

(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2015-192528
(P2015-192528A)

(43) 公開日 平成27年11月2日(2015.11.2)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO2K 3/04 (2006.01)	HO2K 3/04 J	5H603
HO2K 9/06 (2006.01)	HO2K 3/04 E	5H609
HO2K 9/19 (2006.01)	HO2K 9/06 G	
	HO2K 9/06 B	
	HO2K 9/19 A	

審査請求 有 請求項の数 7 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号	特願2014-68096 (P2014-68096)	(71) 出願人	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(22) 出願日	平成26年3月28日 (2014. 3. 28)	(74) 代理人	100110423 弁理士 曾我 道治
(11) 特許番号	特許第5677602号 (P5677602)	(74) 代理人	100111648 弁理士 梶並 順
(45) 特許公報発行日	平成27年2月25日 (2015. 2. 25)	(74) 代理人	100122437 弁理士 大宅 一宏
		(74) 代理人	100147566 弁理士 上田 俊一
		(74) 代理人	100161171 弁理士 吉田 潤一郎
		(74) 代理人	100161115 弁理士 飯野 智史

最終頁に続く

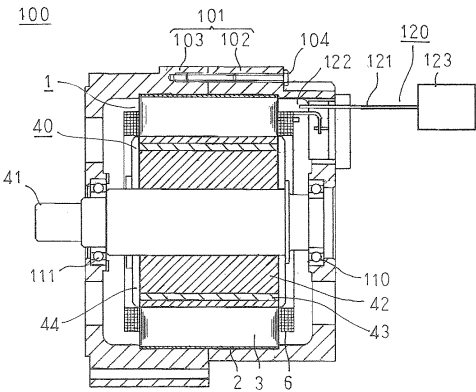
(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【要約】

【課題】この発明は、同相の電力が流れる導体端末同士を接続する渡り線を、渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間するように構成し、固定子内部に熱がこもることに起因する回転子の温度上昇を抑えることができる回転電機を得る。

【解決手段】固定子巻線を構成する複数の導体線の導体端末は、それぞれ、固定子鉄心の軸方向の一側に延び出しており、導体端末のうちの同相の電力が流れる導体端末同士が、それぞれ、渡り線により接続され、渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間している。

【選択図】 図 1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

周方向に交互に異なる複数の磁極を有する回転子と、
上記回転子と内周側もしくは外周側で向き合い、スロット深さ方向を径方向とするスロットが周方向に配列された円環状の固定子鉄心と、

それぞれ、上記スロットに通して上記固定子鉄心に巻かれた複数の導体線からなる固定子巻線と、を備えた回転電機において、

上記複数の導体線の導体末端は、それぞれ、上記固定子鉄心の軸方向の一側に延び出しており、

上記導体末端のうちの同相の電力が流れる導体末端同士が、それぞれ、渡り線により接続され、

上記渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間していることを特徴とする回転電機。

【請求項 2】

上記渡り線に冷却用液体を吹き付ける冷却用液体供給装置を備えることを特徴とする請求項 1 記載の回転電機。

【請求項 3】

上記回転子は、外周面が凹凸面に形成された回転子鉄心を有していることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の回転電機。

【請求項 4】

上記回転子は、回転子鉄心を有し、冷却用ファンが上記回転子鉄心の軸方向端面に固着されていることを特徴とする請求項 1 記載の回転電機。

【請求項 5】

上記導体末端と上記渡り線が溶接により接合されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 6】

上記渡り線は丸線であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 7】

上記渡り線は平角線であることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、例えば電動機や発電機などの回転電機に関し、特に固定子巻線の導体線の導体末端同士を接続する渡り線の構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

EV（電気自動車）、HEV（ハイブリッド自動車）などに用いられるモータでは、固定子巻線に大電流を通電するため、モータ内部の温度が上昇しやすい。モータ内部の温度上昇は、モータ損失の増加、構成部品の寿命低下などを招くことから、冷却性に優れた構造が望まれている。

【0003】

このような状況を鑑み、従来の回転電機では、各相の巻線の端部同士を接続する渡り部（本願の渡り線に相当）を、渡り部が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに重なるように構成されていた（例えば、特許文献 1 参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特許第 5 2 3 3 4 4 1 号公報

10

20

30

40

50

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1では、渡り部が占める周方向領域が周方向に関して互いに重なっているため、渡り部の群内に空気の通り道が少なくなる。そこで、固定子内部に熱がこもってしまい、回転子が温度上昇するという課題があった。永久磁石式回転電機では、回転子の温度上昇が永久磁石の減磁を招くことにつながる。

【0006】

この発明は、上記課題を解決するためになされたもので、同相の電力が流れる導体端末同士を接続する渡り線を、渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間するように構成し、固定子内部に熱がこもることに起因する回転子の温度上昇を抑えることができる回転電機を得ることを目的とする。

10

【課題を解決するための手段】

【0007】

この発明の回転電機は、周方向に交互に異なる複数の磁極を有する回転子と、上記回転子と内周側もしくは外周側で向き合い、スロット深さ方向を径方向とするスロットが周方向に配列された円環状の固定子鉄心と、それぞれ、上記スロットに通して上記固定子鉄心に巻かれた複数の導体線からなる固定子巻線と、を備えている。上記複数の導体線の導体端末は、それぞれ、上記固定子鉄心の軸方向の一側に延び出しており、上記導体端末のうちの同相の電力が流れる導体端末同士が、それぞれ、渡り線により接続され、上記渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間している。

20

【発明の効果】

【0008】

この発明によれば、渡り線が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに離間しているため、渡り線の群に空気の通り道が多くなる。これにより、固定子の冷却性が向上され、固定子の温度上昇が抑制される。また、固定子の内部に熱がこもりにくくなるため、回転子と外気とが効率よく熱交換でき、回転子の温度上昇が抑えられる。

【図面の簡単な説明】

【0009】

【図1】この発明の実施の形態1に係る回転電機を示す断面図である。

30

【図2】この発明の実施の形態1に係る回転電機の回転子に装着される冷却用ファンを示す正面図である。

【図3】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子を示す斜視図である。

【図4】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子を示す端面図である。

【図5】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子鉄心を構成する鉄心ブロックを示す斜視図である。

【図6】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を示す斜視図である。

【図7】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を示す正面図である。

40

【図8】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を第2コイルエンド側から見た端面図である。

【図9】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する3つの巻線体が1つのスロットを共有して固定子鉄心に装着されている状態を第2コイルエンド側から見た要部端面図である。

【図10】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子において固定子鉄心に装着された巻線体を径方向外方から見た展開図である。

【図11】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線アセンブリを示す斜視図である。

【図12】この発明の実施の形態1に係る回転電機の固定子における巻線体の接合状態を

50

説明する要部断面図である。

【図 1 3】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における巻線アセンブリを固定子鉄心に装着した状態を示す斜視図である。

【図 1 4】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における第 1 および第 2 中性点接続用バスバーを示す斜視図である。

【図 1 5】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における中性点結線板を示す斜視図である。

【図 1 6】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における給電コイルを示す斜視図である。

【図 1 7】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における渡り線を示す斜視図である。

【図 1 8】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線の結線図である。

【図 1 9】この発明の実施の形態 1 に係る回転電機における渡り線の実施態様を示す斜視図である。

【図 2 0】この発明の実施の形態 2 に係る回転電機における回転子を示す端面図である。

【発明を実施するための形態】

【0010】

以下、本発明による回転電機の好適な実施の形態につき図面を用いて説明する。

【0011】

実施の形態 1 .

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機を示す断面図、図 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の回転子に装着される冷却用ファンを示す正面図、図 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子を示す斜視図、図 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子を示す端面図、図 5 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子鉄心を構成する鉄心ブロックを示す斜視図、図 6 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を示す斜視図、図 7 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を示す正面図、図 8 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線体を第 2 コイルエンド側から見た端面図、図 9 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する 3 つの巻線体が 1 つのスロットを共有して固定子鉄心に装着されている状態を第 2 コイルエンド側から見た要部端面図、図 1 0 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子において固定子鉄心に装着された巻線体を径方向外方から見た展開図、図 1 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線を構成する巻線アセンブリを示す斜視図、図 1 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における巻線体の接合状態を説明する要部断面図、図 1 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における巻線アセンブリを固定子鉄心に装着した状態を示す斜視図、図 1 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における第 1 および第 2 中性点接続用バスバーを示す斜視図、図 1 5 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における中性点結線板を示す斜視図、図 1 6 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における給電コイルを示す斜視図、図 1 7 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における渡り線を示す斜視図、図 1 8 はこの発明の実施の形態 1 に係る回転電機の固定子における固定子巻線の結線図である。

【0012】

図 1 において、回転電機 1 0 0 は、略有底円筒状の一对のハウジング部材 1 0 2 , 1 0 3 が開口部同士を突き合わせてボルト 1 0 4 により締着一体化されるハウジング 1 0 1 と、ハウジング 1 0 1 に軸受 1 1 0 , 1 1 1 を介して回転可能に支持される回転軸 4 1 に固定された回転子 4 0 と、ハウジング 1 0 1 の内部に回転子 4 0 を取り囲むようにハウジング 1 0 1 に固定された固定子 1 と、を備える。また、回転電機 1 0 0 は、ハウジング 1 0

10

20

30

40

50

1の内部と外部を連通し、冷却用液体を吐出する吐出口122が先端に開口する管路121と、自動変速機油(ATF:Automatic transmission fluid)などの冷却用液体を管路121に供給するポンプ123と、を備えた冷却用液体供給装置120を有する。

【0013】

回転子40は、軸心位置に挿入された回転軸41に固定される回転子鉄心42と、回転子鉄心42の外周面側に埋設されて周方向に定められたピッチで配列され、磁極を構成する永久磁石43と、冷却用ファン44と、を備える。冷却用ファン44は、図2に示されるように、リング平板状の基部44aと、基部44aの表面に周方向に等角ピッチで配設された複数のブレード44bと、を備え、基部44aの裏面を回転子鉄心42に向けて、回転子鉄心42の軸方向の両端面に固定される。ここでは、回転子40は、周方向に交互に異なる8つの磁極を有する。

【0014】

ここで、固定子1の構成について図3から図18を参照しつつ説明する。

【0015】

固定子1は、図3および図4に示されるように、円環状の固定子鉄心3と、固定子鉄心3に装着された固定子巻線6と、固定子巻線6を結線する結線部材20と、を備えている。ここで、説明の便宜上、固定子鉄心3のスロット数を48個、固定子巻線を三相巻線とする。また、スロット5は、毎極毎相当たり2個の割合で固定子鉄心3に形成されているものとする。

【0016】

鉄心ブロック4は、円環状の固定子鉄心3を周方向に24等分割したもので、図5に示されるように、電磁鋼板を積層一体化して作製され、断面円弧形のコアバック部4aと、それぞれコアバック部4aの内周壁面から径方向内方に突出され、周方向に離間する2本のティース4bと、を備えている。そして、固定子鉄心3は、ティース4bを径方向内方に向けて、コアバック部4aの周方向の側面同士を突き合わせて、周方向に円環状に配列した24個の鉄心ブロック4を、円筒状のフレーム2に焼きばめ、圧入などにより一体化して、作製される。コアバック部4aとティース4bにより構成されるスロット5が、内周側に開口するように、周方向に等角ピッチで配列されている。

【0017】

固定子巻線6は、固定子鉄心3に周方向に1スロットピッチで配設された48個の巻線体10を備えている。

【0018】

巻線体10は、例えば、エナメル樹脂で絶縁被覆された、かつ接続部のない連続した平角銅線からなる導体線9をエッジワイズ巻きに巻いて作製された分布巻きの巻線である。具体的には、巻線体10は、図6から図8に示されるように、第1直線部10a、第1コイルエンド部10e、第2直線部10b、第2コイルエンド部10f、第3直線部10c、第3コイルエンド部10gおよび第4直線部10dからなるδ状のコイルパターンを導体線9の長方形断面の短辺の長さ方向に2つ配列し、第4直線部10dと第1直線部10aとを連結線11で連結して構成される。そして、連結線11がコイルエンド部を構成し、導体線9の巻き始め端部が第1導体端末としての巻線端10hを構成し、巻き終わり端部が第2導体端末としての巻線端10iを構成する。

【0019】

このように構成された巻線体10では、第1直線部10aおよび第3直線部10cが、長方形断面の長辺の長さ方向を周方向に向け、長方形断面の短辺の長さ方向に隙間dをあけて1列に4本配列されている。また、第2直線部10bが、第1直線部10aおよび第3直線部10cの列から周方向一侧に6スロット角度間隔離れて、長方形断面の長辺の長さ方向を周方向に向け、長方形断面の短辺の長さ方向に隙間3dをあけて2本配列される。また、第4直線部10dが、第1直線部10aおよび第3直線部10cの列から周方向他側に6スロット角度間隔離れて、長方形断面の長辺の長さ方向を周方向に向け、長方形

断面の短辺の長さ方向に隙間 $3d$ をあけて 2 本配列される。なお、6 スロット角度間隔とは、連続する 6 つのティース $4b$ の両側のスロット 5 のスロット中心間の間隔であり、1 磁極ピッチに相当する。また、 d は導体線 9 の長方形断面の短辺の長さ、すなわち板厚である。

【0020】

図 9 は、それぞれ、3 つの巻線体 10 が、1 つのスロット 5 を共用して固定子鉄心 3 に装着されている状態を示している。図 10 は、固定子鉄心に装着された巻線体 10 を径方向外方から見た状態を示している。図 9 中、周方向に 6 スロット角度間隔で並ぶ 3 つのスロット 5 を周方向の並び順に第 1 スロット 5_1 、第 2 スロット 5_2 、第 3 スロット 5_3 、第 3 スロット 5_4 とする。

10

【0021】

図 9 および図 10 において、1 つの巻線体 10 に着目すれば、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 1 層（最内径位置）の第 1 直線部 10a から軸方向他端側に延び出た第 1 コイルエンド部 10e は、傾斜角度 θ で周方向に第 1 スロット 5_1 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけレーンチェンジ（以下、シフト）され、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 1 スロット 5_1 側に延び、第 1 スロット 5_1 のスロット開口側から第 2 層の第 2 直線部 10b に連結されている。ついで、第 1 スロット 5_1 のスロット開口側から第 2 層の第 2 直線部 10b から軸方向一端側に延び出た第 2 コイルエンド部 10f は、傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 3 層の第 3 直線部 10c に連結されている。

20

【0022】

ついで、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 3 層の第 3 直線部 10c から軸方向他端側に延び出た第 3 コイルエンド部 10g は、傾斜角度 θ で周方向に第 3 スロット 5_3 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 3 スロット 5_3 側に延び、第 3 スロット 5_3 のスロット開口側から第 4 層の第 4 直線部 10d に連結されている。

【0023】

ついで、第 3 スロット 5_3 のスロット開口側から第 4 層の第 4 直線部 10d から軸方向一端側に延び出た連結線 11 は、傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 5 層の第 1 直線部 10a に連結されている。第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 5 層の第 1 直線部 10a から軸方向他端側に延び出た第 1 コイルエンド部 10e は、傾斜角度 θ で周方向に第 1 スロット 5_1 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 1 スロット 5_1 側に延び、第 1 スロット 5_1 のスロット開口側から第 6 層の第 2 直線部 10b に連結されている。

30

【0024】

ついで、第 1 スロット 5_1 のスロット開口側から第 6 層の第 2 直線部 10b から軸方向一端側に延び出た第 2 コイルエンド部 10f は、傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 2 スロット 5_2 側に延び、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 7 層の第 3 直線部 10c に連結されている。ついで、第 2 スロット 5_2 のスロット開口側から第 7 層の第 3 直線部 10c から軸方向他端側に延び出た第 3 コイルエンド部 10g は、傾斜角度 θ で周方向に第 3 スロット 5_3 側に延び、頭頂部で径方向外方に距離 d だけシフトされ、その後逆向きの傾斜角度 θ で周方向に第 3 スロット 5_3 側に延び、第 3 スロット 5_3 のスロット開口側から第 8 層（最外径位置）の第 4 直線部 10d に連結されている。

40

【0025】

そこで、第 2 スロット 5_2 の第 1 層の第 1 直線部 10a と第 1 スロット 5_1 の第 2 層の第 2 直線部 10b とが、第 1 コイルエンド部 10e により連結され、第 1 スロット 5_1 の

50

第2層の第2直線部10bと第1スロット5₁の第3層の第3直線部10cとが、第2コイルエンド部10fにより連結され、第2スロット5₂の第3層の第3直線部10cと第3スロット5₃の第4層の第4直線部10dとが、第3コイルエンド部10gにより連結され、 δ 状のコイルパターンを構成する。

【0026】

さらに、第2スロット5₂の第5層の第1直線部10aと第1スロット5₁の第6層の第2直線部10bとが、第1コイルエンド部10eにより連結され、第1スロット5₁の第6層の第2直線部10bと第1スロット5₁の第7層の第3直線部10cとが、第2コイルエンド部10fにより連結され、第2スロット5₂の第7層の第3直線部10cと第3スロット5₃の第8層の第4直線部10dとが、第3コイルエンド部10gにより連結され、 δ 状のコイルパターンを構成する。

10

【0027】

このように、巻線体10は、周方向に6スロット角度間隔で並ぶ第1スロット5₁、第2スロット5₂および第3スロット5₃に、導体線9を、第2スロット5₂、第1スロット5₁、第2スロット5₂、第3スロット5₃の順に、かつ第1スロット5₁、第2スロット5₂および第3スロット5₃への軸方向からの挿入方向を交互に変えて挿入して形成された δ 状のコイルパターンを、径方向に2回繰り返して巻き回して構成されている。

【0028】

巻線体10は、2つの δ 状のコイルパターンを連結線11で連結して、径方向に2層に配列されて、構成される。つまり、巻線体10は、2つの δ 状のコイルパターンが一続きとなるように導体線9を巻いて作製される。そして、3つの巻線体10が共用するスロット5には、第1から第4直線部10a, 10b, 10c, 10dが、導体線9の長方形断面の長辺の長さ方向を周方向に向けて、径方向に1列に並んで、収納されている。

20

【0029】

このように構成された巻線体10は、1スロットピッチで同心状に48個配列して、図11に示される巻線アセンブリ7が作製される。そして、巻線アセンブリ7の軸方向他端側には、第1コイルエンド部10eが1スロットピッチで周方向に配列した第1コイルエンド部10eの層と第3コイルエンド部10gが1スロットピッチで周方向に配列した第3コイルエンド部10gの層とが径方向に交互に4層に配列して、第1コイルエンド6aを構成している。また、巻線アセンブリ7の軸方向一端側には、第2コイルエンド部10fが1スロットピッチで周方向に配列した第2コイルエンド部10fの層と連結線11が1スロットピッチで周方向に配列した連結線11の層とが径方向に交互に3層に配列して、第2コイルエンド6bを構成している。そして、巻線端10hの端部が、それぞれ、第2コイルエンド6bの内径側から軸方向外方に延び出て、1スロットピッチで周方向に配列され、巻線端10iの端部が、それぞれ、第2コイルエンド6bの外径側から軸方向外方に延び出て、1スロットピッチで周方向に配列されている。

30

【0030】

ここで、巻線体10の巻線端10h, 10iの形状について図6から図9を用いて説明する。2番目のスロット5₂の第1層の第1直線部10aから第2コイルエンド6b側に延び出た巻線端10hは、傾斜角度 θ で周方向に1番目のスロット5₁側に延び、頭頂部(1番目のスロット5₁と2番目のスロット5₂の中間位置)で曲げられて軸方向外方に延び出るように成形される。また、3番目のスロット5₃の第8層の第4直線部10dから第2コイルエンド6b側に延び出た巻線端10iは、傾斜角度 θ で周方向に4番目のスロット5₄側に延び、頭頂部(3番目のスロット5₃と4番目のスロット5₄の中間位置)で曲げられて軸方向外方に延び出るように成形される。

40

【0031】

そこで、第1直線部10aが2番目のスロット5₂に収納される巻線体10の巻線端10iの軸方向外方に突出する端部の周方向の位置が、第1直線部10aが4番目のスロット5₄に収納される巻線体10の巻線端10hの軸方向外方に突出する端部の周方向位置に略一致する。つまり、2磁極ピッチ離れた一方の巻線体10の巻線端10iの軸方向外

50

方に突出する端部の周方向の位置が、他方の巻線体 10 の巻線端 10 h の軸方向外方に突出する端部の周方向の位置に略一致する。

【0032】

つぎに、巻線アッセンブリ 7 の結線方法について、便宜上、固定子鉄心 3 に周方向に配設された 48 個のスロット 5 に周方向の並び順に 1 番、2 番・・・48 番のスロット番号を付して説明する。

【0033】

まず、スロット番号 $(1 + 6n)$ 番（ただし、 n は 0 以上、7 以下の自然数）のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 U 1 1 , U 1 2 が構成される。

10

ついで、スロット番号 $(2 + 6n)$ 番のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 U 2 1 , U 2 2 が構成される。

【0034】

スロット番号 $(3 + 6n)$ 番のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 V 1 1 , V 1 2 が構成される。

ついで、スロット番号 $(4 + 6n)$ 番のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 V 2 1 , V 2 2 が構成される。

20

【0035】

スロット番号 $(5 + 6n)$ 番のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 W 1 1 , W 1 2 が構成される。

ついで、スロット番号 $(6 + 6n)$ 番のスロット群には、8 個の巻線体 10 が装着されている。そして、それぞれ、8 個の巻線体 10 中の 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して、小コイル群 W 2 1 , W 2 2 が構成される。

【0036】

ここで、渡り部 12 が、図 12 に示されるように、各巻線端 10 h の端部側を径方向外方に曲げて形成される。これらの渡り部 12 は、第 2 コイルエンド 6 b の軸方向外側を通過して径方向外方に引き出され、当該巻線端 10 h の径方向外方に位置する巻線端 10 i の端部に TIG 溶接などにより接合される。これにより、それぞれ、固定子鉄心 3 に周方向に 2 磁極ピッチで配列されている 4 つの巻線体 10 を直列に接続して構成される 12 個の小コイル群 U 1 1 , U 1 2 , U 2 1 , U 2 2 , V 1 1 , V 1 2 , V 2 1 , V 2 2 , W 1 1 , W 1 2 , W 2 1 , W 2 2 が作製される。

30

【0037】

なお、渡り部 12 を形成するために巻線端 10 h を曲げる際に導体線 9 の絶縁被膜の損傷発生を抑制する観点から、巻線端 10 h の曲げ半径は、巻線端 10 h の曲げ方向厚み、すなわち板厚 d より大きくすることが望ましい。

40

【0038】

そして、図 13 に示されるように、12 個の小コイル群 U 1 1 , U 1 2 , U 2 1 , U 2 2 , V 1 1 , V 1 2 , V 2 1 , V 2 2 , W 1 1 , W 1 2 , W 2 1 , W 2 2 の一端である巻線端 10 h の端部が、第 2 コイルエンド 6 b の周方向に円弧状に延びる円弧状領域 13 の内径側に周方向に 1 スロットピッチで配列し、他端である巻線端 10 i の端部が第 2 コイルエンド 6 b の円弧状領域 13 の外径側に周方向に 1 スロットピッチで配列している。また、第 2 コイルエンド 6 b の軸方向外側を通過して径方向外方に引き出された巻線端 10 h の端部側（以下、渡り部 12）が、12 個の小コイル群 U 1 1 , U 1 2 , U 2 1 , U 2 2 , V 1 1 , V 1 2 , V 2 1 , V 2 2 , W 1 1 , W 1 2 , W 2 1 , W 2 2 の巻線端 10 h , 10 i の端部が周方向に配列されている円弧状領域 13 を挟む C 字状の領域に、周方向に

50

1 スロットピットで配列されている。

【0039】

そして、12個の小コイル群U11, U12, U21, U22, V11, V12, V21, V22, W11, W12, W21, W22の巻線端10h, 10iの端部が周方向に配列されている円弧状領域13において、結線部材20を用いて、12個の小コイル群U11, U12, U21, U22, V11, V12, V21, V22, W11, W12, W21, W22の結線が行われる。

【0040】

結線部材20は、中性点結線板21と、固定子巻線6の給電部に接続されて、外部電源から固定子巻線6に給電するための給電コイル25と、同相の小コイル群間を結線する渡り線26と、を備えている。第1および第2中性点接続用バスバー22, 23は、図14に示されるように、鋼板を打ち抜き、曲げ加工を施して作製される。中性点結線板21は、図15に示されるように、第1および第2中性点接続用バスバー22, 23を絶縁樹脂24によりインサート成形して作製される。給電コイル25は、図16に示されるように、銅などの丸線を曲げ成形して作製される。渡り線26は、図17に示されるように、銅などの丸線を延長部26aと延長部26aの両端から直角に突出する一対の端部からなるコ字状に曲げ成形した作製される。

【0041】

電気角で30°ずれた小コイル群U11, U22の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群U11, U22が直列に接続されたU1相巻線を作製する。電気角で30°ずれた小コイル群V11, V22の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群V11, V22が直列に接続されたV1相巻線を作製する。電気角で30°ずれた小コイル群W11, W22の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群W11, W22が直列に接続されたW1相巻線を作製する。

【0042】

また、電気角で30°ずれた小コイル群U21, U12の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群U21, U12が直列に接続されたU2相巻線を作製する。電気角で30°ずれた小コイル群V21, V12の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群V21, V12が直列に接続されたV2相巻線を作製する。電気角で30°ずれた小コイル群W21, W12の端部である巻線端10h, 10iに渡り線26をTIG溶接などにより接合し、小コイル群W21, W12が直列に接続されたW2相巻線を作製する。

【0043】

また、中性点結線板21を第2コイルエンド6b上に配置し、第1中性点接続用バスバー22の端子22a, 22b, 22cを小コイル群U12, V12, W12の巻線端10h, 10iにTIG溶接などにより接合する。さらに、第2中性点接続用バスバー23の端子23a, 23b, 23cを小コイル群U22, V22, W22の巻線端10h, 10iにTIG溶接などにより接合する。これにより、図18に示されるように、U1相巻線、V1相巻線およびW1相巻線をY結線して構成された第1三相交流巻線6Aと、U2相巻線、V2相巻線およびW2相巻線をY結線して構成された第2三相交流巻線6Bが形成される。さらに、給電コイル25が第1および第2三相交流巻線6A, 6Bの給電端子にTIG溶接などにより接続される。なお、図3および図4中、符号27が溶接部を示す。

【0044】

このように構成された回転電機100は、例えば、8極48スロットのインナーロータ型の3相モータとして動作する。

【0045】

ここで、渡り線26は、図3および図4に示されるように、コ字状の両端部を小コイル群の内周側に突出する巻線端と外周側に突出する巻線端とに接続され、延長部26aを半径方向に対して傾斜させて、第2コイルエンド6b上に配置される。そして、各渡り線2

10

20

30

40

50

6 が占める周方向領域は、周方向に関して、互いに離間している。すなわち、各渡り線 2 6 が占める周方向領域は、周方向に関して、互いに重なっていない。そこで、渡り線 2 6 が占める周方向領域が、周方向に関して、互いに重なっていないことによる効果について、特許文献 1 と対比して、説明する。

【0046】

特許文献 1 では、渡り部が占める周方向領域は、互いに重なっているので、渡り部の周方向に延びる延長部の群は密の状態となり、空気の通り道が少なくなる。これに対し、本回転電機 100 では、渡り線 2 6 が占める周方向領域は、互いに重なっていないので、渡り部 2 6 の延長部 2 6 a の群は粗の状態となり、空気の通り道が多くなる。したがって、固定子 1 と外気とが効率よく熱交換でき、固定子 1 の冷却性が向上される。これにより、固定子 1 の内部に熱がこもりにくくなり、回転子 40 の温度上昇が抑えられる。

10

【0047】

また、特許文献 1 では、例えば、冷却用液体が径方向外方から渡り部に吹き付けられると、一の渡り部の延長部に吹き付けられた冷却用液体が、一の延長部に沿って周方向に流れつつ、周方向領域が重なり、かつ隣接する他の延長部に流れる。これにより、渡り部に吹き付けられた冷却用液体は、渡り部の延長部の群内を周方向および径方向に広がって、固定子巻線に流れる。そして、固定子巻線に流れた冷却用液体は、スロット収納部（本願の直線部に相当）およびターン部（本願のコイルエンド部に相当）に沿って流れて固定子巻線の全体に広がる。また、ターン部よりなるコイルエンドに吹き付けられた冷却用液体は、スロット収納部およびターン部に沿って流れて固定子巻線の全体に広がる。

20

【0048】

このように、特許文献 1 では、冷却用液体は、渡り線およびコイルエンドに吹き付けられる。しかし、特許文献 1 では、渡り部の延長部の群は密の状態となっていて、冷却用液体は、回転子には直接吹き付けられない。したがって、固定子巻線を冷却して高温となった冷却用液体が回転子の冷却に供せられることになり、回転子を効果的に冷却できなかった。

【0049】

本回転電機 100 は、冷却用液体供給装置 120 を備えている。そこで、ポンプ 123 が駆動されると、ATF などの冷却用液体は、管路 121 を通って、吐出口 122 から渡り線 2 6 の延長部 2 6 a および第 2 コイルエンド 6 b に吹き付けられる。延長部 2 6 a にかかった冷却用液体は、半径方向に対して傾斜する延長部 2 6 a に沿って周方向および径方向に流れ、固定子巻線 6 に流れる。固定子巻線 6 に流れた冷却用液体は、直線部およびコイルエンド部に沿って流れて固定子巻線 6 の全体に広がる。また、第 2 コイルエンド 6 b に吹き付けられた冷却用液体は、スロット収納部およびターン部に沿って流れて固定子巻線 6 の全体に広がる。これらにより、固定子巻線 6 が冷却される。

30

【0050】

さらに、冷却用液体の一部が、渡り線 2 6 の延長部 2 6 a 間の隙間を通して、回転子 40 側に流れ、回転子 40 の冷却に供せられる。これにより、冷却に供せられる冷却用液体は固定子巻線 6 を冷却せず、高温となっていないので、回転子 40 を効果的に冷却することができる。また、回転子 40 に供せられた冷却用液体は、回転子 40 の回転により、外径側に飛散される。これにより、固定子巻線 6 が内径側から冷却され、固定子巻線 6 の冷却性が向上される。

40

【0051】

このように、この実施の形態 1 によれば、それぞれ、電気角で 30° ずれた小コイル群（巻線）の巻線端、すなわち複数の巻線のうちの同相の電力が流れる巻線の導体端末同士を連結する渡り線 2 6 は、渡り線 2 6 が占める周方向領域が、図 3 および図 4 に示されるように、周方向に関して、互いに重なっていない。そこで、渡り線 2 6 の延長部 2 6 a 間に広い隙間が形成され、冷媒、例えば空気の通り道が多くなる。これにより、固定子 1 の冷却性が向上され、固定子 1 の温度上昇が抑制される。また、固定子 1 の内部に熱がこもりにくくなるので、回転子 40 と外気とが効率よく熱交換でき、回転子 40 の冷却性が向

50

上される。

【0052】

また、回転子40の温度上昇を抑制できるので、回転子40の温度上昇に起因する永久磁石43の減磁を抑制できる。したがって、永久磁石43に優れた耐熱性が要求されないので、Dy（ディスプロシウム）の含有量が多く、保持力の高い高価な磁石ではなく、Dyの含有量が少ない、耐熱性の低い安価な磁石を永久磁石43として用いることができる。

【0053】

渡り線26が占める周方向領域が周方向に関して互いに重なっていないので、渡り線が占める周方向領域が互いに重なっている場合に比べ、渡り線26の長さが短くなり、渡り線26の材料の使用量が削減され、低コスト化および小型化が図られる。さらに、渡り線26の延長部26a間に十分な距離を確保できるので、渡り線26間の絶縁性が向上される。

10

【0054】

渡り線26と巻線端10h, 10i（導体端末）は、溶接機のチャッキングツールで固定されて溶接される。この実施の形態1では、渡り線26が占める周方向領域が周方向に関して重なっていないので、チャッキングツールを軸方向外方から挿入する際に、固定対象外の渡り線26が存在せず、チャッキングツールによる渡り線26の固定が容易となり、生産性が向上される。

【0055】

20

渡り線26が形状の自由度が大きい丸線で作製されているので、生産性が高められる。

【0056】

回転電機100は、冷却用ファン44を備えている。そこで、回転子40の回転時に、冷却用ファン44が回転し、ハウジング101内の空気を循環させる。これにより、回転子40と外気との熱交換が活発化し、回転子40の冷却性が向上される。また、渡り線26の延長部26a間に空気の通り道が多くなっているので、ハウジング101内の空気を循環させることにより、渡り線26の延長部26a間の隙間を通過する空気量が増加し、固定子1の冷却性が向上される。

【0057】

回転電機100は、冷却用液体供給装置120を備えているので、ATFなどの冷却用液体を径方向外方から渡り線26の延長部26aに吹き付けることができる。延長部26aに吹き付けられた冷却用液体は、渡り線26の延長部26aに沿って周方向および径方向に広がって固定子巻線6側に流れ、直線部およびコイルエンド部に沿って流れて固定子巻線6の全体に広がる。これにより、固定子巻線6を効果的に冷却することができる。

30

さらに、冷却用液体の一部は、渡り線26の延長部26a間の隙間を通過して、回転子40側に流れ、回転子40の冷却に供せられる。これにより、回転子40を効果的に冷却できる。また、回転子40にかかった冷却用液体は、回転子40の回転により、外径側に飛散される。これにより、固定子巻線6が内径側から冷却され、固定子巻線6の冷却性が向上される。

【0058】

40

なお、上記実施の形態1では、渡り線26が丸線で作製されているが、渡り線26Aは図19に示されるように銅などの平角線で作製されてもよい。渡り線26Aが平角線で作製されている場合には、接合対象の導体端末との接触面積が広くなり、溶接面積が拡大するので、溶接強度や溶接信頼性が高くなり、溶接部の耐振性、信頼性が向上され、低抵抗化が図られる。

【0059】

実施の形態2 .

図20はこの発明の実施の形態2に係る回転電機における回転子を示す端面図である。

【0060】

図20において、回転子鉄心42Aは、電磁鋼板を積層一体化して、シャフト挿通穴4

50

5 が軸心位置に形成された略円筒体に作製されている。そして、磁石挿入穴 4 6 の対が、それぞれ、同じ長方形断面の穴形状を有し、回転子鉄心 4 2 A の外周側を軸方向に貫通して、周方向に等角ピッチで 8 対形成されている。磁石挿入穴 4 6 の対は、回転子鉄心 4 2 A の軸心から径方向外方に向かって開いた V 字形状に配置されている。さらに、回転子溝 4 7 が、それぞれ、回転子鉄心 4 2 A の軸方向一端から他端に至るように、回転子鉄心 4 2 A の外周面に等角ピッチで 8 つ凹設されている。

【 0 0 6 1 】

さらに、永久磁石 4 3 が、磁石挿入穴 4 6 のそれぞれに挿入、固着され、回転子 4 0 A が構成される。隣り合う磁石挿入穴 4 6 の対には、逆極性となるように着磁された永久磁石 4 3 が挿入され、磁石挿入穴 4 6 の対の外周側が突極となる。このように、回転子 4 0 A は、周方向に交互に異なる 8 つの磁極を有する。

10

なお、実施の形態 2 は、回転子 4 0 に替えて、回転子 4 0 A を用いている点を除いて、上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【 0 0 6 2 】

したがって、この実施の形態 2 においても、実施の形態 1 と同様の効果が得られる。

【 0 0 6 3 】

この実施の形態 2 では、溝方向を軸方向とする回転子溝 4 7 が、回転子鉄心 4 2 A の外周面に等角ピッチで 8 つ形成されているので、凹凸が回転子鉄心 4 2 A の外周面に形成される。そこで、回転子 4 0 A の回転時に、回転子鉄心 4 2 A の外周面の凹凸がファンとして機能し、ハウジング内の空気を循環させる。これにより、回転子 4 0 A と外気との熱交換が活発化し、回転子 4 0 A の冷却性が向上される。また、渡り線 2 6 間の隙間を通過する空気量が増加し、固定子 1 の冷却性が向上される。さらに、冷却用ファン 4 4 が不要となり、回転電機の低コスト化と小型化が図られる。

20

【 0 0 6 4 】

また、冷却用液体供給装置 1 2 0 を稼働させた場合、渡り線 2 6 間の隙間を通過して、回転子 4 0 A 側に流れてきた冷却用液体が、回転子鉄心 4 2 A の外周面の凹凸により外径側に飛散され、固定子巻線 6 の冷却に供せられる。そこで、固定子巻線 6 が内径側から冷却され、固定子巻線 6 の冷却性が向上される。

【 0 0 6 5 】

なお、上記各実施の形態では、巻線体が矩形断面の導体線（平角線）を用いて作製されているが、巻線体を構成する導体線の断面は矩形に限定されず、例えば円形断面の導体線（丸線）を用いてもよい。

30

【 0 0 6 6 】

また、上記各実施の形態では、第 1 三相交流巻線が U 1 相巻線、V 1 相巻線および W 1 相巻線を Y 結線して構成され、第 2 三相交流巻線が U 2 相巻線、V 2 相巻線および W 2 相巻線を Y 結線して構成されているが、第 1 三相交流巻線が U 1 相巻線、V 1 相巻線および W 1 相巻線を Δ 結線して構成され、第 2 三相交流巻線が U 2 相巻線、V 2 相巻線および W 2 相巻線を Δ 結線して構成されてもよい。

【 0 0 6 7 】

また、上記各実施の形態では、U 1 相巻線、V 1 相巻線、W 1 相巻線、U 2 相巻線、V 2 相巻線および W 2 相巻線がそれぞれ小コイル群を直列に接続して構成されているが、U 1 相巻線、V 1 相巻線、W 1 相巻線、U 2 相巻線、V 2 相巻線および W 2 相巻線がそれぞれ小コイル群を並列に接続して構成されてもよい。

40

【 0 0 6 8 】

また、上記各実施の形態では、48 個のスロットが設けられている固定子鉄心を用いたが、スロットの総数は 48 個に限定されない。また、スロット数が毎極毎相当たり 2 の割合で形成されているものとしているが、毎極毎相当たりのスロット数は 2 に限定されず、1 でもよく、3 以上でもよい。そして、上記各実施の形態では、毎極毎相当たりのスロット数が 2 で、巻線体の直線部が挿入されるスロットの間隔が 6 スロット角度間隔（1 磁極ピッチ）であったが、毎極毎相当たりのスロット数が 1 の場合には、巻線体の直線部が挿

50

入されるスロットの間隔は、3スロット角度間隔（1磁極ピッチ）となる。

【0069】

また、上記各実施の形態では、巻線体が全節巻きの巻線で構成されているが、巻線体は短節巻きや長節巻きの巻線で構成されてもよい。

【0070】

また、上記各実施の形態では、径方向に配列された2つのδ字のコイルパターンが一続きに形成された巻線体を用いているが、巻線体は、1つのδ字のコイルパターンにより形成されてもよいし、径方向に配列された3つ以上のδ字のコイルパターンを一続きに形成してもよい。

【0071】

また、上記各実施の形態では、径方向に配列された2つのδ字のコイルパターンが一続きに形成された巻線体を用いているが、分布巻きの巻線体が固定子鉄心に1スロットピッチでスロット数と同数配設され、各巻線体の巻き始め端部が第2コイルエンドの内径側から軸方向外方に突出し、巻き終わり端部が第2コイルエンドの外径側から軸方向外方に突出していれば、巻線体は径方向に配列された2つのδ字のコイルパターンが一続きに形成された巻線体に限定されない。例えば、導体線を螺旋状に複数回巻き回した、いわゆる亀甲形のコイルパターンに形成された巻線体を用いてもよい。

【0072】

また、上記各実施の形態では、径方向に配列された2つのδ字のコイルパターンが一続きに形成された巻線体を用いているが、導体線の巻き始め端部が第2コイルエンドの内径側から軸方向外方に突出し、巻き終わり端部が第2コイルエンドの外径側から軸方向外方に突出していれば、波巻巻線を用いてもよい。

【0073】

また、上記各実施の形態では、回転子が固定子の内周側に配設されたインナーロータ型の回転電機について説明しているが、本発明は、回転子が固定子の外周側に配設されたアウトロータ型の回転電機に適用しても、同様の効果が得られる。

【符号の説明】

【0074】

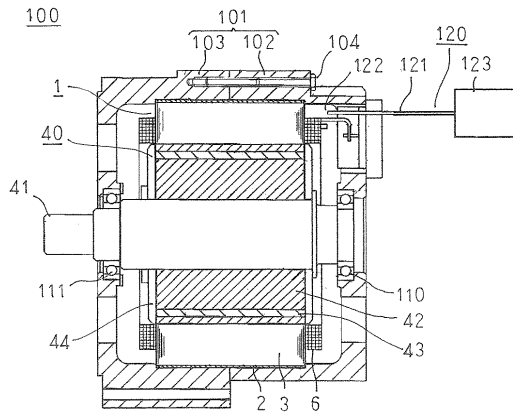
3 固定子鉄心、5 スロット、6 固定子巻線、9 導体線、10h, 10i 巻線端（導体端末）、40, 40A 回転子、42, 42A 回転子鉄心、44 冷却用ファン、47 回転子溝、120 冷却用液体供給装置。

10

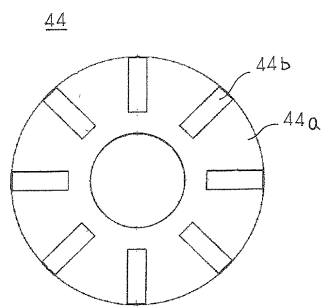
20

30

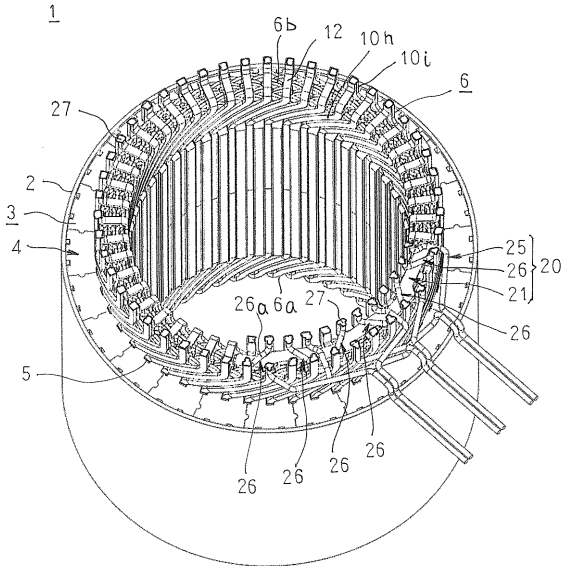
【図 1】



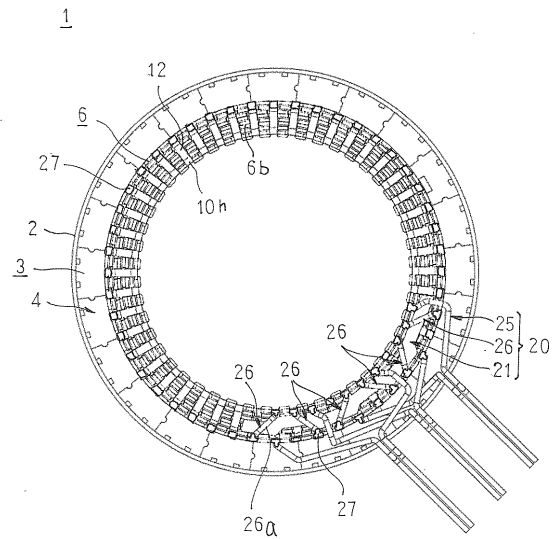
【図 2】



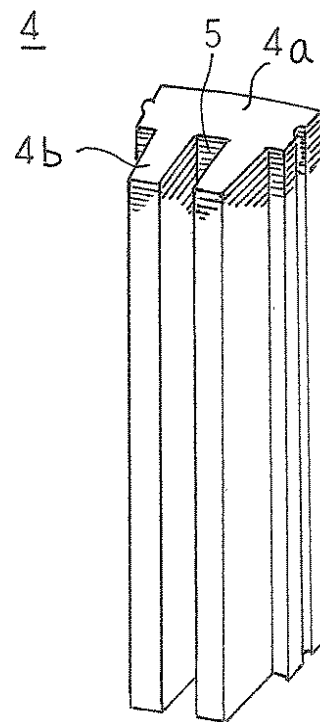
【図 3】



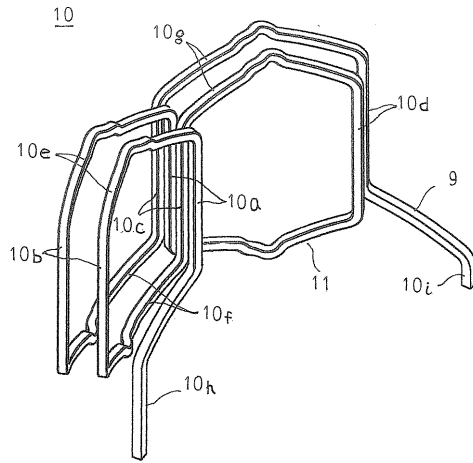
【図 4】



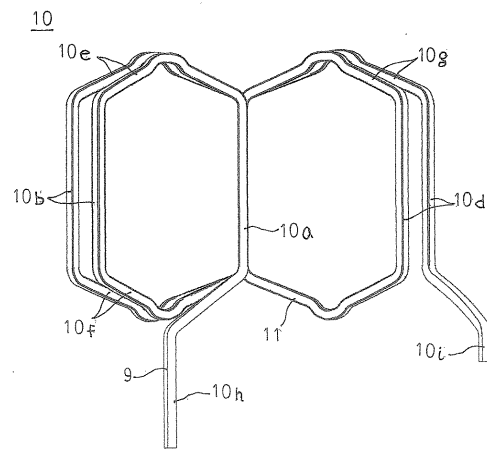
【図 5】



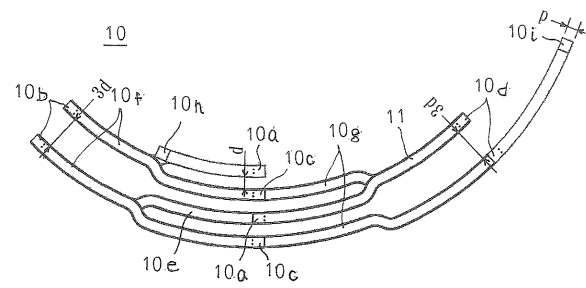
【図 6】



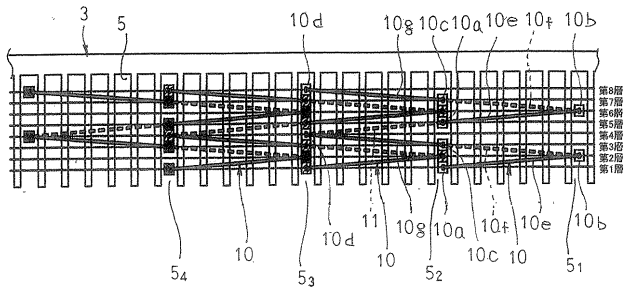
【図 7】



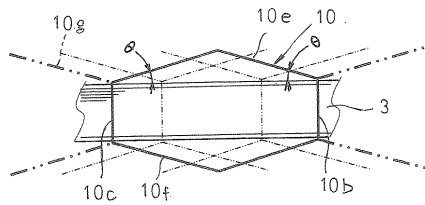
【図 8】



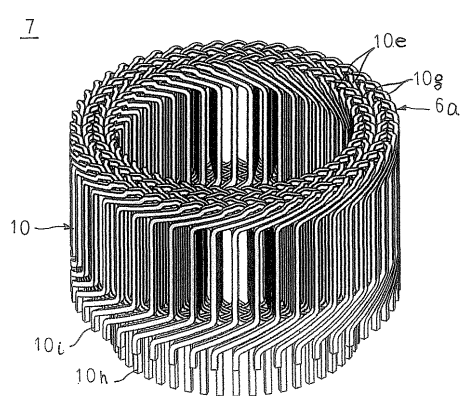
【図 9】



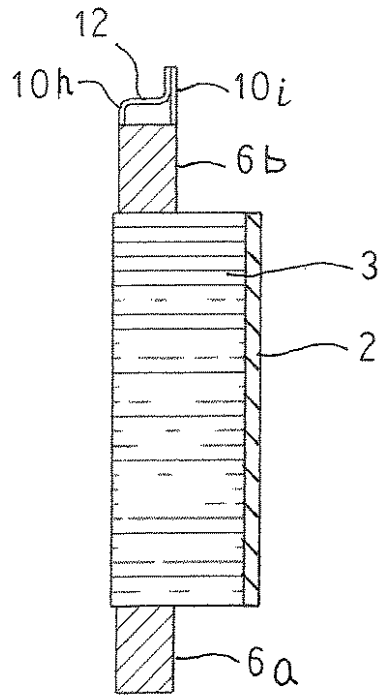
【図 10】



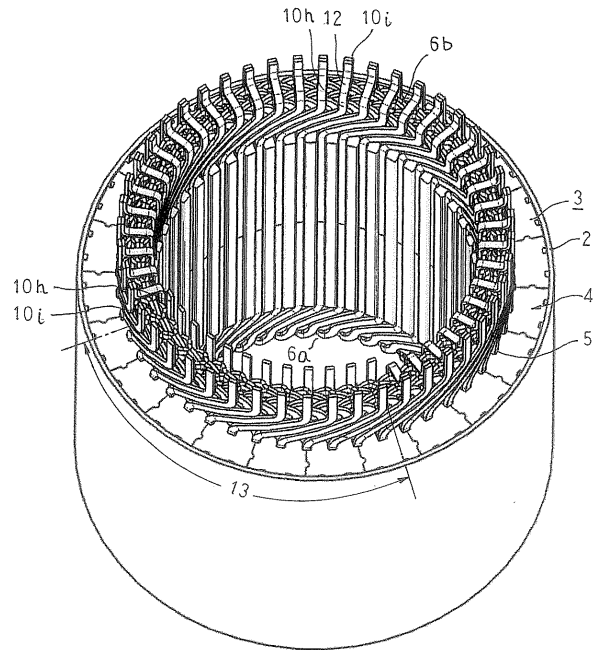
【図 11】



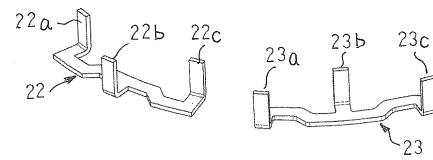
【図 12】



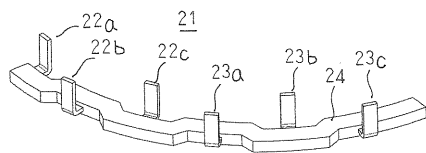
【図 13】



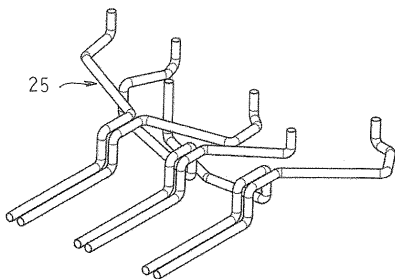
【図 14】



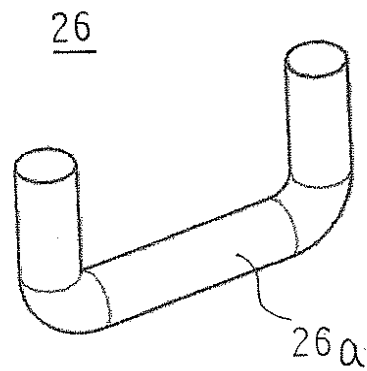
【図 15】



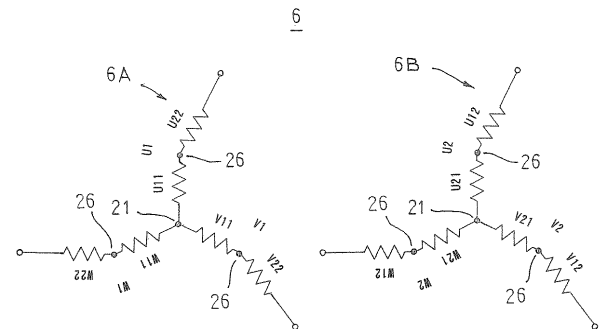
【図 16】



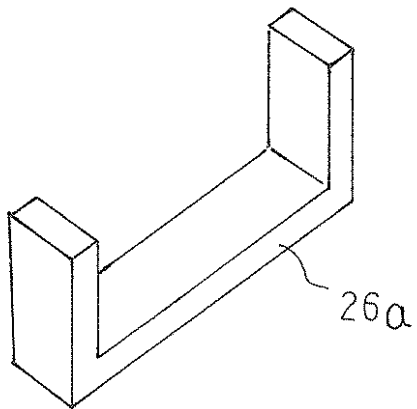
【図 17】



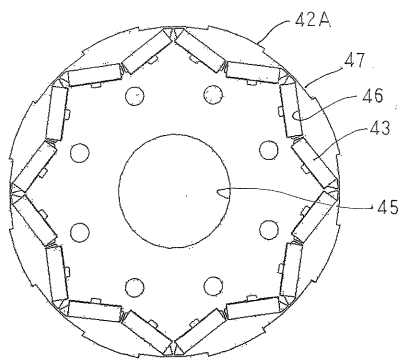
【図 18】



【図 19】

26A

【図 20】

40A

フロントページの続き

(72)発明者 茅野 慎介

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 井上 正哉

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

(72)発明者 中村 成志

東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

Fターム(参考) 5H603 AA11 BB01 BB07 BB09 BB12 CA01 CA05 CA10 CB03 CB04

CB18 CC04 CC07 CC17 CD02 CD06 CE02 EE01

5H609 BB03 BB19 PP02 PP06 PP09 QQ05 QQ20 RR06 RR48