dass die Rotorendregion mittels Hinzufügung zahlreicher Leibleche, Strömungskanäle und Pumpenvorrichtungen in gesonderte Druckzonen unterteilt wird, was die Komplexität und Kosten weiter steigert.

**[0007]** Falls keine dieser Ansätze einer erzwungenen oder unmittelbaren Kühlung verwendet werden, werden die Rotorsspulenköpfe passiv gekühlt. Ein passives Kühlen beruht darauf, das Zentrifugal- und Rotationskräfte des Rotors Gas in die zwischen den konzentrischen Rotorwicklungen gebildeten blinden Sackgassenhohlräume zirkulieren lassen. Ein passives Kühlen von Rotorsspulenköpfen wird gelegentlich auch als Kühlung durch "freie Konvektion" bezeichnet.

**[0008]** Passives Kühlen bietet zwar den Vorteil minimaler Komplexität und Kosten, allerdings ist die Wärmeabfuhrkapazität im Vergleich zu den unmittelbaren

und erzwungene Kühlung verwendenden aktiven Systemen geringer. Jedes Kühlgas, das in die zwischen den konzentrischen Rotorwicklungen vorhandenen Hohlräume eintritt, muss durch dieselbe Öffnung wieder ausströmen, da diese Hohlräume im übrigen geschlossen sind – die vier "Seitenwände" eines typischen Hohlraums werden durch die konzentrischen Leiter und die sie trennenden isolierenden Blöcke gebildet, wobei die (radial außen angeordnete) "Boden"-Wand durch den Sicherungsring gebildet wird, der die Spulenköpfe gegen Rotation stützt. Kühlgas tritt von dem ringförmigen Raum zwischen dem Leiter und der Rotorspindel ein. Die Wärmeabfuhr ist daher aufgrund der geringen Zirkulationsgeschwindigkeit des Gases in dem Hohlraum und wegen der beschränkten Gasmenge, die in diese Räume ein- und ausströmen kann, begrenzt.

**[0009]** In typischen Konfigurationen ist das Kühlgas in dem Endbereich noch nicht auf die volle Rotorgeschwindigkeit beschleunigt, d.h. das Kühlgas rotiert nur bis zu einem gewissen Grad mit Rotorgeschwindigkeit. Da das Fluid durch die Wirkung der zwischen dem Rotor und dem Fluid vorhandenen Relativgeschwindigkeit in einen Hohlraum getrieben wird, ist der Wärmeübertragungskoeffizient gewöhnlich in der Nähe des bezüglich der Strömungsrichtung stromabwärts angeordneten Abstandhalters – wo das Fluid mit hohem Impuls eintritt und das Kühlfluid am kältesten ist – am größten. Der Wärmeübertragungskoeffizient ist gewöhnlich außerdem um die Peripherie des Hohlraums herum hoch. Das Zentrum des Hohlraums erhält die geringste Kühlung.

**[0010]** Ein Erhöhung der Wärmeabfuhrkapazität passiver Kühlsysteme erhöht die Stromleitungskapazität des Rotors, was eine Steigerung der technischen Daten des Generators mit völliger Aufrechterhaltung des Vorteils der Wirtschaftlichkeit, Unkompliziertheit und Zuverlässigkeit der Konstruktion ermöglicht.

**[0011]** Die US-Patentschrift 5 644 179, deren Offenbarung durch Bezugnahme hier aufgenommen ist, beschreibt ein Verfahren zum Steigern der Wärmeübertragung, indem die Strömungsgeschwindigkeit der großen einzigen Strömungszirkulationszelle erhöht wird, dadurch dass unmittelbar in die natürlich auftretende Strömungszelle hinein und in derselben Richtung wie diese verlaufend ein zusätzlicher Kühlstrom eingeführt wird. Dies ist in [Fig. 4](#) und [Fig. 5](#) veranschaulicht. Während dieses Verfahren die Wärmeübertragung in dem Hohlraum durch Erhöhen der Stärke der Zirkulationszelle steigert, bleibt in dem Zentrumsbereich des Rotorhohlraums die Geschwindigkeit und damit die Wärmeübertragung weiter gering. Auch in den Eckbereichen liegt immer noch dieselbe niedrige Wärmeübertragung vor. Die Schriftstücke JP 57078350 und JP 57078338 beschreiben weitere Lösungen zum Kühlen der Endabschnitte der

Rotorspulen.

#### KURZDARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0012]** Die Erfindung schafft eine Konstruktion und ein Verfahren zum Verbessern der Kühlung eines Generatorrotors, indem Kühlmittelströmung gegen das Zentrum der Hohlräume gelenkt wird, die durch die konzentrischen Rotorspulenköpfe und die Trägerblöcke zwischen diesen gebildet werden.

**[0013]** Um den Strom umzuleiten, ist in einer exemplarischen Durchführung der Erfindung wenigstens eine Ablenkstruktur auf der an der stromabwärts gelegenen Seite des Hohlraums angeordneten Fläche des Abstandhalters angebracht, um Kühlmittelströmung in Richtung des Zentrums des Hohlraums zu verzweigen. Insbesondere sieht die Erfindung in einer Generatorrotorspulenkopfeinrichtung auf der stromabwärts gelegenen Fläche mindestens eines der Abstandhalter wenigstens eine Ablenkstruktur vor, um in dem entsprechenden Hohlraum vorhandene Strömung in Richtung des normalerweise unversorgten Zentrums des Hohlraums zu verzweigen und auf diese Weise die Wärmeübertragungsleistung in der rotierenden Anordnung erheblich zu steigern.

**[0014]** In einem Ausführungsbeispiel erstreckt sich die Ablenkstruktur im Wesentlichen axial zu dem zugehörigen Abstandhalter, um einen erheblichen Teil der Kühlmittelströmung abzufangen, die die radial inneren Bereiche des Abstandhalters erreicht und/oder entlang von diesen strömt. Diese abgefangene Strömung wird gegen das Zentrum des Hohlraums umgelenkt. Kühlmittelströmung, die im Allgemeinen unmittelbar zu den radial außerhalb der Ablenkstruktur angeordneten Abstandhaltern strömt, wird ihren herkömmlichen Zirkulationsströmungspfad weitgehend fortsetzen.

**[0015]** Gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung überspannt die Ablenkstruktur lediglich einen Abschnitt der axialen Abmessung oder Tiefe des Hohlraums. Dies ermöglicht einem Teil des einen großen Impuls aufweisenden Kühlmittels, die äußere radiale Ecke des Hohlraums zu erreichen, und lenkt das übrige Kühlmittel in Richtung des Zentrums des Hohlraums. Die nur einen Teil der Tiefe überspannende Ablenkstruktur kann so angeordnet sein, dass sie den Teil der Tiefe des Hohlraum von benachbart der einen Spulenkopfwand des Hohlraums, von benachbart der anderen Spulenkopfwand des Hohlraums her oder im Wesentlichen zentrisch gegenüber ihrem zugeordneten Abstandhalter überspannt. In diesem Ausführungsbeispiel überspannt die Ablenkstruktur etwa die Hälfte der Tiefe des zugehörigen Abstandhalters.

**[0016]** Gemäß noch einem weiteren alternativen Ausführungsbeispiel der Erfindung sind zwei oder

mehr axial fluchtend ausgerichtete Ablenkstrukturen vorgesehen, die jeweils einen Abschnitt der axialen Abmessung oder Tiefe des Hohlraums überspannen. Dies ermöglicht es einem Teil des großen Impuls aufweisenden Kühlmittels zwischen axial benachbarte Ablenkstrukturen zu strömen, um die äußere radiale Ecke des Hohlraums zu erreichen, und lenkt das übrige Kühlmittel gegen das Zentrum des Hohlraums ab.

#### KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

**[0017]** Diese, sowie sonstige Aufgaben und Vorteile der Erfindung werden nach sorgfältigem Lesen der folgenden detaillierteren Beschreibung der hier bevorzugten Ausführungsbeispiele der Erfindung in Verbindung mit den beigefügten Figuren verständlicher und für vorteilhaft erachtet:

**[0018]** [Fig. 1](#) zeigt eine Schnittansicht eines Abschnitts des Endwindungsbereichs eines Generatorrotors mit einem Stator, der diesem gegenüber in einer gegenüberliegenden Beziehung angeordnet ist;

**[0019]** [Fig. 2](#) zeigt in einer quer geschnittenen Ansicht von oben den Generatorrotor längs der Schnittlinie 2-2 nach [Fig. 1](#);

**[0020]** [Fig. 3](#) veranschaulicht in einem Schema einen in Spulenkopfhöhlräume hinein und durch diese hindurch verlaufenden passiven Gasstrom;

**[0021]** [Fig. 4](#) zeigt in einer teilweise aufgebrochenen perspektivischen Ansicht einen Abschnitt des Rotorendwindungsbereichs gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel der Erfindung, wie sie in der US-Patentschrift 5 644 179 offenbart ist;

**[0022]** [Fig. 5](#) zeigt in einer zum Teil aufgebrochenen perspektivischen Ansicht einen Abschnitt des Rotorendwindungsbereichs eines zweiten Ausführungsbeispiels der Erfindung der US-Patentschrift 5 644 179;

**[0023]** [Fig. 6](#) zeigt als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung in einer Schnittansicht eine Ablenkstruktur, die auf der stromabwärts angeordneten Seite eines Abstandhalters vorgesehen ist, um Kühlmittel gegen das normalerweise unversorgte Zentrum des Hohlraums abzulenken;

**[0024]** [Fig. 7](#) veranschaulicht ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, bei dem wenigstens eine Ablenkstruktur vorgesehen ist, die die Tiefe des Hohlraums lediglich teilweise überspannt, um einem Teil des Kühlmittels zu ermöglichen, ohne weiteres zu der äußeren radialen Abmessung des Hohlraums zu strömen, während ein Teil des Kühlmittels in Richtung des Zentrums des Hohlraums abgelenkt wird.

#### DETAILLIERTE BESCHREIBUNG DER ERFINDUNG

**[0025]** Unter Bezugnahme auf die Zeichnungen, in denen übereinstimmende Elemente über die unterschiedlichen Ansichten hinweg mit identischen Bezeichnungen bezeichnet sind, zeigen [Fig. 1](#) und [Fig. 2](#) einen Rotor **10** für einen gasgekühlten Generator, der außerdem einen Stator **12** enthält, der den Rotor umgibt. Der Rotor weist einen im Wesentlichen zylindrischen Körperabschnitt **14** auf, der zentrisch auf einer Rotorsspindel **16** angeordnet ist und axial gegenüberliegende Stirnflächen umfasst, wobei in [Fig. 1](#) ein Abschnitt **18** einer Stirnfläche gezeigt ist. Der Körperabschnitt ist mit mehreren, in Umfangsrichtung beabstandeten, axial sich erstreckenden Schlitten **20** ausgebildet, die dazu dienen, konzentrisch angeordnete Spulen **22** aufzunehmen, die die Rotorwicklung bilden. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind lediglich fünf Rotorspulen gezeigt, obwohl in der Praxis im Allgemeinen einige mehr verwendet werden.

**[0026]** Insbesondere sind in jedem einzelnen der Schlitten mehrere Leiterstäbe **24** gestapelt, die einen Abschnitt der Rotorwicklung bilden. Angrenzende Leiterstäbe sind durch elektrische Isolierschichten **22** getrennt. Die gestapelten Leiterstäbe sind gewöhnlich durch Keile **26** ([Fig. 1](#)) in den Schlitten gesichert und aus einem leitenden Material, beispielsweise Kupfer, gefertigt. Die Leiterstäbe **24** sind an jedem gegenüberliegenden Ende des Körperabschnitts durch Endwindungen **27** miteinander verbunden, die axial über die Stirnflächen hinausragen, um gestapelte Spulenköpfe **28** zu bilden. Die Endwindungen sind ebenfalls durch elektrisch isolierende Schichten getrennt.

**[0027]** Indem insbesondere auf [Fig. 1](#) eingegangen wird, ist an jedem Ende des Körperabschnitts um die Endwindungen ein Sicherungsring **30** angeordnet, um die Spulenköpfe gegen Zentrifugalkräfte an Ort und Stelle zu halten. Der Sicherungsring ist an einem Ende an dem Körperabschnitt befestigt und ragt über die Rotorsspindel **16** hinaus. An dem fernen Ende des Sicherungsringes **30** ist ein Zentrierring **32** abgebracht. Es ist zu beachten, dass der Sicherungsring **30** und der Zentrierring **32** auf andere aus dem Stand der Technik bekannte Weise befestigt sein kann. Der innenliegenden peripheren Rand des Zentrierrings **32** ist von der Rotorsspindel **16** radial beabstandet, um einen Gaseinlasskanal **34** zu bilden, und die Spulenköpfe **28** sind von der Spindel **16** beabstandet, um einen ringförmigen Bereich **36** zu definieren. Eine Reihe entlang der Schlitte **20** ausgebildete axiale Kühlkanäle **38** sind über den ringförmigen Bereich **36** strömungsmäßig mit dem Gaseinlasskanal **34** verbunden vorgesehen, um den Spulen **22** Kühlgas zuzuführen.

**[0028]** Mit Bezug auf [Fig. 2](#) sind die Spulenköpfe **28** an jedem Ende des Rotors **10** in Umfangsrichtung und axial durch mehrere Abstandhalterblöcke oder Abstandhalter **40** getrennt. (Aus Gründen der Übersichtlichkeit der Darstellung sind die Abstandhalter in [Fig. 1](#) nicht gezeigt). Die Abstandhalter sind aus einem isolierenden Material gefertigte längliche Blöcke, die in den Zwischenräumen zwischen angrenzenden Spulenköpfen **28** angeordnet sind und sich über die gesamte radiale Tiefe der Spulenköpfe hinausgehend in den ringförmigen Spalt **36** hinein erstrecken. Auf diese Weise sind die Abstände zwischen den konzentrischen Stapeln der Endwindungen **27** in Hohlräume unterteilt. Diese Hohlräume sind, wie in [Fig. 3](#) gezeigt, an der Oberseite durch den Sicherungsring **30** und an vier Seiten durch angrenzende Spulenköpfe **28** und angrenzende Abstandhalter **40** begrenzt. Wie am besten in [Fig. 1](#) zu sehen, ist jeder dieser Hohlräume über den ringförmigen Bereich **36** strömungsmäßig mit dem Gaseinlasskanal **34** verbunden. Ein Teil des Kühlgases, das durch den Gaseinlasskanal **34** in den ringförmigen Bereich **36** zwischen dem Spulenkopf **28** und der Rotorsspindel **16** eintritt, gelangt somit in die Hohlräume **42**, zirkuliert in diesen und kehrt anschließend zu dem ringförmigen Bereich **36** zwischen dem Spulenkopf und der Rotorsspindel zurück. Die Luftströmung ist durch die Pfeile in [Fig. 1](#) und [Fig. 3](#) veranschaulicht.

**[0029]** Die spezifische Pumpwirkung und die Rotationskräfte, die in einem rotierenden Generatorhohlräum auftreten, lassen gewöhnlich eine große einzige Strömungszirkulationszelle, entstehen, wie sie schematisch in [Fig. 3](#) dargestellt ist. Die höchste Geschwindigkeit herrscht in dieser Strömungszirkulationszelle in der Nähe der peripheren Ränder des Hohlräums, wobei der Zentrumsbereich des Hohlräums aufgrund der dort naturgemäß vorhandenen geringen Geschwindigkeit unzureichend gekühlt wird. Wie aus [Fig. 3](#) ersichtlich, werden große Gebiete der Eckbereiche ebenfalls nicht ausreichend gekühlt, da die zirkulierende Strömung der Strömungszelle keinen Kühlstrom in die Ecken befördert.

**[0030]** Mit Bezugnahme auf [Fig. 6](#) ist ein Ausschnitt der Rotorsspulenkopfeinrichtung veranschaulicht, der einige der Hohlräume **142** zeigt, wobei die Rotationsrichtung durch Pfeil X angedeutet ist. Gemäß einem Ausführungsbeispiel der Erfindung ist wenigstens ein, und vorzugsweise jeder Abstandhalter **140** auf der stromabwärts angeordneten Seite des entsprechenden Hohlräums (nachstehend mit stromabwärts gelegene Fläche bezeichnet) an seiner Oberfläche **146** mit einer Ablenkstruktur **144** versehen, die dazu dient, Kühlmittelströmung in Richtung des Zentrums des entsprechenden Hohlräums **142** abzuleiten, um den Wärmeübertragungskoeffizienten dort zu steigern. Jede Ablenkstruktur **144** weist eine im Wesentlichen gekrümmte untere Oberfläche **148** auf, die

dazu dient, eine Strömung abfangen und, wie durch Pfeil A gezeigt, umzulenken. Die obere Fläche **150** ist im Allgemeinen flacher gestaltet, so dass die Ablenkstruktur eine im Wesentlichen dünne Strömungsstirnfläche **152** bildet, um Strömung wirkungsvoll ohne unnötigen Druckverlust abzufangen.

**[0031]** Im Betrieb bewirkt eine Drehung des Rotors in Richtung X, dass Kühlgas durch den Gaseinlass **34** ([Fig. 1](#)) in den ringförmigen Bereich **36** zwischen dem Spulenkopf **28** und der Rotorsspindel **16** gesogen wird. Ein kinetischer Druckkopf ist vorgesehen, der das Kühlgas in Richtung der stromabwärts angeordneten Seite **146** des Hohlräums **142** in einen im Wesentlichen kreisförmigen Strom treibt. Allerdings wird in dem in [Fig. 6](#) veranschaulichten Ausführungsbeispiel wenigstens ein Teil der Kühlmittelströmung durch die Ablenkstruktur **144** abgefangen und, wie durch Pfeil A gezeigt, zu dem zentralen Bereich der Kühlkammer **142** umgelenkt, der andernfalls von der Kühlmittelströmung nicht ausreichend versorgt werden würde. Nicht durch die Ablenkstruktur abgefangene Kühlmittelströmung setzt ihren Weg, wie durch Pfeil B gezeigt, in ihrer im Wesentlichen zirkulierenden Strömung fort. Die abgefangene Strömung und die nicht abgefangene Strömung werden auf der stromaufwärts angeordneten Seite des Hohlräums wieder vereinigt und strömen unter den veranschaulichten Bedingungen im Uhrzeigersinn unter den Abstandhalter **140** und in den nächsten folgenden Hohlräum. In diesem Ausführungsbeispiel wird eine einzige Strömungsablenkstruktur vorausgesetzt, die einen erheblichen Abschnitt der Tiefe oder der axialen Abmessung des Hohlräums, beispielsweise wenigstens etwa 75%, und eher bevorzugt bis etwa 100% der Tiefe des Hohlräums, überspannt.

**[0032]** Indem nun auf [Fig. 7](#) eingegangen wird, ist ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung gezeigt. Im Einzelnen veranschaulicht [Fig. 7](#) in einem Ausschnitt des Rotorsspulenkopf die zwischen dem Abstandhalter **240** gebildeten Hohlräume **242**, wobei die Rotationsrichtung durch Pfeil X angezeigt ist. Wie zu sehen, ist wenigstens eine Ablenkstruktur **244** vorgesehen, die dazu dient, Kühlmittelströmung zu dem zentralen Bereich des benachbarten Hohlräums abzulenken. Wie in dem Ausführungsbeispiel nach [Fig. 6](#) ist (sind) in der veranschaulichten Anordnung die Ablenkstruktur(en) **244** auf der stromabwärts gelegenen Oberfläche **246** wenigstens eines Abstandhalters **240** vorgesehen. Allerdings erstreckt sich in diesem Ausführungsbeispiel jede Ablenkstruktur **244** lediglich über einen Teil der Tiefe oder einen Teil der axialen Abmessung des Abstandhalters, um wenigstens einen vertikalen Strömungsbereich übrig zu lassen, so dass ein Teil der großen Impuls aufweisenden zirkulierenden Kühlmittelströmung die äußere radiale Ecke des Hohlräums erreicht, während das übrige Kühlmittel in Richtung des Zentrums des Hohlräums abgelenkt wird.

**[0033]** Gemäß diesem Ausführungsbeispiel kann eine nur einen Teil der Tiefe überspannende Ablenkstruktur so angeordnet sein, dass sie den Teil der Tiefe des Hohlraum von benachbart der einen Spulenkopfwand des Hohlraums her, von benachbart der anderen Spulenkopfwand des Hohlraums her oder gegenüber ihrem zugeordneten Abstandhalter im Wesentlichen zentrisch überspannt. In einem Ausführungsbeispiel ist eine einzige Ablenkstruktur **244** dazu eingerichtet, etwa die Hälfte der Tiefe des zugehörigen Abstandhalters zu überspannen. Gemäß einem abgewandelten Ausführungsbeispiel, das auch durch die schematische Darstellung nach **Fig. 7** dargestellt ist, sind zwei oder mehr axial fluchtend ausgerichtete Ablenkstrukturen vorgesehen, die jeweils einen Abschnitt der axialen Abmessung oder Tiefe des Hohlraums überspannen. Auf diese Weise wird wenigstens ein vertikaler Strömungsbereich für großen Impuls aufweisende zirkulierende Kühlmittelströmung reserviert, um die äußere radiale Ecke des Hohlraums zu erreichen, während das übrige Kühlmittel in Richtung des Zentrums des Hohlraums abgelenkt wird.

**[0034]** Somit wird die Kühlmittelströmung, wie veranschaulicht, in den entsprechenden Hohlraum **242** in Richtung der Abstandhalterfläche **246** strömen und ihren Weg radial außen entlang derselben beginnen. Ein Teil der Strömung wird abgefangen und, wie durch Pfeil A gezeigt, durch die Ablenkstruktur(en) **244** in Richtung des zentralen Bereichs des entsprechenden Hohlraums abgelenkt. Die übrige Kühlmittelströmung umgeht aufgrund der durch die verkürzte axiale Länge der Ablenkstruktur gebildeten Lücken die Ablenkstruktur und strömt bezüglich der Abstandhalter aufwärts und, wie durch Pfeil C gezeigt, in radialer Richtung außerhalb entlang desselben weiter, um, wie durch Pfeil B gezeigt, als zirkulierende Strömung fortzufahren. Der abgelenkte Strom und der nicht abgelenkte Strom werden an der stromaufwärts angeordneten Seite des Hohlraums wieder vereinigt, und strömen unter den veranschaulichten Bedingungen im Uhrzeigersinn unterhalb des Abstandhalters **240** und um diesen herum zu dem nächsten folgenden Hohlraum **242**.

**[0035]** In dem hier bevorzugten Ausführungsbeispiel erstreckt sich die Ablenkstruktur **144, 244** wenigstens um etwa 20%, und eher bevorzugt wenigstens um etwa 25%, der Umfangsabmessung der Kühlkammer, um den Strom wirkungsvoll abzufangen und gegen den zentralen Bereich des Hohlraums weiterzuleiten, anstelle lediglich eine oberflächliche Verwirbelung zu bewirken. Die gekrümmte Gestaltung der unteren Flächen **148, 248** der Ablenkstruktur verbessert die funktionelle Wirkung der Ablenkstruktur.

**[0036]** Die Erfindung wurde zwar anhand eines bevorzugten Ausführungsbeispiels beschrieben, von

dem gegenwärtig angenommen wird, dass es sich am besten verwirklichen lässt, es ist allerdings selbstverständlich, dass die Erfindung nicht auf die offebarten Ausführungsbeispiele beschränkt sein soll, sondern vielmehr vielfältige Abwandlungen und äquivalente Anordnungen abdecken soll, die in den Schutzbereich der beigefügten Patentansprüche fallen.

### Patentansprüche

1. Gasgekühlte Dynamomaschine, die aufweist: einen Rotor (**10**), der einen Körperabschnitt (**14**) enthält, wobei der Rotor sich axial erstreckende Spulen (**22**) und Endwindungen (**27**) aufweist, die eine Vielzahl von Spulenköpfen (**28**) bilden, die sich axial über wenigstens ein Ende (**18**) des Körperabschnitts (**14**) hinaus erstrecken,

wenigstens einen zwischen benachbarten Spulenköpfen angeordneten Abstandhalter (**140, 240**), um dazwischen einen Hohlraum (**142, 144**) zu bilden, wobei die Erfindung **dadurch gekennzeichnet** ist, dass

wenigstens eine Strömungsablenkstruktur (**144, 244**) an einer einem Hohlraum zugewandten Oberfläche (**146, 246**) des Abstandhalters (**140, 240**) zum Abfangen und Umlenken eines zirkulierenden Teils der Kühlmittelströmung in dem Hohlraum (**142, 242**) zu dem Zentrum des Hohlraums hin vorhanden ist.

2. Dynamomaschine nach Anspruch 1, bei der der Abstandhalter eine erste Seite aufweist, wobei die einem Hohlraum zugewandte Oberfläche (**146, 246**) an der ersten Seite des Abstandhalters angeordnet ist.

3. Dynamomaschine nach Anspruch 1, bei der eine einzige Strömungsablenkstruktur (**144, 244**) an dem Abstandhalter (**140, 240**) vorhanden ist.

4. Dynamomaschine nach Anspruch 3, bei der die einzige Strömungsablenkstruktur (**144**) einen Abschnitt des Hohlraums (**142**) überspannt.

5. Dynamomaschine nach Anspruch 1, bei der der Rotor (**10**) eine Spindel (**16**) aufweist, wobei die Spulen (**22**) auf dem Körperabschnitt (**14**) angeordnet sind, wobei die Spulenköpfe (**28**) und die Spindel (**16**) zwischen sich einen ringförmigen Raum (**36**) bilden und wobei die Maschine eine Vielzahl von Abstandaltern (**140, 240**) enthält, die zwischen benachbarten der Spulenköpfe angeordnet sind, um dadurch eine Vielzahl von Hohlräumen zu bilden, die jeweils durch angrenzende Abstandhalter und angrenzende Spulenköpfe begrenzt und zu dem ringförmigen Raum hin offen sind.

Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

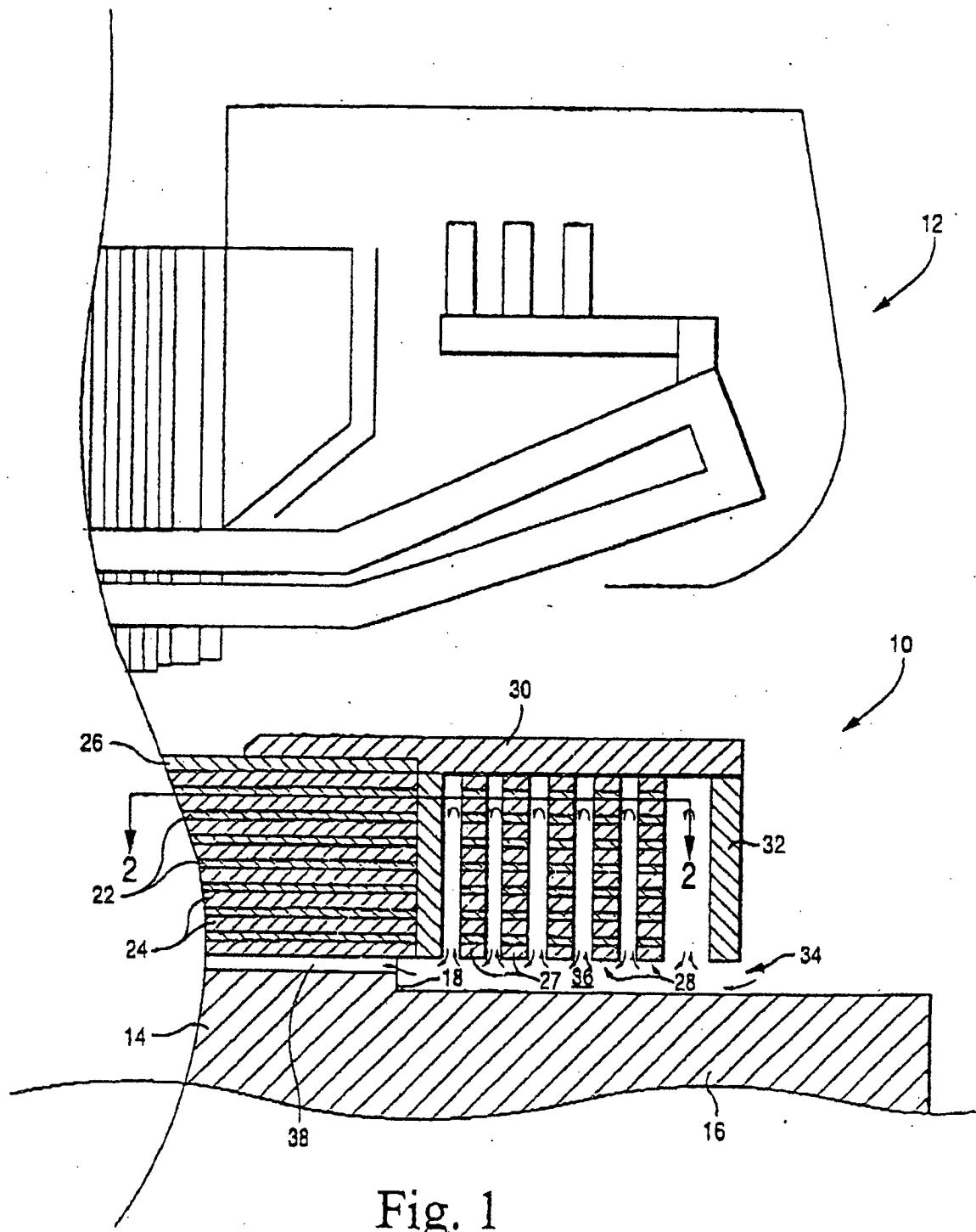


Fig. 1

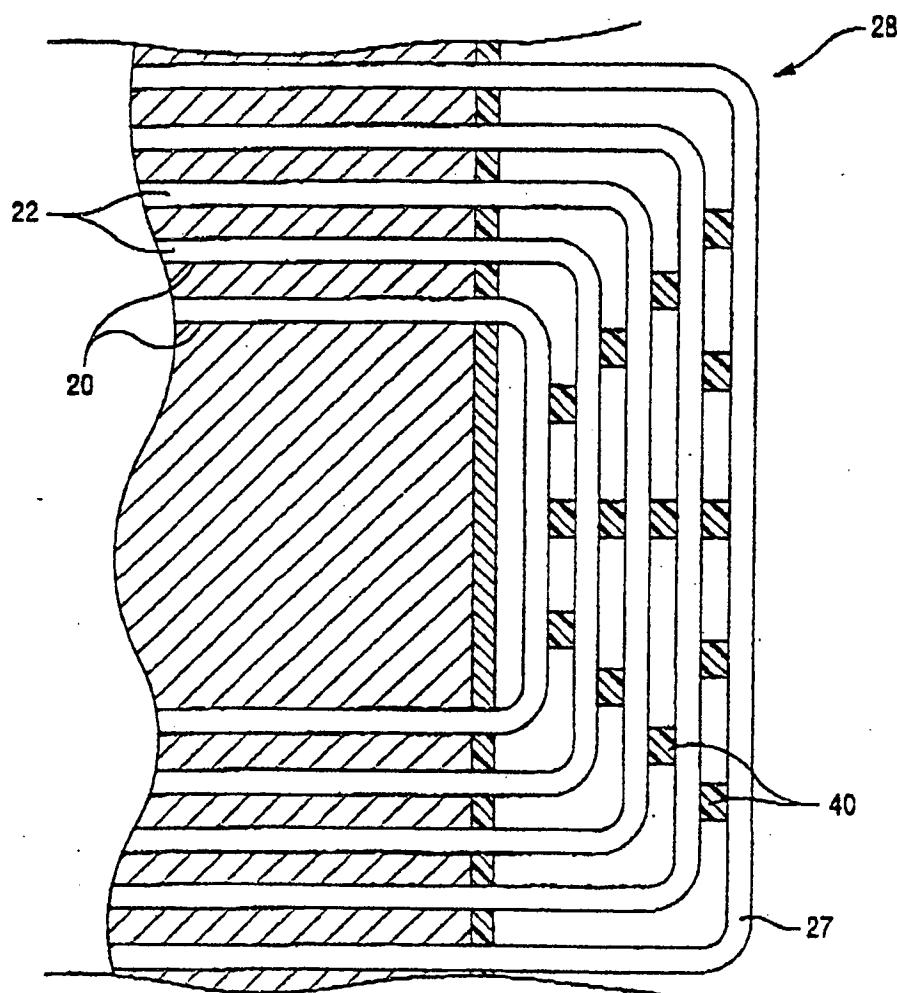


Fig. 2

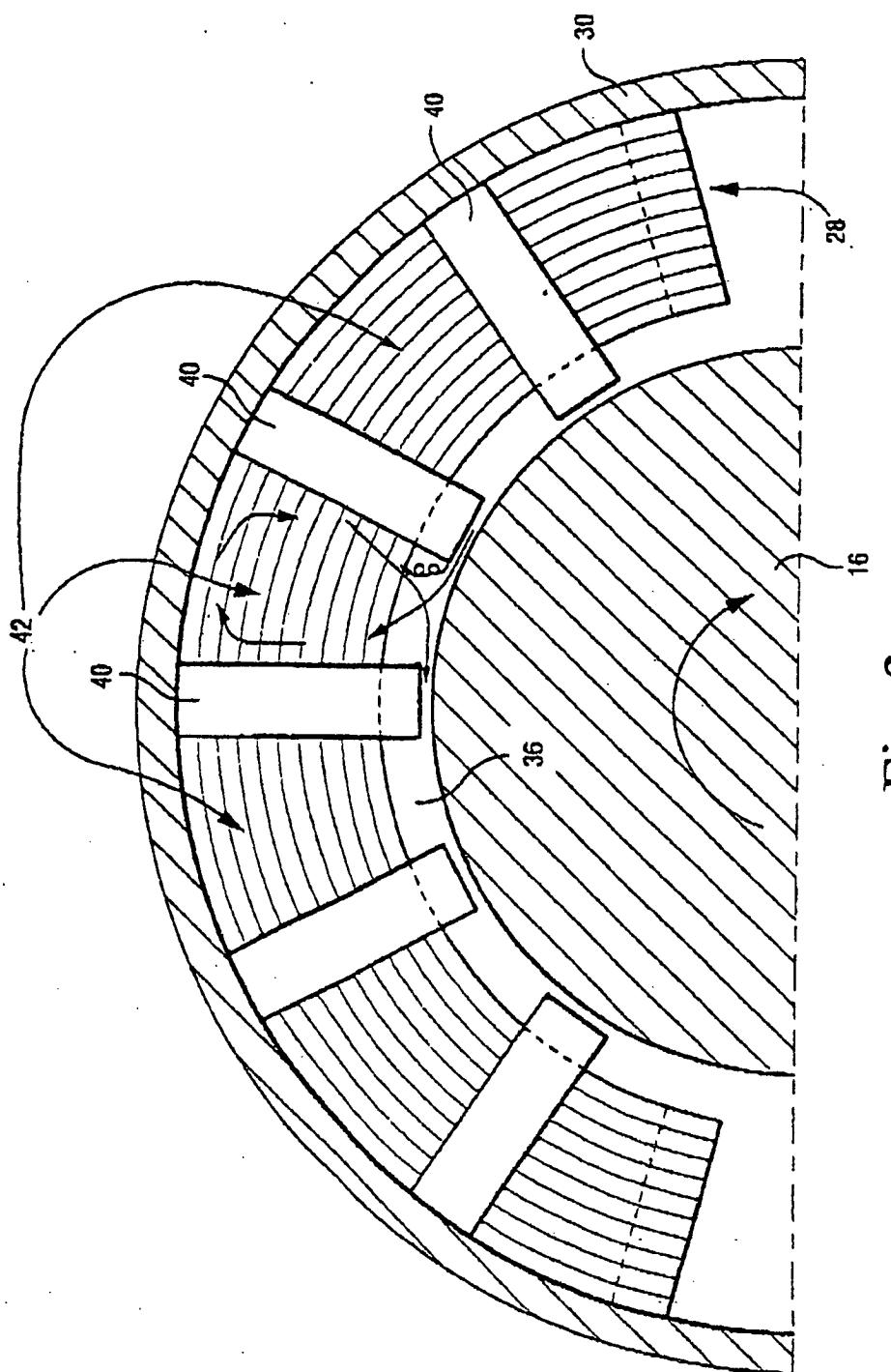


Fig. 3

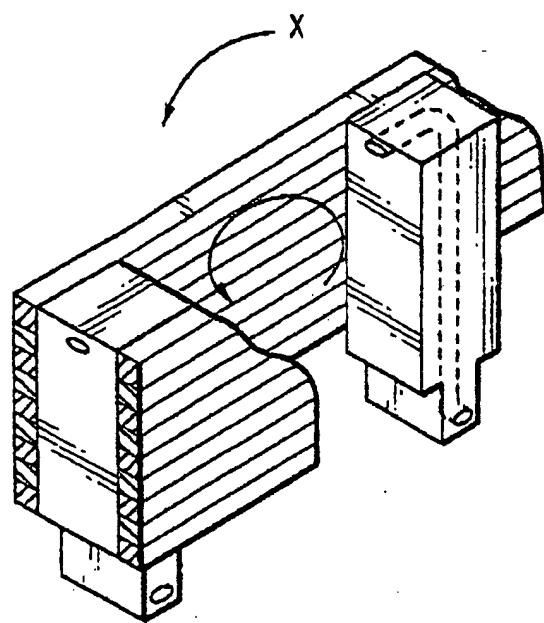


Fig. 4

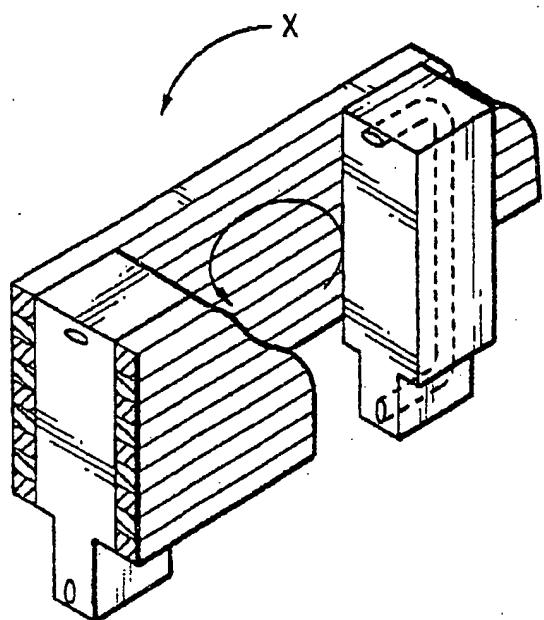


Fig. 5

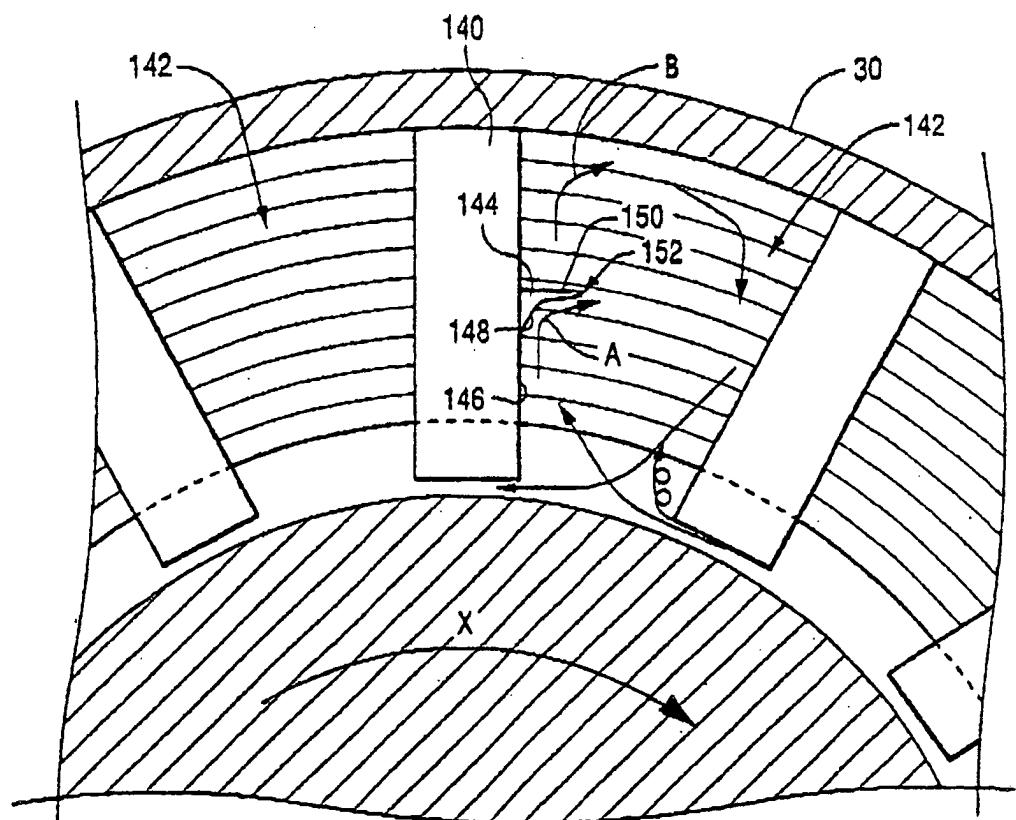


Fig. 6

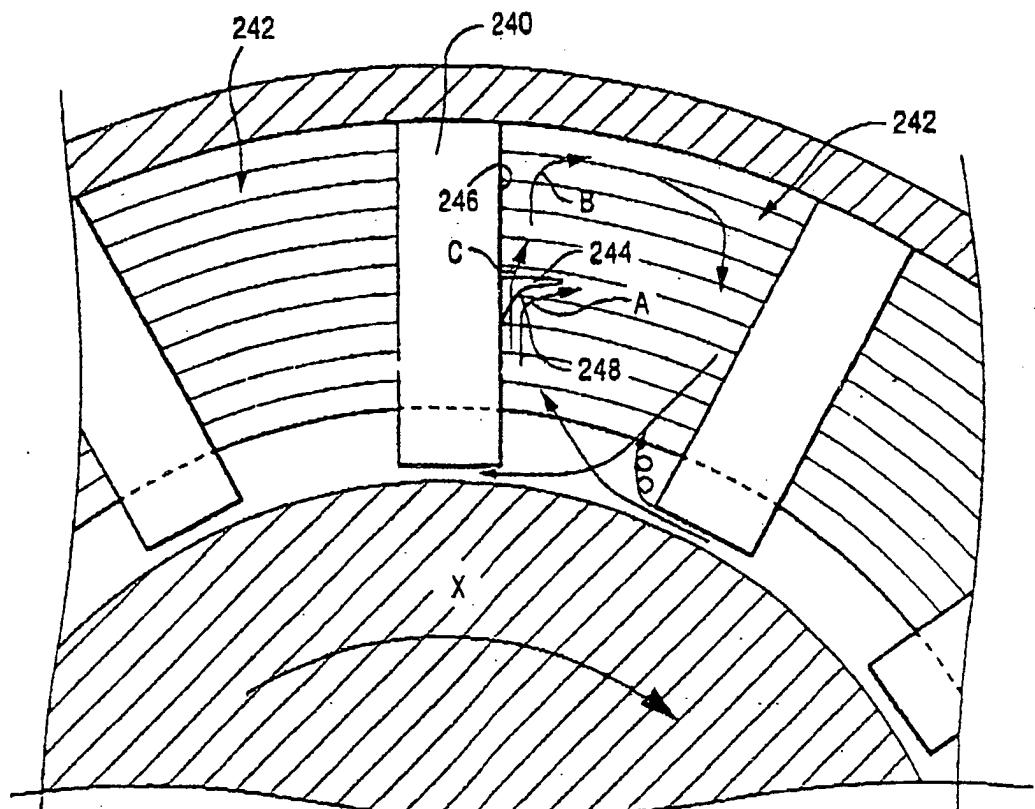


Fig. 7