

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号
特許第3737481号
(P3737481)

(45) 発行日 平成18年1月18日(2006.1.18)

(24) 登録日 平成17年11月4日(2005.11.4)

(51) Int.Cl.

F I

HO2K 3/24 (2006.01)

HO2K 3/24 J

HO2K 3/34 (2006.01)

HO2K 3/34 D

請求項の数 11 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2002-553279 (P2002-553279)	(73) 特許権者	390041542
(86) (22) 出願日	平成13年12月7日 (2001.12.7)		ゼネラル・エレクトリック・カンパニイ
(65) 公表番号	特表2004-516794 (P2004-516794A)		GENERAL ELECTRIC CO
(43) 公表日	平成16年6月3日 (2004.6.3)		MPANY
(86) 国際出願番号	PCT/US2001/046774		アメリカ合衆国、ニューヨーク州、スケネ
(87) 国際公開番号	W02002/052694		クタデイ、リバーロード、1番
(87) 国際公開日	平成14年7月4日 (2002.7.4)	(74) 代理人	100093908
審査請求日	平成14年8月16日 (2002.8.16)		弁理士 松本 研一
(31) 優先権主張番号	09/741,896	(74) 代理人	100105588
(32) 優先日	平成12年12月22日 (2000.12.22)		弁理士 小倉 博
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100106541
			弁理士 伊藤 信和

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 デフレクタ付き流通形スペースブロック及び発電機コイル端冷却を向上させる方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

本体部分と、軸方向に延びるコイルと、前記本体部分の少なくとも1つの端部を超えて軸方向に延びるコイル端とを有するロータと、

隣接する前記コイル端の間に置かれ、前記スペースブロックに隣接ししかつ互いに隣り合うコイル端の間に第1と第2の空洞を形成する少なくとも1つのスペースブロックと、

前記スペースブロックを貫通して形成され、前記スペースブロックに隣接した前記第1の空洞に面する該スペースブロックの第1の表面と前記スペースブロックに隣接した前記第2の空洞に面する該スペースブロックの第2の表面との間で延びて、前記スペースブロックを通して前記第1と第2の空洞間に冷却流連通を形成する通路と、

前記第1と第2の空洞への流入と該第1と第2の空洞からの流出のうちの1つを行うようにそれぞれ流れを向けるために、前記第1と第2の表面の半径方向内端部に隣接して設けられた流れ第1と第2デフレクタと、
を含むことを特徴とする冷却式発電電動機械。

【請求項2】

前記スペースブロックの第1と第2の表面が、前記スペースブロックのそれぞれ円周方向に向いた表面であることを特徴とする、請求項1に記載の発電電動機械。

【請求項3】

スピンドルと本体部分とを有するロータと、

前記本体部分上に置かれた軸方向に延びるコイルと、前記本体部分の少なくとも1つの

端部を超えて軸方向に延びる、互いに間隔を置いて配置された同心のコイル端とを含み、
該コイル端と前記スピンドルとがそれらの間に空間を形成している、ロータ巻線と、
前記コイル端のうちの隣り合うコイル端間に配置された複数のスペースブロックと、
前記互いに隣り合うコイル端と前記スペースブロックとの間に形成された複数の空洞と
、
を含み、

前記スペースブロックを貫通して形成され、前記スペースブロックに隣接した前記第 1
の空洞に面する該スペースブロックの第 1 の表面と前記スペースブロックに隣接した前記
第 2 の空洞に面する該スペースブロックの第 2 の表面との間で延びて、前記スペースブ
ロックを通して前記第 1 と第 2 の空洞間に冷却流連通を形成する通路と、

10

前記第 1 と第 2 の空洞への流入と該第 1 と第 2 の空洞からの流出のうちの 1 つを行うよ
うにそれぞれ流れを向けるために、前記第 1 と第 2 の表面の半径方向内端部に隣接して設
けられた流れ第 1 と第 2 デフレクタと、
を含むことを特徴とする冷却式発電電動機械。

【請求項 4】

冷却ガスをほぼ前記第 1 と第 2 の空洞の中央領域間で流すために、前記通路が、前記ス
ペースブロックの半径方向中央部分を貫通して延びることを特徴とする、請求項 1 又は請
求項 3 に記載の発電電動機械。

【請求項 5】

複数の前記スペースブロックが、該スペースブロックを貫通して形成された前記通路を
有することを特徴とする、請求項 1 又は請求項 3 に記載の発電電動機械。

20

【請求項 6】

前記スペースブロックを貫通して形成された複数の通路があり、少なくとも 1 つの該通
路が、ほぼ前記第 1 と第 2 の空洞の中央領域間に冷却ガスを流すことを特徴とする、請
求項 1 又は請求項 3 に記載の発電電動機械。

【請求項 7】

前記複数の通路のうち少なくとも 1 つが、前記スペースブロックの長手方向軸線に対し
て 90 度よりも小さい角度で傾けられていることを特徴とする、請求項 8 に記載の発電電
動機械。

【請求項 8】

30

本体部分と、軸方向に延びるコイルと、前記本体部分の少なくとも 1 つの端部を超えて
軸方向に延びるコイル端とを有するロータと、前記コイル端の間に置かれ第 1 と第 2 の表
面を有する複数のスペースブロックと、前記第 1 と第 2 の表面の各々に配置された流れデ
フレクタと、互いに隣り合う前記コイル端と前記スペースブロックとの間に形成された第
1 及び第 2 の空洞と、を含む発電電動機械におけるコイル端を冷却する方法であって、

少なくとも 1 つの前記スペースブロックを貫通し、該スペースブロックに隣接した第 1
の空洞に面する該スペースブロックの第 1 の表面と該スペースブロックに隣接した第 2 の
空洞に面する該スペースブロックの第 2 の表面との間で延びる少なくとも 1 つの通路を設
ける段階と、

前記第 1 の表面上の流れデフレクタに沿って前記第 1 の空洞内へ冷却ガスを流入させる段
階と、前記第 2 の表面上の流れデフレクタに沿って前記第 2 の空洞から冷却ガスを流出さ
せる段階と、

40

を含むことを特徴とする方法。

【請求項 9】

前記通路が、前記スペースブロックの半径方向中央部分を貫通して延び、それによって
前記第 1 と第 2 の空洞の中央領域間に前記冷却流連通が形成されることを特徴とする、請
求項 8 に記載の方法。

【請求項 10】

前記スペースブロックを貫通して形成された複数の通路があり、冷却ガスが、前記通路
を介して、前記第 2 の空洞の少なくとも半径方向外側領域と中央領域とに向けられること

50

を特徴とする、請求項 8 に記載の方法。

【請求項 11】

前記複数の通路のうちの少なくとも 1 つが、前記スペースブロックの長手方向軸線に対して 90 度よりも小さい角度で傾けられており、それによって冷却流が或る角度で前記第 2 の空洞内へ向けられることを特徴とする、請求項 10 に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、発電機及びロータコイル端における全体的な冷却効率を高めるために、特にコイル端空洞の中央部と隅部とにおける熱伝達率を増大させるための構造と方法とに関する。

10

【0002】

【従来の技術】

大型ターボ発電機のような発電電動機械の出力定格は、導電体の絶縁に必要な温度限界の故に、一定量を超える電流をロータ界磁巻線に供給できる能力によってしばしば制限される。従って、ロータ巻線の効果的冷却は、その機械の出力能力に直接貢献する。このことは、これらの機械の典型的な構造故に直接的な強制冷却が難しく、コスト高になるロータ端部領域において特に言えることである。現今の市場傾向は、低コストでより高い効率と信頼性とを有しかつより高い出力密度を有する発電機を必要としているから、ロータ端部領域の冷却が限定要因となっている。

20

【0003】

ターボ発電機ロータは、典型的にはロータのスロット内に取り付けられた同心の矩形コイルで構成される。ロータ本体による支持を超えるコイル末端部分（一般にコイル端と呼ばれる）は、典型的には保持リングにより回転力に抗して支持される（図 1 参照）。相対的位置を維持し、かつ熱負荷のような軸方向負荷に対する機械的安定性を加えるために、同心のコイル端の間には支持ブロックが断続的に置かれる（図 2 参照）。更に、銅コイルは、それらの外径において、遠心力に抗する保持リングにより半径方向に拘束される。スペースブロックと保持リングとの存在は、銅コイルに曝される多数の冷却媒体領域を生じる。主要な冷却媒体通路は、スピンドルとコイル端底部との間の軸方向通路である。また、コイルの境界面と、ブロックと、保持リング構造の内表面とによりコイルの間には、互いに分離された空洞が形成される。コイル端は、回転力によりコイル端の半径方向下方からこれらの空洞内へ送り込まれる冷却媒体に曝される（図 3 参照）。この熱伝達は低くなりがちである。その理由は、コンピュータを用いた流体力学センサ分析により算出された回転する単一のコイル端空洞内における流跡線によれば、冷却媒体流は、空洞に入り、主循環を横切り、空洞から流出するからである。通常この循環は、特に空洞の中心部付近において熱伝達係数が低くなる。従って、これはコイル端における熱除去のための手段ではあるが、能率は比較的良好でない。

30

【0004】

より多くの冷却ガスをロータ端部領域内に流すために、様々な方式が使用されてきた。これらの冷却方式は全て、（1）導電体内に溝を機械加工するか、あるいは通路を形成することにより、銅製導電体内に直接冷却通路を作って、次に機械のどこか他の領域へガスを圧送すること、及び/又は（2）冷却ガスを導電体の表面上に強制的に流すために、バッフル、流路、及びポンプ要素を付け加えて、比較的高圧及び低圧の領域を作り出すことに依存している。

40

【0005】

一部のシステムにおいては、冷却ガスをロータコイル端に沿って直接圧送しエアギャップ内に排出可能にするために、高度に応力が加わる保持リングに半径方向の孔を貫通させているが、このようなシステムは、保持リングに加わる大きな機械的応力及びその疲労寿命を考慮した場合、限られた有用性しか持つことができない。

【0006】

50

従来の強制的ロータ端部冷却方式が使用される場合には、ロータの構造が著しく複雑となりコストが高くなる。例えば、直接冷却される導電体は、冷却通路を形成するために機械加工されるか、あるいは冷却通路が形成されるように製造されなくてはならない。これに加えて、ロータ内のいずれかの場所でガスを排出させるために、出口マニフォールドが設けられなくてはならない。強制冷却方式は、ロータ端部領域が別々の圧力区域に分割されることを必要とし、これに加えて多数のバッフル、流路、及びポンプ要素をも必要とし、この場合もこれらが複雑さとコストを増大させる。

【0007】

これらの強制又は直接冷却方式が使用されない場合には、ロータコイル端は受動的に冷却される。受動冷却は、同心のロータ巻線間に形成されるブラインドの行止り空洞内でガスを循環させるために、ロータの遠心力と回転力とに依存する。ロータコイル端の受動冷却は、時として「自由対流」冷却とも呼ばれる。

10

【0008】

受動冷却は、直接及び強制冷却を行う能動的システムと比較すると、熱除去能力は低下するが、複雑さとコストが最少化されるという利点をもたらす。典型的な空洞の4つの「側壁」は、同心の導電体とこれらの導電体を隔てる絶縁ブロックとによって形成され、「底」壁（半径方向外側の）は、回転に抗してコイル端を支える保持リングによって形成されるというように、これらの空洞はいずれにしても周囲を囲われているから、同心のロータ巻線間の空洞内へ入る全ての冷却ガスは、流入したのと同じ開口を通過して出て行かなくてはならない。冷却ガスは、導電体とロータスピンドルとの間の環状の空間から入る。従って熱除去は、空洞内におけるガスの低い循環速度と、これらの空間に出入りできるガスの限られた量とによって制限される。

20

【0009】

典型的構成においては、端部領域内の冷却ガスは、ロータ速度に達するほどにはまだ十分に加速されていない、つまり冷却ガスはロータ速度の何割かの速度で回転している。ロータと流体との間の相対的速度による衝突によって、流体が空洞内へ送り込まれるので、流れ方向で言えば下流であり、流体が高いモーメントで流入し、しかも流体冷却媒体が最も低温であるスペースブロック付近において、熱伝達係数は一般的に最高になる。熱伝達係数はまた、一般的に空洞周縁付近でも高い。空洞の中心部は、冷却される度合いが最も低い。

30

【0010】

受動冷却システムの熱除去能力を増大させることは、低コストで単純かつ高信頼性の構造という利点を保ちながら、ロータの許容電流能力を増大させ、発電機の定格能力を増大させることになる。

【0011】

参考文献としてその開示内容が本明細書に組み込まれている米国特許第5,644,179号は、自然発生するフローセル内に追加的な冷却流を、フローセルと同一方向に直接導入することにより、大きな単一のフロー循環セルの流速を増加させて、熱伝達を増大させるための方法を記載している。これは図4及び図5に示されている。この方法は、循環セルの強さを増強することにより、空洞内における熱伝達を増大させるが、それでもなおロータ空洞の中央領域は低速度のままであり、従って低熱伝達のまま取り残される。隅部領域にも同じ低熱伝達がまだ存続する。

40

【0012】

【発明が解決しようとする課題】

上に述べた要求は、本発明によって解決され、本発明においては、通常流れ循環が不足する空洞の中央部及び隅部においてより良好な流れ循環を増進させて流れの熱伝達率を高めるために、流通形スペースブロックを使用することにより、発電機ロータの高められた冷却が達成される。本発明は、冷却空洞に出入りする冷却媒体流を増強するための冷却媒体流れデフレクタの使用にも関する。

【0013】

50

【課題を解決するための手段】

従って、本発明の実施形態として、軸方向に延びるコイルと、コイル端と、隣り合うコイル端の間に置かれ、それに隣接して互いに隣り合うコイル端の間に第１と第２の空洞を形成する少なくとも１つのスペースブロックとを有するロータを含むガス冷却式発電電動機械が提供される。スペースブロックを通して第１と第２の空洞の間に冷却流連通を形成するために、スペースブロックのうちの少なくとも１つは、該スペースブロックを貫通して形成された少なくとも１つの通路を有する。各スペースブロック内の通路の数は、該スペースブロックの円周方向の位置によって適当に決定される。

【００１４】

互いに隣り合う空洞の間に冷却ガスの流れを形成することにより、流通路は、回転するコイル端によって発生される固有のガス流パターンを改善する。その結果、低コストで単純かつ信頼性の高い構造を維持したままで、熱除去能力が増大される。それに加えて、この改善された受動冷却システムは、ロータの許容電流能力を増大させて、発電機の出力定格を増大させることになる。

10

【００１５】

本発明の更に別の特徴によれば、スペースブロックの上流側又は下流側のいずれか、又はそれら両方の側に、流れデフレクタが設けられ、上流流れデフレクタの場合には、冷却媒体流を半径方向外向きにそれぞれの冷却空洞内へ向け、下流流れデフレクタの場合には、滑らかな連続的戻り流れを環状領域へ発生させる。本発明の現在のところ好ましい実施形態による流通路とデフレクタとの組合せは、空洞内における大きな運動量を有する冷却媒体の流れを増進させて、特に空洞隅部及び中央部における停滞又は低運動量の流れの領域を減少させるか排除する。

20

【００１６】**【発明の実施の形態】**

本発明の上記及びその他の目的並びに利点は、添付図面と関連してなされる本発明の現在好ましいとされる例示的な実施形態に関する以下の一層詳細な説明を注意深く検討することによって、より完全に理解され、その真価が認められるであろう。

【００１７】

図面において種々の図を通して同一参照符号は同じ要素を示しているが、その図面を参照すると、図１及び図２は、ガス冷却式発電電動機械のためのロータ１０を示しており、この発電電動機械はまた、ロータを取り囲むステータ１２を含む。ロータは、ロータスピンドル１６上にこれを中心にして置かれ、軸方向に対向する端面を有するほぼ円筒形の本体部分１４を含み、図１には、これら２つの端面のうちの１つの端面の一部分１８が示されている。本体部分には、ロータ巻線を構成する同心に配設されたコイル２２を受けるための、円周方向に間隔を置いて配置された複数の軸方向に延びるスロット２０が設けられる。解り易くするために、ロータコイルが５つだけ図示されているが、実用に際しては通常もっと多くのロータコイルが使用される。

30

【００１８】

具体的に言うと、ロータ巻線の一部を構成する多数の導電体バー２４が、個々のスロット内で積み重ねられる。隣り合う導電体バーは、電気絶縁層２６によって隔てられる。積み重ねられる導電体バーは、銅などの導電性材料で作られ、典型的にはウェッジ２６（図１）によりスロット内に保持される。本体部分の対向する各端部において、導電体バー２４は末端巻線により相互に接続され、末端巻線は、端面を超えて軸方向に延び、積み重ねられたコイル端２８を形成する。末端巻線も電気絶縁層によって互いに隔てられる。

40

【００１９】

特に図１を参照すると、遠心力に抗してコイル端を定位置に保持するために、本体部分の各端部における末端巻線の周りには、保持リング３０が置かれる。保持リングは、その１つの端部において本体部分に固定され、ロータスピンドル１６を覆って延びる。保持リング３０の遠位端には、中心リング３２が取り付けられる。当技術分野では知られているように、保持リング３０と中心リング３２とは、上記とは異なるやり方で取り付けられることも

50

可能であることに注目されたい。ガス入口通路 3 4 を形成するために、中心リング 3 2 の内径はロータスピンドル 1 6 から半径方向に間隔を置いて配置され、また環状の領域 3 6 を形成するために、コイル端 2 8 はスピンドル 1 6 から間隔を置いて配置される。冷却ガスをコイル 2 2 へ送給するために、スロット 2 0 に沿って形成された多数の軸方向冷却通路 3 8 は、環状領域 3 6 を介してガス入口通路 3 4 と流体連通している。

【 0 0 2 0 】

次に図 2 を参照すると、ロータ 1 0 の各端部におけるコイル端 2 8 は、多数のスペーサ又はスペースブロック 4 0 により、円周方向と軸方向とに隔てられる。(図示を明瞭にするために、図 1 にスペースブロックは示されていない。) スペーサブロックは、隣り合うコイル端 2 8 の間の空間内に置かれた、絶縁材料からなる細長いブロックであり、コイル端の半径方向の深さ全体を超えて環状空隙 3 6 内まで延びる。従って、末端巻線の同心の積み重ね (以下においてはコイル端と呼ぶ) の間の空間は、幾つかの空洞に分割される。これらの空洞は、その頂部を保持リング 3 0 により、また四方を隣接するコイル端 2 8 とスペースブロック 4 0 とにより境界づけられる。図 1 において最もよく分るように、これらの空洞の各々は、環状領域 3 6 を介してガス入口通路 3 4 と流体連通している。従って、ガス入口通路 3 4 を介して、コイル端 2 8 とロータスピンドル 1 6 との間の環状領域 3 6 に入る冷却ガスの一部は、空洞 4 2 に入り、その内部で循環し、次いでコイル端とロータスピンドルとの間の環状領域 3 6 に戻る。図 1 及び図 3 には、空気流が矢印で示されている。

【 0 0 2 1 】

回転する発電機空洞内で作用する固有のポンプ作用と回転力とは、図 3 に概略的に示したように、大きな単一のフロー循環セルを生み出す。このフロー循環セルは、空洞の周縁付近で最高速度を示すが、空洞の中央領域における固有の低速度により、中央領域は十分に冷却されないままである。図 3 から分るように、フローセルの円形運動は冷却流を隅部内に運ばないから、隅部領域の大きな区域も十分には冷却されない。

【 0 0 2 2 】

次に図 6 を参照すると、ここには矢印 X で表した回転方向を有するコイル端空洞 1 4 2、1 4 4、1 4 6、1 4 8 を示すロータコイル端の部分断面図が示されている。本発明の実施形態においては、各スペースブロック 1 5 0、1 5 2、1 5 4、1 5 6、1 5 8 は、熱除去を増大させるために、互いに隣り合う冷却空洞の間、最も好ましくは少なくとも冷却空洞の中央領域及び半径方向外側の隅部領域の間に連通流れを形成するために、少なくとも 1 つの流通路 1 6 0、1 6 2、1 6 4、1 6 6、1 6 8、1 7 0、1 7 2、1 7 4、1 7 6、1 7 8、1 8 0、1 8 2、1 8 4、1 8 6 を備えている。これらの流通路は、互いに隣り合う冷却空洞のそれぞれの半径方向中央部分間で延びているのが好ましい。流通路がなければ一般に流れが停滞するそれぞれの冷却空洞の隅部領域間で流れを連通させるために、冷却媒体流のもう一つの好ましい区域は、スペースブロックの半径方向外端部付近である。

【 0 0 2 3 】

一層詳細に後述するように、これらの通路は、それぞれの上流隣接空洞の各々の下流側からそれぞれの下流隣接空洞の各々の上流側まで延び、従って冷却ガスがこれを介して互いに隣り合う空洞間を流れることができる通路を形成する。このように、各流通路は、そのスペースブロックの長さをほぼ横切って、ロータに対しほぼ円周方向に位置する。

【 0 0 2 4 】

図示した実施形態から分るように、各スペースブロック内における流通路の好ましい位置と数とは、コイル端の前端部と後端部とに対するスペースブロックの円周方向位置によって決まる。図 6 にも明瞭に示されているように、流通路の好ましい配向もまた、円周方向位置によって決まる。従って、図示した実施形態においては、コイル端アセンブリの円周方向における最外側のスペースブロック 1 5 0、1 5 8 は、第 1 と第 2 の流通路、すなわち冷却媒体流を冷却媒体空洞 1 4 2、1 4 8 のほぼ半径方向中央部分に流入 / 流出するように方向付けるための流通路 1 6 2、1 8 6 と、冷却媒体流を隣接する冷却空洞 1 4 2、

10

20

30

40

50

148の半径方向外側の隅部領域に流入／流出するように方向付けるための流通路160、184とを含む。図6に示した実施形態においては、前方のスペースブロック150の場合には、流れをほぼ円周方向及び半径方向外向きに方向付け、後方のスペースブロック158の場合には、流れをほぼ円周方向及び半径方向内向きに方向付けるために、これらの流通路は、それぞれのスペースブロック150、158の長手方向軸線に対して90度よりも小さい角度で傾けられている。

【0025】

再び図6の実施形態を参照すると、前方スペースブロック150から下流のスペースブロック152は、該スペースブロックを貫通して形成された3つの通路164、166、168を有し、そのうちの1つの通路164は、冷却媒体を空洞144の半径方向外側の隅部領域へ流すように、通路166、168は冷却媒体をそれぞれの隣接する空洞142、144の中央領域に流出／流入させるように配置されている。この例においては、第2のスペースブロック152の流通路は、スペースブロック152の長手方向軸線に対して約90度の角度で、ロータ軸線のほぼ円周方向に向けられている。更に図示した実施形態においては、以下において一層詳細に述べるように、環状領域36から空洞142内へ流れの向きを変えて、該空洞内の冷却媒体流を増強するために、スペースブロック152の上流表面194上に上流流れデフレクタ188が設けられる。

【0026】

次に隣接する中央又は中間スペースブロック154は、円周方向に配置された4つの流通路170、172、174、176を含み、そのうちの3つは、第2のスペースブロックの流通路とほぼ対応する位置に配置され、第4の円周方向流通路176は、コイル端28の半径方向内側範囲に近接して設けられる。図示した実施形態においては、以下において一層詳細に述べるように、上流及び下流流れデフレクタ188、190は、中間スペースブロック154の上流及び下流表面196、198上に設けられ、又半径方向最内側の通路176は、デフレクタ構造体188、190の半径方向外側の広がり部分の半径方向直ぐ外側に配置される。

【0027】

図示された実施形態の隣接する次の第4のスペースブロック156は、第2のスペースブロック154の流通路にほぼ対応する半径方向位置に配置された3つの流通路178、180、182を含む。現在のところ好ましい実施形態においては、これらの通路は、スペースブロック156の長手方向軸線に対して約90度の角度でほぼ円周方向に配置される。以下において一層詳細に述べるように、通路182からの流れの少なくとも幾分かを環状領域36内へ案内し方向付けて、隣接する下流スペースブロック158の下方及び周りへ流すために、第4のスペースブロックの下流表面200上には下流流れデフレクタ190が設けられる。

【0028】

上に述べたように、本発明の現在のところ好ましい実施形態の更に別の特徴によれば、それぞれのコイル端空洞内への冷却媒体流を増加させるために、スペースブロックのうちの少なくとも1つは、上流に隣接する空洞の下流側にある、その前方に面する表面、つまり上流表面上に流れデフレクタ188を備え、及び／又は空洞底部を横切って流れる冷却媒体流の方向に対して下流に隣接する空洞の上流側にある、その後方に面する表面、つまり下流表面上に流れデフレクタ190を備える。この又はこれらの流れデフレクタは、それぞれのスペースブロックの半径方向内端部に設けられる。前方に面する流れデフレクタ、つまり上流流れデフレクタ188は、空洞内へ送り込まれる冷却流体の量を増大させて、空洞内部の冷却媒体流を増加させ、それによってそれぞれの空洞からの熱除去を増大させるために設けられる。図示した実施形態においては、上流流れデフレクタは、スペースブロックから上流方向へ、それぞれの空洞の半径方向内端部の円周方向寸法の少なくとも約20%、更に好ましくは約20～40%の距離だけ延びる。更に、図示した実施形態においては、スペースブロックとスピンドル16との間に形成される空隙37の半径方向寸法の約半分を捕捉するように、流れデフレクタ188は下向き、つまり半径方向内向きに延

10

20

30

40

50

びる。

【0029】

更に具体的に言えば、各上流流れデフレクタは、半径方向内縁部204で終端する全体的に連続的に湾曲した上表面202を含む。図示したように、スペースブロックの深さの少なくとも一部分に沿って流れ遮断線を形成する流れデフレクタの半径方向内縁部は、それが無ければそのスペースブロックとスピンドル16との間の空隙37に向かう筈の流れを遮断して該流れを向け直すために、スペースブロックの半径方向内表面の下方に延びる。半径方向内縁部204から下流の流れデフレクタ表面206は、それぞれのスペースブロックの半径方向内表面までの全体的に緩やかな移行部を形成する。

【0030】

冷却媒体流の矢印Aで示したように、それぞれの空洞内へ、かつそれぞれのスペースブロックに沿って、流れを案内しかつ方向付けるために、流れデフレクタ188の湾曲した上表面202は、それぞれのスペースブロックの上表面に沿って上向きに、流れデフレクタがスペースブロックの半径方向内表面の下方に延びる距離よりも大きな距離だけ延びる。

【0031】

図示した実施形態においては、上流流れデフレクタと同様に、各下流流れデフレクタ190は、スペースブロックの表面から下流方向へ、それぞれの空洞の半径方向内端部の円周方向寸法の少なくとも約20%、更に好ましくは約20~40%の距離だけ延びる。更に、図示した実施形態においては、流れデフレクタ190は、下流内縁部208に向かって下向き、すなわち半径方向内向きに、スペースブロックとスピンドルとの間に形成された空隙37の半径方向寸法の約半分だけ延びて、冷却媒体流の矢印Bで示したように、下流に隣接するスペースブロックの半径方向内端部に向けて、かつその周りに冷却媒体流を案内しかつ方向付ける。

【0032】

現在のところ好ましい実施形態においては、各流れデフレクタ188、190は、空洞の深さ、つまり空洞の軸方向寸法のかなりの部分にわたって、例えば少なくとも約75%、更に好ましくは100%程度延びるように設けられる。しかしながら、別の実施形態においては、下流に隣接する次の空洞へ流すための少なくとも1つのバイパス流れ領域を残すように、各流れデフレクタは、スペースブロックの深さの一部分、つまり軸方向の一部分だけ延びることができる。この別の実施形態によれば、部分深さの流れデフレクタは、空洞の隣接する1つのコイル端壁から、空洞の隣接する他のコイル端壁から、あるいはそれが関連するスペースブロックのほぼ中央部から、空洞深さの一部分だけ延びるように配置することができる。例示的な実施形態においては、単一の流れデフレクタ188、190が、関連するスペースブロックの深さの少なくとも約半分だけ延びるように設けられる。更に別の実施形態によれば、各々が空洞の軸方向寸法、つまり深さの一部分だけ延びる2つ又はそれ以上の、軸方向に整列させた流れデフレクタを設けることができる。このようにして、下流に隣接する次の空洞への流れのために少なくとも1つのバイパス流れ領域が設けられる。

【0033】

作動時において、ロータの回転により、冷却ガスが、ガス入口34を介してコイル端28とロータスピンドル16との間の環状領域36内へ引き込まれることになる。動圧ヘッドが発生し、これが流れデフレクタ188に向けて、また該流れデフレクタに沿って、冷却ガスを送り込むことになる。従って、図6を参照すると、冷却ガスは、スペースブロック150の流れデフレクタ188に沿って、また該スペースブロックの上流表面192に沿って流れる。冷却媒体ガスの少なくとも一部分が、スペースブロック150内に形成された流通路162、160内へ流入する。上に述べたように、コイル端のこの最上流のスペースブロック内の流通路は、有利なことにはそれらが傾斜するように、スペースブロックの長手方向軸線に対して90度よりも小さい角度で配置される。このことは、半径方向外向きに下流に隣接する空洞142内へ流入する流れを助長する。

【0034】

スペースブロック 150 内の通路 160、162 を通って空洞 142 内へ流入する冷却媒体流に加えて、冷却媒体流は、矢印 A で示すように、環状領域 36 から空洞 142 内へ送り込まれ、また該空洞内 142 へと反らされる。デフレクタ 188 は、もしそれが無ければスペースブロック 152 とスピンドル 16 との間の空隙 37 内へ流入し続け、該空洞を通して流れ続ける筈の流れを遮断するから、それぞれの空洞 152 を通って流れる冷却媒体流は増加し、それによって熱伝達が増大する。図示した実施形態においては、通路 16、162 からの冷却媒体流は、ほぼ円周方向へスペースブロック 152 に向かって流れ、該スペースブロックにおいて通路 164、166、168 内へ流入し、これら通路を通して流れる。上に述べたように、図示した実施形態においては、スペースブロック 152 は 3 つの流通路を有しており、そのうちの 2 つの流通路 164、166 は、空洞の中央領域及び半径方向外側領域からの流れを受けるように、また残る 1 つの流通路 168 は、空洞の中央領域及び半径方向内側領域からの流れを受けるように配置されている。明らかなように、図示した実施形態において形成されるほぼ円周方向の流れは、従来の循環流において見られる冷却媒体流の不足する空洞 142 の中央領域及び隅部領域溝を実質的に排除する。

10

【0035】

今一度、下流に隣接する次の空洞 144 を参照すると、スペースブロック 152 内の通路 164、166、168 を介してこの空洞内へ流入する冷却媒体流に加えて、冷却媒体流は矢印 A で示すように、環状領域 36 から空洞 144 内へ送り込まれ、また該空洞 144 内へと反らされる。デフレクタ 188 は、もしそれが無ければスペースブロック 154 とスピンドル 16 との間の空隙 37 内へ流入し続け、該空隙を通して流れ続ける筈の流れを遮断するから、それぞれの空洞を通る冷却媒体流は増加し、それによって熱伝達が増大する。一方、図示した実施形態においては、通路 164、166、168 からの冷却媒体流は、ほぼ円周方向へスペースブロック 154 に向かって流れ、該スペースブロックにおいて通路 170、172、174、176 内へ流入し、これら通路を通して流れる。この実施形態においては、スペースブロック 154 は 4 つの通路を有しており、そのうちの 1 つの流通路 170 は、空洞の半径方向外側領域からの流れを受けるように、また 2 つの流通路 172、174 は、ほぼ空洞の中央領域からの流れを受けるように、そして最後の 1 つの流通路 176 は、空洞 144 の半径方向内側領域からの流れを受けるように配置されている。

20

30

【0036】

下流に隣接する次の空洞 146 を参照すると、図示した実施形態においては、冷却媒体流は、スペースブロック 154 内の通路 170、172、174、176 を介してこの空洞内へ流入する冷却媒体流にほぼ限定される。この実施形態においては、下流スペースブロック 156 は、3 つの通路 178、180、182 を有し、そのうちの 1 つの流通路 178 は、空洞の半径方向外側領域からの流れを受けるためのものであり、また 2 つの流通路 180、182 は、ほぼ空洞の中央領域からの流れを受けるためのものである。この場合もまた、図示した実施形態においては、通路 170、172、174 からの冷却媒体流は、ほぼ円周方向へスペースブロックに向かって流れ、該スペースブロックにおいて通路 178、180、182 内へ流入し、これら通路を通して流れる。しかしながら、図示した実施形態においては、半径方向最内側の通路 176 からの冷却媒体流の少なくとも一部分は、下流流れデフレクタ 190 に沿って環状領域内へ流入して、スペースブロック 156 の半径方向内端部の下方及び周りを流れる。

40

【0037】

最後に、下流に隣接する次の空洞 148 を参照すると、図示した実施形態においては、冷却媒体流は、スペースブロック 156 内の通路 178、180、182 を介してこの空洞内へ流入する冷却媒体流にほぼ限定される。この実施形態においては、上に述べたように、下流スペースブロック 158 は、2 つの傾斜した通路 184、186 を有しており、そのうちの 1 つの流通路 184 は、空洞の半径方向外側領域からの流れを受けるためのものであり、またもう 1 つの流通路 186 は、ほぼ空洞の中央領域からの流れを受けるための

50

ものである。この場合もまた、図示した実施形態においては、通路 178、180 からの冷却媒体流は、ほぼ円周方向へスペースブロック 158 に向かって流れ、該スペースブロックにおいて通路 184、186 内へ流入し、これら通路を流れて流れる。しかしながら、図示した実施形態においては、通路 182 からの冷却媒体流の少なくとも一部分は、下流流れデフレクタ 190 に沿って環状領域 36 内へ流入して、スペースブロック 158 の半径方向内端部の下方及び周りを流れる。

【0038】

図示したように、通路 184、186 から流出する流れは、スペースブロック 158 の下流表面 210 に沿ってほぼ半径方向内向きに流れ、また流れデフレクタ 190 に沿って環状領域 36 内へ流入する。

10

【0039】

このように、空洞 142、144、146、148 内への流れを助長するために、スペースブロック 150、152、154、156、158 とデフレクタ 188、190 とを通る流れの組合せによって、特に空洞の中央領域と半径方向外側領域とを含む通常冷却媒体流が不足する空洞の領域に対してもより多くの冷却媒体流が供給されることが理解できる。

【0040】

本発明を、現在最も実用的で好ましいと考えられる実施形態に関連させて説明してきたが、本発明はここに開示した実施形態に限定されるものではなく、逆に、添付の特許請求の範囲の技術思想及び技術的範囲内に含まれる様々な変更及び等価な構成を保護することを意図していることを理解されたい。

20

【図面の簡単な説明】

【図 1】 ロータと向かい合うステータを備える発電電動機械ロータのコイル端領域の一部分の断面図。

【図 2】 図 1 の線 2 - 2 に沿って見た、発電電動機械ロータの平面断面図。

【図 3】 コイル端空洞に入り、これを通過する受動ガス流を示す概略図。

【図 4】 米国特許第 5,644,179 号に開示された発明の第 1 の実施形態によるロータコイル端領域の一部分の一部切り欠き斜視図。

【図 5】 米国特許第 5,644,179 号に開示された発明の第 2 の実施形態を示すロータコイル端領域の一部分の一部切り欠き斜視図。

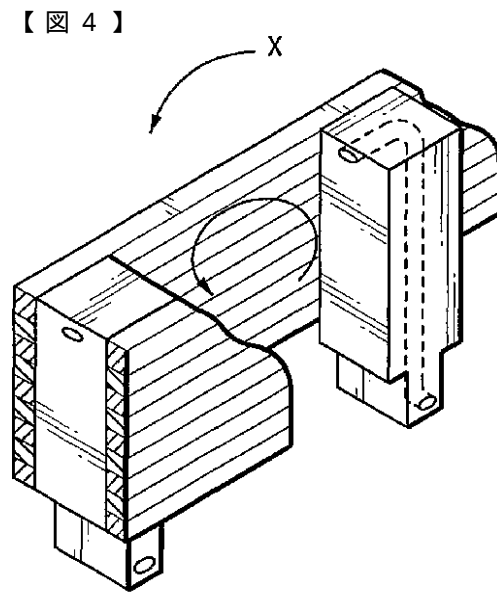
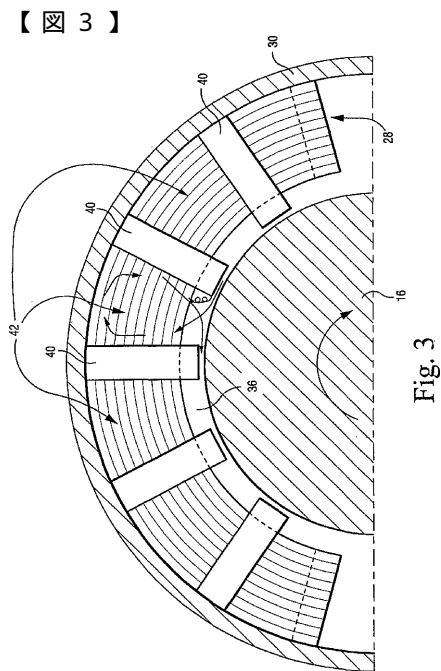
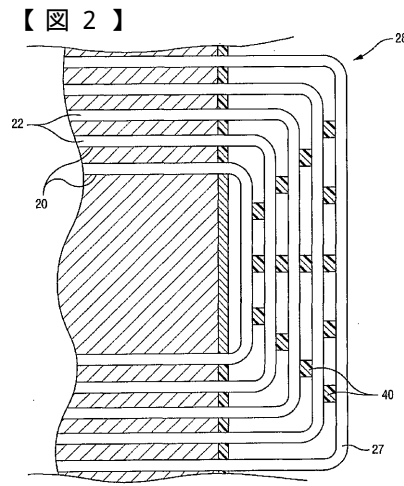
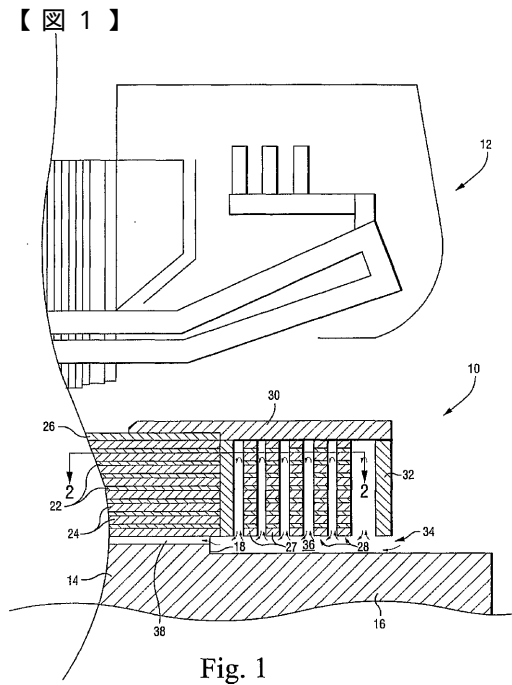
30

【図 6】 本発明の実施形態による流通路と流れデフレクタとを有するスペースブロックを示すロータコイル端の部分断面図。

【符号の説明】

- 10 ロータ
- 12 ステータ
- 14 本体部分
- 16 ロータスピンドル
- 18 本体部分の 1 つの端部
- 22 コイル
- 24 導電体バー
- 26 ウェッジ
- 27 末端巻線
- 28 コイル端
- 30 保持リング
- 32 中心リング
- 34 ガス入口通路
- 36 環状領域
- 38 軸方向冷却通路

40



【図 5】

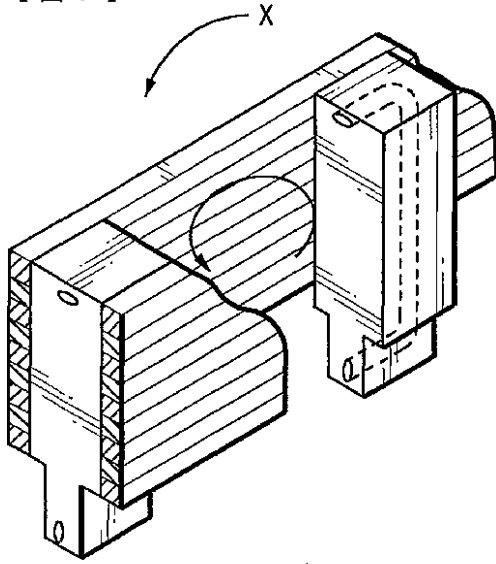


Fig. 5

【図 6】

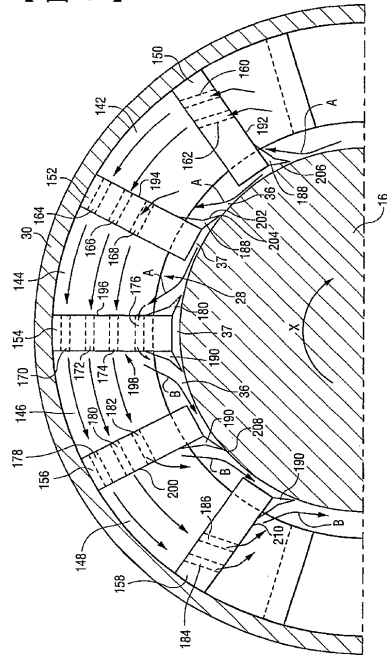


Fig. 6

フロントページの続き

- (72)発明者 ターンブル, ウェイン・ナイゲル・オーウェン
アメリカ合衆国、 1 2 0 6 5、ニューヨーク州、クリフトン・パーク、ポンデローサ・ドライブ、
3 0 番
- (72)発明者 ウェッツェル, トッド・ガレット
アメリカ合衆国、 1 2 3 0 9、ニューヨーク州、ニスカユナ、リバーデール・ロード、 9 番
- (72)発明者 バンデルボルト, クリスチャン・リー
アメリカ合衆国、 1 2 1 8 6、ニューヨーク州、ボールヒーズビル、アッパー・ウエッジウッド・
レーン、 4 6 番
- (72)発明者 サラマ, サミル・アーマンド
アメリカ合衆国、 1 2 3 0 9、ニューヨーク州、ニスカユナ、ランカシャー・ブレイス、 1 8 7 番
- (72)発明者 ジャーチンスキー, エーミル・ドナルド
アメリカ合衆国、 1 2 3 0 2、ニューヨーク州、スコウシャ、スプリング・ロード、 2 3 番

審査官 川端 修

- (56)参考文献 英国特許出願公開第 0 0 8 8 9 0 7 1 (GB, A)
米国特許第 0 5 6 8 5 0 6 3 (US, A)
米国特許第 0 5 6 4 4 1 7 9 (US, A)
独国特許出願公開第 0 4 0 2 1 8 6 1 (DE, A1)
特開 2 0 0 0 - 3 5 0 4 1 2 (JP, A)
特開昭 5 8 - 0 4 9 0 6 3 (JP, A)
特開昭 5 7 - 1 5 3 5 4 2 (JP, A)
特開昭 5 7 - 0 7 8 3 5 0 (JP, A)
特開平 1 0 - 1 5 0 7 3 7 (JP, A)
特開平 1 0 - 1 1 2 9 4 7 (JP, A)
国際公開第 9 9 / 0 4 6 8 4 6 (WO, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 3/34