(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号

特許第6470598号
(P6470598)

(45)発行日　平成31年2月13日(2019.2.13)　(24)登録日　平成31年1月25日(2019.1.25)

| (51)Int.Cl. | | | F I | | |
|---|---|---|---|---|---|
| H02K | 1/27 | (2006.01) | H02K | 1/27 | 501A |
| H02K | 1/22 | (2006.01) | H02K | 1/27 | 501K |
| | | | H02K | 1/27 | 501M |
| | | | H02K | 1/22 | A |

請求項の数 5　(全 15 頁)

(21)出願番号　特願2015-49072(P2015-49072)
(22)出願日　平成27年3月12日(2015.3.12)
(65)公開番号　特開2016-171646(P2016-171646A)
(43)公開日　平成28年9月23日(2016.9.23)
審査請求日　平成29年6月21日(2017.6.21)

(73)特許権者　316011466
日立ジョンソンコントロールズ空調株式会社
東京都港区海岸一丁目１６番１号
(74)代理人　110000350
ポレール特許業務法人
(72)発明者　高畑　良一
東京都千代田区丸の内一丁目６番６号　株式会社日立製作所内
(72)発明者　長谷川　修士
東京都港区海岸一丁目１６番１号　日立アプライアンス株式会社内
(72)発明者　中村　聡
東京都港区海岸一丁目１６番１号　日立アプライアンス株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】永久磁石式回転電機、並びにそれを用いる圧縮機

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
固定子鉄心と、前記固定子鉄心に設けられる電機子巻線とを有する固定子と、
回転子鉄心と、前記回転子鉄心に埋設される永久磁石とを有し、空隙を介して前記固定子と対向する回転子と、
を備え、
前記回転子は、前記永久磁石を前記回転子の極数分備える永久磁石式回転電機において、
前記永久磁石は、一つの永久磁石挿入孔に収容され、
前記永久磁石は、
前記回転子の径方向内側へ向かって凸となる円弧状の中央部と、
前記中央部の両端部から前記回転子の外周面へ向って延びる直線状の２個の側部と、
を有し、
前記中央部および前記２個の側部は互いに分割され、
前記２個の側部は、前記回転子の外周面へ向って開いており、
前記中央部は、半径が異なる二つの円弧と、前記中央部の幅に相当する長さの二つの直線によって囲まれる外形を有し、前記二つの円弧の半径の差は前記中央部の幅に相当し、
前記側部は、短辺の長さが前記中央部の幅と同じである矩形状の外形を有し、
前記中央部の端部の直線と前記側部の短辺が接し、
前記側部の長辺は、前記中央部の円弧の接線となっており、

前記中央部おける前記回転子の内周面に最も近い端面と前記回転子の内周面との径方向距離をＬ１とし、前記端面における前記中央部の径方向の幅をＬ２とし、前記中央部において前記端面とは径方向反対側に位置する面と前記回転子の外周面との径方向距離をＬ３とすると、Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項２】

請求項１に記載の永久磁石式回転電機において、

前記回転子鉄心は、前記２個の側部における径方向端部と対向する前記回転子の外周部に設けられる複数の凹部を有することを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項３】

請求項２に記載の永久磁石式回転電機において、

前記凹部の底面は、前記２個の側部における径方向端部の幅方向に平行であることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項４】

請求項１に記載の永久磁石式回転電機において、

前記永久磁石は、フェライト磁石からなることを特徴とする永久磁石式回転電機。

【請求項５】

作動流体である気体を圧縮容器内に供給する吸込みパイプと、

前記作動流体の容積を縮小する圧縮機構と、

前記圧縮機構を駆動する永久磁石式回転電機と、

前記圧縮機構により圧縮された前記作動流体を圧縮容器外に排出する吐出パイプと、

を備える圧縮機において、

前記永久磁石式回転電機は、

固定子鉄心と、前記固定子鉄心に設けられる電機子巻線とを有する固定子と、

回転子鉄心と、前記回転子鉄心に埋設される永久磁石とを有し、空隙を介して前記固定子と対向する回転子と、

を備え、

前記回転子は、前記永久磁石を前記回転子の極数分備え、

前記永久磁石は、一つの永久磁石挿入孔に収容され、

前記永久磁石は、

前記回転子の径方向内側へ向かって凸となる円弧状の中央部と、

前記中央部の両端部から前記回転子の外周面へ向って延びる直線状の２個の側部と、

を有し、

前記中央部および前記２個の側部は互いに分割され、

前記２個の側部は、前記回転子の外周面へ向って開いており、

前記中央部は、半径が異なる二つの円弧と、前記中央部の幅に相当する長さの二つの直線によって囲まれる外形を有し、前記二つの円弧の半径の差は前記中央部の幅に相当し、

前記側部は、短辺の長さが前記中央部の幅と同じである矩形状の外形を有し、

前記中央部の端部の直線と前記側部の短辺が接し、

前記側部の長辺は、前記中央部の円弧の接線となっており、

前記中央部おける前記回転子の内周面に最も近い端面と前記回転子の内周面との径方向距離をＬ１とし、前記端面における前記中央部の径方向の幅をＬ２とし、前記中央部において前記端面とは径方向反対側に位置する面と前記回転子の外周面との径方向距離をＬ３とすると、Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３であることを特徴とする圧縮機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、界磁用の永久磁石を回転子に備えている永久磁石式回転電機に係り、特に、エアコン、冷蔵庫、冷凍庫、あるいは食品ショーケースなどにおける圧縮機に使用するのに好適な永久磁石式回転電機に関する。

【背景技術】

【０００２】
従来、永久磁石式回転電機においては、電機子巻線となる固定子巻線に集中巻が採用されると共に、界磁に永久磁石が採用され、小形・高効率化が図られている。永久磁石式回転電機の小形・高効率化の手段として、回転軸方向に沿った永久磁石の表面積を拡大し、永久磁石の磁束量を増やすことが挙げられる。永久磁石の磁束量を増やすためには、永久磁石の形状・配置を工夫する必要がある。
【０００３】
永久磁石式回転電機に用いられる永久磁石の形状・配置に関する従来技術として、例えば、特許文献１に記載の技術が知られている。本従来技術では、回転子に埋設した永久磁石の形状を径方向内側に凸となる略バスタブ状とする。本永久磁石の具体的な形状は、回転子の横断面において、磁化方向に対し垂直に伸びる中央部と、この中央部の周方向両端部に２つの屈曲点を有し、これら屈曲点より磁極の端部側へ向けて伸びる２つの側部を有する形状である。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特開２０１３－２５５３７１号公報
【発明の概要】
【発明が解決しようとする課題】
【０００５】
上記従来技術では、永久磁石を構成する中央部とその両端部に接続される側部との間に形成される２つの屈曲点において、磁化方向が急激に変化する。このため、永久磁石の表面積を拡大しても、磁束量が十分増加せず、所望の磁束量を得ることが難しい。
【０００６】
そこで本発明は、永久磁石の表面積を拡大して磁束量を増加させることができる永久磁石式回転電機並びにそれを用いる圧縮機を提供する。
【課題を解決するための手段】
【０００７】
上記課題を解決するため、本発明による永久磁石式回転電機は、固定子鉄心と、固定子鉄心に設けられる電機子巻線とを有する固定子と、回転子鉄心と、回転子鉄心に埋設される永久磁石とを有し、空隙を介して固定子と対向する回転子と、を備え、回転子は、永久磁石を回転子の極数分備えるものであって、永久磁石は、一つの永久磁石挿入孔に収容され、永久磁石は、回転子の径方向内側へ向かって凸となる円弧状の中央部と、中央部の両端部から回転子の外周面へ向って延びる直線状の２個の側部と、を有し、中央部および２個の側部は互いに分割され、２個の側部は、回転子の外周面へ向って開いており、中央部は、半径が異なる二つの円弧と、中央部の幅に相当する長さの二つの直線によって囲まれる外形を有し、二つの円弧の半径の差は中央部の幅に相当し、側部は、短辺の長さが中央部の幅と同じである矩形状の外形を有し、中央部の端部の直線と側部の短辺が接し、側部の長辺は、中央部の円弧の接線となっており、中央部おける回転子の内周面に最も近い端面と回転子の内周面との径方向距離をＬ１とし、端面における中央部の径方向の幅をＬ２とし、中央部において端面とは径方向反対側に位置する面と回転子の外周面との径方向距離をＬ３とすると、Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３である。
【０００８】
また、本発明による圧縮機は、作動流体である気体を圧縮容器内に供給する吸込みパイプと、作動流体の容積を縮小する圧縮機構と、圧縮機構を駆動する永久磁石式回転電機と、圧縮機構により圧縮された作動流体を圧縮容器外に排出する吐出パイプと、を備えものであって、永久磁石式回転電機を上記本発明による永久磁石式回転電機とする。
【発明の効果】
【０００９】
本発明によれば、永久磁石の表面積の拡大に見合って、有効に磁束量を増加させること

ができる。これにより、小形・高効率な永久磁石式回転電機および圧縮機を実現できる。
【００１０】
上記した以外の課題、構成および効果は、以下の実施形態の説明により明らかにされる。
【図面の簡単な説明】
【００１１】
【図１】本発明の実施例１である永久磁石式回転電機の横断面図を示す。
【図２】図１に示す永久磁石式回転電機の回転子鉄心形状を示す横断面図である。
【図３】、図１に示す永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。
【図４】比較例の永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。
【図５】図１に示す永久磁石式回転電機並びに比較例のトルク特性を示す図である。
【図６】本発明の実施例２である永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。
【図７】本発明の実施例３である永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。
【図８】本発明の実施例４である圧縮機の縦断面図である。
【発明を実施するための形態】
【００１２】
本実施形態において、永久磁石式回転電機は、６極の回転子と、９スロットの固定子から構成される。すなわち、回転子の極数と固定子のスロット数の比が２：３である。回転子の極数、固定子のスロット数、並びにこれらの比は、本実施形態における値に限らず、他の値でも、本実施形態と同様の効果を得ることができる。例えば、回転子の極数は、４極あるいは８極等としても良い。なお、本実施形態は、永久磁石が回転子鉄心に埋設される、いわゆる埋込磁石型の回転電機である。
【００１３】
以下の説明において、「軸方向」とは回転子の回転軸方向を示し、「径方向」とは回転子の径方向を示し、「周方向」とは回転子の周方向を示す。
【００１４】
以下、本発明の実施例について、図面を用いて説明する。
【実施例１】
【００１５】
図１は、本発明の実施例１である永久磁石式回転電機の横断面図を示す。なお、本実施例１は、永久磁石式同期電動機として動作する。
【００１６】
図１に示すように、永久磁石式回転電機１は、固定子２と回転子３から構成される。固定子２は、ティース４とコアバック５からなる固定子鉄心６、周方向に隣接するティース４間のスロット７内であってティース４を取り囲むように巻装される集中巻の電機子巻線８より構成される。すなわち、電機子巻線８は、径方向に放射状に配されるティース４の軸心周りに巻装され、周方向に、三相巻線のＵ相巻線８ａ、Ｖ相巻線８ｂ、Ｗ相巻線８ｃが相互に空隙を介して配される。ここで、永久磁石式回転電機１は、回転子３の極数が６極、固定子２のスロット数が９スロットであるから、スロットピッチは電気角で１２０度である。また、回転子３の中心に、円柱状のシャフト（図示せず）を収容するシャフト孔１５が形成されている。
【００１７】
本実施例の永久磁石式回転電機１においては、三相巻線８ａ～ｃからなる電機子巻線８に三相交流電流を流すと、回転磁界が発生する。この回転磁界によって永久磁石１４および回転子鉄心１２に働く電磁力により、回転子３が回転する。
【００１８】
なお、永久磁石式回転電機１が動作する時に固定子鉄心６および回転子鉄心１２に発生

する渦電流損などの鉄損を低減するために、固定子鉄心６および回転子鉄心１２は、珪素鋼板などの磁性鋼板からなる薄板を複数積層した積層体によって構成することが好ましい。

【００１９】

図２は、図１に示す永久磁石式回転電機１の回転子鉄心形状を示す横断面図である。図２に示すように、回転子３は、シャフト孔１５を形成した回転子鉄心１２に横断面略Ｕ字形状の永久磁石挿入孔１３を備え、永久磁石挿入孔１３内にフェライトの永久磁石１４を収容し固定している。回転子３は、永久磁石１４を回転子３の字極数分すなわち６個備えている。永久磁石１４の磁束軸がｄ軸となり、ｄ軸と電気角で９０°隔てられた磁極に位置する軸がｑ軸となる。回転子鉄心１２の外周面と、ティース４の内周面との間には、径方向にギャップ長ｇ１の空隙が形成されている。すなわち、固定子２と回転子３は空隙（ｇ１）を介して対向する。

【００２０】

図３は、図１に示す永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。図３において、永久磁石１４は、１極につき回転子３の径方向外側から径方向内側へ向かって伸びる２つの略直線状の側部４１と、回転子３の径方向内側に向って凸となる円弧状の中央部４０とに３分割されている。すなわち、永久磁石１４においては、回転子３の径方向外側から径方向内側へ向かって伸びる２つの側部４１が、所定の曲率で規定され、かつその略中心部が回転子内周面３ａに向かう円弧状の中央部４０の両端部に接続される。従って、二つの側部４１は、中央部４０の両端部から回転子３の外周面に向って延びている。

【００２１】

図３中に白抜き矢印にて示す磁化方向１６は、永久磁石１４を構成する中央部４０の径方向内側の面と、２つの側部４１の周方向内内側の面とで連続して滑らかに変化する。特に、中央部４０の両端部を含む領域において、急激な磁化方向１６の変化は生じ難い。これにより、確実に着磁して、永久磁石による磁束量を確保することができる。

【００２２】

上記のような形状により、永久磁石１４の表面積を拡大して有効に磁束量を増大できると共に、永久磁石１４の径方向外側における回転子鉄心断面積が大きくなり、リラクタンストルクを積極的に活用することが可能となる。

【００２３】

図３に示すように、中央部４０において回転子内周面３ａに最も近い端面４０aと、回転子内周面３ａ（シャフト孔１５の内壁表面）との距離をＬ１、中央部４０の端面４０ａにおける中央部４０の径方向の幅（磁石厚み）をＬ２、また、中央部４０の端面４０ａとは径方向反対側に位置する面（径方向内側の面）と回転子外周面３ｂとの径方向の距離をＬ３とする。これらの距離が、Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３の関係となるように永久磁石１４が構成される。回転子鉄心１２における永久磁石１４のこのような配置関係は、上記のような、磁石表面積を拡大して有効な磁束量を増大できる形状の永久磁石１４の配置として好ましい。

【００２４】

また、永久磁石１４がＬ１≦Ｌ２＜Ｌ３の関係となるよう構成されていることにより、電機子反作用による機内磁束の高調波成分が低減され、力率改善による高トルク化が図られ、小形・高効率な永久磁石式回転電機を実現できる。また、巻線着磁による磁束量の低下を抑制でき、小形・高効率な永久磁石式回転電機が実現される。

【００２５】

本実施例１における永久磁石の断面形状について、より具体的に説明すると次のとおりである。

【００２６】

中央部４０およびその両側の二つの側部４１はｄ軸に対して左右対称に配置される。従って、１極分の永久磁石１４はｄ軸に対して左右対称に配置される。中央部４０は、ｄ軸

上に中心Ｏ’を置き、中心角（α）を同じくし、かつ中心Ｏ’よりも径方向内側に位置する、半径が異なる二つの円弧と、中央部４０の幅に相当する長さＬ２の二つの直線によって囲まれる外形を有する。なお、二つの円弧の半径の差は中央部４０の幅Ｌ２に相当する。また、側部４１は、短辺の長さが中央部４０の幅Ｌ２と同じである矩形状の外形を有する。中央部４０の端部の直線と側部の短辺が接する。ここで、側部４１の長辺は、中央部４０の円弧の接線となっている。このような断面形状において、中心角αは、幾何的角度で１８０°よりも小さな値に設定される。従って、側部４１は、径方向外側に向って開いている。すなわち、永久磁石１４の軸方向に沿った表面積を増加すると共に、中央部４０の端部と側部４１の端部とが接する付近における永久磁石表面の曲がり具合が緩やかにできる。これにより、確実に着磁して、永久磁石１４による磁束を確保することができる。

【００２７】

本実施例１では、さらに、図３について上述したように、永久磁石１４が、回転子鉄心内で、図３においてＬ１≦Ｌ２＜Ｌ３となるように構成および配置することにより、永久磁石１４による磁束を増加してマグネットトルクを確保することができるとともに、回転子鉄心断面積を増加してリラクタンストルクを確保できる。

【００２８】

なお、永久磁石１４の中央部４０の曲率については、回転子３の大きさ（直径）および極数に応じて、適宜設定することができる。この場合においても、Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３の関係となるよう設定することにより、回転子３内における永久磁石１４の表面積（横断面における面積）を増大でき、小形且つ高効率の永久磁石式回転電機が実現できる。また、回転子の極数を、一般的な、４極、６極あるいは８極とする場合、曲率半径が大きくなるに伴って、円弧状の中央部４０の両端部から、略径方向に沿って、回転子３の外周側に向って延伸する２つの側部４１の開き角は大きくなる。従って、採用する極数も考慮して、中央部４０の曲率半径を設定することが好ましい。

【００２９】

ここで、比較例について図４を用いて説明する。

【００３０】

図４は、比較例の永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。本比較例は、磁石の形状の他の構成は実施例１と同様である。

【００３１】

図４に示すように、比較例の回転子３’は、周方向に２箇所の屈曲点４２を有し、この２箇所の屈曲点４２を端部とする直線状の中央部４０’と、各屈曲点４２より径方向外側へと延伸する略直線状の側部４１’から永久磁石１４’が構成される。図４中、白抜き矢印にて示す磁化方向１６’は、各屈曲点４２近傍にて、急激に変化する。

【００３２】

また、図４に示すように、中央部４０’において径方向内側の面と回転子内周面３ａ’（シャフト孔１５の内壁表面））との距離をＬ１、中央部４０’の径方向の幅（磁石厚み）をＬ２、中央部４０’の径方向外側の面と回転子外周面３ｂ’との径方向の距離をＬ３とすると、これらの距離は、実施例１（Ｌ１≦Ｌ２＜Ｌ３）とは異なり、Ｌ２＜Ｌ１＜Ｌ３の関係にある。このような比較例の構成では、２箇所の屈曲点４２の近傍では巻線着磁によって得られる磁束量が低下する。さらに、永久磁石１４’の中央部４０’をより径方向内側（回転子内周面３ａ’側）に配置して、Ｌ１，Ｌ２，Ｌ３の関係を実施例１の関係に近づけたとしても、同様に巻線着磁による磁束が低下する。すなわち、屈曲点４２の近傍では、磁化方向１６’が異なる磁化が混在するため、所望の磁束量が確保されず、永久磁石１４’の表面積拡大による磁束量の増加が難しい。

【００３３】

なお、図４の比較例において、永久磁石１４’を、略直線状の側部４１’と、略直線状の中央部４０’とに３分割しても、同様に、屈曲点４２近傍では、磁化方向１６’が異なる磁化が混在するため、永久磁石１４’の表面積の拡大による磁束量の増加が難しい。

【００３４】

次に、本実施例の永久磁石式回転電機１と、図４に示す比較例の永久磁石式回転電機１’のトルク特性について説明する。

【００３５】

図５は、図１に示す永久磁石式回転電機１のトルク特性を、比較例のトルク特性と共に示す図である。図５では、定格電流を１Ｐ.Ｕ.（Ｐｅｒ　Ｕｎｉｔ）とし、また、その定格電流を流す際の永久磁石式回転電機１（実施例）のトルク（高速域）を１Ｐ.Ｕ.とし、規格化している。なお、図５に示すトルクと電機子電流の関係は、本発明者による検討結果に基づく。

【００３６】

図５に示されるように、本実施例の永久磁石式回転電機１のトルクは、図４に示す比較例の永久磁石式回転電機１’と比べて、大きくなる。トルクの増大の度合いは、特に、高速域で大きい。よって、本実施例の永久磁石式回転電機１によれば、電機子反作用の影響による力率低下ならびに巻線着磁による磁束量の低下を改善することができ、トルク特性が向上され、小形・高効率な永久磁石式回転電機を実現できる。

【００３７】

なお、本実施例の永久磁石１４は、回転子鉄心内で、図３に示すようにＬ１≦Ｌ２＜Ｌ３となるように構成および配置されるが、所望の電動機仕様に応じて、Ｌ１≦Ｌ２の関係が満たされるように、永久磁石１４を構成および配置しても良い。これにより、図３に示したように、永久磁石の磁化方向の変化を滑らかにすることができる。

【００３８】

以下、本実施例の永久磁石回転電機の製造方法に係る、永久磁石１４を回転子鉄心１２に設けられる永久磁石挿入孔１３へ挿入するための２つの異なる組み込み方法を説明する。

【００３９】

第一の組み込み方法においては、先ず、横断面円弧状の中央部４０の両端部に、接着剤等により２つの側部４１を固定する。次に、中央部４０とその両端部に２つの側部４１が固定され一体化された永久磁石１４を、永久磁石挿入孔１３へ軸方向外側より挿入し固定する。これにより、図３に示す回転子３が得られる。

【００４０】

第二の組み込み方法においては、横断面円弧状の中央部４０を、永久磁石挿入孔１３へ軸方向外側より挿入する。その後、永久磁石挿入孔１３内に挿入された中央部４０の両端部に接着剤等を流し込む。続いて、２つの側部４１を、それぞれ永久磁石挿入孔１３へ軸方向外側より挿入する。この時、永久磁石挿入孔１３へ圧入される２つの側部４１により、余剰の接着剤は永久磁石挿入孔１３の外部へと流出する。その後、余剰の接着剤を除去することで、図３に示す回転子３が得られる。なお、永久磁石挿入孔１３内に挿入された中央部４０の両端部への接着剤等の流し込みは、これら３分割された中央部４０および２つの側部４１を固定する上で好ましい。また、永久磁石挿入孔１３内へ中央部４０を挿入後、２つの側部４１を中央部４０の両端部に挿入することのみで、これら３分割された中央部４０および２つの側部４１が、永久磁石挿入孔１３内で緊合されるようにしても良い。この場合、接着剤等の流し込みは省略できる。

【００４１】

上述したように、本実施例によれば、永久磁石の表面積拡大により確実に磁束量を確保できるので、トルク特性が向上し、小形・高効率な永久磁石式回転電機を実現できる。

【００４２】

また、本実施例によれば、高速域において、高負荷、ならびに電機子巻線を増加して高インダクタンスとなる場合であっても、電機子反作用による機内磁束の高調波成分を低減し、力率改善による高トルク化が図られる。また、巻線着磁によって得られる磁束量の低下を抑制できる。

【００４３】

なお、本実施例における１極分の永久磁石を上述したように分割することにより、永久

磁石の表面積を拡大しながらも、永久磁石に働く遠心力が分散されたり、図３のような永久磁石の断面形状に起因して複雑な応力が働くことが抑制されたりする。これらにより、回転子の強度が向上する。また、永久磁石を分割することにより、永久磁石の表面積を拡大しながらも、永久磁石内に発生する渦電流を低減できる。

【００４４】

なお、永久磁石の分割数は、３分割に限らず、永久磁石の中央部あるいは側部をさらに分割して、４分割や５分割など３以上の分割数としても良い。但し、分割数を多くすると、上述したような組み込み方法による回転子の組み立て時間が増大する。従って、製造に要する時間やコストを考慮すると、本実施例において永久磁石を分割することによる回転電機の電気的あるいは機械的な特性あるいは性能に対する効果を得るためには、３分割が適する。

【００４５】

本実施例では、１極分の永久磁石が中央部と二つの側部に３分割されているが、これら中央部および二つの側部を連続した磁石材料で形成して一体化してもよい。この場合においても、実施例１と同様に、中央部の両端部を含む領域において、急激な磁化方向の変化が緩和される。

【００４６】

本実施例においては、永久磁石としてフェライト磁石が用いられるが、他の磁石材料からなる永久磁石、たとえば希土類永久磁石を用いても良い。本実施例における磁石材料であるフェライトは、希土類材料などの他の磁石材料に比べ、安価ではあるが、残留磁束密度が小さいが、本実施例によれば、永久磁石の表面積拡大により確実に磁束量を確保できるので、フェライト磁石を用いることにより小形・高効率な永久磁石式回転電機を実現できる。

【実施例２】

【００４７】

図６は、本発明の実施例２である永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。図３と同一の構成要素に同一符号を付している。以下、主に、前述した実施例１と異なる点について説明する。

【００４８】

本実施例２では、実施例１と異なり、回転子鉄心１２の外周部において、永久磁石を構成する２つの略直線状の側部４１における径方向外側の端部に隣接する位置に、回転子鉄心１２の表面から回転子鉄心の外周部内へ向かう切り欠き部（凹部）が設けられる。

【００４９】

図６に示すように、回転子鉄心１２の外周部において、永久磁石１４を構成する２つの略直線状の側部４１の端部４１ａ、すなわち回転子鉄心１２の径方向外周側に位置する端部４１ａと対向する部分には、回転子外周面３ｂから回転子鉄心１２の外周部内へ向かって凹むと共に、端部４１ａの幅方向と略平行な底面を有する切り欠き部（凹部）１１が設けられる。さらに、この切り欠き部（凹部）１１は、回転子３の軸方向に延伸するように設けられる。

【００５０】

これにより、回転子鉄心１２の外周形状（回転子外周面３ｂ）は、固定子２を構成するティース４の内周面との空隙がギャップ長ｇ１となる円弧状部と、空隙が最大でギャップ長ｇ２（ｇ２＞ｇ１）となる略直線状の底面を有する切り欠き部（凹部）１１とを複数ずつ有する構成となる。なお、ギャップ長ｇ２は、図６中の端部４１ａと、端部４１ａに隣接するとともに図示しない隣接極を構成する永久磁石の端部との間において最深となる切り欠き部１１の、最深深さに相当する。すなわち、回転子鉄心１２の外周面において、切り欠き部１１とティース４の内周面との空隙が最大のギャップ長ｇ２となる位置は、各側部４１の端部４１ａにおける周方向外側の端部すなわち各側部４１の角部から周方向外側に位置する。従って、各切り欠き部１１の周方向の長さは、各側部４１の端部４１ａの周方向長さすなわち幅Ｌ２以上となる。

【００５１】
また、図６に示すように、ティース４の内周面との間にギャップ長ｇ１の空隙を形成する回転子外周面３ｂの円弧状部は、角度θｐが電気角で９０°～１２０°となるように構成されている。
【００５２】
本実施例によれば、切り欠き部１１により、永久磁石１４を構成する２つの側部の径方向外側の端部４１ａに対応する位置における回転子外周面３ｂと、ティース４の内周面とで形成される空隙のギャップ長が増大される。このため、ｑ軸方向において磁気抵抗が増大するので、永久磁石の磁束をｄ軸方向に集中させることができる。これにより、電機子反作用の影響を抑制することが可能となり、機内磁束の高調波成分を低減できる。
【００５３】
さらに、切り欠き部１１の底面が側部４１の端部４１ａの幅方向に平行であるため、端部４１ａと切り欠き部１１の底面との間における回転子鉄心１２の部分の厚さが確保され、この部分の強度が確保される。このため、切り欠き部１１を設けても、遠心力が働く永久磁石１４の側部４１を確実に支持することができる。
【００５４】
また、本実施例においても、電機子反作用の影響による力率低下ならびに巻線着磁による磁束量の低下を改善でき、トルクの低下を抑制することができると共に、小形・高効率な永久磁石式回転電機を実現できる。すなわち、実施例１と同様の効果を得ることができる。
【実施例３】
【００５５】
図７は、本発明の実施例３である永久磁石式回転電機の１極分の回転子鉄心形状を示す横断面図である。図３と同一の構成要素に同一符号を付している。以下、主に、前述した実施例１と異なる点について説明する。
【００５６】
本実施例においては、実施例１と異なり、永久磁石１４における中央部４０と側部４１の間に回転子鉄心１２の一部１２０が介在する。なお、永久磁石１４の中央部および側部の形状並びに配置を含む他の構成は、実施例１（図３参照）と同様である。
【００５７】
図７に示すように、本実施例においては、１極分の永久磁石１４を挿入する永久磁石挿入孔が、永久磁石挿入孔１３ａ，１３ｂ，１３ｃに３分割される。永久磁石孔１３ａには永久磁石１４の中央部４０が挿入され、永久磁石挿入孔１３ｂ，１３ｃには永久磁石１４の２個の側部４１が挿入される。このため、永久磁石挿入孔１３ａ，１３ｂ，１３ｃに永久磁石１４の中央部４０および側部４１が挿入されると、永久磁石１４における中央部４０と側部４１の間に、永久磁石挿入孔１３ａ，１３ｂ間および，永久磁石挿入孔１３ａ，１３ｃ間を区切る回転子鉄心の一部１２０が介在する。
【００５８】
本実施例によれば、遠心力が働く永久磁石１４の中央部４０が、中央部４０と側部４１の間に介在する回転子鉄心１２の一部１２０によって支持される。また、３分割される永久磁石の各部が、それぞれ個別の挿入孔に挿入されるので、永久磁石に働く遠心力が分散される。これらにより、永久磁石の表面積拡大しながらも、回転子３の強度が向上する。
【実施例４】
【００５９】
図８は、本発明の実施例４である圧縮機の縦断面図である。本実施例の圧縮機には、上述の実施例１～３のいずれかの永久磁石式回転電機が適用される。
【００６０】
図７に示すように、圧縮機５０においては、円筒状の圧縮容器６９内に、固定スクロール部材６０の端板６１に直立する渦巻状ラップ６２と、旋回スクロール部材６３の端板６４に直立する渦巻状ラップ６５とを備え、これら固定スクロール部材６０の渦巻状ラップ

６２と旋回スクロール部材６３の渦巻状ラップ６５とが噛み合わされる。また、圧縮機５０は、圧縮容器６９内に、クランク軸７２を介して旋回スクロール部材６３に旋回力を伝達する永久磁石式回転電機１を備える。永久磁石式同期電動機として動作する永久磁石式回転電機１により、旋回スクロール部材６３がクランク軸７２を介して旋回運動することによって圧縮動作を行う。

【００６１】

具体的には、固定スクロール部材６０および旋回スクロール部材６３によって形成される圧縮室６６ａ，６６ｂ，６６ｃ，６６ｄ，６６ｅのうち、最も外径側に位置する圧縮室６６ａ，６６ｂが、旋回運動に伴って固定スクロール部材６０および旋回スクロール部材６３の中心に向かって移動することにより、容積が次第に縮小し、圧縮動作が行われる。圧縮室６６ａ，６６ｂが固定スクロール部材６０および旋回スクロール部材６３の中心近傍に達すると、吸込みパイプ７１より供給される圧縮室６６ａ，６６ｂ内の作動流体である圧縮ガス（気体）は、圧縮室６６ｅと連通する吐出口６７から圧縮容器６９内に吐出される。吐出される圧縮ガスは、固定スクロール部材６０およびフレーム６８に設けられるガス通路（図示せず）を通ってフレーム６８下部の圧縮容器６９内に至り、圧縮容器６９の側壁に設けられる吐出パイプ７０から圧縮機５０外に排出される。

【００６２】

また、圧縮機５０を駆動する永久磁石式回転電機１は、別置のインバータ装置（図示せず）によって制御され、圧縮動作に適した回転速度で回転する。ここで、永久磁石式回転電機１は、固定子２と回転子３から構成され、回転子３に設けられるクランク軸７２は、実施例１～３（図３，６，７）におけるシャフト孔１５に取付けられる。永久磁石式回転電機１によってクランク軸７２が回転すると、旋回スクロール部材６３は、自転せずに、クランク軸７２の上部における所定の偏心量を半径とする旋回公転運動を行う。クランク軸７２の内部には、油孔７４が設けられ、クランク軸７２の回転に伴って圧縮容器６９の下部にある油溜め部７３の潤滑油が油孔７４を介して滑り軸受７５へ供給される。このような圧縮機５０に、上述の実施例１～３のうちのいずれかの永久磁石式回転電機１を適用することより、圧縮機の効率向上が図られ、省エネ化が可能となる。

【００６３】

圧縮機５０の製造時において、永久磁石回転電機１の組み立て工程では、着磁されていない永久磁石が回転子鉄心１２に挿入されて埋設される。永久磁石式回転電機１が組み立てられた後、電機子巻線すなわち固定子巻線に大きな電流を流すことにより、回転子鉄心に埋設される永久磁石が着磁される。なお、このような巻線着磁方法に限らず、他の着磁方法を用いても良い。

【００６４】

ところで、現在の家庭用および業務用のエアコンでは、圧縮容器６９内にＲ４１０Ａ冷媒が封入されているものが多く、永久磁石式回転電機１の周囲温度は８０℃以上となることが多い。今後、地球温暖化係数がより小さいＲ３２冷媒の採用が進むと周囲温度はさらに上昇する。特に永久磁石１４は、高温になることで磁石の残留磁束密度が低下し、同一出力を確保するために電機子電流が増加することから、前述の実施例１～３の永久磁石式回転電機１を適用することで、効率低下を抑制することができる。

【００６５】

なお、本実施例４の圧縮機に上述の実施例１～３の永久磁石式回転電機１を適用するにあたり、冷媒の種類は制限されるものではない。また、実施例１～３の永久磁石式回転電機１は、スクロール圧縮機に限らず、ロータリ圧縮機などの他の圧縮機構を有する圧縮機にも適用できる。

【００６６】

本実施例によれば、小形・高効率な永久磁石式回転電機を適用することにより、省エネ化が可能な圧縮機を実現できる。また、実施例１～３の永久磁石式回転電機を適用することにより、高速運転が可能になるなど、圧縮機の運転範囲を広げることが可能となる。

【００６７】

さらに、Ｈｅ（ヘリウム）やＲ３２等の冷媒は、Ｒ２２，Ｒ４０７Ｃ，Ｒ４１０Ａ等の冷媒と比べて、圧縮機における隙間からの漏れが大きい。このため、低速運転時には、循環量に対する漏れの比率が大きくなるため、効率が低下する。低循環量（低速運転）時の効率向上のためには、圧縮機構部を小形化し、同じ循環量を得るために回転数を上げることで、漏れ損失を低減させることが有効である。さらに、最大循環量を確保するために、最大回転数も上げることが好ましい。これに対し、上述の実施例１～３の永久磁石式回転電機１を圧縮機に適用することで、最大トルクおよび最大回転数を大きくすることが可能となり、かつ高速域での損失低減が可能となるため、ＨｅやＲ３２等の冷媒を用いる際に効率を向上することができる。

【００６８】

上述のように、実施例１～３の永久磁石式回転電機を圧縮機に適用することにより、高効率な圧縮機を実現でき、省エネ化が可能となる。

【００６９】

なお、本発明は上記した実施例に限定されるものではなく、様々な変形例が含まれる。例えば、上記した実施例は本発明を分かりやすく説明するために詳細に説明したものであり、必ずしも説明した全ての構成を備えるものに限定されるものではない。また、ある実施例の構成の一部を他の実施例の構成に置き換えることが可能であり、また、ある実施例の構成に他の実施例の構成を加えることも可能である。また、各実施例の構成の一部について、他の構成の追加・削除・置換をすることが可能である。

【００７０】

例えば、本発明による永久磁石回転電機は、圧縮機に限らず、他の機器にも適用できる。

【符号の説明】

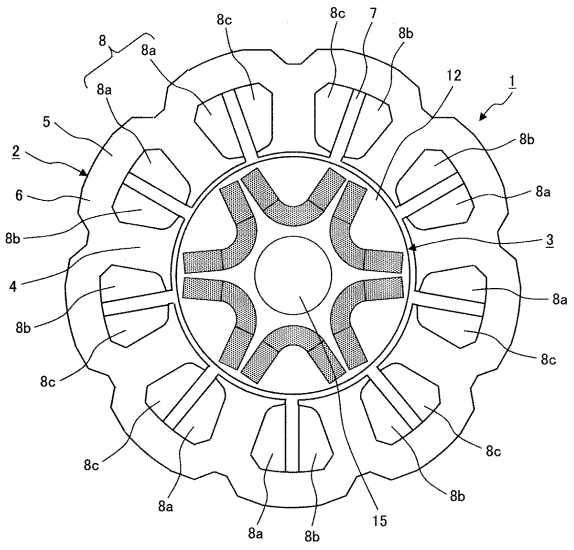
【００７１】

１…永久磁石式回転電機
２…固定子
３，３’…回転子
３ａ，３ａ’…回転子内周面
３ｂ，３ｂ’…回転子外周面
４…ティース
５…コアバック
６…固定子鉄心
７…スロット
８，８ａ，８ｂ，８ｃ…電機子巻線
１１…切り欠き部（凹部）
１２，１２’…回転子鉄心
１３，１３’，１３ａ，１３ｂ，１３ｃ…永久磁石挿入孔
１４，１４’…永久磁石
１５…シャフト孔
１６，１６’…磁化方向
４０…中央部
４１…側部
４１ａ…端部
４２…屈曲点
５０…電動圧縮機
６０…固定スクロール部材
６１，６４…端板
６２，６５…渦巻状ラップ、
６３…旋回スクロール部材
６６ａ，６６ｂ，６６ｃ，６６ｄ，６６ｅ…圧縮室

６７…吐出口
６８…フレーム
６９…圧縮容器
７０…突出パイプ、
７１…吸込みパイプ
７２…クランク軸
７３…油留め部
７４…油孔
７５…すべり軸受け
１２０…回転子鉄心の一部

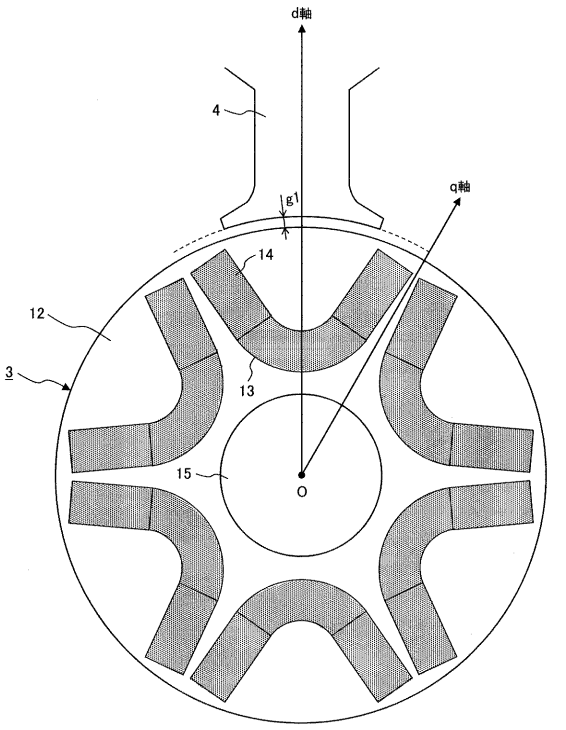
【図１】

図 1



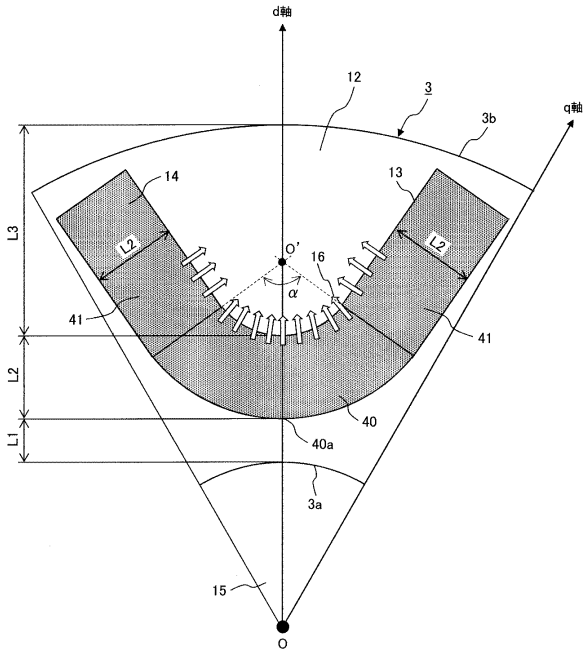

【図２】

図 2



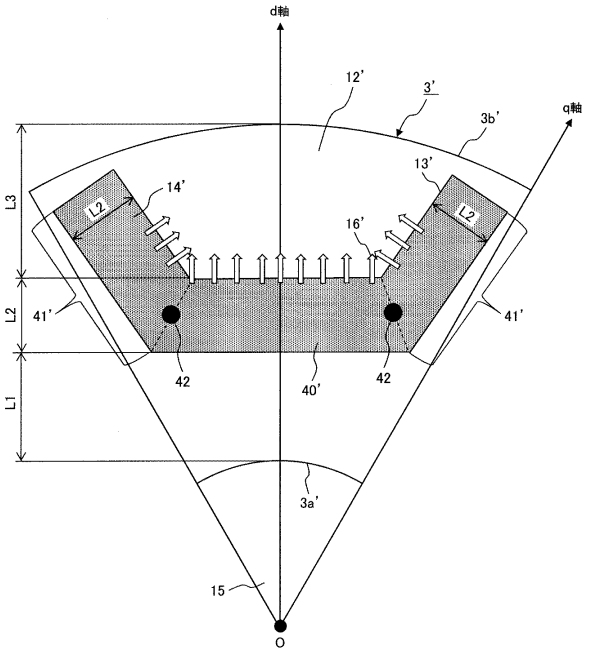
【図３】

図 3



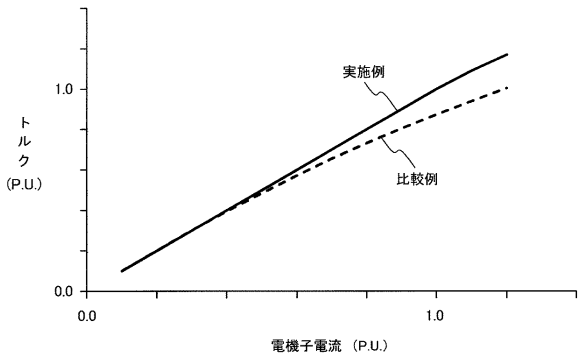

【図４】

図 4



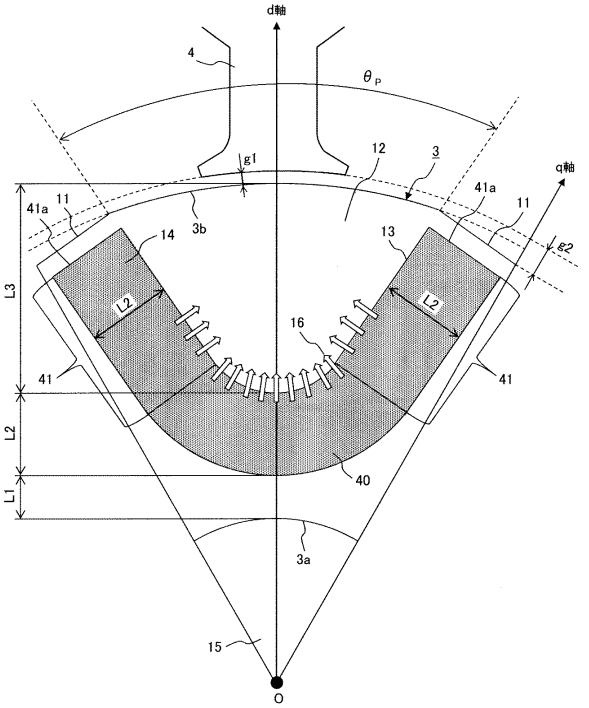

【図５】

図 5



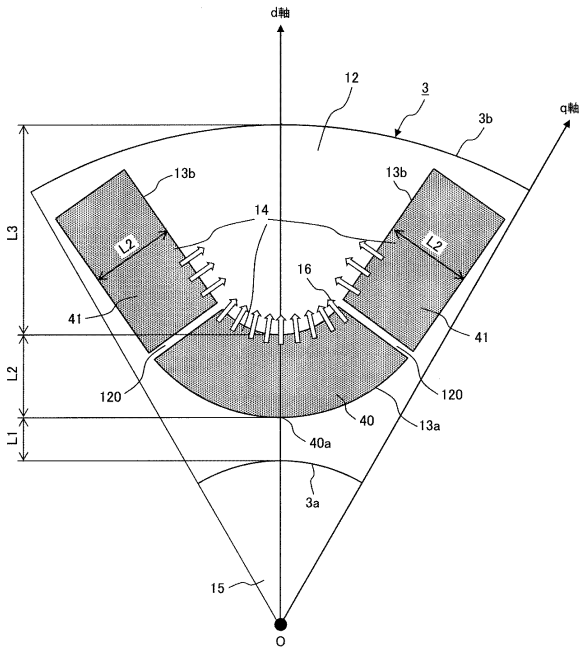

【図６】

図 6



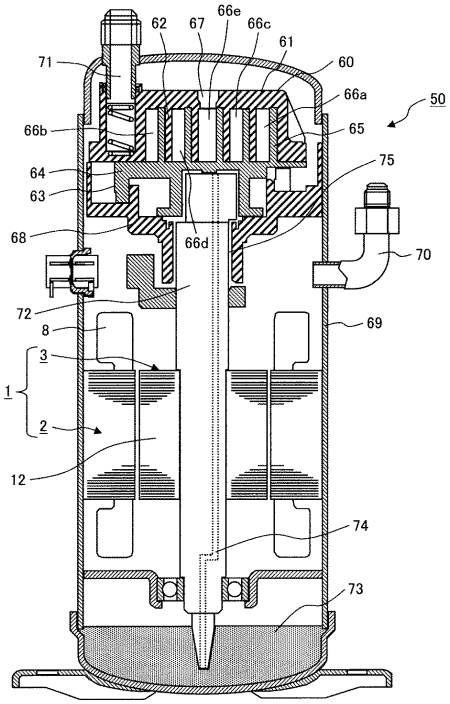
【図７】

図 7


d軸
q軸
12
3
3b
13b
13b
14
16
L3
L2
L1
L2
L2
41
41
120
120
40
40a
13a
3a
15
O

【図８】

図 8


62
67
66e
66c
61
71
60
66a
50
66b
65
64
75
63
68
66d
70
72
69
8
3
1
2
12
74
73

フロントページの続き

審査官　上野　力

(56)参考文献　特開２０１４－１５５４１５（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－２０４５６１（ＪＰ，Ａ）
特開２０１３－２０７９４３（ＪＰ，Ａ）
特開２０１４－２４１７０５（ＪＰ，Ａ）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０２Ｋ　　１／２７
Ｈ０２Ｋ　　１／２２