

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5328821号
(P5328821)

(45) 発行日 平成25年10月30日(2013.10.30)

(24) 登録日 平成25年8月2日(2013.8.2)

(51) Int.Cl. F 1
H02K 1/27 (2006.01)
 H02K 1/27 501M
 H02K 1/27 501K
 H02K 1/27 501A

請求項の数 5 (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2011-21418 (P2011-21418)	(73) 特許権者	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
(22) 出願日	平成23年2月3日(2011.2.3)	(73) 特許権者	000000011 アイシン精機株式会社 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地
(65) 公開番号	特開2012-161228 (P2012-161228A)	(74) 代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
(43) 公開日	平成24年8月23日(2012.8.23)	(72) 発明者	佐野 新也 愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内
審査請求日	平成24年4月13日(2012.4.13)	(72) 発明者	黒川 顕史 愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 回転電機用回転子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

回転子鉄心の外周部に複数の磁極が周方向に間隔を置いて設けられている回転電機用回転子であって、

前記磁極はそれぞれ、前記回転子鉄心の外周面近傍に配置される中央磁石と、この中央磁石の周方向両側に外周側へ向かって互いの間隔が広がるように配置される一対の周方向磁石と、前記中央磁石の周方向端部に近接して設けられ前記回転子鉄心を構成する磁性材料よりも透磁率が低い低透磁率領域とを有し、前記周方向磁石の磁極内側面とこれに対向する前記低透磁率領域との間に形成される磁路の幅が前記回転子鉄心の外周面に向かって狭まるように形成されて、前記磁極のd軸インダクタンスの低下分がq軸インダクタンスの低下分より大きくなるように前記低透磁率領域が前記周方向磁石側に拡張されている、
 回転電機用回転子。

【請求項2】

請求項1に記載の回転電機用回転子において、

前記低透磁率領域は前記回転子鉄心に形成された穴によって構成され、前記穴は前記周方向磁石の磁極内側面に前記磁路を挟んで対向する直線状の縁部を有し、前記低透磁率領域の縁部は、この縁部の内周端部を通して前記周方向磁石の磁極内側面に平行な仮想直線に対して所定角度をなす方向に延伸していることを特徴とする回転電機用回転子。

【請求項3】

請求項2に記載の回転電機用回転子において、

前記低透磁率領域の縁部は、前記中央磁石の周方向端部近傍に軸方向に貫通して形成された略三角状の貫通穴の一辺縁部であり、前記貫通穴は、前記中央磁石の周方向両側に形成された低透磁率部分であるポケット部にブリッジ部を挟んで隣接していることを特徴とする回転電機用回転子。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか一項に記載の回転電機用回転子において、

前記磁極は、前記一对の周方向磁石の内周端部間であって径方向内方へ拡張して形成されている磁束抑制穴をさらに有することを特徴とする回転電機用回転子。

【請求項 5】

請求項 1 ないし 4 のいずれか一項に記載の回転電機用回転子において、

前記磁極は、前記磁極の周方向中心を通る径方向線である磁極中心線に対して線対称に構成されていることを特徴とする回転電機用回転子。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機用回転子に係り、特に、回転子鉄心の外周部に複数の磁極が周方向に間隔を置いて設けられている回転電機用回転子に関する。

【背景技術】

20

【0002】

従来、例えば特開 2001-145283 号公報（以下、特許文献 1 という）には、図 6 に示すような構成の磁極 62 が回転子鉄心 64 の周方向に等間隔で複数設けられている永久磁石式回転電機の回転子 60 が開示されている。この回転子 60 の磁極 62 は、4 つの永久磁石 66, 68a, 68b, 70 を含んで構成されている。

【0003】

上記 4 つの永久磁石は、回転子鉄心 64 の径方向断面において四角形、より詳細には台形をなすように配置されている。具体的には、第 1 永久磁石 66 は磁極 62 の周方向中央であって回転子鉄心 64 の外周側に配置され、第 2 永久磁石 68a, 68b は第 1 永久磁石 66 の周方向両側に離れた位置で径方向にそれぞれ略沿って配置されている。そして、

30

第 3 永久磁石 70 は、径方向に回転子鉄心 64 の内周側で上記第 1 永久磁石 66 に対向して配置されている。

【0004】

第 1 永久磁石 66 は、回転子鉄心 64 内に軸方向へ延伸して形成される磁石用溝 74 の主要部 74a 内に配置されている。磁石用溝 74 は、上記主要部 74a の周方向両側にそれぞれ連通する副部 74b, 74c を含む。磁石用溝 74 の副部 74b, 74c の先端部 74x, 74y は、外周側へ向かって突出した形状をなしている。また、第 2 永久磁石 68a, 68b は、回転子鉄心 64 内に軸方向へ延伸して形成される磁石用溝 76 の主要部 74a 内に配置されている。磁石用溝 76 は、上記主要部 76a の径方向外側に延伸する副部 76b を含む。

40

【0005】

上記回転子 60 の磁極 62 では、第 1 永久磁石 66 と第 3 永久磁石 70 との間の鉄心領域が磁路中央部 72 として形成されている。また、磁石用溝 74 の副部 74b, 74c と第 2 永久磁石 68a, 68b および磁石用溝 76 の副部 76b との間に磁路入口部 73 が形成されている。磁路中央部 72 は、第 1 永久磁石 66 の周方向両側にある磁路入口部 73 を介して回転子鉄心 64 の外周面につながっている。なお、第 1 永久磁石 66 の周方向両側にある 2 つの磁路入口部 73 は、一方から回転子鉄心 64 内に入った固定子（不図示）からの磁束が磁路中央部 72 を通って他方から抜けることになるが、磁束の流れ方向が反対になった場合には磁束出入口が逆になることから、ここでは両方とも磁路入口部ということとする。

50

【0006】

上記構成からなる磁極62を有する回転子60では、第1永久磁石66の両側に鉄心材料よりも低透磁率の空隙（または樹脂）を含む副部74b, 74cが設けられていることで、第1永久磁石66の周方向両端部に着磁方向とは逆方向の磁束を受けることがなく、このため第1永久磁石66が減磁されることがないと特許文献1には記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2001-145283号公報

【発明の概要】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上記特許文献1の回転子60では、磁石用溝74の副部74b, 74cと第2永久磁石68a, 68bおよび磁石用溝76の副部76bとが平行に配置されており、その間に形成される磁路入口部73が一定幅に形成されている。この場合、回転子60を備えた回転電機の高負荷運転時に固定子から流れる磁束量が増加したとき、第1永久磁石66の周方向端部からの漏れ磁束、および、第2永久磁石68a, 68bからの磁束が磁路入口部73の内周側部分に集中するため、磁極60のq軸インダクタンス L_q が大きく低下することがあり、その結果、高負荷運転時にリアクタンストルクが得にくくなってトルク発生効率が低下するおそれがある。

20

【0009】

一方、q軸インダクタンス L_q とd軸インダクタンス L_d との差に比例して増加するリアクタンストルクに関しては、回転電機の高負荷運転時にはd軸インダクタンス L_d がより大きく関係することになるため、この点において改善の余地がある。

【0010】

本発明の目的は、回転電機の高負荷回転時におけるリアクタンストルクを増大させてトルク発生効率を改善することができる回転電機用回転子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明に係る回転電機用回転子は、回転子鉄心の外周部に複数の磁極が周方向に間隔を置いて設けられている回転電機用回転子であって、前記磁極はそれぞれ、前記回転子鉄心の外周面近傍に配置される中央磁石と、この中央磁石の周方向両側に外周側へ向かって互いの間隔が広がるように配置される一対の周方向磁石と、前記中央磁石の周方向端部に近接して設けられ前記回転子鉄心を構成する磁性材料よりも透磁率が低い低透磁率領域とを有し、前記周方向磁石の磁極内側面とこれに対向する前記低透磁率領域との間に形成される磁路の幅が前記回転子鉄心の外周面に向かって狭まるように形成されて、前記磁極のd軸インダクタンスの低下分がq軸インダクタンスの低下分より大きくなるように前記低透磁率領域が前記周方向磁石側に拡張されているものである。

30

【0012】

本発明に係る回転電機用回転子において、前記低透磁率領域は前記回転子鉄心に形成された穴によって構成され、前記穴は前記周方向磁石の磁極内側面に前記磁路を挟んで対向する直線状の縁部を有し、前記低透磁率領域の縁部は、この縁部の内周端部を通して前記周方向磁石の磁極内側面に平行な仮想直線に対して所定角度をなす方向に延伸してもよい。

40

【0013】

また、本発明に係る回転電機用回転子において、前記低透磁率領域の縁部は、前記中央磁石の周方向端部近傍に軸方向に貫通して形成された略三角状の貫通穴の一辺縁部であり、前記貫通穴は、前記中央磁石の周方向両側に形成された低透磁率部分であるポケット部にブリッジ部を挟んで隣接していてもよい。

【0014】

50

また、本発明に係る回転電機用回転子において、前記磁極は、前記一对の周方向磁石の内周端部間であって径方向内方へ拡張して形成されている磁束抑制穴をさらに有してもよい。

【0015】

さらに、本発明に係る回転電機用回転子において、前記磁極は、前記磁極の周方向中心を通る径方向線である磁極中心線に対して線対称に構成されてもよい。

【発明の効果】

【0016】

本発明に係る回転電機用回転子では、周方向磁石の磁極内側面とこれに対向する低透磁率領域との間に形成される磁路の幅が前記回転子鉄心の外周面に向かって狭まるように形成されて低透磁率領域が周方向磁石側に拡張されていることから、磁極におけるd軸インダクタンス L_d を高負荷運転時のq軸インダクタンス L_q の低下幅と比較してより大きく低下させることができる。これにより、回転電機の高負荷運転時においてリラクタンストルクを増大させることができ、その結果、高負荷運転時のトルク発生効率を向上させることができる。

10

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】本発明の一実施形態である回転電機用回転子（以下、適宜に回転子とだけいう）を備えた回転電機の軸方向断面図である。

【図2】図1に示す回転子の回転子鉄心の軸方向端面を示す図である。

20

【図3】図2に示す回転子鉄心に含まれる1つの磁極を拡大して示す図である。

【図4】図3中の磁路入口部を拡大して示す図である。

【図5】低・中負荷運転時と高負荷運転時におけるd軸インダクタンスおよびq軸インダクタンスの変化を概略的に示すグラフであり、(A)は本実施形態の回転子の場合、(B)は従来例と同様に構成した場合をそれぞれ示す。

【図6】従来例の回転子の1つの磁極を拡大して示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

以下に、本発明に係る実施の形態について添付図面を参照しながら詳細に説明する。この説明において、具体的な形状、材料、数値、方向等は、本発明の理解を容易にするための例示であって、用途、目的、仕様等にあわせて適宜変更することができる。

30

【0019】

図1は本実施形態の回転子10を備える回転電機1の軸方向断面を示し、図2は回転子10を構成する回転子鉄心12の軸方向端面を示す。

【0020】

回転電機1は、筒状の固定子2と、固定子2の内部に回転可能に設けられる回転子10とを備える。固定子2の内周には、複数のティースが円周方向に等間隔で且つ径方向内方へ向かって突設され、隣り合うティース間にはティースと同数のスロットが内周側と軸方向両端で開口して形成されている。そして、スロットには、ティースの周囲に巻回される固定子コイル3が挿入配置される。これにより、固定子コイル3に通電されると、固定子2の内周側に回転磁界が形成されて、回転子10が回転駆動されることになる。

40

【0021】

なお、ティースの周囲に巻回される固定子コイル3は、複数のティースをまたいでコイルが巻回された分布巻きであってもよいし、または、各ティースごとにコイルがそれぞれ巻回された集中巻きであってもよい。

【0022】

回転子10は、径方向中心に軸穴11を有する円筒状をなす回転子鉄心12と、回転子鉄心12の軸穴11を貫通して固定されるシャフト14と、矢印Xで示すシャフト14（および回転子鉄心12）の軸方向に関して回転子鉄心12の両側に接して配置されるエンドプレート16と、回転子鉄心12およびエンドプレート16をシャフト14上に固定す

50

る固定部材 18 とを備える。

【0023】

回転子鉄心 12 は、例えば板厚 0.3 mm の珪素鋼板等を円環状に打ち抜き加工してそれぞれ形成された多数の電磁鋼板を軸方向に積層して構成されている。回転子鉄心 12 を構成する各電磁鋼板は、回転子鉄心 12 を軸方向に複数分割したブロックごとに又は全て一括してカシメ、接着、溶接等の方法によって一体に連結されている。また、回転子鉄心 12 には、複数の磁極が周方向に均等な間隔で設けられている。各磁極は複数の永久磁石と磁束抑制穴とを含んで構成されるが、その詳細については後述する。

【0024】

シャフト 14 は、丸棒鋼材から形成されており、その外周には径方向外側へ突出するフランジ部 15 が形成されている。このフランジ部は、回転子 10 が組み立てられる際にエンドプレート 16 に当接してシャフト 14 での回転子鉄心 12 の軸方向位置を決める当り部として機能する。また、回転子鉄心 12 は、シャフト 14 に対して締り嵌めによって固定されるか、または、軸穴 11 の縁部に突設したキーをシャフト 14 上のキー溝に嵌合して取り付けらることによって、シャフト 14 に対する周方向位置が固定されている。

10

【0025】

エンドプレート 16 は、回転子鉄心 12 の軸方向端面とほぼ同じ外形状の円板によって構成される。エンドプレート 16 は、例えばアルミニウム、銅等の非磁性金属材料により好適に形成されている。ここで非磁性金属材料とするのは、磁極を構成する永久磁石の軸方向端部における磁束の短絡を抑制するためである。ただし、非磁性材料であれば金属材料に限定されるものではなく、樹脂材料で形成されてもよい。

20

【0026】

回転子鉄心 12 の軸方向両側に設けられるエンドプレート 16 には、回転子鉄心 12 を両側から押え付ける機能、回転子 10 が組み上がった後に部分的に切削加工を施して回転子 10 のアンバランスを修正する機能、磁極を構成する永久磁石が回転子鉄心 12 から軸方向に飛び出すのを防止する機能などがある。

【0027】

なお、本実施形態ではエンドプレート 16 が回転子鉄心 12 とほぼ同等の直径を有するものとして説明および図示するが、磁極を構成する永久磁石が回転子鉄心内に樹脂等によって固定される場合等には、エンドプレートを小径化または廃止等してコスト低減を図ってもよい。

30

【0028】

固定部材 18 は、円筒状をなすかしめ部 20 と、かしめ部 20 の一方端部から径方向外側へ突出する押え部 22 とを含む。固定部材 18 は、その押え部 22 によって回転子鉄心 12 および 2 枚のエンドプレート 16 を上記フランジ部 15 に向かって押圧した状態で、かしめ部 20 がシャフト 14 に対してかしめられることによってシャフト 14 上に固定される。これにより、回転子鉄心 12 がエンドプレート 16 と共にシャフト 14 に対して固定されることになる。

【0029】

図 2 に示すように、円柱状の外形をなす回転子鉄心 12 の中心部にはシャフト 14 を挿入して固定するための軸穴 11 が貫通して形成されている。回転子鉄心 12 がシャフト 14 に締り嵌めによって固定される場合、図 2 に示すように軸穴 11 は円形であってその縁部にキーは形成されていない。ただし、回転子鉄心 12 がキー嵌合を介してシャフト 14 に取り付けられる場合、軸穴 11 の縁部にキー（またはキー溝）が突設（または凹設）されることになる。

40

【0030】

回転子鉄心 12 の外周部には、複数の磁極 24 が周方向に等間隔で設けられている。本実施形態では、8 つの磁極 24 が周方向に 45° 間隔で設けられて例を示す。各磁極 24 は、永久磁石の着磁方向を除いて同一構成であるため、以下においては 1 つの磁極 24 について説明する。

50

【 0 0 3 1 】

図 3 は、図 2 中の 1 つの磁極 2 4 を拡大して示す。なお、図 3 は回転子鉄心 1 2 の軸方向端面視状態で 1 つの磁極 2 4 を示す図であるが、回転子鉄心 1 2 を軸方向に垂直な断面（すなわち径方向断面）の構成もこれと同様である。また、図 3 において磁極 2 4 の周方向中心を通る径方向線である磁極中心線 C が一点鎖線で示されている。

【 0 0 3 2 】

磁極 2 4 は、周方向に関して広がる磁極中央に埋設された中央磁石 2 6 と、中央磁石 2 6 の周方向両側に離れて埋設された一对の周方向磁石 2 8 と、一对の周方向磁石 2 8 の内周端部間であって鉄心領域である磁路中央部 4 4 を挟んで中央磁石 2 6 と対向する位置に形成された磁束抑制穴 3 0 とを含む。

10

【 0 0 3 3 】

中央磁石 2 6 は、回転子鉄心 1 2 の外周面 1 3 近傍の内部に埋設されている。中央磁石 2 6 は、各 2 つの短辺側面および長辺側面を有する扁平長方形の軸方向端面（および軸方向に直交する断面）を有する永久磁石であって、回転子鉄心 1 2 と略同一の軸方向長さに形成されている。また、中央磁石 2 6 は、磁極中心線 C に対して線対称となる位置であって長辺側面が直交する姿勢で配置されている。

【 0 0 3 4 】

中央磁石 2 6 は、回転子鉄心 1 2 内で軸方向に延伸して形成された磁石挿入穴 3 4 に挿入されている。磁石挿入穴 3 4 の周方向両側には、ポケット部 3 6 がそれぞれ連通して形成されている。ポケット部 3 6 を介して注入されるたとえば熱硬化性の樹脂が中央磁石 2 6 と磁石挿入穴 3 4 の内壁面との間に流入して硬化することにより、中央磁石 2 6 が磁石挿入穴 3 4 内に固定されている。

20

【 0 0 3 5 】

ただし、磁石固定用の樹脂注入は何れか一方のポケット部 3 6 を介して行えばよく、他方のポケット部 3 6 は空隙のままとしてもよい。いずれにしてもポケット部 3 6 は、回転子鉄心 1 2 を構成する電磁鋼板よりも透磁率が低い樹脂または空隙を内部に含むことから、中央磁石 2 6 の周方向両端における磁束の短絡を抑制する機能を有する。

【 0 0 3 6 】

中央磁石 2 6 の周方向端部に近接する位置には、回転子鉄心 1 2 を構成する電磁鋼板（磁性材料）よりも透磁率が低い低透磁率領域 3 8 がそれぞれ設けられている。具体的には、低透磁率領域 3 8 は、回転子鉄心 1 2 内を軸方向に延伸して形成される略三角状断面の穴によって構成され、透磁率が低い空隙部を内部に含んでいる。なお、三角状の穴に電磁鋼板よりも低透磁率の材料、たとえば樹脂等を充填して低透磁率領域 3 8 を構成してもよい。

30

【 0 0 3 7 】

低透磁率領域 3 8 をなす三角状の貫通穴 4 0 のうち、磁極内側の一辺縁部は細幅の鉄心領域であるブリッジ部 4 2 を介してポケット部 3 6 に対向し、外周側の一辺縁部は細幅の鉄心領域を介して外周面 1 3 に対向し、磁極外側の一辺縁部は鉄心領域である磁路入口部 4 3 を介して周方向磁石 2 8 に対向している。

【 0 0 3 8 】

周方向磁石 2 8 もまた、中央磁石 2 6 と同様に、各 2 つの短辺側面および長辺側面を有する扁平長方形の軸方向端面（および軸方向に直交する断面）を有する永久磁石であって、回転子鉄心 1 2 と略同一の軸方向長さに形成されている。周方向磁石 2 8 は、中央磁石 2 6 と同一の形状および大きさのものを用いてもよい。このように中央磁石 2 6 および周方向磁石 2 8 を同一のものとするれば、永久磁石の製造および管理等に要するコストを低減できる利点がある。ただし、中央磁石 2 6 と周方向磁石 2 8 とが異なる形状または大きさであってもよいことは勿論である。

40

【 0 0 3 9 】

磁極 2 4 において一对の周方向磁石 2 8 は、それぞれ、回転子鉄心 1 2 内で軸方向に延伸して形成された磁石挿入穴 4 6 に挿入されて樹脂により固定されている。これにより、

50

一对の周方向磁石 28 は、回転子鉄心 12 の外周面 13 へ向かって互いに間隔が広がるように配置されている。逆にいえば、一对の周方向磁石 28 は、内周側へ向かって互いの間隔が狭まるように配置されてもよい。また、周方向磁石 28 は、長手方向である長辺側面が径方向にほぼ沿って配置されている。さらに、一对の周方向磁石 28 は、磁極中心線 C の周方向両側に線対称の関係に配置されている。

【0040】

上記磁石挿入穴 46 の外周側には、ポケット部 48 が連通して形成されている。このポケット部 48 は、周方向磁石 28 の短辺側面に沿って軸方向に延伸して形成されている。ポケット部 48 は、電磁鋼板よりも透磁率が低い空隙または樹脂を内部に含むことから、周方向磁石 28 の外周側端部における磁束の短絡を抑制する機能を有する。周方向磁石 28 を固定するための樹脂は、このポケット部 48 を介して注入されてもよい。

10

【0041】

上記磁束抑制穴 30 は、一对の周方向磁石 28 の内周端部間であって径方向内方の位置（図 2 中の下側）に形成されている。また、磁束抑制穴 30 は、磁路中央部 44 を挟んで中央磁石 26 に対向して配置されている。磁束抑制穴 30 は、電磁鋼板よりも透磁率が低い空隙を内部に含むことから、中央磁石 26 および周方向磁石 28 から発生した磁石磁束の流れ、および、固定子 2 のティース内周先端から回転子鉄心 12 の磁極 24 の磁路入口部 43 を介して磁路中央へと進入する磁束の流れを抑制する又は規定する機能を有する。

【0042】

本実施形態では磁束抑制穴 30 は、2 つの第 1 の穴 30 a と 1 つの第 2 の穴 30 b によって構成されている。第 1 の穴 30 a は、周方向磁石 28 が挿入されている磁石挿入穴 46 の内周側端部に連通してそれぞれ形成される。第 1 の穴 30 a は、磁極中心線 C の両側の対称位置に略三角形に形成されている。また、第 1 の穴 30 a は、周方向磁石 28 の内周側の長辺方向端部における磁束の短絡を抑制する機能を有する。なお、周方向磁石 28 を固定するための樹脂が第 1 の穴 30 a を介して磁石挿入穴 46 に注入されてもよく、この場合、第 1 の穴 30 a も上記樹脂によって少なくとも部分的に充填されてもよい。樹脂もまた、空隙と同様に低い透磁率を有するので、上記のように磁束流を抑制する機能を果たすことができる。

20

【0043】

第 2 の穴 30 b は、第 1 の穴 31 a の間に細幅の鉄心領域であるブリッジ部 31 をそれぞれ介して形成されている。また、第 2 の穴 30 b は、磁極中心線 C が中央を通る対称形状の略矩形状に形成されている。そして、第 2 の穴 30 b は、周方向に関して一对の周方向磁石 28 間の中央に位置にして磁路中央部 44 を挟んで中央磁石 26 に対向している。第 2 の穴 30 b も同様に、電磁鋼板よりも透磁率が低い空隙（または樹脂）を内部に含むことから、上記のように磁束流を抑制する機能を果たす。

30

【0044】

なお、本実施形態では磁束抑制穴 30 が 3 つの穴 30 a , 30 a , 30 b によって構成されるものとして説明するが、これに限定されるものではなく、形状および数において種々の変形が可能である。たとえば、磁極中心線 C に沿って 1 本のブリッジ部があってその両側に形成された 2 つの穴によって構成されてもよいし、または、ブリッジ部が存在しない 1 つの穴によって構成されてよいし、あるいは、4 つ以上の穴で構成されてもよい。また、磁束抑制穴 30 の全ての穴に、たとえば樹脂等の透磁率が低い材料を充填してもよい。

40

【0045】

磁極 24 において、中央磁石 26、周方向磁石 28 および磁束抑制穴 30 によって囲まれた略台形状の鉄心領域が磁路中央部 44 として形成されている。また、低透磁率領域 38 と周方向磁石 28 およびポケット部 48 との間に、鉄心領域である磁路入口部 43 が形成されている。そして、磁路中央部 44 は、径方向外方の周方向両端において磁路入口部 43 を介して回転子鉄心 12 の外周面につながっている。これにより、固定子 2 のティース内周先端から発生した q 軸磁束が一方の磁路入口部 43 から磁極 24 内に流れて、磁路

50

中央部 44 を経て他方の磁路入口部 43 から抜けるというように、略 U 字状または略円弧状に通過する。これに対し、固定子 2 からの d 軸磁束は、q 軸磁束とほぼ直交する方向に流れて、磁極 24 内で低透磁率領域 38 および周方向磁石 28 を横断する。

【 0046 】

次に、図 4 を参照して、磁路入口部 43 について詳細に説明する。図 4 は、図 3 中の一方の磁路入口部 43 を拡大して示す図である。

【 0047 】

上述したように磁路入口部 43 は、低透磁率領域 38 を構成する略三角状の貫通穴 40 の磁極外側辺部 40a と、周方向磁石 28 およびポケット部 48 との間に形成されている。上記貫通穴 40 の磁極外側辺部 40a は、その内周側端部 41 から直線状に形成されている。そして、貫通穴 40 の磁極外側辺部 40a は、上記内周側端部 41 を通って周方向磁石 28 の長辺側面に平行な仮想直線 50 に対して所定角度 θ をなす方向に延伸している。この所定角度 θ は、後述するように、回転電機の高負荷運転時におけるリアクタンストルクを有効に増大させるのに適した値として、実験またはシミュレーション等から得られる。このような角度をもたせたことで、磁路入口部の幅（周方向磁石の長辺方向に直交する方向の幅）は、上記内周側端部 41 における幅 W_1 が上記磁極外側辺部 40a の外周側端部 45 における幅 W_2 よりも広く形成されている。すなわち、磁路入口部 43 は、磁路入口部の幅が回転子鉄心 12 の外周面 13 に向かって狭まるように形成されている。これを従来例と対照して見ると、背景技術で述べたように磁路入口部 43 が一定幅 W_1 で形成されている場合に比べて、低透磁率領域 38 が周方向磁石 28 側に拡張されているといえる。

【 0048 】

本実施形態の回転子 10 では、回転子 10 を備えた回転電機 1 が高負荷運転される時、固定子 2 から磁路入口部 43 に流れる q 磁束量が増加する。これにより、図 4 中に楕円状点線で示す磁路入口部 43 の内周側部分 54 では、中央磁石 26 の周方向端部から生じた磁束のうちブリッジ部 42 および貫通穴 40 の周囲を介して漏れた磁束、および、周方向磁石からの磁束が q 軸磁束に加わって磁束密度が高くなる。この状態では、q 軸インダクタンス L_q の低下を招き、高負荷運転時にリアクタンストルクが得にくくなることがある。

【 0049 】

しかしながら、本実施形態の回転子 10 では、上記のように磁路入口部 43 を外周側で狭まるように形成して低透磁率領域 38 を周方向外側へ拡張したことで、磁極 24 の d 軸インダクタンス L_d を q 軸インダクタンス L_q の低下分 L_q よりも大きく低下させることができる。すなわち、d 軸インダクタンス L_d の低下分を L_d とすると、 $L_d > L_q$ の関係となる。これにより、リラクタンストルクは q 軸インダクタンス L_q と d 軸インダクタンス L_d との差に比例して増加することから、回転電機 1 の高負荷運転時におけるリラクタンストルクを増大させることができ、その結果、高負荷運転時のトルク発生効率を向上させることができる。

【 0050 】

上記のような d 軸インダクタンス L_d および q 軸インダクタンス L_q の関係を図 5 に示す。図 5 (A) は、本実施形態の場合のグラフであり、図 5 (B) は磁路入口部を一定幅とした場合のグラフである。いずれのグラフも、横軸が固定子コイル 3 に流れる電流、縦軸がインダクタンス L である。

【 0051 】

まず、図 5 (B) を参照すると、回転子における d 軸インダクタンス L_d は低・中負荷運転および高負荷運転のいずれの領域も一定であるのに対し、q 軸インダクタンス L_q は電流が大きくなって固定子から流れる磁束量が増加するにしたがって減少し、高負荷運転領域ではリアクトルトルクに関係する両者の差 ($L_q - L_d$) に対する影響は d 軸インダクタンス L_d によるものが支配的になることがわかる。

【 0052 】

10

20

30

40

50

これに対し、図5(A)を参照すると、磁極24におけるd軸インダクタンス L_d が全運転領域で L_d だけ低下することで、両者のインダクタンス差($L_q - L_d$)が増加して、リアクタンストルクの向上につながる事がわかる。特に、高負荷運転領域では、上述したように $L_d > L_q$ の関係にあって、両者の差に相当する分だけ矢印56で示すように($L_q - L_d$)が増加する。これにより、回転電機の高負荷運転時のリアクタンストルクを増大させることができるのである。

【0053】

なお、上記において好適な実施形態について説明したが、本発明は上記の構成に限定されるものではなく種々の変更や改良が可能である。

【0054】

たとえば、上記実施形態では、低透磁率領域38を画定する貫通穴40の縁部40aが直線状に形成されるものとして説明したが、周方向磁石28に向かって緩やかな凸状をなす湾曲線として形成されてもよい。

【0055】

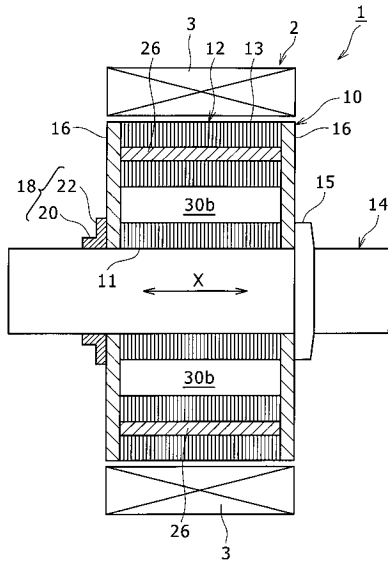
また、上記実施形態ではポケット部36と低透磁率穴40とがブリッジ部42を挟んで対向するものとして説明したが、ブリッジ部をなくして互いに連通して形成されてもよい。

【符号の説明】

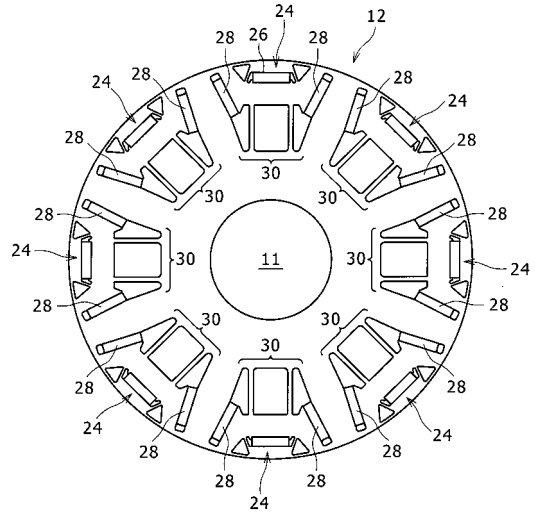
【0056】

1 回転電機、2 固定子、3 固定子コイル、10 回転電機用回転子、11 軸穴、12 回転子鉄心、13 外周面、14 シャフト、15 フランジ部、16 エンドプレート、18 固定部材、20 かしめ部、22 押え部、24 磁極、26 中央磁石、28 周方向磁石、30 磁束抑制穴、30a 第1の穴、30b 第2の穴、31、42 ブリッジ部、34、46 磁石挿入穴、36、48 ポケット部、38 低透磁率領域、40 穴、40a 磁極外側縁部、41 内周側端部、43 磁路入口部、44 磁路中央部、45 外周側端部、50 仮想直線、54 内周側部分、56 矢印、 L インダクタンス、 L_d d軸インダクタンス、 L_q q軸インダクタンス、 L_d d軸インダクタンスの低下分、 L_q q軸インダクタンスの低下分、所定角度、 W_1 、 W_2 磁路入口部の幅。

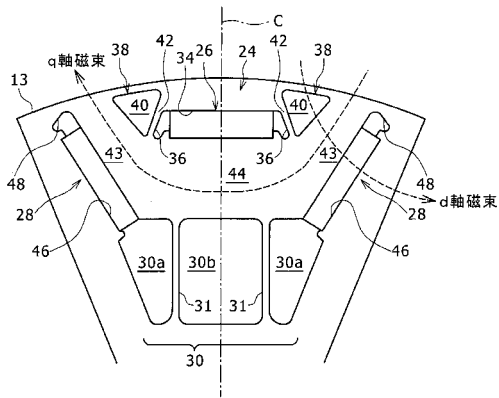
【図1】



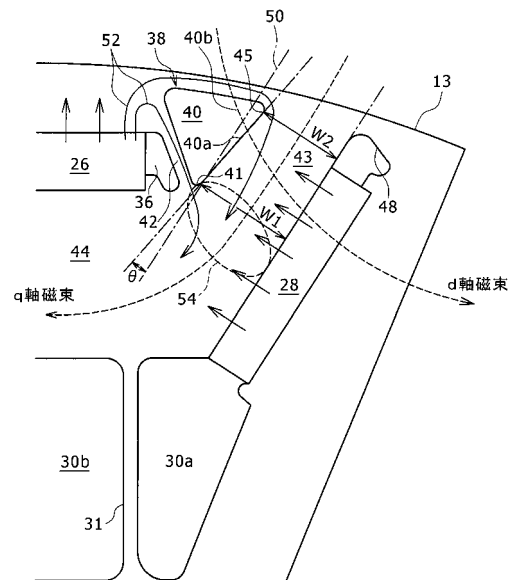
【図2】



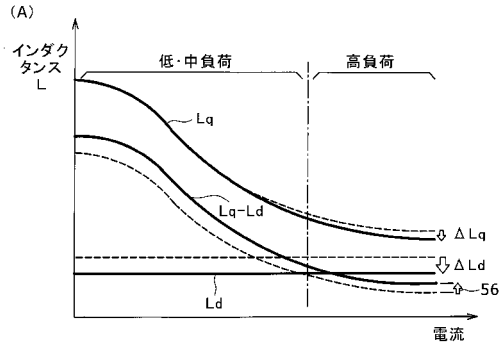
【図3】



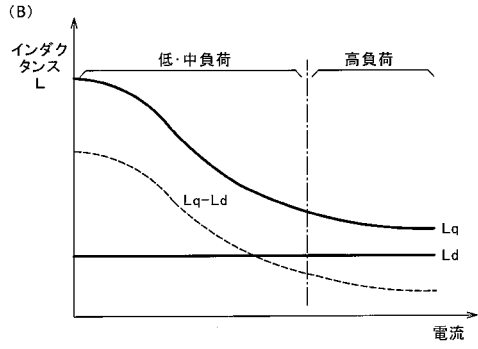
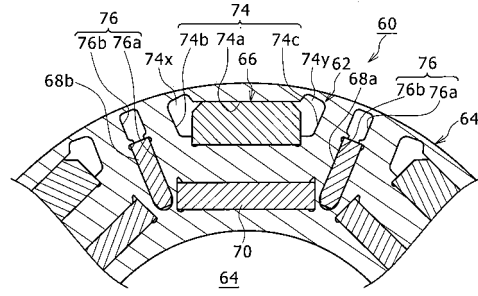
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

審査官 櫻田 正紀

- (56)参考文献 特開平11-243653(JP,A)
特開2002-354728(JP,A)
特開2003-158838(JP,A)
特開2009-124899(JP,A)
特開2009-153332(JP,A)
特開2000-333389(JP,A)
特開2006-311772(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H02K 1/27