

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6174150号  
(P6174150)

(45) 発行日 平成29年8月2日(2017.8.2)

(24) 登録日 平成29年7月14日(2017.7.14)

(51) Int. Cl. F I  
**HO2K 1/32 (2006.01)** HO2K 1/32 Z  
**HO2K 1/22 (2006.01)** HO2K 1/22 A

請求項の数 7 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願2015-530569 (P2015-530569)	(73) 特許権者	000006013
(86) (22) 出願日	平成25年8月5日(2013.8.5)		三菱電機株式会社
(86) 国際出願番号	PCT/JP2013/071158		東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(87) 国際公開番号	W02015/019402	(74) 代理人	100110423
(87) 国際公開日	平成27年2月12日(2015.2.12)		弁理士 曾我 道治
審査請求日	平成27年7月16日(2015.7.16)	(74) 代理人	100111648
前置審査			弁理士 梶並 順
		(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石埋込型回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

円環状の固定子鉄心、および上記固定子鉄心に巻装された固定子コイルを有する固定子と、

電磁鋼板を積層一体化して構成され、シャフトに固着されて上記固定子鉄心の内側に回転可能に配置される回転子鉄心、それぞれ、上記回転子鉄心の外周側を軸方向に貫通するように形成されて周方向に複数配設された、上記シャフトの軸心と直交する断面を矩形とする磁石収納穴、および上記磁石収納穴のそれぞれに収納された、上記シャフトの軸心と直交する断面を矩形とする永久磁石を有する回転子と、を備えた永久磁石埋込型回転電機において、

接着剤が、上記磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と上記永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間にのみ配設されて、上記永久磁石が上記磁石収納穴の上記外側壁面に片寄せ固定され、

冷媒が流れる冷却流路が、上記永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と上記磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成され、

上記磁石収納穴は、上記磁石収納穴の上記内側壁面の幅方向両側部を突出させて、上記永久磁石の上記内側表面の幅方向両端部のみを支持する支持部を備えていることを特徴とする永久磁石埋込型回転電機。

【請求項2】

上記シャフトに固着されて一面が上記回転子鉄心の軸方向一端面に接するように配設さ

れた第 1 端板を備え、

軸内流路が、上記シャフトの軸心位置に軸方向に延びるように形成され、

分岐流路が、上記軸内流路から径方向に分岐して上記シャフトの外周面に至るように上記シャフトに形成され、

導入流路が、上記第 1 端板の上記一面に、上記分岐流路と上記冷却流路とを連通するように形成され、

第 1 排出路が、上記導入流路の外周部と上記第 1 端板の他面側とを連通するように上記第 1 端板に形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の永久磁石埋込型回転電機。

【請求項 3】

上記軸内流路が、上記シャフトの軸方向一端から上記第 1 端板の固着位置までの軸方向領域にのみ形成されていることを特徴とする請求項 2 記載の永久磁石埋込型回転電機。

【請求項 4】

上記シャフトに固着されて一面が上記回転子鉄心の軸方向他端面に接するように配設された第 2 端板を備え、

第 2 排出路が、上記冷却流路と上記第 2 端板の他面側とを連通するように上記第 2 端板に形成され、

上記第 1 排出路の流路断面積が、上記冷却流路の流路断面積より小さく、かつ上記第 2 排出路の流路断面積が、上記冷却流路の流路断面積より大きいことを特徴とする請求項 2 又は請求項 3 記載の永久磁石埋込型回転電機。

【請求項 5】

上記磁石収納穴の上記内側壁面が、その幅を径方向内方に向かって狭くする形状に形成され、上記冷却流路の上記シャフトの軸方向と直交する断面形状が三角形に構成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 項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

【請求項 6】

回転子溝が、それぞれ、溝方向を軸方向として、上記回転子鉄心の外周面に軸方向の一端から他端に至るように形成されて、周方向に複数配設されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 5 にいずれか 1 項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

【請求項 7】

上記冷却流路に上記冷媒を供給する冷媒供給手段と、

上記永久磁石の温度を間接的に検出する温度検出器と、

上記冷媒供給手段の駆動を制御する制御装置と、を備え、

上記制御装置は、上記温度検出器の検出温度に基づいて上記永久磁石の温度を推定し、上記永久磁石の推定温度が判定値以下である場合には、冷媒供給手段の駆動を停止し、上記推定温度が上記判定値を超えている場合には、冷媒供給手段の駆動を継続するように構成されていることを特徴とする請求項 1 から請求項 6 にいずれか 1 項に記載の永久磁石埋込型回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

この発明は、永久磁石を回転子鉄心の外周側に埋め込んだ永久磁石埋込型回転電機に関し、特に、回転子鉄心に埋め込まれた永久磁石の冷却構造に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来の永久磁石埋込型回転電機では、永久磁石をロータコアに回転軸方向に延びるように形成されたキャビティ内に配設し、絶縁部材をキャビティの内壁面全体を覆うように形成し、永久磁石の表面と絶縁部材の内側表面により構成される冷却流路に冷却液を流して永久磁石を冷却していた（例えば、特許文献 1 参照）。

【0003】

また、他の従来の永久磁石埋込型回転電機では、永久磁石が埋め込まれた円環状の外側

10

20

30

40

50

ヨーク部と、外側ヨーク部の内側に配設された円環状の内側ヨーク部と、外側ヨーク部の内周面と内側ヨーク部の外周面との間を接続するリブと、によりロータを構成し、外側ヨーク部の内周面に、軸方向一端部から他端部に至るように溝部を形成していた。そして、外側ヨーク部の内周面と内側ヨーク部の外周面とリブにより構成される貫通穴に供給された冷却油が、遠心力により溝部内に導かれ、溝部に案内されてスムーズに流れて、永久磁石を冷却していた（例えば、特許文献2参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2013-17297号公報

10

【特許文献2】特許第5097743号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、特許文献1に記載の従来の永久磁石埋込型回転電機では、絶縁部材がキャビティの内壁面全体を覆うように形成されているので、キャビティの断面形状が絶縁部材を形成するスペース分大きくなる。これにより、永久磁石とキャビティの内壁面との間の距離が長くなり、永久磁石と回転子鉄心との間の磁気抵抗が増大し、永久磁石の磁束量の低下をもたらすという課題があった。

【0006】

20

また、特許文献2に記載の従来の永久磁石埋込型回転電機では、冷却油の流通路が外側ヨーク部と内側ヨーク部とに間に形成されているので、永久磁石の熱は外側ヨーク部を介して冷却油に放熱されることになり、永久磁石を効果的に冷却できないという課題があった。

【0007】

この発明は、上記課題を解決するためになされたもので、永久磁石を磁石収納穴の内壁面に固着する接着剤の使用量を少なくして磁石収納穴の断面積を小さくし、永久磁石と磁石収納穴の内壁面との間の距離を短くし、永久磁石の磁束量の低下を抑制するとともに、冷媒が直に永久磁石を冷却するように冷却流路を構成し、永久磁石を効果的に冷却できる永久磁石埋込型回転電機を得ることを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】

【0008】

この発明に係る永久磁石埋込型回転電機は、円環状の固定子鉄心、および上記固定子鉄心に巻装された固定子コイルを有する固定子と、電磁鋼板を積層一体化して構成され、シャフトに固着されて上記固定子鉄心の内側に回転可能に配置される回転子鉄心、それぞれ、上記回転子鉄心の外周側を軸方向に貫通するように形成されて周方向に複数配設された、上記シャフトの軸心と直交する断面を矩形とする磁石収納穴、および上記磁石収納穴のそれぞれに収納された、上記シャフトの軸心と直交する断面を矩形とする永久磁石を有する回転子と、を備えている。そして、接着剤が、上記磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と上記永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間にのみ配設されて、上記永久磁石が上記磁石収納穴の上記外側壁面に片寄せ固定され、冷媒が流れる冷却流路が、上記永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と上記磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成され、上記磁石収納穴は、上記磁石収納穴の上記内側壁面の幅方向両側部を突出させて、上記永久磁石の上記内側表面の幅方向両端部のみを支持する支持部を備えている。

40

【発明の効果】

【0009】

この発明によれば、永久磁石が磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面に片寄せ固定され、冷媒が流れる冷却流路が、永久磁石の表面の径方向内方に位置する内側表面と磁石収納穴の内壁面の径方向内方に位置する内側壁面とにより構成される。そこで

50

、冷却流路に流れる冷媒が永久磁石の内側表面に直に接し、永久磁石を効果的に冷却することができる。

【 0 0 1 0 】

また、接着剤が、磁石収納穴の内壁面の径方向外方に位置する外側壁面と永久磁石の表面の径方向外方に位置する外側表面との間にのみ配設されているので、接着剤の量が少なく、磁石収納穴の断面積を小さくできる。そこで、永久磁石と磁石収納穴の内壁面との間の距離が短くなり、永久磁石と回転子鉄心との間の磁気抵抗の増大が抑えられる。これにより、磁気抵抗の増大に起因する永久磁石の磁束量の低下を抑えることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 1 1 】

【 図 1 】 この発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

【 図 2 】 この発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

【 図 3 】 この発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における固定子に回転子鉄心を組み込んだ状態を説明する斜視図である。

【 図 4 】 この発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における外部油送機器の駆動制御方法を示すフローである。

【 図 5 】 この発明の実施の形態 2 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

【 図 6 】 この発明の実施の形態 3 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

【 図 7 】 この発明の実施の形態 4 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

【 図 8 】 この発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。

【 図 9 】 この発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心のモータ停止時の状態を示す端面図である。

【 発明を実施するための形態 】

【 0 0 1 2 】

以下、本発明の永久磁石埋込型回転電機の好適な実施の形態について図面を用いて説明する。

【 0 0 1 3 】

実施の形態 1 .

図 1 はこの発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図、図 2 はこの発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図、図 3 はこの発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における固定子に回転子鉄心を組み込んだ状態を説明する斜視図、図 4 はこの発明の実施の形態 1 に係る永久磁石埋込型回転電機における外部油送機器の駆動制御方法を示すフローである。なお、図 1 中、矢印は冷却油の流れを示している。

【 0 0 1 4 】

図 1 から図 3 において、永久磁石埋込型回転電機 1 0 0 は、円環状の固定子 1 と、固定子 1 を内側に収納、保持する円筒状のフレーム 7 と、それぞれ、軸受 1 2 , 1 3 を備え、フレーム 7 の軸方向両端に配設されて、フレーム 7 とともに密閉する空間を形成するフロントフレーム 1 0 およびリヤフレーム 1 1 と、シャフト 1 6 を軸受 1 2 , 1 3 に支持されて、固定子 1 の内側に回転可能に配設された回転子 1 5 と、外部油送機構 3 5 と、外部油送機構 3 5 の駆動を制御する制御装置 4 0 と、を備えている。

【 0 0 1 5 】

固定子 1 は、円環状の固定子鉄心 2、および固定子鉄心 2 に装着された固定子コイル 4 を有する。鉄心ブロック 3 は、円弧状のコアバック部 3 a と、コアバック部 3 a の内周面の周方向中央位置から径方向内方に突出したティース 3 b と、を有する。固定子鉄心 2 は、コアバック部 3 a の周方向の側面同士を突き合わせて、1 2 個の鉄心ブロック 3 を周方向に配列して、円環状に構成されている。そして、各鉄心ブロック 3 のティース 3 b には

10

20

30

40

50

、導体線を複数回巻いて作製された集中巻コイル4 aが装着されている。12個の集中巻コイル4 aにより固定子コイル4が構成される。

【0016】

フレーム7は、鉄製の円筒状の外フレーム8の内側にアルミ製の円筒状の内フレーム9を嵌合、一体化して作製されている。そして、集中巻コイル4 aが装着された12個の鉄心ブロック3を、コアバック部3 aの周方向の側面同士を突き合わせて円環状に配列して、フレーム7内に圧入、固着し、固定子1が組み立てられる。

【0017】

回転子15は、円環状の回転子鉄心17と、回転子鉄心17の軸心位置を貫通するように形成されたシャフト挿通穴19に圧入、固定されたシャフト16と、それぞれ回転子鉄心17の外周側を貫通するように装着された16個の永久磁石21と、シャフト16に圧入、固定されて、回転子鉄心17の軸方向の両端面に接するように配設された第1端板25および第2端板29と、を備える。

【0018】

回転子鉄心17は、電磁鋼板の薄板から打ち抜かれた円環状の鉄心片を、貫通穴18を位置決めにして積層一体化して作製され、軸心位置を貫通するシャフト挿通穴19を有する。磁石収納穴20は、それぞれ、シャフト16の軸方向と直交する断面を軸方向に一定とする略矩形とし、回転子鉄心17の外周側を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで8対形成されている。磁石収納穴20の対は、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。

【0019】

ここで、磁石収納穴20の内壁面の径方向外方に位置する部位を外側壁面20 aとし、径方向内方に位置する部位を内側壁面20 bとする。すなわち、磁石収納穴20の断面の径方向外方の長辺で構成される内壁面が外側壁面20 aであり、断面の径方向内方の長辺で構成される内壁面が内側壁面20 bである。また、磁石収納穴20の断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。

【0020】

永久磁石21は、シャフト16の軸方向と直交する断面を矩形とし、磁石収納穴20のそれぞれに収納されている。ここで、永久磁石21の表面の径方向外方に位置する部位を外側表面21 aとし、径方向内方に位置する部位を内側表面21 bとする。すなわち、永久磁石21の断面の径方向外方の長辺で構成される表面が外側表面21 aであり、断面の径方向内方の長辺で構成される表面が内側表面21 bである。また、永久磁石21の断面の長辺の長さ方向を幅方向とする。

【0021】

磁石収納穴20に収納された永久磁石21は、その外側表面21 aのみを接着剤22により磁石収納穴20の外側壁面20 aに接着固定されている。これにより、永久磁石21は、磁石収納穴20内で外側壁面20 a側に片寄せられ、永久磁石21の内側表面21 bと磁石収納穴20の内側壁面20 bとの間に隙間が形成される。この隙間は、回転子鉄心17を軸方向に貫通し、冷却流路23を構成する。

【0022】

磁石収納穴20の対に収納された永久磁石21の対は、同じ磁極となるように着磁されている。そして、永久磁石21の8対は、周方向に交互に磁極が異なるように配置されている。ここでは、永久磁石21は、シャフト16の軸方向と直交断面を矩形とする短冊状に作製された6つの磁石ブロック210を軸方向に1列に配列して構成されている。

【0023】

さらに、溝方向を軸方向とする回転子溝24が、それぞれ、同じ長方形断面の溝形状で、回転子鉄心17の外周面に、回転子鉄心17の軸方向一端から他端に至るように形成されて、周方向に等角ピッチで8つ配列されている。これらの回転子溝24の周方向中心が、隣り合う磁極間に位置している。

【0024】

10

20

30

40

50

第1端板25は、回転子鉄心17の外径と略等しい外径を有し、かつ軸心位置にシャフト挿通穴26を有するリング状平板に作製されている。導入流路27が、第1端板25の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されている。第1排出路28が、それぞれ、導入流路27の外周部と第1端板25の他面側とを連通するように第1端板25を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで8つ形成されている。

【0025】

第1端板25は、シャフト挿通穴26にシャフト16を通して、一面を回転子鉄心17に向けて軸方向一側からシャフト16に圧入固定される。第1端板25の一面が回転子鉄心17の軸方向の一端面に接し、導入流路27の開口が塞口される。回転子鉄心17に形成された冷却流路23が導入流路27に接続される。第1排出路28が、冷却流路23のそれぞれの径方向外方に位置している。

10

【0026】

第2端板29は、回転子鉄心17の外径と略等しい外径を有し、かつ軸心位置にシャフト挿通穴30を有するリング状平板に作製されている。導入流路31が、第2端板29の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されている。第2排出路32が、それぞれ、導入流路31の外周部と第2端板29の他面側とを連通するように第2端板29を軸方向に貫通して、周方向に等ピッチで8つ形成されている。ここでは、第2端板29は、第1端板25と同一形状に形成されている。

【0027】

第2端板29は、シャフト挿通穴30にシャフト16を通して、一面を回転子鉄心17に向けて軸方向他側からシャフト16に圧入固定される。第2端板29の一面が回転子鉄心17の軸方向の他端面に接し、導入流路31の開口が塞口される。回転子鉄心17に形成された冷却流路23が導入流路31に接続される。第2排出路32が、冷却流路23のそれぞれの径方向外方に位置している。

20

【0028】

シャフト16は、軸心位置を軸方向に貫通する軸内流路33と、それぞれ、軸内流路33から径方向に分岐して、軸内流路33と第1端板25に形成された導入流路27とを連通する分岐流路34と、を備える。

【0029】

供給配管36が冷媒供給手段である外部油送機構35の吐出口とシャフト16の軸内流路33の入口とを連結している。また、戻り配管37がフレーム7の下方に取り付けられたオイルパン38、およびシャフト16の軸内流路33の出口と外部油送機構35の吸入口とを連結している。

30

制御装置40は、固定子鉄心2に配設されたサーミスタなどの温度検出器41からの検出温度に基づいて外部油送機構35の駆動を制御する。

【0030】

このように構成された永久磁石埋込型回転電機100は、例えば、外部電源から固定子コイル4に給電され、8極12スロットのインナーロータ型の同期モータとして動作する。

【0031】

そして、外部油送機構35が駆動されると、冷却油は、図1に矢印で示されるように、供給配管36から軸内流路33に圧送され、分岐流路34を介して導入流路27に流入する。導入流路27に流入した冷却油は、導入流路27を通過して径方向外方に流れ、冷却流路23に流入する。冷却流路23に流入した冷却油は、冷却流路23を通過して軸方向他側に流れて永久磁石21の熱を吸熱し、第2排出路32から排出される。第2排出路32から排出された冷却油は、遠心力により飛散され、固定子コイル4のリヤ側コイルエンドに当たって固定子コイル4の熱を吸熱し、オイルパン38に集められる。

40

【0032】

導入流路27を通過して径方向外方に流れた冷却油の一部が、第1排出路28から排出される。第1排出路28から排出された冷却油は、遠心力により飛散され、固定子コイル4

50

のフロント側コイルエンドに当たって固定子コイル4の熱を吸熱し、オイルパン38に集められる。

オイルパン38に集められた冷却油は、シャフト16の軸内流路33の出口から排出された冷却油とともに、戻り配管37を通過して外部油送機構35に戻される。

【0033】

この実施の形態1によれば、永久磁石21が、外側表面21aを磁石収納穴20の外側壁面20aに接着固定され、磁石収納穴20内の外側壁面20a側に片寄せられている。そして、冷却流路23が、永久磁石21の内側表面21bと磁石収納穴20の内側壁面20bとの間に形成されている。そこで、冷却流路23を流通する冷却油が永久磁石21の内側表面21bに直接接するので、永久磁石21を効果的に冷却することができる。

10

【0034】

永久磁石21を固着する接着剤22が、永久磁石21の外側表面21aと磁石収納穴20の外側壁面20aとの間にのみ塗布されている。そこで、接着剤22の使用量が減り、コストを削減できる。また、接着剤22の量が減る分、磁石収納穴20の断面積が小さくできるので、永久磁石21と磁石収納穴20の内側壁面との間の距離が短くなり、永久磁石21と回転子鉄心17との間の磁気抵抗の増大が抑えられる。これにより、磁気抵抗の増大に起因する永久磁石21の磁束量の低下を抑えることができる。

【0035】

回転子溝24が回転子鉄心17の外周面に軸方向の一端から他端に至るように形成されている。そこで、回転子鉄心17を構成する鉄心片間から外周側に漏れ出る冷却油は、回転子溝24を通過して軸方向に流される。これにより、冷却油が固定子鉄心2と回転子鉄心17との間のエアギャップに滞留することによるトルク低下が抑えられる。

20

【0036】

第1端板25と第2端板29が同一形状に作製されている。そこで、第1端板25を第2端板29に兼用でき、部品点数を削減できる。

【0037】

第1端板25は、導入流路27の外周部と第1端板25の他面側とを連通する第1排出路28を備えている。そこで、導入流路27を流通する冷却油の一部が第1排出路28から排出され、遠心力により固定子コイル4のフロント側コイルエンドに浴びせられるので、固定子コイル4の温度上昇を抑えることができる。

30

【0038】

第2端板29は、導入流路31の外周部と第2端板29の他面側とを連通する第2排出路32を備えている。そこで、冷却流路23を流通した冷却油が第2排出路32から排出され、遠心力により固定子コイル4のリア側コイルエンドに浴びせられるので、固定子コイル4の温度上昇を抑えることができる。

【0039】

ここで、制御装置40による外部油送機構35の制御について図4を参照しつつ説明する。なお、制御装置40には、例えば、温度検出器41の検出温度と永久磁石21の温度との対応表のデータ、永久磁石21が熱減磁する温度に対して安全率を加味して設定された判定値などが格納されている。

40

【0040】

まず、モータ(永久磁石埋込型回転電機101)が作動すると、制御装置40は外部油送機構35を駆動する(ステップ100)。これにより、冷却油が軸内流路33、分岐流路34および導入流路27を介して冷却流路23に供給され、永久磁石21の冷却が行われる。

【0041】

ついで、制御装置40は、モータが停止した否かを判定する(ステップ101)。制御装置40は、モータが停止したと判定すると、温度検出器41の検出温度と格納されているデータに基づいて、永久磁石21の温度を推定する。そして、磁石推定温度が判定値以下であるか否かを判定する(ステップ102)。ステップ102において、磁石推定温度

50

が判定値以下であると判定すると、永久磁石 2 1 が十分に冷却されていると判断し、外部油送機構 3 5 の駆動を停止する（ステップ 1 0 3）。これにより、永久磁石 2 1 は、冷却流路 2 3 に滞留する冷却油により冷却される。

【 0 0 4 2 】

ステップ 1 0 2 において、磁石推定温度が判定値を超えていると判定すると、永久磁石 2 1 が十分に冷却されていないと判断し、外部油送機構 3 5 の駆動を継続し（ステップ 1 0 4）、ステップ 1 0 2 に戻る。これにより、冷却された冷却油が冷却流路 2 3 に供給され、永久磁石 2 1 の冷却に供せられる。

【 0 0 4 3 】

この実施の形態 1 による外部油送機構 3 5 の駆動制御方法によれば、固定子鉄心 2 に配設された温度検出器 4 1 による検出温度に基づいて永久磁石 2 1 の温度を推定し、磁石推定温度が判定値以下であるか否かを判断し、磁石推定温度が判定値以下である場合には、外部油送機構 3 5 の駆動を停止している。これにより、外部油送機構 3 5 の消費電力を低減できる。また、磁石推定温度が判定値を超える場合には、外部油送機構 3 5 の駆動を継続し、冷却された冷却油を冷却流路 2 3 に供給しているため、永久磁石 2 1 の過度の温度上昇が抑えられ、永久磁石 2 1 の熱減磁を防止することができる。

【 0 0 4 4 】

なお、上記実施の形態 1 では、導入流路 2 7、3 1 が、第 1 端板 2 5 および第 2 端板 2 9 の一面を、その外周縁部を残して一定の深さだけ窪ませて形成されているが、導入流路は、それぞれ、溝方向を径方向として、シャフト挿通穴から外周端近傍に至るように第 1 端板および第 2 端板の一面に形成された流路溝を、周方向に等ピッチで 8 つ配列して構成してもよい。この場合、第 1 排出路および第 2 排出路は、流路溝のそれぞれの外周部と第 1 端板および第 2 端板の他面側とを連通するように、第 1 端板および第 2 端板を貫通して形成すればよい。

【 0 0 4 5 】

また、上記実施の形態 1 では、温度検出器 4 1 が固定子鉄心 2 のコアバック部 3 a に配設されているが、温度検出器 4 1 の配設場所は、コアバック部 3 a に限定されず、永久磁石 2 1 の温度を間接的に測定できる場所であればよく、例えば、固定子コイル 4 のコイルエンドでもよい。

【 0 0 4 6 】

実施の形態 2 .

図 5 はこの発明の実施の形態 2 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

【 0 0 4 7 】

図 5 において、軸内流路 3 3 A が、シャフト 1 6 A の軸心位置に軸方向一端から、第 1 端板 2 5 に形成された導入流路 2 7 の径方向下方の位置まで延びるように形成されている。そして、分岐流路 3 4 が、軸内流路 3 3 A の軸方向他端と導入流路 2 7 とを連通するようにシャフト 1 6 A に形成されている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【 0 0 4 8 】

このように構成された永久磁石埋込型回転電機 1 0 1 では、軸内流路 3 3 A が、シャフト 1 6 A のフロント側のみに形成されるので、シャフト 1 6 A のコストを削減できる。

【 0 0 4 9 】

実施の形態 3 .

図 6 はこの発明の実施の形態 3 に係る永久磁石埋込型回転電機を示す断面図である。

【 0 0 5 0 】

図 6 において、第 1 排出路 2 8、冷却流路 2 3、および第 2 排出路 3 2 の流路断面積が、第 1 排出路 2 8、冷却流路 2 3、第 2 排出路 3 2 の順に大きくなっている。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【 0 0 5 1 】

このように構成された永久磁石埋込型回転電機 1 0 2 では、第 1 排出路 2 8 の流路断面

10

20

30

40

50



積が冷却流路 2 3 の流路断面積より小さくなっているため、導入流路 2 7 を流通してきた冷却油の第 1 排出路 2 8 からの流出量が制限される。これにより、冷却流路 2 3 に供給される冷却油の量が十分に確保され、永久磁石 2 1 の冷却性を低下させることがない。

第 2 排出路 3 2 の流路断面積が冷却流路 2 3 の流路断面積より大きくなっているため、冷却流路 2 3 を流通してきた冷却油が第 2 排出路 3 2 から流出しやすくなる。これにより、冷却流路 2 3 内を流通する冷却油の流速が速くなり、永久磁石 2 1 を冷却する性能が高められる。

【 0 0 5 2 】

実施の形態 4 .

図 7 はこの発明の実施の形態 4 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図である。 10

【 0 0 5 3 】

図 7 において、磁石収納穴 2 0 A は、その内側壁面 2 0 b の幅方向両側が径方向外方に突出するように回転子鉄心 1 7 A に形成されている。磁石収納穴 2 0 A の内側壁面 2 0 b の幅方向両側の突出部が支持部 4 3 を構成する。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【 0 0 5 4 】

このように構成された回転子鉄心 1 7 A を用いた回転子 1 5 A では、磁石収納穴 2 0 A 内に収納された永久磁石 2 1 の内側表面 2 1 b の幅方向両側が、支持部 4 3 により支持される。そこで、永久磁石 2 1 の外側表面 2 1 a と磁石収納穴 2 0 A の外側壁面 2 0 a とを 20  
接着する接着剤 2 2 の層を薄くすることができるので、接着剤 2 2 の層が薄くなる分、磁石収納穴 2 0 A の断面積を小さくでき、永久磁石 2 1 の磁束量の低下が抑えられる。

【 0 0 5 5 】

実施の形態 5 .

図 8 はこの発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心を示す端面図、図 9 はこの発明の実施の形態 5 に係る永久磁石埋込型回転電機における回転子鉄心のモータ停止時の状態を示す端面図である。

【 0 0 5 6 】

図 8 において、磁石収納穴 2 0 B は、その内側壁面 2 0 b の幅が径方向内方に向かって漸次狭くなる V 字状に回転子鉄心 1 7 B に形成されている。これにより、冷却流路 2 3 B 30  
は三角形の流路断面に形成される。

なお、他の構成は上記実施の形態 1 と同様に構成されている。

【 0 0 5 7 】

このように構成された回転子鉄心 1 7 B を用いた回転子 1 5 B では、冷却流路 2 3 B が三角形の流路断面に形成されている。そこで、冷却油の圧力を長方形の流路断面に形成された冷却流路 2 3 に供給される冷却油の圧力より低くしても、冷却流路 2 3 と同等の冷却性能が得られるので、外部油送機構 3 5 の消費電力を低下させることができる。

【 0 0 5 8 】

また、モータの駆動を停止した場合、図 9 に示されるように、冷却流路 2 3 B に滞留する冷却油 4 4 と永久磁石 2 1 との接触面積が大きくなる。したがって、モータ停止時、冷却流路 2 3 B に滞留する冷却油 4 4 により、永久磁石 2 1 を効果的に冷却できる。 40

【 0 0 5 9 】

なお、上記各実施の形態では、回転電機を電動機に適用した場合について説明しているが、回転電機を発電機に適用しても、同様の効果を奏する。

また、上記各実施の形態では、8 極 1 2 スロットの回転電機について説明しているが、極数およびスロット数は、8 極 1 2 スロットに限定されないことは言うまでもないことである。

【 0 0 6 0 】

また、上記各実施の形態では、磁極を構成する 2 つの永久磁石がシャフト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ものとしているが、永久磁石の配置はこれ 50

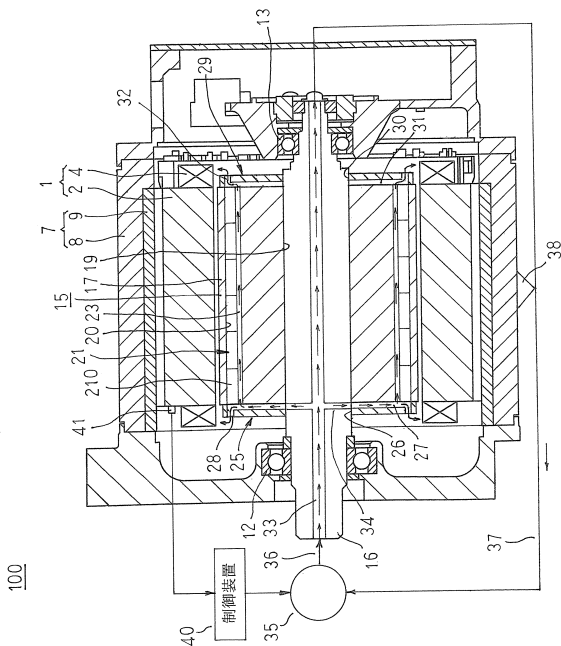
に限定されない。例えば、永久磁石を同一円筒面に接するように周方向に等角ピッチに配置し、永久磁石のそれぞれが磁極を構成するようにしてもよい。

【0061】

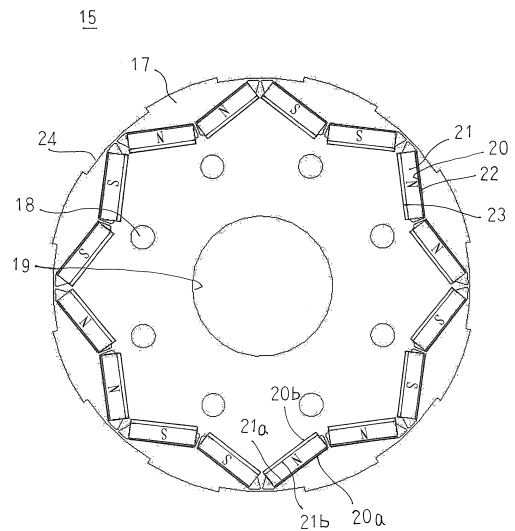
また、上記各実施の形態では、永久磁石が、軸方向に6つの磁石ブロックに分割されているが、永久磁石は、6つの磁石ブロックを連結した一体物に構成してもよい。

また、上記各実施の形態では、永久磁石がシャフトの軸方向と直交する断面を矩形に作製されているが、永久磁石の断面は矩形に限定されず、例えば円弧状に湾曲した円弧形でもよい。この場合、磁石収納穴は、永久磁石の断面形状に適合する断面形状に形成される。

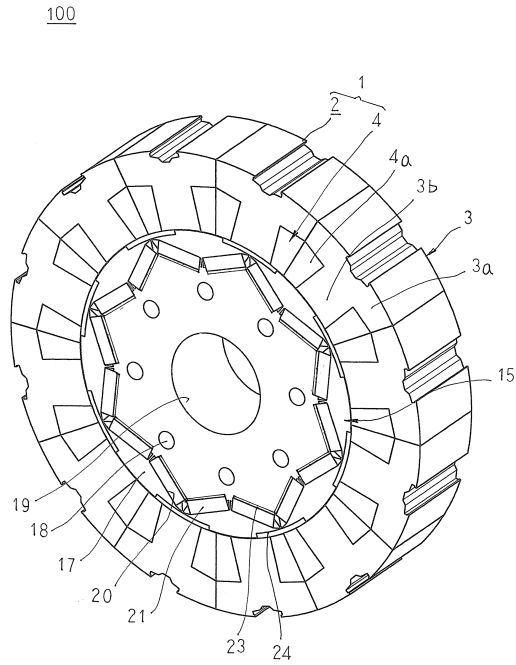
【図1】



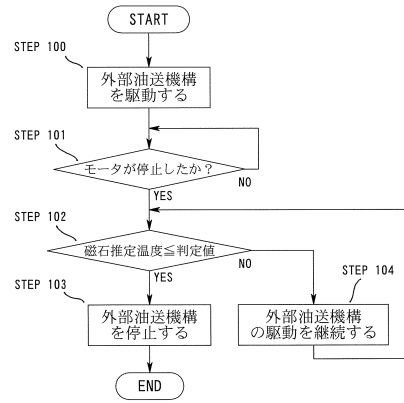
【図2】



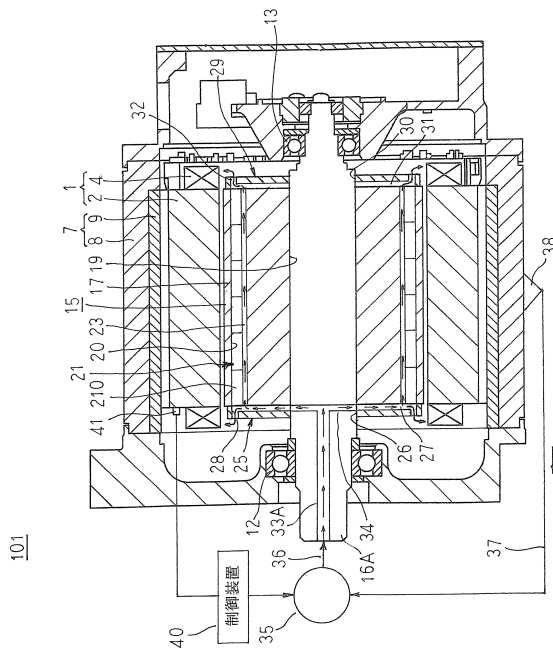
【図3】



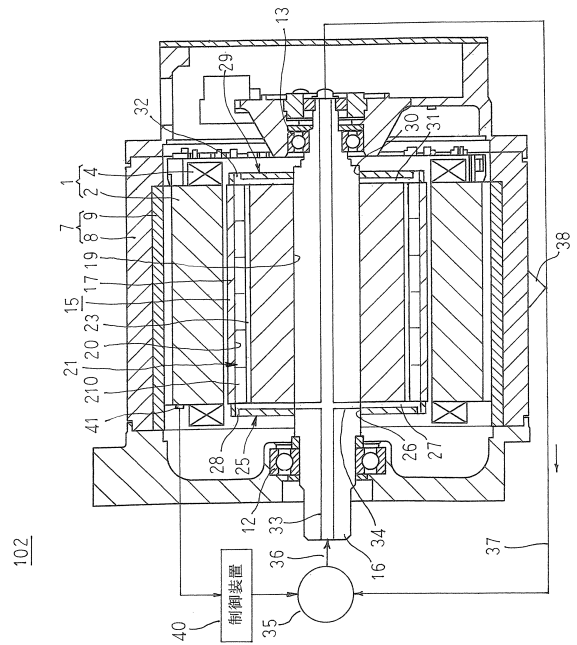
【図4】



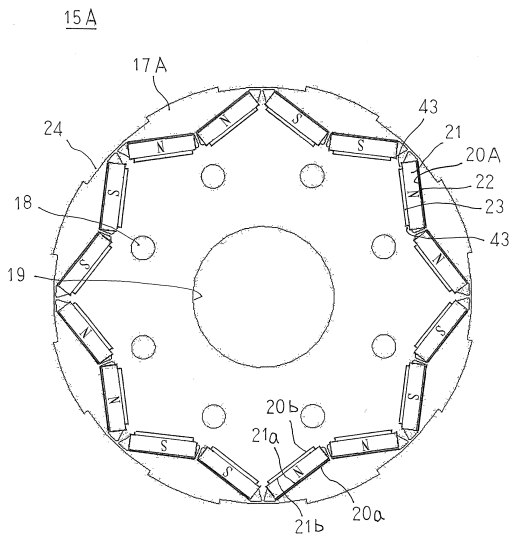
【図5】



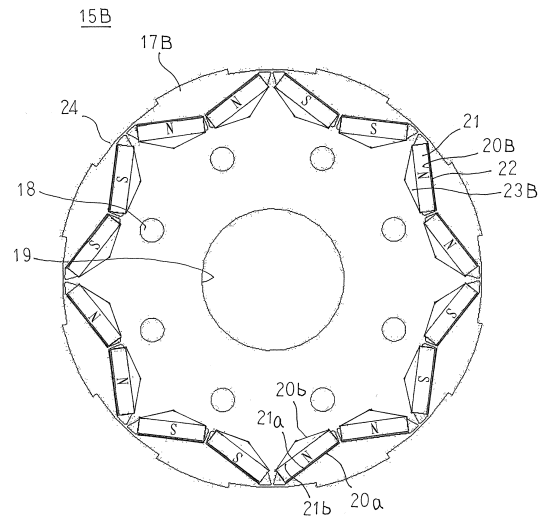
【図6】



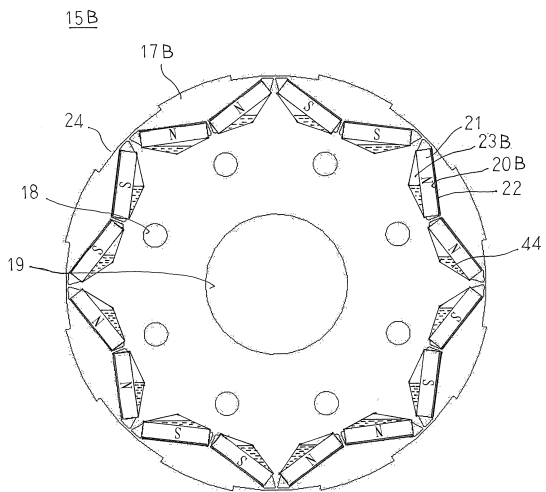
【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 9 】



---

フロントページの続き

- (72)発明者 堀井 雅樹  
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 橋田 佳明  
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

審査官 三澤 哲也

- (56)参考文献 特開2002-345188(JP,A)  
特開2009-303293(JP,A)  
特開2013-013182(JP,A)  
特開2001-037129(JP,A)  
特開2008-178243(JP,A)  
特開2005-245085(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/32  
H02K 1/22  
H02K 1/27  
H02K 9/19 - 9/20