

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4066219号
(P4066219)

(45) 発行日 平成20年3月26日(2008.3.26)

(24) 登録日 平成20年1月18日(2008.1.18)

(51) Int.Cl. F I
 HO2K 21/04 (2006.01) HO2K 21/04 ZHV
 HO2K 19/22 (2006.01) HO2K 19/22

請求項の数 6 (全 14 頁)

| | | | |
|-----------|-------------------------------|-----------|--|
| (21) 出願番号 | 特願2000-175290 (P2000-175290) | (73) 特許権者 | 000004260 株式会社デンソー |
| (22) 出願日 | 平成12年6月12日(2000.6.12) | | 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 |
| (65) 公開番号 | 特開2001-359264 (P2001-359264A) | (74) 代理人 | 100081776 弁理士 大川 宏 |
| (43) 公開日 | 平成13年12月26日(2001.12.26) | (72) 発明者 | 福島 明 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内 |
| 審査請求日 | 平成18年7月27日(2006.7.27) | (72) 発明者 | 梶浦 裕章 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内 |
| | | 審査官 | 大山 広人 |

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 静止界磁コイル式磁石併用同期機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ハウジングと、

電機子巻線が巻装されて前記ハウジングの内周面に固定されたステータコアと、
 積層又は螺旋巻きされた電磁鋼板により構成されて前記ステータコアの内周面に所定ギャップを隔てて前記ハウジングに相対回転自在に支承される円筒状のロータコアと、
 前記ロータコアに固定されて前記ロータコアの外周面に周方向極性交互かつ所定の磁極ピッチで界磁極を形成する複数の永久磁石と、
 前記ロータコアに軸方向に挿通されて前記永久磁石により形成される磁石磁界を磁氣的に短絡する磁気短絡部材と、
 前記ロータコアの径内側に配置されて前記ロータコアを通じて前記磁気短絡部材に軸方向に磁束を流す界磁コイルと、
 前記ロータコアの径内側にて前記界磁コイルとともに前記ハウジングの端壁部に固定されて前記ロータコア及び磁気短絡部材とともに前記界磁コイルが形成する磁束を貫流させる短絡磁気回路を構成する静止ヨークと、
 を備え、

前記ロータコアの内周部は、前記静止ヨークの外周面に低磁気抵抗で磁氣的に結合する磁氣的凸部、及び、前記静止ヨークの外周面に高磁気抵抗で磁氣的に結合する磁氣的凹部が周方向磁極ピッチ毎に交互に形成された磁氣的凹凸部を有し、
 前記磁氣的凸部及び磁氣的凹部は、前記ロータコアの内周部の軸方向一端部及び軸方向他

端部にて周方向逆位置に配置されることを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

【請求項 2】

請求項 1 記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、
前記ロータコアは、軸方向に貫設されて前記永久磁石を收容する磁石收容用貫通孔を有し、

前記永久磁石の磁極面は、周方向両端面に形成され、
周方向に隣接する 2 つの前記永久磁石の対向端面は同一極性に磁化されて前記 2 つの前記永久磁石間の前記ロータコアの外周面を同一極性の界磁極に磁化し、前記磁氣的凹部は、前記ロータコアの外周面に形成された 2 つの極性の前記界磁極の一方の径内側に位置して前記ロータコアの内周面から径内側に凹設された凹部からなり、
前記磁氣的凸部は、前記ロータコアの外周面に形成された 2 つの極性の前記界磁極の他方の径内側に位置して前記ロータコアの内周面から径内側に突設された凸部からなることを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

10

【請求項 3】

請求項 1 記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、
前記ロータコアは、軸方向に貫設されて前記永久磁石を收容する磁石收容用貫通孔を有し、

前記永久磁石の磁極面は、周方向両端面に形成され、
周方向に隣接する 2 つの前記永久磁石の対向端面は同一極性に磁化されて前記 2 つの前記永久磁石間の前記ロータコアの外周面を同一極性の界磁極に磁化し、前記磁氣的凹部は、
前記ロータコアの外周面に形成された 2 つの極性の前記界磁極の一方の径内側に位置して前記ロータコアの内周部に位置して軸方向に貫設された長孔からなり、
前記磁氣的凸部は、前記ロータコアの外周面に形成された 2 つの極性の前記界磁極の他方の径内側に位置して前記ロータコアの内周部に位置して前記長孔をもたない中実部からなることを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

20

【請求項 4】

請求項 1 記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、
前記ロータコアは、周方向両端部が前記ロータコアの外周部に達し、周方向中央部が前記周方向両端部材よりも径内側に位置する円弧状径方向断面をもち、前記ロータコアの界磁極数の半分の個数だけ形成された磁石收容用貫通孔を有し、前記永久磁石は、前記磁石收容用貫通孔の略深さ方向に着磁され、
各前記磁石收容用貫通孔内の前記永久磁石は、略回転対称位置にて同一極性の磁極面をもち、
前記磁石收容用貫通孔の前記周方向中央部は、前記ロータコアの内周面近傍に達して前記磁氣的凹部をなすことを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

30

【請求項 5】

請求項 2 ないし 4 のいずれか記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、
前記ロータコアの外周面は、前記磁石收容用貫通孔の径外側に位置して径内側に凹設された外周凹部を有し、
前記ロータコアを構成する前記電磁鋼板は、前記外周凹部にて溶接されていることを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

40

【請求項 6】

請求項 2 乃至 5 のいずれか記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、略径方向へ形成されて前記磁石收容用貫通孔又は前記磁氣短絡部材收容孔と前記ロータコアの内周面を連通するスリットを有することを特徴とする静止界磁コイル式磁石併用同期機。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、使用回転数範囲の広い自動車用回転機として好適な静止界磁コイル式磁石併用同期機に関する。

50

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

永久磁石型同期機は他の形式の同期機に比較して高出力でコンパクト化が容易であり、ハイブリッド車や電気自動の車両走行モータに好適であるが、車両走行モータでは、低速トルクを十分に確保するとともに、高速回転時に過大な電機子巻線誘起電圧が駆動回路の半導体駆動素子などに印加されるのを防止するため、高速回転時の磁石磁界を低減する手段を設ける必要がある。

【 0 0 0 3 】

本出願人の出願になる特開平 1 0 - 3 0 4 6 3 3 号公報は、永久磁石型ロータコア内に、これら永久磁石を磁氣的に短絡する磁気短絡部材を軸方向に挿通し、更にロータコアの径内側に静止ヨークを設けてそれに界磁コイルを巻装し、界磁コイルへの通電により磁気短絡部材を流れる短絡磁束量を調節し、これにより電機子巻線と有効に鎖交する有効界磁束量を制御して電機子巻線の発電電圧を調節可能とする静止界磁コイル式磁石併用同期機を提案している。

10

【 0 0 0 4 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、上記した公報の静止界磁コイル式磁石併用同期機は、ロータコアの一端面から軸方向外側へ突出する軟磁性ピンの先端部に回転ヨークを固定し、この回転ヨークの内周面と静止ヨークの外周面とを近接させることにより、界磁コイル電流による磁束（電流磁束）が軟磁性ピンを軸方向へ流れるように構成しているために、ステータコアの内周面と対面するロータコアより上記回転ヨークの分だけロータの軸方向長が増大して体格が増大するという欠点があった。

20

【 0 0 0 5 】

また、回転慣性質量が増大し、また回転ヨークに作用する遠心力を支承する問題から高速回転性に劣るという問題も派生した。

【 0 0 0 6 】

本発明は、上記問題点に鑑みなされたものであり、軸長短縮及び高速回転性の向上が可能な高出力の静止界磁コイル式磁石併用同期機を提供することをその目的としている。

【 0 0 0 7 】

【課題を解決するための手段】

請求項 1 記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機は、ハウジングと、電機子巻線が巻装されて前記ハウジングの内周面に固定されたステータコアと、積層又は螺旋巻きされた電磁鋼板により構成されて前記ステータコアの内周面に所定ギャップを隔てて前記ハウジングに相対回転自在に支承される円筒状のロータコアと、前記ロータコアに固定されて前記ロータコアの外周面に周方向極性交互かつ所定の磁極ピッチで界磁極を形成する複数の永久磁石と、前記ロータコアに軸方向に挿通されて前記永久磁石により形成される磁石磁界を磁氣的に短絡する磁気短絡部材と、前記ロータコアの径内側に配置されて前記ロータコアを通じて前記磁気短絡部材に軸方向に磁束を流す界磁コイルと、前記ロータコアの径内側にて前記界磁コイルとともに前記ハウジングの端壁部に固定されて前記ロータコア及び磁気短絡部材とともに前記界磁コイルが形成する磁束を貫流させる短絡磁気回路を構成する静止ヨークとを備え、

30

前記ロータコアの内周部は、前記静止ヨークの外周面に低磁気抵抗で磁氣的に結合する磁氣的凸部、及び、前記静止ヨークの外周面に高磁気抵抗で磁氣的に結合する磁氣的凹部が周方向磁極ピッチ毎に交互に形成された磁氣的凹凸部を有し、前記磁氣的凸部及び磁氣的凹部は、前記ロータコアの内周部の軸方向一端部及び軸方向他端部にて周方向逆位置に配置されることを特徴としている。

40

【 0 0 0 8 】

本発明によれば、界磁コイルが巻装された静止ヨークの外周面にギャップを挟んで対面するロータコアの内周部に磁氣的凹凸部を設けているので、静止界磁コイル式磁石併用同期機において、上記公報のごとき回転ヨークロータコアの軸方向外側に追設する必要がなく

50

、その分だけロータの軸長を短縮して小型高出力化を実現することができる。また、回転慣性質量の低減及びロータコア又は磁気短絡部材に掛かる遠心力を低減することができるので、高速回転が可能となり、出力向上、小型軽量化が可能となる。

【0009】

請求項2記載の構成によれば請求項1記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において更に、前記ロータコアは、軸方向に貫設されて前記永久磁石を收容する磁石收容用貫通孔を有し、前記永久磁石の磁極面は、周方向両端面に形成され、周方向に隣接する2つの前記永久磁石の対向端面は同一極性に磁化されて前記2つの前記永久磁石間の前記ロータコアの外周面を同一極性の界磁極に磁化し、前記磁氣的凹部は、前記ロータコアの外周面に形成された2つの極性の前記界磁極の一方の径内側に位置して前記ロータコアの内周面から径内側に凹設された凹部からなり、前記磁氣的凸部は、前記ロータコアの外周面に形成された2つの極性の前記界磁極の他方の径内側に位置して前記ロータコアの内周面から径内側に突設された凸部からなることを特徴としている。

10

【0010】

本構成によれば、簡素な構成で請求項1記載の磁氣的凹凸部を形成することができる。

【0011】

請求項3記載の構成によれば請求項1記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において更に、前記ロータコアは、軸方向に貫設されて前記永久磁石を收容する磁石收容用貫通孔を有し、前記永久磁石の磁極面は、周方向両端面に形成され、周方向に隣接する2つの前記永久磁石の対向端面は同一極性に磁化されて前記2つの前記永久磁石間の前記ロータコアの外周面を同一極性の界磁極に磁化し、前記磁氣的凹部は、前記ロータコアの外周面に形成された2つの極性の前記界磁極の一方の径内側に位置して前記ロータコアの内周部に位置して軸方向に貫設された長孔からなり、前記磁氣的凸部は、前記ロータコアの外周面に形成された2つの極性の前記界磁極の他方の径内側に位置して前記ロータコアの内周部に位置して前記長孔をもたない中実部からなることを特徴としている。

20

【0012】

本構成によれば、簡素な構成で請求項1記載の磁氣的凹凸部を形成することができる。

【0013】

請求項4記載の構成によれば請求項1記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において、前記ロータコアは、周方向両端部が前記ロータコアの外周部に達し、周方向中央部が前記周方向両端部材よりも径内側に位置する円弧状径方向断面をもち、前記ロータコアの界磁極数の半分の個数だけ形成された磁石收容用貫通孔を有し、前記永久磁石は、前記磁石收容用貫通孔の略深さ方向に着磁され、各前記磁石收容用貫通孔内の前記永久磁石は、略回転対称位置にて同一極性の磁極面をもち、前記磁石收容用貫通孔の前記周方向中央部は、前記ロータコアの内周面近傍に達して前記磁氣的凹部をなすことを特徴としている。

30

【0014】

本構成によれば、簡素な構成で請求項1記載の磁氣的凹凸部を形成することができる。

【0015】

請求項5記載の構成によれば請求項2ないし4のいずれか記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において更に、前記ロータコアの外周面は、前記磁石收容用貫通孔の径外側に位置して径内側に凹設された外周凹部を有し、前記ロータコアを構成する前記電磁鋼板は、前記外周凹部にて溶接されていることを特徴としている。

40

【0016】

本構成によれば、溶接肉盛り部を後加工することなくロータコアの積層電磁鋼板を一体化して機械的強度を向上することができるとともに、ロータコアの磁気特性を損なうことが少ない。

【0017】

請求項6記載の構成によれば請求項2乃至5のいずれか記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機において更に、略径方向へ形成されて前記磁石收容用貫通孔又は前記磁気短絡部材收容孔と前記ロータコアの内周面を連通するスリットを有することを特徴としている。

50

【 0 0 1 8 】

本構成によれば、磁気短絡部材収容孔や磁石収容用貫通孔への磁気短絡部材や磁石の挿通が容易となる。

【 0 0 1 9 】

【 発明の実施の形態 】

本発明の好適な態様を実施例を参照して以下に説明する。

【 0 0 2 0 】

【 実施例 1 】

実施例 1 記載の静止界磁コイル式磁石併用同期機を図 1 ~ 図 3 を参照して説明する。

(全体構造の説明)

回転機 1 0 0 0 は、ステータ 1 1 0 0 と、ロータ 1 2 0 0 とを有し、ステータ 1 1 0 0 は、フロントフレーム 1 9 1 0 およびエンドフレーム 1 9 1 1 の内周面に固定されている。

【 0 0 2 1 】

ロータ 1 2 0 0 は、軸受け 1 9 2 0、1 9 2 1 を介してフロントフレーム 1 9 1 0 およびエンドフレーム 1 9 1 1 に支承されており、その外周面はエアギャップを介してステータ 1 1 0 0 の内周面に対面している。1 9 3 0 はロータ 1 2 0 0 の回転位置を測定するレゾルバロータであり、1 9 3 1 はレゾルステータである。

【 0 0 2 2 】

ステータ 1 1 0 0 は、電磁鋼板を軸方向に積層してなるステータコア 1 1 2 0 に 3 相コイル 1 1 1 0 を巻装してなり、ステータコア 1 1 2 0 は、3 相コイル 1 1 1 0 を挿入するスロット 1 1 2 1、ティース 1 1 2 2 およびコアバック 1 1 2 3 を有している。

【 0 0 2 3 】

ロータ 1 2 0 0 は、電磁鋼板製のロータコア 1 2 1 0、軟磁性体鉄心製のロータヨーク 1 2 7 0 を有している。

【 0 0 2 4 】

ロータコア 1 2 1 0 は、図 2 (図 1 における E - E 線矢視断面図) に示すように多数の輪板状の電磁鋼板を軸方向に積層することにより (電磁薄鋼板を螺旋状に巻き重ねて軸方向に積層してもよい) 円筒形状に形成されている。ロータコア 1 2 1 0 は、周方向に等間隔ピッチ (磁極ピッチ) で軸方向に貫設された角形の磁石挿入孔 (磁石収容用貫通孔) 1 2 1 1、及び、周方向に隣り合う 2 つの磁石挿入孔 1 2 1 1 の間に軸方向に貫設された丸孔 (短絡部材収容用貫通孔) 1 2 1 2 を有している。

【 0 0 2 5 】

ロータコア 1 2 1 0 の内周部には、後述の界磁ヨーク 1 2 3 2 からの磁束が通過容易な磁氣的凸部 1 2 5 0、及び、通過しにくい磁氣的凹部 1 2 5 1 が磁極ピッチ毎に交互に形成されてなる磁氣的凹凸部が形成されている。

【 0 0 2 6 】

磁石挿入孔 1 2 1 1 には磁石 1 2 8 0 が、丸孔 1 2 1 2 には軟磁性体からなる軟磁性ピン (磁気短絡部材) 1 2 8 1 が軸方向に圧入 (または嵌合) されている。

【 0 0 2 7 】

磁氣的凸部 1 2 5 0 は、周方向一つおきの丸孔 1 2 1 2 の内周側に隣接して周方向両側の 2 つの磁石挿入孔 1 2 1 1 の間にわたって設けられ、磁氣的凹部 1 2 5 1 は、他の丸孔 1 2 1 2 の内周側に隣接して周方向両側の 2 つの磁石挿入孔 1 2 1 1 の間にわたって設けられている。磁氣的凸部 1 2 5 0 及び磁氣的凹部 1 2 5 1 は、図 1 に示すように、ロータコア 1 2 1 0 の軸方向前半部と軸方向後半部とで位置が逆転して形成されている。

【 0 0 2 8 】

各磁石挿入孔 1 2 1 1 に軸方向に挿入された磁石 1 2 8 0 は、その厚さ方向すなわち略周方向に磁化されており、周方向に隣接する 2 つの磁石 1 2 8 0 は、互いに対面する端面が同一極性の磁極面となっている。

【 0 0 2 9 】

軟磁性ピン 1 2 8 1 は、基端部に丸孔 1 2 1 2 より径大の鍔部を有し、圧入後に軟磁性ピ

10

20

30

40

50

ン 1 2 8 1 の先端部を押し広げてロータコア 1 2 1 0 の各電磁鋼板を軸方向に挟圧している。また、一つおきの軟磁性ピン 1 2 8 1 はロータコア 1 2 1 0 をロータヨーク 1 2 7 0 に固定している。

【 0 0 3 0 】

ロータコア 1 2 1 0 は、その外周面と磁石挿入孔 1 2 1 1 の径外端との間にて図 8 に示すように径内側へ凹設された凹設部をもち、この凹設部は、磁石挿入孔 1 2 1 1 に沿って軸方向に形成されている。この凹設部は、ロータコア 1 2 1 0 の外周面とステータコア 1 1 2 0 の内周面との間に大きなギャップを確保し、磁石 1 2 8 0 の磁束が電機子巻線 1 1 1 0 と十分に鎖交せずに漏れ磁束となってしまうのを抑止している。また、この凹設部は、ロータコア 1 2 1 0 の外周面と磁石挿入孔 1 2 1 1 の径外端との間のロータコア 1 2 1 0 の周方向磁気通路を狭窄して、磁石 1 2 8 0 の漏れ磁束を低減している。更に、この凹設部は、ロータコア 1 2 1 0 の外周面側から軸方向へレーザ溶接されており、これにより、ロータコア 1 2 1 0 を構成する各電磁鋼板を一体化するとともに、この凹設部の磁気特性を劣化させてこの部位を周方向に流れる漏れ磁束を低減している。

10

【 0 0 3 1 】

ロータヨーク 1 2 7 0 は、図 1 及び図 1 の P 視断面図である図 3 に示すように、軟磁性体鉄心を鍛造加工して形成されている。ロータヨーク 1 2 7 0 は、径方向に延在する円板部 1 2 7 1 と、円板部 1 2 7 1 の内周端からリヤ側に延在するボス部 1 2 7 2 とからなるフランジ部材であって、円板部 1 2 7 1 は、円板部 1 2 7 1 の外周端縁から更に径外方向へ放射状に張り出した磁石挿入孔 1 2 1 1 の半分の数のリブ 1 2 7 3 を有している。リブ 1 2 7 3 は、ロータヨーク 1 2 7 0 の軸方向後半部の丸孔 1 2 1 2 (図 2 参照) と同一位置に同一径で形成された丸孔 1 2 7 8 を有している。ロータヨーク 1 2 7 0 の丸孔 1 2 1 2 を貫通した軟磁性ピン(磁性ピン) 1 2 8 1 はリブ 1 2 7 3 の丸孔 1 2 7 8 に圧入され、これにより、ロータコア 1 2 1 0 がロータヨーク 1 2 7 0 に固定されている。1 2 4 0 はスプライン 1 2 4 1 をもつシャフトであって、ボス部 1 2 7 2 に相対回転不能に圧入されている。

20

【 0 0 3 2 】

1 2 7 4 は、軟磁性体よりなるフランジ状の界磁コア(静止ヨーク)であって、その円板部はエンドフレーム 1 9 1 1 の端壁部にねじ 1 9 4 0 にて固定されている。界磁コア 1 2 7 4 のボス部の内周面は、ロータヨーク 1 2 7 0 のボス部 1 2 7 2 の外周面に微小ギャップを隔てて相対回転自在に嵌着され、ロータコア 1 2 1 0 の径内側に存在する空間に軸方向に突出している。界磁コア 1 2 7 4 の上記ボス部の外周面には、界磁巻線 1 2 3 0 が巻装され、界磁巻線 1 2 3 0 の軸方向両側には、界磁磁束をロータコア 1 2 1 0 の内周面に導くための積層電磁鋼板製の界磁ヨーク 1 2 3 2 が圧入により嵌着されている。

30

【 0 0 3 3 】

なお、1 3 5 0 は、外部から界磁巻線 1 2 3 0 へ給電するためのリード部である。

【 0 0 3 4 】

回転電機 1 0 0 0 の 3 相コイル 1 1 1 0 は、直-交電力変換器(インバータ) 2 0 0 を通じてバッテリー 3 0 0 から給電されている。界磁コイル 1 2 3 0 に流れる界磁電流は、リード線 1 3 5 0 を通じて界磁電流制御回路 4 0 0 から給電され、レゾルバのステータ 1 9 3 1 は信号処理回路 5 0 0 に出力し、インバータ 2 0 0、界磁電流制御回路 4 0 0 及び信号処理回路 5 0 0 は制御回路 6 0 0 により制御される。

40

(磁気回路の説明)

次に、磁石 1 2 8 0 が形成する磁石磁界及び界磁コイル 1 2 3 0 の電流が形成する電流磁界について以下に説明する。特に重要な点は、既に説明したようにロータコア 1 2 1 0 の軸方向前半部の磁氣的凸部 1 2 5 0 と軸方向後半部の磁氣的凸部 1 2 5 0 とが周方向へ 1 磁極ピッチだけずれている点にある。

【 0 0 3 5 】

厚さ方向(略周方向)に着磁された磁石 1 2 8 0 はロータコア 1 2 1 0 の外周面に周方向交互に S 磁極、N 磁極を形成する。この S 磁極から出た磁束は、ステータコア 1 1 2 0 と

50

の間のエアギャップを通じてステータコア 1 1 2 0 内で電機子巻線 1 1 1 0 と鎖交し、エアギャップを通じてロータコア 1 2 1 0 に戻る有効磁束となる。

【 0 0 3 6 】

また、磁石 1 2 8 0 の S 磁極から出た磁石磁束は、ロータコア 1 2 1 0 の S 磁極部分の軟磁性体ピン 1 2 8 1、ロータヨーク 1 2 7 0 のリブ部 1 2 7 3、円板部 1 2 7 1、ボス部 1 2 7 2、界磁コア 1 2 7 4 のボス部、界磁ヨーク 1 2 3 2、ロータコア 1 2 1 0 の軸方向後半部の磁氣的凸部 1 2 5 0、N 磁極側軟磁性体ピン 1 2 8 1 を通って磁石 1 2 8 0 の N 磁極に戻り、これにより短絡磁気回路が形成される。

【 0 0 3 7 】

また、磁石 1 2 8 0 の S 磁極から出た磁石磁束は、ロータコア 1 2 1 0 の S 磁極部分の軟磁性体ピン 1 2 8 1、ロータコア 1 2 1 0 の軸方向前半部の磁氣的凸部 1 2 5 0、界磁ヨーク 1 2 3 2 (軸方向前部)、界磁コア 1 2 7 4 のボス部、界磁ヨーク 1 2 3 2 (軸方向後部)、ロータコア 1 2 1 0 の軸方向後半部の磁氣的凸部 1 2 5 0、N 磁極側軟磁性体ピン 1 2 8 1 を通って磁石 1 2 8 0 の N 磁極に戻り、これにより上記短絡磁気回路とほぼ並列の短絡磁気回路が形成される。

【 0 0 3 8 】

当然、ステータ 1 1 0 0 の電機子巻線 1 1 1 0 と鎖交する上記有効磁束は、この短絡磁気回路を流れる磁束分だけ減少する。

【 0 0 3 9 】

上記両短絡磁気回路は、界磁コイル 1 2 3 0 と鎖交しているため、磁石磁界から短絡磁気回路にされる磁束の量は、界磁コイル 1 2 3 0 に通電する電流により制御することができる。

【 0 0 4 0 】

この回転電機の等価磁気回路を図 4 に示す。

【 0 0 4 1 】

ステータ 1 1 0 0 側の磁気抵抗を R_s 、エアギャップの磁気抵抗を R_g 、磁石部の磁気抵抗を R_m とする。 R_m は上記有効磁束が流れる磁気回路のロータ側の磁気抵抗である。上記短絡磁気回路の磁気抵抗のうち上記 R_m を除く磁気抵抗 (短絡磁気抵抗) を R_r 、磁石の起磁力を F_m 、界磁巻線の起磁力を F_c とすると、ステータ 1 1 0 0 側に流れる有効磁束量 Φ_1 は次式で表わせる。

【 0 0 4 2 】

$$\Phi_1 = (R_m F_c + R_r F_m) / (R_r R_m + R_m (R_g + R_s) + (R_g + R_s) R_r)$$

Φ_2 は短絡磁束量である。各パラメータの設定により有効磁束量 Φ_1 は任意に設定できる。例えば界磁巻線 1 2 3 0 に電流を流さないとき ($F_c = 0$) の有効磁束量 Φ_{10} は、

$$\Phi_{10} = R_r F_m / (R_r R_m + R_m (R_g + R_s) + (R_g + R_s) R_r)$$

となり、短絡磁気抵抗 R_r が小のときは Φ_{10} はほぼ 0 となる。短絡磁気抵抗 R_r は、軟磁性体ピン 1 2 8 1、リブ部 1 2 2 3、円筒状鉄心 1 2 3 1 および各部材の接合部の磁気抵抗により決定されるため、各部の断面積および長さを設定することで、界磁巻線 1 2 3 0 に電流を流さない時の有効磁束量 Φ_{10} を設定することができる。ここでは、有効磁束が流れる磁路を構成する磁性材料の B-H 特性の線形領域 (図 5 に示す $0 \sim \dots$ の領域) に設定し、有効磁束量 Φ_1 が磁路を構成する磁性材料の磁気飽和領域に達しないようにする。

【 0 0 4 3 】

界磁巻線 1 2 3 0 に通電した場合は、界磁巻線起磁力 F_c 分の磁束量 Φ_c が形成される。

【 0 0 4 4 】

$$\Phi_c = R_m F_c / (R_r R_m + R_m (R_g + R_s) + (R_s + R_s) R_r)$$

その結果、有効磁束量 Φ_1 は

$$\Phi_1 = \Phi_{10} + \Phi_c$$

10

20

30

40

50

となり、界磁巻線通電流により有効磁束量を調整することができる。なお、磁束量 $1c$ は、短絡磁気回路に漏れる磁石磁束量を減らすと考えることができる。

【0045】

(実施例効果)

上記説明した磁石併用式同期機は、ハイブリッド車や電機自動車などの走行用モータとして特に好適である。

【0046】

この種の走行用モータは車輪回転数に応じて広い回転数範囲で用いられる。弱め界磁制御が不要な低回転域では、界磁巻線 1230 への通電電流を増加させ、有効磁束量 1 を増加する。モータ発生トルクは有効磁束量 1 とトルク電流とに比例するため、有効磁束量 1 を増加させることにより電機子巻線 1110 に通電する電機子電流を低減することができる。

10

【0047】

反作用誘起電圧が印加電圧を超えるため、モータ駆動に弱め界磁制御が必要な高回転域では、界磁巻線 1230 への通電電流をゼロ又は低減して、磁石磁束を短絡磁路へ分流させて、電機子巻線に流す弱め界磁電流を減少させるか又は 0 とすることができる。これにより、最大電機子電流を減らすことができるため、巻線部の発熱が抑えられ回転機を小型化ができ、更に電力変換器 200 の半導体スイッチング素子を小型化することができる。

【0048】

なお、界磁コイル 1230 の銅損は電機子巻線 1110 の銅損に比べてわずかであるため、この実施例記載の界磁電流による弱め界磁は、従来の電機子電流によるそれに比較して効率向上をもたらす。

20

【0049】

また、この実施例では、界磁巻線起磁力 $F_c = 0$ のときの有効磁束量 10 を有効磁路を構成する磁性材料の B-H 特性の線形領域に設定しているため、有効磁束量 10 による反作用誘起電圧が印加電圧以上となる高回転域でモータ駆動する必要が生じたとき、電機子巻線 1110 からの弱め界磁に必要な電機子電流を最小限に抑えることができる。

【0050】

図 5 において説明すると、電機子電流により有効磁束を 0 から $'$ に減少させる場合、B-H カーブが線形であるときに必要 AT を AT_a 、非線形であるときの必要 AT を AT_b とすると $AT_a < AT_b$ となるので、その差に比例して電機子電流を低減することができる。

30

【0051】

更に、従来の永久磁石回式転電機をモータとして動作させ、電機子巻線に弱め界磁電流を流して制御する場合の T-N (トルク-回転数) 特性上の効率マップを図 6 に示し、この実施例の回転電機を上記制御方法にて駆動した場合の T-N 特性上の効率マップを図 7 に示す。両図の比較からわかるように、効率マップ上の最大効率範囲が拡大する。

【0052】

なお、この実施例の回転電機を発電機動作させる場合、 10 を車両用常用負荷のレベルに設定しておき、それ以上の出力が要求されるときのみ界磁巻線に通電すれば、界磁巻線の銅損が低減でき高効率の発電が可能である。

40

【0053】

更に付言すれば、従来、ロータから界磁コントロール可能な同期回転機として突極形同期機、クローボール形同期機があるが、これらは共に界磁巻線のみにより有効磁束を得ており、有効磁束の必要最小限 (短絡磁束解消分) を界磁巻線で補うことが可能なこの実施例の回転電機と比較して、界磁巻線への通電電流が大きく、界磁コイルの大型化、や界磁コイルの抵抗損が大きいという問題がある。ロータ巻装の界磁コイルは冷却性において電機子巻線に劣るので、本実施例の採用により界磁コイルの損失、発熱低減が可能となる。

【0054】

更に、この実施例では、ロータコア 1210 の内周面の軸方向前半部 (又は軸方向一端部

50

と、軸方向後半部（又は軸方向他端部）に磁極ピッチごとに交互に磁氣的凸部 1250 を設けているので、ロータコア 1210 に貫挿した軟磁性ピン 1281 を軸方向反リブ 1273 側に突出させて、この部分から磁性材にて静止ヨークに磁束を流す必要がないため、ロータの軸長短縮及び軽量化を図ることができ、耐遠心力性能も向上することができる。

【0055】

【実施例 2】

本発明の磁石併用式同期機の他の実施例を図 8 を参照して説明する。

【0056】

この実施例では、ロータコア 1210 の内周部に設ける磁氣的凹凸部は、内周面に近接して周方向所定ピッチでそれぞれ軸方向に貫された長孔 1252 により形成され、各長孔 1252 は互いに隣接する磁石 1280 の間に一つおきに設けられている。当然、ロータコア 1210 の内周部のうち、長孔 1252 をもつ部位は磁氣的凹部になり、他の部位が磁氣的凸部となる。

10

【0057】

なお、長孔 1252 と内周面との間の薄肉部 1253 は隣接する磁石 1280 同士の漏れ磁束通路となるが磁気飽和するために漏れ磁束量は無視することができる。

【0058】

【実施例 3】

本発明の磁石併用式同期機の他の実施例を図 9 を参照して説明する。

20

【0059】

この実施例では、ロータコア 1210 の内周部に設ける磁氣的凹凸部は、実施例 2 と同様の長孔 1255 により形成されている。ただし、この実施例の長孔 1255 の周方向両端部は径外側へ向かうにつれて互いに周方向に離れるように傾斜しつつロータコア 1210 の外周面近傍に達し、磁石 1254 が長孔 1255 の周方向両端部にそれぞれ収容されている。すなわち、長孔 1255 の周方向両端部は磁石収容用貫通孔となっている。

【0060】

このように磁石 1254 の磁極面を傾斜させると磁石磁束の方向を磁極中心方向に集中させることができるので、ロータコア 1210 の外周面の界磁極を強化することができる。また、磁石 1254 を孔 1255 の傾斜孔部に装着した後で着磁することが可能になるため、生産性が向上する。

30

【0061】

（変形態様）

図 9 記載の長孔 1255 を図 10 に示すように円弧状の径方向断面形状に変形した変形態様を図 10 に示す。この場合でも、長孔 1257 は図 9 の長孔 1255 と同様の効果を奏することができる。

【0062】

更に、この実施例では、長孔 1257 内部一杯に磁石 1256 を設けている。すなわち、実施例 3 の 2 つの磁石 1254 に比較して磁石個数を半減することができ、更に、磁石体積を増大できる分だけ、界磁極を強化することができる。

40

【0063】

この場合も、実施例 3 と同じく、ロータコア 1210 の内周面及び外周面に外部着磁装置の磁極面を設けてロータコア 1210 内の磁石 1256 を着磁することができ、生産性が向上する。

【0064】

特に、図 10 の例では、円弧状磁石 1256 の中央部は、磁石 1256 の径外側に向いた磁極面をロータコア 1210 の内周面から遮断するため、磁氣的凹部として機能することができ、好都合である。

【0065】

また、界磁ヨークの外周面から出た磁束は、上記長孔 1257 の形状により、ロータコア

50

1210の内周面のより広い部分を利用してロータコア1210の内周面に入ることができるために、短絡磁気回路の磁気抵抗を低減することができる。

【0066】

【実施例4】

本発明の磁石併用式同期機の他の実施例を図11を参照して説明する。

【0067】

この実施例は、図8に示す丸形断面の磁気短絡部材収容孔を、角部がR面取りされた角形断面に変更し、角部がR面取りされた角形断面の軟磁性ピン1214をこの角形断面の磁気短絡部材収容孔に収容しているため、磁気短絡部材の径方向断面積を増大して、その磁気抵抗を低減しているため、短絡磁束量を更に増大することができる。

10

【0068】

また、図8の長孔1253に相当する磁気遮断孔1259をその径外側の磁気短絡部材収容孔に連通路1261を介して連通させている。

【0069】

更に、磁気遮断孔1259及び磁石収容用貫通孔をスリット1291、1290を介して連通させている。

【0070】

これにより、磁石や軟磁性ピン1214の装着が容易となり、これら装着時における電磁鋼板の応力緩和効果も生じる。

【0071】

20

また、連通路1261の両側のフック部1262を角形の軟磁性ピン1214に接して設けているため、軟磁性ピン1214の径方向のずれを防止することができる。更に、この実施例では、ロータコア1210は、磁石1280の径外側の外周面に磁石1280に沿って軸方向に形成された凹部1260を有し、この凹部1260において、ロータコア1210を構成する積層電磁鋼板がレーザー溶接などで溶着補強されている。これにより、ロータコア1210の他の部位の磁気特性への影響を抑止しつつ、ロータコア1210の機械的強度を向上することができる。

【0072】

以上説明した各実施例において、磁石挿入孔を周方向等間隔に形成することにより、磁石をロータコア1210の軸方向全体を貫通するように配設することができ磁石を軸方向で二分する必要がなくなる。

30

【0073】

また、図9、図10に示す実施例3とその変形実施例では、磁石はロータコア1210の軸方向前半部及び軸方向後半部で別々に配設すればよい。

【0074】

また、上記各実施例では、ロータコア1210を厚さが等しい電磁鋼板を用いて形成したが、厚さがばらついていてもよい。また、各電磁鋼板のうち、一部の電磁鋼板の孔形状を他の電磁鋼板の孔形状と異なるようにしてもよい。

【0075】

以上説明した様に本発明によれば、埋込み磁石形回転子の中に有効磁束をコントロール可能な界磁巻線を設けることにより、回転機の全回転数領域において効率最大となる制御が可能となる。また、磁極を円環状電磁鋼板により構成しているため遠心力に対して強く、磁極表面に発生する鉄損を低減することができる。

40

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例1の磁石併用式同期機の軸方向断面図である。

【図2】図1のE-E線矢視断面図である。

【図3】図1のロータのP視矢視側面図である。

【図4】図1の同期機の等価磁気回路図である。

【図5】図1の同期機に用いる磁気材料の磁束密度と磁界との関係を示すB-H特性図である。

50

- 【図6】従来の永久磁石型同期機のトルクと回転数の関係を示す特性図である。
- 【図7】図1の磁石併用式同期機のトルクと回転数の関係を示す特性図である。
- 【図8】実施例2のロータコアを示す径方向断面図である。
- 【図9】実施例3のロータコアを示す径方向断面図である。
- 【図10】図9に示す実施例3の変形態様のロータコアを示す径方向断面図である。
- 【図11】実施例4のロータコアを示す径方向断面図である。

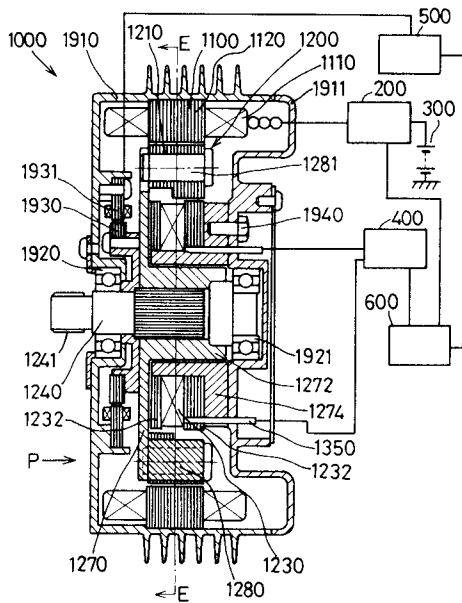
【符号の説明】

- 1000 回転電機
- 1100 ステータ
- 1120 ステータコア
- 1200 ロータ
- 1230 界磁巻線
- 1211 磁石挿入孔（磁石収容用貫通孔）
- 1212 丸孔（短絡部材収容用貫通孔）
- 1270 ロータヨーク
- 1280 磁石（永久磁石）
- 1281 軟磁性体ピン（磁気短絡部材）
- 1910 フロントフレーム（ハウジング）
- 1911 エンドフレーム（ハウジング）
- 1110 電機子巻線
- 1232 界磁ヨーク（静止ヨーク）
- 1274 界磁コア（静止ヨーク）

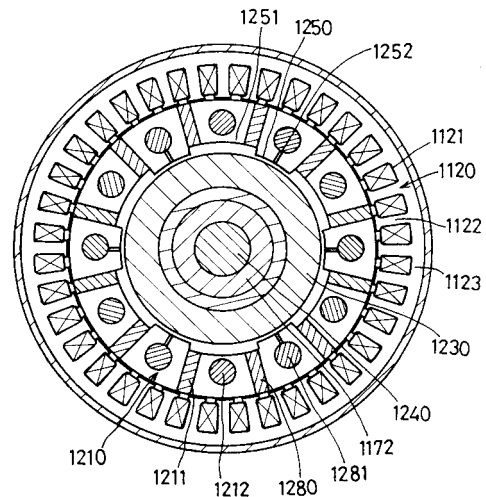
10

20

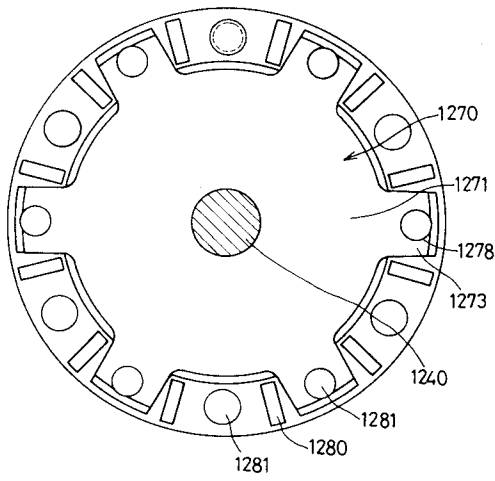
【図1】



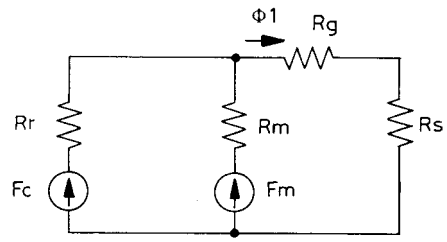
【図2】



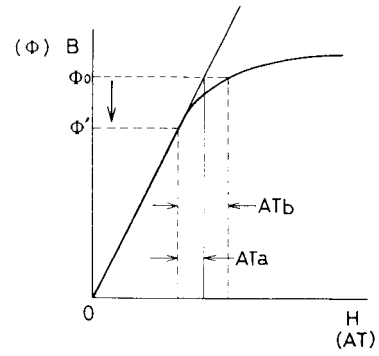
【図3】



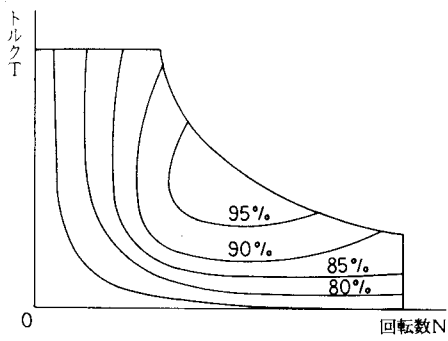
【図4】



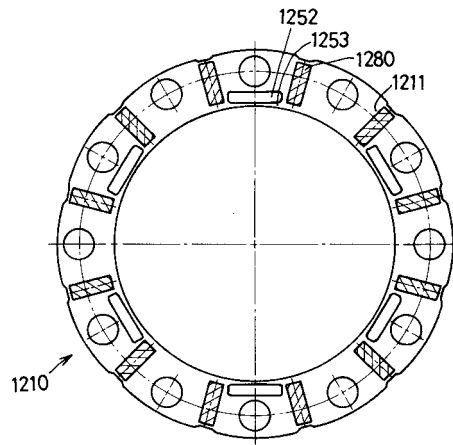
【図5】



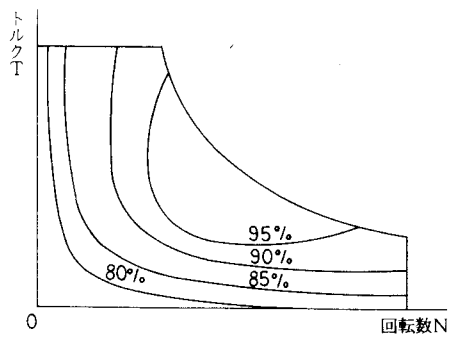
【図6】



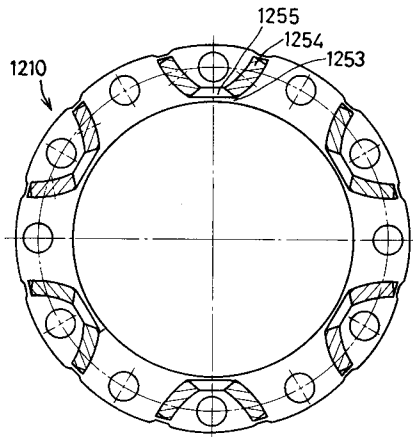
【図8】



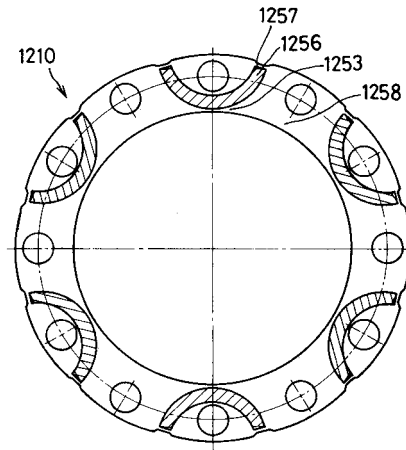
【図7】



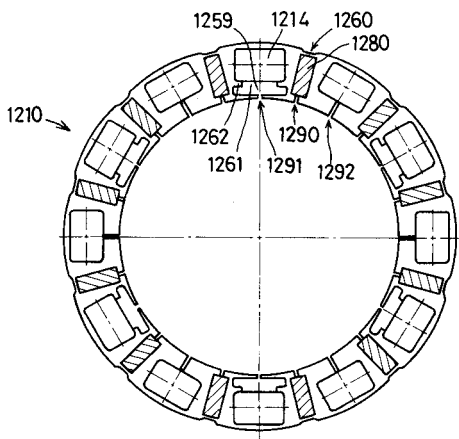
【 図 9 】



【 図 10 】



【 図 11 】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平 1 0 - 3 0 4 6 3 3 (J P , A)
特開昭 6 3 - 1 1 4 5 6 1 (J P , A)
特開平 0 1 - 1 4 4 3 3 7 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H02K 21/04

H02K 19/22