

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2011-120402

(P2011-120402A)

(43) 公開日 平成23年6月16日(2011.6.16)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
HO2K	9/19	(2006.01)	HO2K	9/19	A	5H601		
HO2K	1/18	(2006.01)	HO2K	1/18	C	5H609		
HO2K	1/20	(2006.01)	HO2K	1/20	Z			

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 19 頁)

(21) 出願番号 特願2009-276571 (P2009-276571)
 (22) 出願日 平成21年12月4日 (2009. 12. 4)

(71) 出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
 (74) 代理人 100084412
 弁理士 永井 冬紀
 (72) 発明者 杉本 慎治
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内
 (72) 発明者 小村 昭義
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内
 (72) 発明者 尾畑 功治
 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株
 式会社日立製作所日立研究所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機

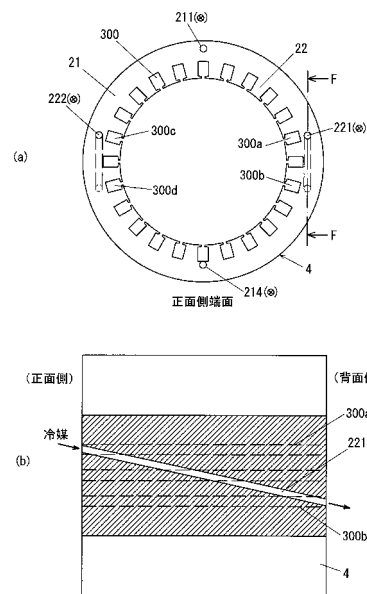
(57) 【要約】

【課題】 冷却効率に優れた回転電機の提供。

【解決手段】 回転電機は、筒状の固定子鉄心4および該固定子鉄心4に巻回された固定子巻線を有する固定子と、固定子に対して空隙を介して対向配置される回転子と、固定子鉄心4の中心軸方向に延在する冷媒通路としての溝部200を固定子内に1以上備え、溝部200は、固定子鉄心4の中心軸に対して傾いている。そのため、回転電機を横置きにしたときに、溝部200は、冷媒流入口の鉛直方向高さが冷媒流出口の鉛直方向の高さよりも高くなり、その固定差を利用して冷媒を流すことができる。

【選択図】 図13

【図13】



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

筒状の固定子鉄心および該固定子鉄心に巻回された固定子巻線を有する固定子と、前記固定子に対して空隙を介して対向配置される回転子とを備える回転電機であって、前記固定子鉄心の中心軸方向に延在する冷媒通路を前記固定子内に 1 以上備え、前記冷媒通路は、前記固定子鉄心の中心軸に対して傾いていることを特徴とする回転電機。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の回転電機において、前記冷媒通路は、前記固定子鉄心のスロットの壁面に形成され、前記固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで延在する溝であることを特徴とする回転電機。 10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の回転電機において、前記冷媒通路は、前記固定子鉄心内に形成され、該固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで貫通する貫通孔であることを特徴とする回転電機。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の回転電機において、前記冷媒通路は、前記固定子鉄心の外周面に形成され、前記固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで延在する溝であることを特徴とする回転電機。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の回転電機において、前記冷媒通路は、前記固定子巻線が収納された前記スロット内に充填される絶縁部材に形成され、前記固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで貫通する貫通孔であることを特徴とする回転電機。 20

【請求項 6】

請求項 2 ~ 5 のいずれか一項に記載の回転電機において、前記固定子鉄心に形成された前記スロットおよびティースは、前記固定子鉄心の一方の端面から他方の端面にかけて、該固定子鉄心の中心軸の回りに回転するように捻れたスキュー構造を有していることを特徴とする回転電機。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の回転電機において、前記固定子鉄心に形成された前記スロットおよびティースは、前記固定子鉄心の一方の端面から他方の端面にかけて、該固定子鉄心の中心軸の回りに回転するように捻れたスキュー構造を有し、 30

前記冷媒通路は、前記スロット内に収納された前記固定子巻線の周面に、巻線延在方向に沿って形成された溝であることを特徴とする回転電機。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の回転電機において、前記固定子巻線に、断面形状が矩形状である角線を用いたことを特徴とする回転電機。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか一項に記載の回転電機において、前記固定子鉄心は、該固定子鉄心の中心軸方向に沿って配置された複数の分割鉄心で構成され、 40

各分割鉄心は、隣接する分割鉄心と対向する端面に、前記冷媒の流入口が設けられていることを特徴とする回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、冷媒を用いて固定子を冷却する回転電機に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

一般に、電動車両を駆動する回転電機の固定子の冷却方式としては、トランスミッション内の A F T (オートマチック・トランスミッション・フルード) を回転電機の回転軸方向端部に出ている巻線部(コイルエンド部)に直接吹きかける油冷方式が用いられている。

【 0 0 0 3 】

また、冷媒を巻線に直接吹きかける方式の他に、スロット内に冷媒を流し冷却する方式も知られている(例えば、特許文献 1 参照)。この冷却構造では、固定子巻線を収めるスロット内に冷媒が通流するパイプを備え、そのパイプの表面に形成された孔から冷媒が流出するような構成になっている。

【 先行技術文献 】

【 特許文献 】

【 0 0 0 4 】

【 特許文献 1 】 特開 2 0 0 5 - 1 6 8 2 6 5 公報

【 発明の概要 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、電動車両のように回転電機をほぼ水平な状態で使用する場合、固定子のスロットも水平となっている。そのため、上述した特許文献 1 に記載の構成では、スロット内に供給された冷媒が、スロット内をスムーズに流れない場合がある。

【 課題を解決するための手段 】

【 0 0 0 6 】

請求項 1 の発明は、筒状の固定子鉄心および該固定子鉄心に巻回された固定子巻線を有する固定子と、固定子に対して空隙を介して対向配置される回転子とを備える回転電機であって、固定子鉄心の中心軸方向に延在する冷媒通路を固定子内に 1 以上備え、冷媒通路は、固定子鉄心の中心軸に対して傾いていることを特徴とする。

なお、冷媒通路は、固定子鉄心のスロットの壁面に形成され、固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで延在する溝や、固定子鉄心内に形成され、該固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで貫通する貫通孔や、固定子鉄心の外周面に形成され、固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで延在する溝や、固定子巻線が収納されたスロット内に充填される絶縁部材に形成され、固定子鉄心の一方の端面から他方の端面まで貫通する貫通孔や、スロット内に収納された固定子巻線の周面の、巻線延在方向に沿って形成された溝などでも良い。

【 発明の効果 】

【 0 0 0 7 】

本発明によれば、回転電機を横置きにしたときに、冷媒通路の傾きによる高低差を利用して冷媒を流すことができ、冷却効率の構造を図ることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 0 8 】

【 図 1 】 本発明による回転電機が搭載されている電気自動車のブロック構成図である。

【 図 2 】 回転電機 1 を車両正面側から見た半断面図である。

【 図 3 】 図 2 の A - A 断面図である。

【 図 4 】 本発明の第一実施例の形態による回転電機を説明する図であり、固定子鉄心 4 の斜視図である。

【 図 5 】 固定子鉄心 4 のスロット 3 0 0 部分を示す図であり、(a) はスロット形状の第 1 の例を、(b) はスロット形状の第 2 の例をそれぞれ示す。

【 図 6 】 固定子鉄心 4 を軸方向に沿って見た図であり、(a) は固定子鉄心 4 の一方の端面を示し、(b) は固定子鉄心 4 の他方の端面を示す。

【 図 7 】 横向きに配置された固定子鉄心 4 を側方から見た図である。

【 図 8 】 冷媒用配管の一例を示す図であり、(a) は固定子鉄心 4 の正面側端面を示し、(b) は固定子鉄心 4 の背面側端面を示す。

10

20

30

40

50

- 【図 9】図 8 に示す固定子鉄心 4 の外観を示す斜視図である。
- 【図 10】本発明に係る回転電機の第 2 の実施の形態を示す図である。
- 【図 11】本発明に係る回転電機の第 3 の実施の形態を示す図であり、(a) は固定子鉄心 4 の正面側端面を示し、(b) は固定子鉄心 4 の背面側端面を示す。
- 【図 12】図 11 (a) の E - E 断面図である。
- 【図 13】第 3 の実施の形態の変形例を示す図である。
- 【図 14】本発明に係る回転電機の第 4 の実施の形態を示す図である。
- 【図 15】第 4 の実施の形態の変形例を示す図である。
- 【図 16】本発明に係る回転電機の第 5 の実施の形態を示す図である。
- 【図 17】本発明に係る回転電機の第 6 の実施の形態を示す図である。
- 【図 18】第 6 の実施の形態の変形例を示す図である。
- 【図 19】本発明に係る回転電機の第 7 の実施の形態を示す図である。
- 【図 20】冷媒供給および冷媒排出の配管系を示す図である。
- 【発明を実施するための形態】

10

20

30

40

50

【0009】

以下、図を参照して発明を実施するための形態について説明する。図 1 は、本発明による回転電機が搭載されている電気自動車のブロック構成図である。車両 100 は、4 つの車輪 110, 112, 114, 116 によって支持されている。この電気自動車は前輪駆動であって、前方の車軸 154 に回転電機 1 が直結して取り付けられている。すなわち、回転電機 1 は横向きに搭載されている。車輪 110, 114 を回転駆動する回転電機 1 は、制御装置 130 を介して供給されるバッテリー 140 の電力により駆動される。回転電機 1 は、制御装置 130 によって駆動トルクが制御される。ハンドル 150 を回転すると、その回転駆動力は、ステアリングギア 152 及びタイロッド、ナックルアーム等からなる伝達機構を介して 2 つの車輪 110, 114 に伝達され、車輪 110, 114 の角度が変更される。

【0010】

なお、以下の説明では、回転電機を電気自動車の駆動源として用いる場合を例に説明するが、電気自動車に限らず電気機関車等の駆動用電動機として使用しても良い。

【0011】

まず、図 2, 3 を用いて回転電機全体の概略構成について説明する。図 2 は、図 1 の回転電機 1 を車両正面側から見た半断面図である。また、図 3 は、図 2 の A - A 断面図である。なお、図 3 ではハウジング 9 の図示を省略した。回転電機 1 の固定子 2 は、固定子鉄心 4 と、この固定子鉄心 4 に巻回された多相の固定子巻線 5 と、固定子鉄心 4 を内周側に保持するハウジング 9 とを備えている。

【0012】

回転子 3 はシャフト 8 に固定された回転子鉄心 7 を備えている。図 3 に示すように、回転子鉄心 7 には永久磁石挿入孔 12 が複数形成されており、各永久磁石挿入孔 12 には永久磁石 6 が挿入されている。シャフト 8 は、一对のベアリング 10 によって回転可能に保持されている。ベアリング 10 は、ハウジング 9 の両端に固定されたエンドブラケット（不図示）によって支持されている。

【0013】

図示していないが、回転子 3 の端面側には、回転子 3 に設けられた永久磁石 6 の位置を検出する磁極位置検出器、および回転子 3 の回転位置を検出するエンコーダが配置されている。回転電機 1 は、磁極位置検出器で検出された磁石位置とエンコーダで検出された回転位置とに基づき、図 1 に示した制御装置 130 によって運転制御される。なお、ここでは永久磁石回転電機を例に説明しているが、本発明は固定子に特徴があり、誘導機やリラクタンスモータにも同様に適用することができる。

【0014】

固定子鉄心 4 は、円筒状のヨーク部 21 と、ヨーク部 21 の内周表面から径方向内側に突出するように延びる複数のティース部 22 とを備えている。複数のティース部 22 は、

ヨーク部 2 1 の内周面に、周方向に沿って所定の間隔で形成されている。

【 0 0 1 5 】

回転子 3 の回転子鉄心 7 は、高透磁率磁性材料で形成されている。例えば、回転子鉄心 7 は、複数枚の電磁鋼板を軸方向に積層することで形成される。永久磁石挿入孔 1 2 とシャフト 8 を通す孔が打ち抜かれた電磁鋼板を積層して回転子鉄心 7 を形成した後に、軸方向に貫通する永久磁石挿入孔 1 2 とシャフト 8 を通す孔の中に、永久磁石 6 及びシャフト 8 をそれぞれ挿入することにより回転子 3 が構成される。回転子鉄心 7 の永久磁石挿入孔 1 2 に挿入され周方向に並んだ各永久磁石 6 は、隣接する永久磁石 6 同士の極性が互いに反対方向となるように配置されている。

【 0 0 1 6 】

図 3 に示すように、回転子鉄心 7 は、半径方向に関して内周側のヨーク部 3 1 と外周側の外周部 3 2 とに分けられる。さらに、回転子鉄心 7 の外周部 3 2 を周方向に 2 つに分けると、補助磁極部 3 3 と磁極片部 3 4 に分けられる。磁極片部 3 4 は、回転子鉄心 7 の外周部 3 2 において永久磁石 6 の外周側に位置する領域であり、永久磁石 6 からの磁束がギャップを介して固定子 2 側に流れて磁気回路を構成する領域である。一方、補助磁極部 3 3 は隣り合う永久磁石挿入孔 1 2 によって挟まれる領域であり、永久磁石 6 の磁気回路をバイパスして、固定子 2 の起磁力によって磁束を固定子 2 側に発生させる領域である。

【 0 0 1 7 】

永久磁石挿入孔 1 2 は周方向を補助磁極部 3 3 によって覆われ、外周側を磁極片部 3 4 によって覆われており、この永久磁石挿入孔 1 2 に永久磁石 6 を収納することで、高速回転に適した電動機とすることができる。

【 0 0 1 8 】

- 第 1 の実施の形態 -

図 4 , 5 は、本発明の第一実施例の形態による回転電機を説明する図である。図 4 は固定子鉄心 4 の斜視図である。図 5 は固定子鉄心 4 のスロット 3 0 0 部分を示す図であり、(a) はスロット形状の第 1 の例を、(b) はスロット形状の第 2 の例をそれぞれ示す。

【 0 0 1 9 】

固定子鉄心 4 の内周側には、複数のスロット 3 0 0 が周方向に等間隔で形成されている。本実施の形態では、このスロット 3 0 0 の壁面に冷媒の通路となる溝部 2 0 0 が形成されている。各溝部 2 0 0 は、固定子鉄心 4 の一方の端面から他方の端面まで貫通している。さらに、スロット 3 0 0 , ティース部 2 2 および溝部 2 0 0 は、固定子鉄心 4 の中心軸の回りに回転するように捻れた構造、すなわちスキュー構造を有している。固定子鉄心 4 は複数枚の電磁鋼板を軸方向に積層することで形成されるが、固定子巻線が施された固定子鉄心 4 (積層体) を中心軸の回りに捻ることによって、図 4 に示すようなスキュー構造とされる。

【 0 0 2 0 】

図 4 に示す例では、溝部 2 0 0 を図 5 (a) に示すようにヨーク部 2 1 側の壁面 (スロット底面) に形成しているが、図 5 (b) に示すようにティース部 2 2 側の壁面 (スロット側面) に形成しても良い。いずれの場合でも、溝部 2 0 0 はスロット 3 0 0 とともにスキューしている。スロット 3 0 0 内には、固定子巻線 5 が収められている。溝部 2 0 0 と、それに対向する位置に配置された固定子巻線 5 またはスロット内の絶縁物 (ワニス等) とによって、冷媒用通路が形成される。なお、図 5 (a) 、(b) に示す例では、スロット 3 0 0 に対して 1 つの溝部 2 0 0 が形成されているが、2 以上設けても良いし、スロット底面およびスロット側面の両方に形成しても良い。溝部 2 0 0 の数が多いほど供給される冷媒の量も多くすることができ、冷却能力の向上が図れる。

【 0 0 2 1 】

ここで、スキュー構造について、図 6 , 7 を参照して説明する。図 6 は固定子鉄心 4 を軸方向に沿って見た図であり、(a) は固定子鉄心 4 の一方の端面を示し、(b) は固定子鉄心 4 の他方の端面を示す。また、図 7 は、横向きに配置された固定子鉄心 4 を側方から見た図であり、溝部 2 0 0 の軸方向に沿った形状を模式的に示したものである。図 6 (

10

20

30

40

50

a) は図 7 の左側の端面 (以下、正面側端面と称する) を示しており、図 6 (b) は図 7 の右側の端面 (以下、背面側端面と称する) を示している。なお、図 6 では溝部 200 の図示を省略し、図 7 では溝部 200 を破線で示した。

【0022】

図 6 に示す記号 B, C は、その記号が記載されたスロット 300 の溝部 200 内を流れる冷媒の流れ方向を示す。記号 B は固定子鉄心 4 の正面側端面 (図 6 (a)) から背面側端面 (図 6 (b)) へ流れる場合の流れ方向を示し、逆に、記号 C は背面側端面から正面側端面へ流れる場合の流れ方向を示す。すなわち、記号 B は冷媒の流出側を示しており、記号 C は冷媒の流入側を示している。

【0023】

図 6 では、スロット数は 24 であり、複数のスロット 300 は番号 [1] ~ [24] によって区別される。なお、ここではスロット数を 24 としているが、24 に限定されるものではない。図 6 (a) に示すように、正面側端面においては時計回りに番号が振られており、当然ながら、図 6 (b) は背面側から見た図なので左右が反転しており、番号 [1'] ~ [24'] の順序は反時計回りになっている。

【0024】

固定子鉄心 4 はその中心軸の回りに捻られてスキューされているため、図 6 (a), (b) に示すように正面側端面におけるスロット 300 の位置と、背面側端面におけるスロット 300 の位置とが捻り方向にずれることになる。図 6 に示す例では、正面側から背面側に向けて右ネジ方向 (正面側から見て時計回り) に 1 スロット分だけスキューしている。

【0025】

図 6 (a) に示す正面側の番号 [1] が付されたスロット 300 と、図 6 (b) に示す背面側の番号 [1'] が付されたスロット 300 とは、同一スロットであることを表している。上述したように、時計回りに 1 スロット分だけスキューしているので、図 6 (a) の番号 [1] のスロット 300 は、背面側端面では図 6 (a) の番号 [2] の位置まで捻れていることになる。この位置は、図 6 (b) では番号 [1'] の位置となる。

【0026】

図 6 (a) に示す例では、番号 [1] および [24] のスロットの高さ位置が同じになるように固定子鉄心 4 が横向きに配置されている。各溝部 200 は固定子鉄心 4 の中心軸に対して傾いているので、図 6 (a) の番号 [1] ~ [11] のスロット 300 に設けられた溝部 200 は、図 7 に示す番号 [1], [8] の溝部 200 のように、正面側端面の高さが背面側端面の高さよりも高くなる。逆に番号 [13] ~ [23] のスロット 300 に設けられた溝部 200 は、図 7 に示す番号 [16], [23] の溝部 200 のように、正面側端面の高さが背面側端面の高さよりも低くなる。

【0027】

なお、番号 [12], [24] のスロット 300 は、1 スロット分だけスキューした場合、正面側端面および背面側端面の高さは同一となる。ただし、番号 [1] のスロット 300 の高さ位置が最も高くなるように、すなわち番号 [1] と番号 [13] のスロット 300 を結ぶ線が鉛直方向となるように固定子鉄心 4 を配置すると、番号 [1] ~ [12] のスロット 300 に設けられた溝部 200 は正面側端面の方が高くなり、逆に、番号 [13] ~ [24] のスロット 300 に設けられた溝部 200 は背面側端面の方が高くなる。

【0028】

本実施の形態では、番号 [1] ~ [12] のスロット 300 に設けられた溝部 200 に対しては正面側端面 (高位置) から冷媒を供給し、番号 [13] ~ [24] のスロット 300 に設けられた溝部 200 に対しては背面側端面 (高位置) から冷媒を供給する。高位置側に供給された冷媒は、実線矢印および破線矢印のように高位置から低位置へと重力を利用しながら流れることになる。

【0029】

図 8, 9 は、固定子鉄心 4 の両端面に設けられる冷媒用配管の一例を示したものである

10

20

30

40

50

。図 9 は、固定子巻線および配管が設けられた固定子鉄心 4 を示す斜視図である。図 8 (a) は正面側から見た場合の配管の形状を示し、図 8 (b) は背面側から見た場合の配管形状を示す。図 8 (a) に示す正面側端面には、スロット番号 [1] ~ [1 2] (図 6 (a) 参照) の溝部 2 0 0 に接続される配管 4 0 3 と、それらの配管 4 0 3 が接続される流入側円弧状配管 4 0 と、スロット番号 [1 3] ~ [2 4] (図 6 (a) 参照) の溝部 2 0 0 に接続される配管 4 0 3 と、それらに接続される流出側円弧状配管 4 1 とが配置されている。

【 0 0 3 0 】

一方、図 8 (b) に示す背面側端面には、スロット番号 [1 '] [1 2 '] (図 6 (b) 参照) の溝部 2 0 0 に接続される配管 4 0 3 と、それらの配管 4 0 3 が接続される流出側円弧状配管 4 2 と、スロット番号 [1 3 '] ~ [2 4 '] (図 6 (b) 参照) の溝部 2 0 0 に接続される配管 4 0 3 と、それらに接続される流入側円弧状配管 4 3 とが配置されている。円弧状配管 4 0 ~ 4 3 は、図 9 に示すようにコイルエンドの外周側に配設されている。なお、図 9 では配管 4 0 0 , 4 0 2 の図示を省略した。配管 4 0 3 と溝部 2 0 0 との接続形態としては、配管先端を固定子鉄心 4 の端面に溶接等で固定してもよいが、配管全体はハウジング 9 に固定し、配管 4 0 3 の先端を固定子鉄心 4 の端面に密着するように位置決めする。

【 0 0 3 1 】

なお、冷媒を戻すための配管 4 1 , 4 2 の省略し、溝部 2 0 0 からハウジング 9 内に冷媒を流出させ、ハウジング 9 内に溜まった冷媒をハウジング 9 に設けた排出用配管を介して戻すようにしても良い。そのような場合、配管 4 0 3 は固定子鉄心 4 の端面に密着していなくて隙間が空いていても良い。その場合、配管 4 0 3 から冷媒を溝部 2 0 0 の流入口に注ぎかけるような形態となるが、溝部 2 0 0 が傾斜しているため、冷媒は高低差を利用して流出口へと流れることになる。

【 0 0 3 2 】

図 8 において、流入側円弧状配管 4 0 , 4 2 には、配管 4 0 0 を介して冷媒が供給される。ここでは冷媒として A T F が用いられ、オイルポンプ等により A F T が供給される。流入側円弧状配管 4 0 , 4 2 に供給された冷媒は、各円弧状配管 4 0 , 4 2 に接続された配管 4 0 3 を介して各溝部 2 0 0 に流入する。溝部 2 0 0 内に流入した冷媒は、図 7 の矢印のように高位置から低位置へと流れる。低位置側の端面に達した冷媒は配管 4 0 3 を介して流出側円弧状配管 4 1 , 4 3 に流れ込む。流出側円弧状配管 4 1 , 4 3 に流れ込んだ冷媒は、配管 4 0 2 を介して冷媒供給源へと戻る。

【 0 0 3 3 】

上述したように、第 1 の実施の形態では冷媒用通路を構成する溝部 2 0 0 がスロット壁面に形成され、固定子鉄心 4 の積層体全体を捻ってスロット 3 0 0 をスキューさせることにより、固定子鉄心 4 の中心軸に対して溝部 2 0 0 を傾けるようにしている。その結果、回転電機を横向きに搭載した場合、図 7 に示すように軸方向に沿って位置エネルギーの高低差が発生し、冷媒が固定子鉄心 4 の軸方向に流れ易くなる。これにより、スロット内の固定子巻線 5 に通電した際に発生する発熱を効率良く抜熱することができる。

【 0 0 3 4 】

また、スロット 3 0 0 の壁面に形成した溝部 2 0 0 によって冷媒用通路が構成されるため、従来のように冷媒用パイプを固定子鉄心 4 内に配置する必要がなく、部品点数を少なくすることができる。

【 0 0 3 5 】

なお、固定子鉄心 4 にスキューを施すことで、トルク脈動の主な高調波成分を打ち消すことができ、コギングトルクやトルク脈動、電磁騒音を低減することができる。その場合、回転子にスキューを施す場合と比べて、部品点数が少なく安価に製造が可能である。

【 0 0 3 6 】

- 第 2 の実施の形態 -

図 1 0 は、本発明の第 2 の実施の形態を示す図である。上述した第 1 の実施形態では、

10

20

30

40

50

固定子鉄心 4 の積層体全体を捻ってスキューさせることにより、溝部 200 にスキュー構造を付与し、溝部 200 を固定子鉄心 4 の中心軸に対して傾けるようにした。一方、第 2 の実施形態では、固定子巻線 5 を収めるスロット 300 及びティース部 22 は固定子鉄心 4 の中心軸に平行となっており、溝部 200 のみが中心軸に対して傾いている点が第 1 の実施の形態と異なる。

【0037】

図 10 において、(a) は固定子鉄心 4 の一部を示す斜視図であり、(b) は (a) の D - D 断面を示したものである。溝部 200 はスロット 300 の底面 (ヨーク部 21 側の壁面) に形成されている。なお、溝部 200 の数は 2 以上であっても構わない。第 1 の実施の形態の場合には、積層板の各々に予め溝部 200 が形成されていたが、第 2 の実施の形態では、固定子鉄心 4 を積層した後に溝部 200 を形成する。溝部 200 と対向する位置には固定子巻線 5 またはスロット内絶縁物が配置されるので、それらとの間に冷媒用の通路が形成されることになる。

10

【0038】

なお、冷媒の供給方法は上述した第 1 の実施の形態と同様であるので (図 6 ~ 8 参照)、説明は省略する。

【0039】

第 2 の実施の形態においても、冷媒用通路である溝部 200 を固定子鉄心 4 の中心軸に対して傾けているので、回転電機を横置きにした場合、溝部 200 の出入口の間で位置エネルギーの高低差が生じる。その結果、高低差を利用して冷媒を流すことができるので冷媒がよりスムーズに流れ、固定子巻線 5 に通電した際に発生する発熱を効率良く抜熱することができる。また、冷媒用通路を溝部 200 で構成したので、従来のような冷媒用パイプを不要とすることが可能となり、部品点数を少なくすることができる。

20

【0040】

- 第 3 の実施の形態 -

図 11, 12 は、本発明に係る回転電機の第 3 の実施の形態を示す図である。図 11 において、(a) は固定子鉄心 4 の正面側端面を示し、(b) は固定子鉄心 4 の背面側端面を示す。図 12 は、図 11 (a) の E - E 断面図である。

【0041】

上述した第 1 および第 2 の実施の形態では、スロット 300 の壁面に溝部 200 を設けたが、第 3 の実施の形態では、固定子鉄心 4 内に冷媒用通路としての貫通孔 211 ~ 216 を形成した。また、スロット 300 およびティース部 22 は、第 2 の実施の形態の場合と同様に、固定子鉄心 4 の中心軸に対して捻れることなく平行に形成されている。

30

【0042】

図 11 に示すように、ヨーク部 21 に形成されている貫通孔 211, 212, 216 は、正面側端面における開口 (冷媒流入口) は固定子鉄心 4 の外周面に近い位置に配置され、背面側端面における開口 (冷媒流出口) はスロット 300 の底面の近傍に配置されている。一方、貫通孔 213 ~ 215 は、正面側端面における開口 (冷媒流入口) はスロット 300 の底面の近傍に配置され、背面側端面における開口 (冷媒流出口) は固定子鉄心 4 の外周面に近い位置に配置されている。その結果、各貫通孔 211 ~ 216 は固定子鉄心 4 の中心軸に対して傾いており、図 12 のように固定子鉄心 4 を横置きにした場合、各貫通孔 211 ~ 216 は正面側端面の方が高くなっており、冷媒は正面側端面から背面側端面へ自然に流れる。なお、貫通孔の個数は 6 に限定されない。また、ヨーク部 21 に貫通孔 211 ~ 216 を形成しているが、ティース部 22 に冷媒用貫通孔を形成しても良いし、両方に設けても良い。

40

【0043】

第 3 の実施の形態では、貫通孔 211 ~ 216 を固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めに傾けているので、回転電機を横置きした場合に、位置エネルギーの高低差を利用して冷媒を流すことができるので冷媒がよりスムーズに流れ、固定子巻線 5 に通電した際に発生する発熱を効率良く抜熱することができる。また、固定子鉄心 4 に貫通孔を形成して冷媒用

50

通路としているため、冷媒用のパイプを不要とすることが可能となり、部品点数を少なくすることができる。

【0044】

(変形例)

ところで、図11に示すような形状の貫通孔211~216の場合、固定子鉄心4の軸心に対して図の上下方向に離れた位置にある貫通孔ほど、鉛直方向の傾きが大きくなる。一方、図の左右方向(固定子鉄心4を横置きした場合の水平方向)にあるスロット300に対応して同様に貫通孔を形成した場合、鉛直方向の傾きが非常に小さくなってしまふ。

【0045】

そこで、図13に示す変形例では、図の左右位置に形成される貫通孔221, 222の場合には、横置きされた固定子鉄心4の鉛直面内で貫通孔を傾斜させるようにした。図13において、(a)は固定子鉄心4の正面側端面を示す図であり、(b)は(a)のF-F断面を示す図である。なお、固定子鉄心4の上下に設けられた貫通孔211, 214は、図11に示したものと同様の構造を有している。

10

【0046】

貫通孔221は、正面側端面においては、スロット300aの底面近傍のヨーク部21に冷媒流入用の開口が形成され、背面側端面においては、スロット300aと対称な位置にあるスロット300bの底面近傍のヨーク部21に冷媒流出用の開口が形成されている。その結果、貫通孔221は背面側に対して正面側が高くなっており、位置エネルギーの高低差によって冷媒が自然に流れることになる。

20

【0047】

貫通孔222の構造も同様であって、正面側端面においては、スロット300cの底面近傍のヨーク部21に冷媒流入用の開口が形成され、背面側端面においては、スロット300dの底面近傍のヨーク部21に冷媒流出用の開口が形成されている。このように、変形例においては、横置きされた固定子鉄心4の側面側においても、貫通孔221, 222の鉛直方向の傾きを充分大きくすることができ、位置エネルギーの高低差を利用して冷媒をスムーズに流すことができる。その結果、固定子鉄心4全体を、より均一に冷却することができる。

【0048】

- 第4の実施の形態 -

図14は、本発明に係る回転電機の第4の実施の形態を示す図である。図14において、(a)は固定子鉄心4の斜視図であり、(b)は固定子鉄心4のスロット300の部分を示す図である。第4の実施の形態では、図14(a)に示すように、冷媒用通路のための溝部230を固定子鉄心4の外周面に形成した。

30

【0049】

固定子鉄心4は、図4に示した第1の実施の形態の場合と同様に、スキュー構造を有している。すなわち、固定子鉄心4を構成する各積層板は同一形状であって、それらを積層した積層体をその軸心回りに捻ることで、スロット300, ティース部22および溝部230をスキューさせる。その結果、固定子鉄心4の中心軸に対して溝部230が傾くことになる。図14(b)に示すように、固定子鉄心4の外周面はハウジング9によって覆われており、溝部230とハウジング9とによって冷媒用の通路が形成されることになる。

40

【0050】

第4の実施形態の場合も第1実施形態の場合と同様に、固定子鉄心4の中心軸に対して溝部230が傾いているので、固定子鉄心4を横向きに配置したときに、固定子鉄心4の中心軸を通る鉛直面に対して、一方の側に設けられた溝部230は正面側端面から背面側端面へと下り勾配となっており、他方の側に設けられた溝部230は背面側端面から正面側端面へと下り勾配となっている。そのため、一方の側の溝部230に対しては正面側の開口から冷媒を供給し、他方の側の溝部230に対しては背面側の開口から冷媒を供給すれば、位置エネルギーの高低差により冷媒が自然と流れるような構成となる。その結果、冷媒の流れがよりスムーズとなり、固定子巻線5に通電した際に発生する発熱を効率良く

50

抜熱することができる。

【 0 0 5 1 】

また、溝部 2 3 0 とハウジング 9 とにより冷媒用通路が構成されるため、パイプ等の配管部品を追加する必要がなく、部品点数を少なくすることができる。さらに、固定子にスキューを施すことで、トルク脈動の主な高調波成分が打ち消すことができ、コギングトルクやトルク脈動、電磁騒音を低減することができる。

【 0 0 5 2 】

(変形例)

図 1 5 は、上述した第 4 の実施の形態の変形例を示す図であり、固定子鉄心 4 の斜視図である。図 1 4 に示した固定子鉄心 4 では、スロット 3 0 0 , ティース部 2 2 および溝部 2 3 0 を構成する切り欠きが形成された同一形状の電磁鋼板を積層して、その積層体をその軸心回りに捻ることで、スロット 3 0 0 , ティース部 2 2 および溝部 2 3 0 をスキューさせている。

10

【 0 0 5 3 】

一方、図 1 5 に示す固定子鉄心 4 では、スロット 3 0 0 およびティース部 2 2 を構成する切り欠きが形成された同一形状の電磁鋼板を積層して積層体を形成したならば、積層体の外周面に溝加工を施すことにより、図 1 4 の場合と同様の形状を有する溝部 2 3 0 を形成する。そのため、溝部 2 3 0 は固定子鉄心 4 の中心軸に対して傾いているが、スロット 3 0 0 およびティース部 2 2 は中心軸に対して平行になっている。このように冷媒用通路の構造に関しては上述した第 4 の実施形態と同様なので、同様の作用効果を奏する。

20

【 0 0 5 4 】

- 第 5 の実施の形態 -

図 1 6 は、本発明に係る回転電機の第 5 の実施の形態を示す図である。図 1 6 は、固定子のスロット 3 0 0 の部分を拡大して示した図である。本実施の形態は、固定子巻線 5 の構造に特徴があり、第 1 の実施の形態における溝部 2 0 0 の代わりに溝部 2 4 0 を固定子巻線 5 に設けるようにした。その他の構成については第 1 の実施の形態と同様である。図 1 6 において、(a) は冷媒用通路の一例を示し、(b) は冷媒用通路の他の例を示す。なお、図 1 6 では、ハウジング 9 の図示を省略した。

【 0 0 5 5 】

固定子鉄心 4 には固定子巻線 5 が巻回されており、その巻回された固定子巻線 5 は、図 1 6 に示すように各スロット 3 0 0 に収納されている。固定子巻線 5 の周面には、固定子巻線 5 の延在方向に沿って溝部 2 4 0 が形成されている。固定子巻線 5 に対する溝部 2 4 0 の形成は、引き抜き加工等によって行われる。

30

【 0 0 5 6 】

図 1 6 に示す例では、略矩形断面の巻線（一般に、角線と呼ばれる巻線）の短辺を構成する周面に溝部 2 4 0 が形成されている。図 1 6 (a) に示す例では、スロット 3 0 0 に固定子巻線 5 が 2 本収納されていて、互いの溝部 2 4 0 が向き合うように配置されている。その結果、二つの溝部 2 4 0 によって構成される冷媒用通路が、固定子鉄心 4 の正面側から背面側に貫通するように形成される。

【 0 0 5 7 】

また、図 1 6 (b) に示す他の例では、溝部 2 4 0 が固定子鉄心 4 の外周方向を向くように固定子巻線 5 が配置されている。その結果、溝部 2 4 0 とスロット 3 0 0 の壁面との間、および溝部 2 4 0 と他方の固定子巻線 5 の周面との間にそれぞれ冷媒用の通路が形成されることになる。

40

【 0 0 5 8 】

固定子鉄心 4 は、第 1 の実施の形態と同様にスキューされている。そのため、各スロット 3 0 0 は固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めになっており、スロット 3 0 0 内に収納されている固定子巻線 5 の延在方向も、固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めになっている。その結果、溝部 2 4 0 によって形成される冷媒用通路も固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めになっている。よって、回転電機を横置きした場合に、冷媒用通路に位置エネルギーの

50

高低差が生じ、その高低差を利用して冷媒を回転軸方向に流すことができる。さらに、固定子巻線 5 に溝部 240 が形成されて冷媒が直接接触しているため、固定子巻線 5 に通電した際に発生する発熱をより効率良く抜熱することができ、冷却性能の向上を図ることができる。

【0059】

なお、上述した例では、固定子巻線 5 の短辺側の周面に溝部 240 を形成したが、固定子巻線 5 の長辺側の周面に形成しても良い。また、溝部 240 を 2 以上形成しても良い。

【0060】

- 第 6 の実施の形態 -

図 17 は、本発明に係る回転電機の第 6 の実施の形態を示す図である。本実施の形態では、固定子鉄心 4 のスロット 300 内に充填される絶縁材を利用して冷媒用通路を形成するようにした。図 17 は、固定子のスロット 300 の部分を拡大して示した図である。本実施の形態は、スロット 300 内の絶縁材の形状に特徴があり、その他の構成については第 1 の実施の形態において溝部 200 を除いたものと同様である。なお、図 17 では、ハウジング 9 の図示を省略した。

10

【0061】

固定子鉄心 4 には固定子巻線 5 が巻回されており、その巻回された固定子巻線 5 は、図 17 に示すように各スロット 300 に収納されている。固定子巻線 5 には一般的な丸線が用いられており、固定子巻線 5 とスロット 300 との間には、固着用の絶縁材として例えばワニス 301 が充填されている。

20

【0062】

この隙間に充填されたワニス 301 には、スキュー構造を有するスリット 300 の延在方向（軸方向）に沿って貫通孔 250 が冷媒用通路として形成されている。例えば、冷媒用通路の型として機能する棒状部材をスロット 300 内に挿入した状態でワニス 301 を充填する。充填後、棒状部材を抜き取ることで貫通孔 250 を形成する。また、ワニス 301 を充填して貫通孔 250 を形成した後に積層体である固定子鉄心 4 をスキューしても良い。スロット 300 がスキューして固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めになっているため、スロット 300 内のワニス 301 および貫通孔 250 の延在方向も固定子鉄心 4 の中心軸に対して斜めになっている。なお、図 17 に示す例では貫通孔 250 は一つしか形成されていないが、2 以上形成しても良い

30

【0063】

このような貫通孔 250 が形成された固定子鉄心 4 を横置きした場合、正面側端面と背面側端面とで貫通孔 250 の高さが異なる。その結果、位置エネルギーの高低差を利用して貫通孔 250 内の冷媒を軸方向に流すことができる。さらに、固定子巻線 5 に近接した固着用ワニスを介して冷媒へと抜熱することができるので、固定子巻線 5 の発熱に対して効果的に冷却することができる。また、従来から絶縁材として設けられているワニス 301 を利用して冷媒用通路を形成しているため、パイプ等を配置する必要がなく、部品点数を少なくすることができる。

【0064】

上述した第 6 の実施の形態では固着用ワニス 301 を利用してスロット 300 内に冷媒用通路を形成したが、図 18 に示すように冷媒用のパイプ 260 をスロット 300 内に配設しても良い。スロット 300 がスキューしている固定子鉄心 4 の場合には、スロット 300 の延在方向に沿ってパイプ 260 を配設すれば良い。一方、スロット 300 がスキューしておらず固定子鉄心 4 の中心軸に対して平行になっている場合には、パイプ 260 をスロット 300 内で傾けて配置すれば良い。このような構造の回転電機を横置きに配置すると、パイプ 260 の出入口間に高低差ができるので、位置エネルギーの高低差を利用して冷媒を軸方向に流すことができる。

40

【0065】

- 第 7 の実施の形態 -

図 19 は、本発明に係る回転電機の第 7 の実施の形態を示す図であり、回転電機 1 を車

50

両正面側から見た半断面図である。図19に示す回転電機は、図2に示したものと異なり、固定子鉄心4が軸方向に2分割されている。分割された固定子鉄心4a, 4bの間には、回転電機外部の冷媒供給源（不図示）から冷媒を供給するための配管410が設けられている。

【0066】

配管410により供給された冷媒は、固定子鉄心4a, 4bに形成された貫通孔200a, 200bに流入する。貫通孔200a, 200bは図19に示すように傾斜しており、流入口よりも流出口の方が鉛直方向に対して低くなっている。例えば、上述した図11に示す固定子鉄心4の配管211~216のような傾斜構造を有している。もちろん、図11の構造に限らず、上述した他の傾斜構造を採用しても良い。各固定子鉄心4a, 4bの貫通孔200a, 200bから排出された冷媒は、配管411, 412を介して回転電機1から冷媒供給源へと戻る。

10

【0067】

図20は、冷媒を固定子鉄心4a, 4bの貫通孔200a, 200bに供給し、かつ、貫通孔200a, 200bから排出するための配管系の一例を示す図である。なお、図20では、配管構造が分かりやすいように、固定子鉄心4a, 4bの詳細構造は図示を省略した。また、固定子鉄心4の貫通孔200a, 200bの傾斜構造は図11に示したものと同様であり、全ての貫通孔に関して、一方の端面における開口位置は他方の端面における開口位置よりも高くなっている。図20に示す固定子鉄心4a, 4bの配置においては、互いに対向する端面に設けられた開口（流入口）の方が、反対側の端面に設けられた開口（流出口）よりも鉛直方向位置が高くなっている。

20

【0068】

固定子鉄心4a, 4bの間には、円形配管413が配置され、冷媒供給用の配管410が接続されている。円形配管413には、固定子鉄心4a, 4bに向けて枝分かれするように、複数の接続配管416が設けられている。これらの接続配管416は、貫通孔200a, 200bの流入口にそれぞれ接続されている。

【0069】

一方、固定子鉄心4a, 4bの反対側の端面に対向するように、すなわち、貫通孔200a, 200bの流出口が設けられた端面に対向するように、円形配管414, 415が配置されている。各円形配管414, 415には冷媒排出用の配管411, 412が接続されている。円形配管414には複数の接続配管417が形成されており、これらの接続配管417は貫通孔200aの流出口に接続されている。同様に、円形配管415に形成された接続配管418は、貫通孔200bの流出口に接続されている。

30

【0070】

配管411から円形配管413に供給された冷媒は、各接続配管416を介して固定子鉄心4a, 4bの貫通孔200a, 200bに流入する。貫通孔200a, 200bの流出口は流入口よりも低く設定されているので、位置エネルギーの高低差によって流出口へと冷媒がスムーズに流れる。各貫通孔200a, 200bから流出した冷媒は、それぞれ円形配管414, 415へと流れ込み、配管411, 412を介して冷媒供給源へと戻される。

40

【0071】

上述したように、本実施の形態では固定子鉄心4を2つの固定子鉄心4a, 4bに分割し、冷媒を供給するようにしているので、固定子鉄心の軸方向長さが短くなり冷媒の流れ易くなる。そのため、大型の回転電機に対しても効果的に冷却を行うことができる。なお、固定子鉄心4の分割数は2に限らず、3以上であっても良い。

【0072】

上述した実施形態の配管構造においては、図20に示したように、固定子鉄心4の端面に配管414, 415を設けて冷媒用通路から流出された冷媒を冷媒供給源に戻すようにしているが、これらの配管を省略してケーシング9内に排出し、ケーシング9から配管を介して冷媒供給源に戻すようにしても良い。その場合、配管403の先端と固定子鉄心4の

50

端面とが密着していなくても良く、配管403から固定子鉄心端面に冷媒を注ぎかけるような構成であっても良い。このような配管構成とすれば、固定子2の軸方向寸法が短くなり、回転電機の軸方向大きさを小さくすることができる。

【0073】

以上の説明では、固定子巻線に通電した際の発熱について説明したが、モータ駆動の際の鉄損、機械損による発熱に関しても同様の冷却効果がある。

【0074】

回転電機としては、上述した内転型の回転電機に限らず、外転型の回転電機にも同様に適用することができる。固定子巻線の巻回方式としては、分布巻方式でも良いし、集中巻方式であっても良い。また、上述した実施の形態では、回転子に永久磁石を埋め込んだ回転子を有する回転電機について説明したが、回転子に回転子鉄心と導電性材料で構成されたかご形巻線を有する誘導電動機や、回転子に回転子鉄心と複数のフラックスバリアを設けたシンクロリラクタンスモータ等のラジアルギャップを有する回転電機などにも、本発明を適用することができる。

10

【0075】

上述した各実施形態はそれぞれ単独に、あるいは組み合わせて用いても良い。それぞれの実施形態での効果を単独あるいは相乗して奏することができるからである。また、本発明の特徴を損なわない限り、本発明は上記実施の形態に何ら限定されるものではない。

【符号の説明】

【0076】

1：回転電機、2：固定子、3：回転子、4、4a、4b：固定子鉄心、5：固定子巻線、6：永久磁石、7：回転子鉄心、8：シャフト、9：ハウジング、10：ベアリング、21：ヨーク部、22：ティース部、40～43、400、402、403、410～417：配管、200、200a、200b、230、240：溝部、211～216、221、222、250：貫通孔、300、300a～300d：スロット、260：パイプ

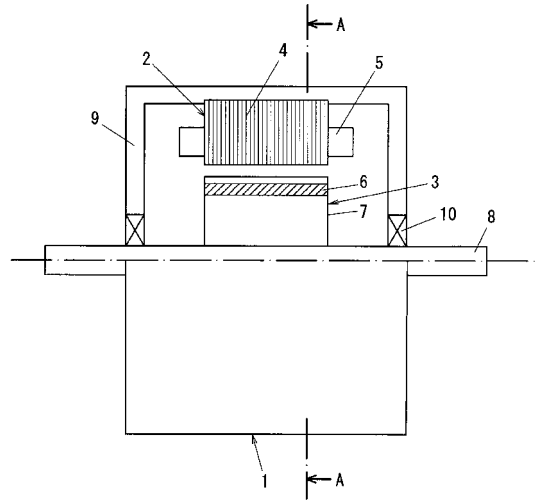
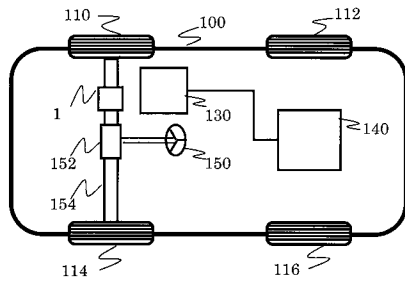
20

【 図 1 】

【 図 2 】

【 図 1 】

【 図 2 】

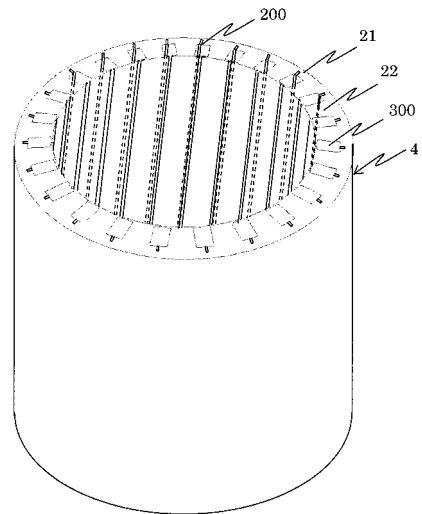
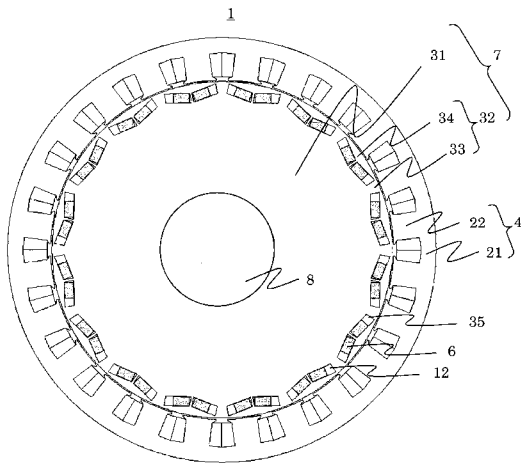


【 図 3 】

【 図 4 】

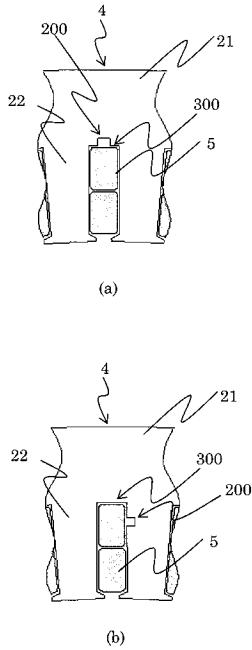
【 図 3 】

【 図 4 】



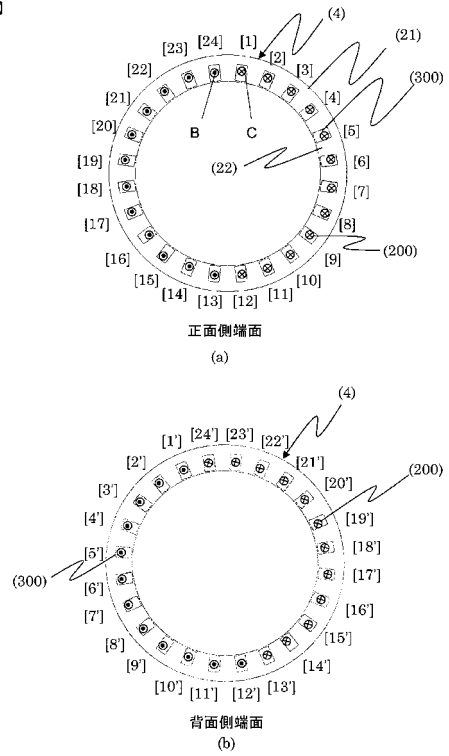
【 図 5 】

【 図 5 】



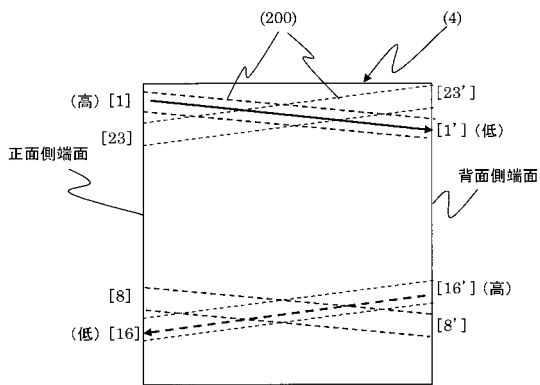
【 図 6 】

【 図 6 】



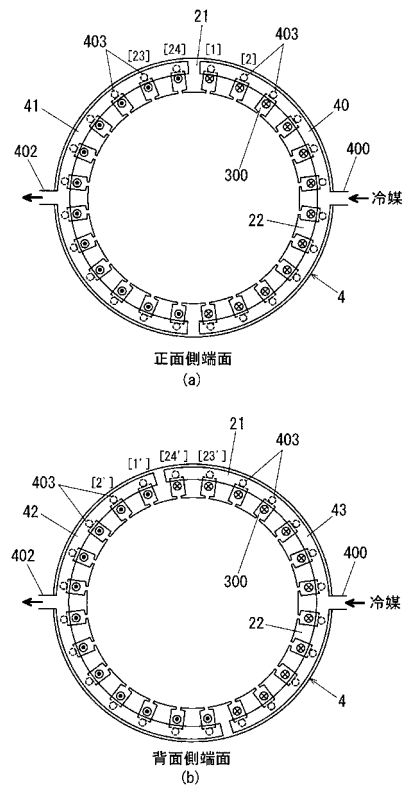
【 図 7 】

【 図 7 】



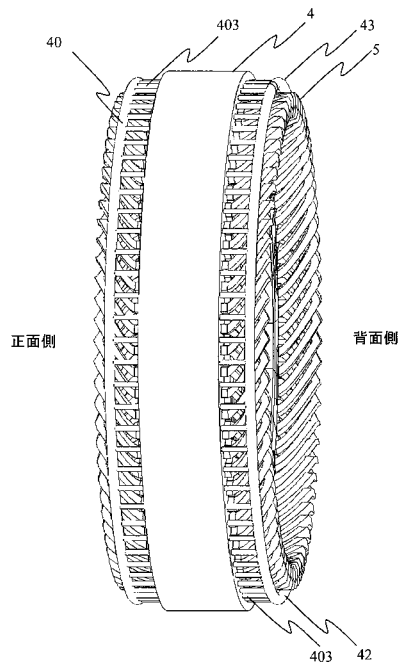
【 図 8 】

【 図 8 】



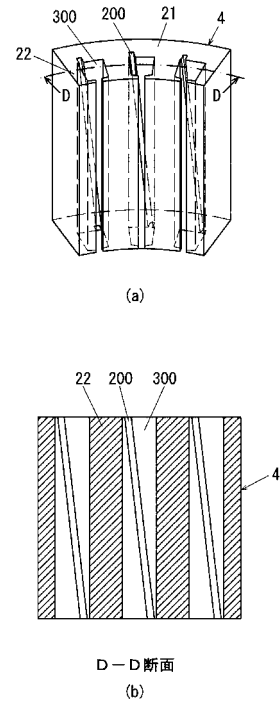
【图 9】

【图 9】



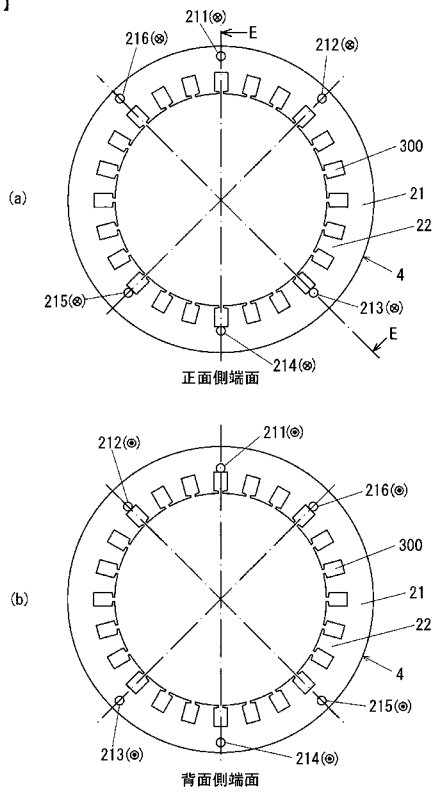
【图 10】

【图 10】



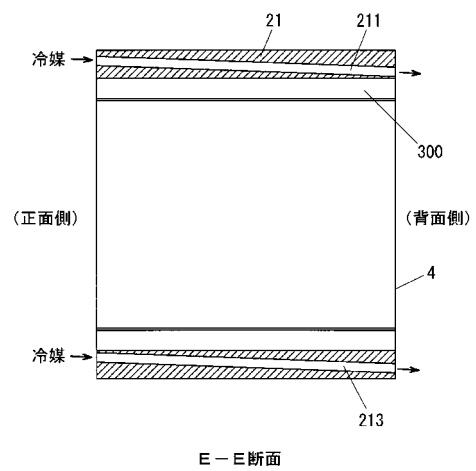
【图 11】

【图 11】



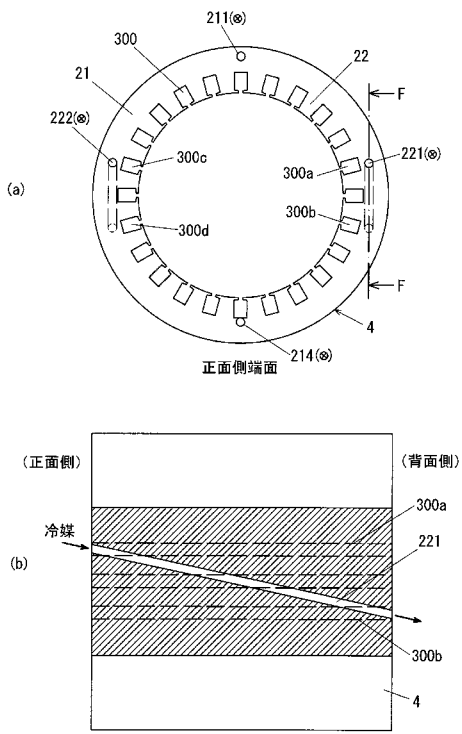
【图 12】

【图 12】



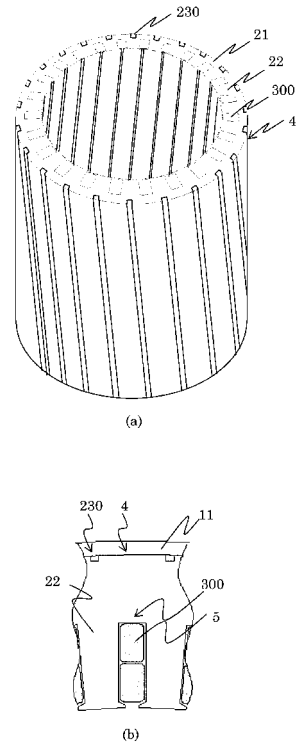
【 図 1 3 】

【 図 1 3 】



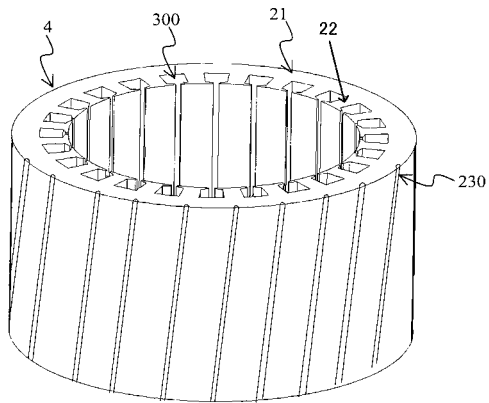
【 図 1 4 】

【 図 1 4 】



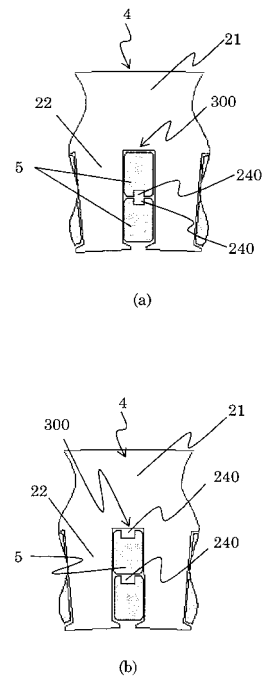
【 図 1 5 】

【 図 1 5 】



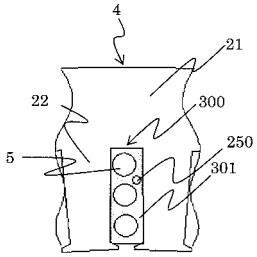
【 図 1 6 】

【 図 1 6 】



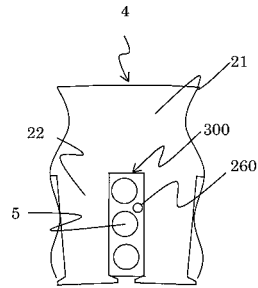
【 図 1 7 】

【 図 1 7 】



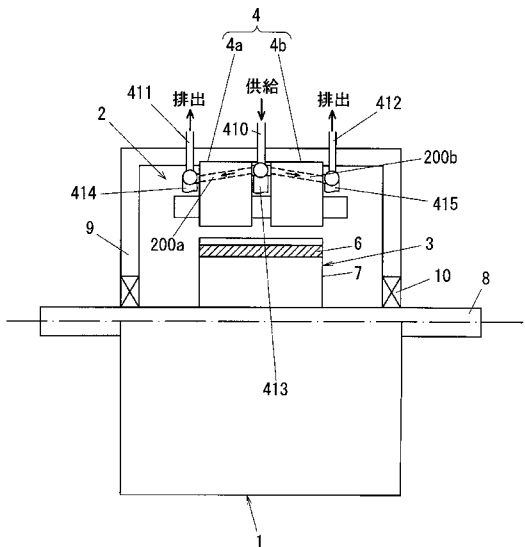
【 図 1 8 】

【 図 1 8 】



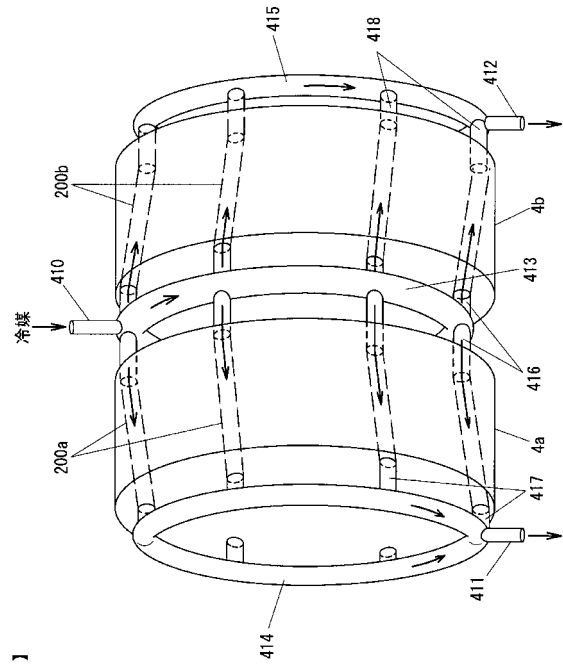
【 図 1 9 】

【 図 1 9 】



【 図 2 0 】

【 図 2 0 】



フロントページの続き

(72)発明者 石上 孝

神奈川県横浜市戸塚区吉田町2-9-2番地 株式会社日立製作所生産技術研究所内

(72)発明者 菊地 聡

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 5H601 AA16 BB20 CC15 DD01 DD09 DD11 DD30 DD42 DD47 EE18
EE26 GA02 GA15 GA22 GB05 GB12 GB33 GD02 GD09
5H609 BB03 BB19 BB24 PP02 PP06 PP08 PP09 QQ05 QQ12 QQ13
QQ14 QQ16 QQ17 RR26 RR37 RR42 RR44 RR46