

(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2012-175738

(P2012-175738A)

(43) 公開日 平成24年9月10日 (2012.9.10)

(51) Int. Cl. F I テーマコード (参考)
 H02K 1/27 (2006.01) H02K 1/27 501M 5H622
 H02K 1/27 501K

審査請求 未請求 請求項の数 20 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2011-32664 (P2011-32664)
 (22) 出願日 平成23年2月17日 (2011.2.17)

(71) 出願人 000003078
 株式会社東芝
 東京都港区芝浦一丁目1番1号
 (74) 代理人 100081961
 弁理士 木内 光春
 (72) 発明者 徳増 正
 東京都港区芝一丁目12番7号 東芝テク
 ニカルサービスインターナショナル株式会
 社内
 (72) 発明者 橋場 豊
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
 社東芝内
 (72) 発明者 高橋 則雄
 東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会
 社東芝内

最終頁に続く

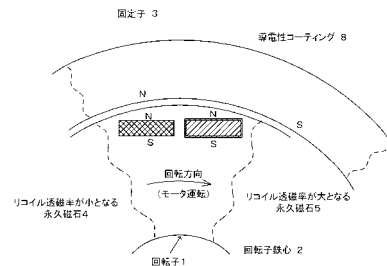
(54) 【発明の名称】 永久磁石式回転電機

(57) 【要約】

【課題】低速から高速までの広範囲で可変速運転を可能とし、低速から高速までの全運転範囲で高効率にでき、インバータのパワー素子容量も低減できる永久磁石式型回転電機を提供する。

【解決手段】本発明の実施形態の永久磁石式回転電機によれば、リコイル透磁率の異なる2種類以上の永久磁石を用いて回転子の磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を形成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の磁束量を可逆的に変化させることを特徴とする。これにより、高速回転の弱め界磁領域では、夫々の永久磁石に逆磁界が作用するが、リコイル透磁率が小さい永久磁石はその特性上大幅な磁束の変化は生じない。しかし、リコイル透磁率の大きな永久磁石は逆磁界が作用することにより磁束が大幅に減少する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リコイル透磁率の異なる 2 種類以上の永久磁石を用いて回転子の磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を形成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の磁束量を可逆的に変化させる永久磁石式回転電機。

【請求項 2】

前記リコイル透磁率の異なる 2 種類以上の永久磁石が、磁気回路上で直列及び/または並列に配置されて回転子の磁極を形成することを特徴とする請求項 1 に記載の永久磁石式回転電機。

10

【請求項 3】

磁気回路上で並列に配置する前記永久磁石は、ほぼ一直線上か、V 字状あるいは U 字状に配置されて回転子の磁極を形成することを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 4】

回転方向進み側に位置する永久磁石をリコイル透磁率の大きな永久磁石とし、回転方向遅れ側の永久磁石をリコイル透磁率の小さな永久磁石としたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の永久磁石型回転電機。

20

【請求項 5】

軸方向に 2 分割以上分割されて構成する回転子鉄心を有する請求項 1 から請求項 4 の永久磁石型回転電機において、

リコイル透磁率の異なる磁石の配置を軸方向に分割された回転子鉄心で異なる配置とすることを特徴とする永久磁石回転電機。

【請求項 6】

回転子の 1 極当たりの永久磁石が、3 分割以上に分割され、磁極中央に配置した永久磁石をリコイル透磁率の小さな永久磁石、その両側に配置した永久磁石をリコイル透磁率の大きな永久磁石としたことを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の永久磁石型回転電機。

30

【請求項 7】

回転子の 1 極当たりの永久磁石が、リコイル透磁率の異なる永久磁石を重ねて構成し配置したことを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 8】

回転子の 1 極当たりの永久磁石において、1 つの磁極において直列回路と並列回路の両方が構成されることを特徴とする請求項 1 または請求項 2 に記載の永久磁石式回転電機。

【請求項 9】

磁極の回転方向中央にリコイル透磁率が大きな磁石とリコイル透磁率が小さな磁石を磁化方向に重ねて配置し、その回転方向進み側と遅れ側の両方にリコイル透磁率が小さい磁石を配置したことを特徴とする請求項 8 に記載の永久磁石型回転電機。

40

【請求項 10】

磁極の回転方向中央にリコイル透磁率が小さな永久磁石を配置し、その回転方向進み側と遅れ側の両方にリコイル透磁率が大きな磁石とリコイル透磁率が小さな磁石を磁化方向に重ねて配置したことを特徴とする請求項 8 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 11】

リコイル透磁率の異なる永久磁石は、NdFeB 系永久磁石を用い、完全着磁した永久磁石と不完全着磁した永久磁石により構成することを特徴とする請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 12】

前記不完全着磁永久磁石は、導電性の部材でコーティングまたは、不完全着磁磁石を囲

50

うように短絡コイルを配置したことを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれか 1 項に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 13】

表面に導電性の板またはコイルを配置した着磁後に不完全着磁磁石となる磁石と、着磁後に完全着磁磁石となる磁石とを回転子鉄心に組み込んで回転子を構成して、不完全着磁磁石及び完全着磁磁石を後着磁することを特徴とする請求項 12 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 14】

磁極に配置する永久磁石は、リコイル透磁率が場所によって異なる一体型の永久磁石とすることを特徴とする請求項 1 ~ 10 のいずれか 1 項に記載の永久磁石型回転電機。

10

【請求項 15】

リコイル透磁率が場所によって異なる一体型の請求磁石は、部分的に不完全着磁となるように着磁された磁石で構成されることを特徴とする請求項 14 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 16】

前記一体型の永久磁石のうち、不完全着磁石となる部分の磁化方向と直角を成す面の片側または両側に、導電性のコーティングまたは導電性の板または短絡コイルを配置し、前記導電性コーティングまたは導電性の板または短絡コイルを配置しない磁石と共に回転子鉄心内に配置して回転子を構成し、後着磁することを特徴とする請求項 15 に記載の永久磁石型回転電機。

20

【請求項 17】

リコイル透磁率が場所によって異なる一体型の永久磁石は、部分的に磁石素材を変えるまたは粒界または磁気方位などを操作して永久磁石を構成し着磁して、部分的に不完全着磁部分を有する磁石を構成し、配置して構成したことを特徴とする請求項 14 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 18】

前記永久磁石は、中央部の形状が凸の台形状あるいは段付状のヨークを用いて、永久磁石の片側もしくは両側より着磁を行うことにより、着磁する部分的に不完全着磁部分を形成したものであることを特徴とする請求項 15 に記載の永久磁石型回転電機。

【請求項 19】

前記永久磁石は、着磁する際に不完全着磁としたい部分に導電性の板またはコイルを配置した状態で磁化する部分的に不完全着磁部分を形成したものであることを特徴とする請求項 15 に記載の永久磁石型回転電機。

30

【請求項 20】

磁極の磁石を可逆変化させて鎖交磁束を最小にした状態で回転子が最高回転速度になったときに、永久磁石による誘導起電圧が、回転電機の電源であるインバータ電子部品の耐電圧以下とすることを特徴とする請求項 1 ~ 請求項 11 のいずれか 1 項に記載の永久磁石式回転電機。

【発明の詳細な説明】

40

【技術分野】

【0001】

本発明の本実施形態は、2種類以上の永久磁石を使用し、そのうちの少なくとも1つの永久磁石の磁束量を可逆的に変化させて、低速から高速までの広範囲での可変速運転を可能とした永久磁石式回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

回転子内に永久磁石を内蔵した永久磁石式回転電機では、永久磁石の鎖交磁束が常に一定の強さで発生しているので、永久磁石による誘導電圧は回転速度に比例して高くなる。そのため、低速から高速まで可変速運転する場合、高速回転では永久磁石による誘導電圧

50

(逆起電圧)が極めて高くなる。永久磁石による誘導電圧がインバータの電子部晶に印加されてその耐電圧以上になると、電子部晶が絶縁破壊する。そのため、永久磁石の磁束量が耐電圧以下になるように削減された設計を行うことが考えられるが、その場合には永久磁石式回転電機の低速域での出力及び効率が低下する。

【0003】

すなわち、低速から高速まで走出力に近い可変速運転を行う場合、永久磁石の鎖交磁束は一定であるので、高速回転域では回転電機の電圧が電源電圧上限に達して出力に必要な電流が流れなくなる。その結果、高速回転域では出力が大幅に低下し、さらには高速回転までの広範囲で駆動できなくなる。

【先行技術文献】

10

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2006-280195号公報

【特許文献2】特願2008-296080号公報

【非特許文献】

【0005】

【非特許文献1】埋込磁石同期モータの設計と制御，武田洋次・他，オーム社

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

20

本発明は上述した課題を解決するためになされたものであり、低速から高速までの広範囲で可変速運転を可能とし、低速から高速までの全運転範囲で高効率にでき、インバータのパワー素子容量も低減できる永久磁石式型回転電機を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0007】

前記の目的を達成するために、本発明の実施形態の永久磁石式回転電機によれば、リコイル透磁率の異なる2種類以上の永久磁石を用いて回転子の磁極を形成し、この磁極を回転子鉄心内に複数個配置して回転子を形成し、この回転子の外周にエアギャップを介して固定子を配置し、この固定子に電機子鉄心と電機子巻線を設け、この電機子巻線が作る磁界により前記回転子の磁極を構成する永久磁石の磁束量を可逆的に変化させることを特徴とする。

30

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】本発明の実施例1の回転子の1極分の断面図

【図2】本発明の実施例1のリコイル透磁率が異なる2種類の磁石の磁気特性を示すグラフ

【図3】本発明の実施例1の変形例の回転子1極分の断面図

【図4】本発明の実施例2の回転子斜視図

【図5】本発明の実施例3の永久磁石配列と低速回転時の磁束波形の概念図

【図6】本発明の実施例3の永久磁石配列と高速回転時の磁束波形の概念図

40

【図7】本発明の実施例4の回転子1極分の断面図

【図8】本発明の実施例5の回転子1極分の断面図

【図9】本発明の実施例5の変形例の回転子1極分の断面図

【図10】本発明の実施例6の回転子1極分の断面図

【図11】本発明の実施例6の永久磁石を得るための着磁時の着磁ヨーク構造断面図

【図12】本発明の実施例6の永久磁石を得るための着磁時の着磁ヨークの変形例の構造断面図

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本発明に係る永久磁石式回転電機の実施例について、図面を参照して説明する。

50

本実施例の回転電機は 8 極の場合で説明しているが、他の極数でも同様に適用できる。

【実施例 1】

【0010】

(実施例 1)

[1-1. 基本的な構成]

本発明の本実施例 1 の構成について、図 1 ~ 図 3 を用いて説明する。

【0011】

図 1 は、本発明の実施例 1 の回転子 1 の 1 極分の断面図である。本実施例 1 は、図 1 に示すように、回転子鉄心 2、固定子 3、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4、リコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 から構成する。リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 及びリコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 は、リコイル透磁率がそれぞれ異なる磁石であれば良く、その材質や製造方法及び磁石の磁気特性の付与の仕方などは自由である。

10

【0012】

回転子鉄心 2 においては、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 及びリコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 を、磁極部の磁極中心に対し直角をなす方向に、一直線上に配置する。すなわち、リコイル透磁率が大きくなる永久磁石 4 とリコイル透磁率が小となる永久磁石 5 は磁気回路上で並列になるように配置する。同時に、リコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 は磁極部の磁極中心を基準として、回転子 2 の回転方向進み側に配置される共に、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 は磁極部の磁極中心を基準として、回転子 2 の回転方向遅れ側に配置する。この時、磁極部における磁極中心軸方向が d 軸、磁極部における中心軸方向が q 軸となる。

20

【0013】

磁極部を形成するリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 及びリコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 は、磁極部の磁極中心に対し直角をなす方向に一直線上に配置する以外に、V 字状あるいは U 字状に配置してもよい。また、図 1 では、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 及びリコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 は 1 個ずつであるが、それぞれ 2 個以上使用することもできる。

【0014】

リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 の周囲には導電性部材を配置する。図 1 に示すように、導電性部材としては、リコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 の表面を導電性材料によりコーティングすることに得られる導電性コーティング層 8 を設けても良い。また、本実施例の変形例としては、導電性部材として導電性コーティング層 8 の代わりに、図 2 に示すように、リコイル透磁率が大きくなる永久磁石 5 の磁化方向に導電性部材からなる短絡コイル 9 を設けることもできる。

30

【0015】

また、回転子鉄心 2 の外周には、エアギャップを介して固定子 3 を設ける。図示していないが、この固定子は、電機子鉄心と電機子巻線とを有する。この電機子巻線に流れる電流により、磁界を発生させるものである。また、この電機子巻線は、永久磁石式回転電機の外部に設けられた電源システムに接続される。電源システムでは、インバータを利用して、永久磁石式回転電機が駆動するのに必要な電力を供給する。このインバータに利用する電子部品の耐電圧は、回転子の磁極の磁石を可逆変化させて鎖交磁束を最小にした状態で、回転子が最高回転になった時の誘導起電圧に耐えることができるものとする。

40

【0016】

[1-2. リコイル透磁率が異なる永久磁石の特徴]

リコイル透磁率が異なる 2 種類の永久磁石の特徴について説明する。図 3 は、リコイル透磁率が異なる 2 種類の磁石 A, B の磁気特性を示すグラフである。

【0017】

図 3 において、リコイル透磁率は、磁石の B - H 曲線の傾きで表される。理想的な角型の I - H 曲線を有する磁石 A では、リコイル透磁率は 1 となる。また、傾きのある I - H 曲線を有する磁石 B では、リコイル透磁率は 1 より大きくなる。従って、磁石 A の磁気特

50

性を示す永久磁石をリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 として使用すると共に、磁石 B の磁気特性を示す永久磁石をリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 として使用することができる。

【 0 0 1 8 】

一般的な磁石材料に対して完全に着磁した磁石のリコイル透磁率は、概ね 1 であり、リコイル透磁率の大きな特性の磁石を得ることは、難しい。しかしながら、アルニコ磁石は完全着磁状態でリコイル透磁率は概ね 3 程度であるので、図 3 の磁石 B の特性を示す。従って、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 としては、アルニコ磁石等の完全着磁した状態でリコイル透磁率が 1 より大きくなる磁石を用いても同様の効果が得られる。

【 0 0 1 9 】

また、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 としては、高保磁力のハード磁性相と高残留磁束密度のソフト磁性相と有するナノコンポジット磁石粉末を含むボンド磁石が用いることができる。このようなボンド磁石では、ナノコンポジット磁石粉末におけるソフト磁性相の体積比率を調整することによってリコイル透磁率を容易に大きくできるため、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 と同様の効果を得ることができる。

【 0 0 2 0 】

[1 - 3 . 完全着磁磁石及び不完全着磁磁石の特徴]

完全着磁磁石及び不完全着磁磁石について説明する。

【 0 0 2 1 】

磁石材料の中でネオジウム (NdFeB) 磁石などの一般的な磁性材料の磁石においては、磁性材料に対して完全に着磁した状態では、図 3 の磁石 A の磁気特性を示す。一方、磁性材料において不完全に着磁した状態では、図 3 の磁石 B の特性を示す。従って、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 としては完全に着磁した磁石 (以下、完全着磁磁石) とし、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 は不完全に着磁した磁石 (以下、不完全着磁磁石) とすることができる。

【 0 0 2 2 】

このような完全着磁磁石及び不完全着磁磁石は、磁石に所定の磁力を着磁した後に回転子 1 に組み込むことも可能であるが、着磁後に完全着磁磁石及び不完全着磁磁石となる磁石を回転子鉄心 2 に組み込んで回転子を構成し、その後、着磁 (後着磁) を行うこともできる。この後着磁を行うことにより、着磁前の磁石を回転子に組み込むことができ、着磁後の磁石を挿入することと比較して作業効率を大幅に改善することができる。

【 0 0 2 3 】

[1 - 4 . 基本的な作用]

つぎに、実施例 1 において、作用について説明する。

本実施例の様な構成を有する永久磁石式回転電機は、回転子の回転速度により、不完全着磁磁石の磁束量を変化させる。回転子 1 における総鎖交磁束数は、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 から生じる磁束とリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 とから生じる磁束との総和となる。

【 0 0 2 4 】

低速回転領域時には、各磁石の動作点は、図 3 の磁石 A (リコイル透磁率が小となる永久磁石の動作点) の動作点 A と磁石 B (リコイル透磁率が大となる永久磁石の動作点) の動作点 A とからなる。すなわち、磁石 A, B の B - H 曲線において、磁束密度が高い動作点となり、大きなトルクを得ることが可能になる。

【 0 0 2 5 】

一方、高速回転領域では、誘起電圧を抑えるために、弱め磁界制御を行う。弱め磁界制御は、必要なトルクを得るための電流位相よりもさらに位相を進めた電流を流し磁界を発生させるものである。この磁界は、回転子 1 のリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 及びリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 に対して、逆磁界として作用する。従って、完全着磁磁石 3 及び不完全着磁磁石 4 の動作点は、夫々動作点 A から動作点 B に移動する。すなわち、磁石 A, B の B - H 曲線において、磁束密度が低い動作点となり、鎖交磁束数を少

10

20

30

40

50

なくすることができる。よって、固定子のコイルによって誘起される誘起電圧を抑えることができる。

【0026】

[1-5. リコイル透磁率が大となる永久磁石5の作用]

弱め磁界制御による磁界によりリコイル透磁率が大となる永久磁石5の磁束密度は、リコイル透磁率の小となる永久磁石4の磁束密度と比較して大幅に低下する。すなわち、リコイル透磁率が大となる永久磁石5を使用することにより、弱め磁界制御を行う際の電流を少なくすることができるため、弱め磁界制御を行う際の銅損を低減することができる。

【0027】

また、弱め磁界制御の減磁界は高調波磁束を生じ、この高調波磁束で生じる電圧の増加は弱め磁束制御による電圧の低減の限界を作る。しかしながら、リコイル透磁率の小となる永久磁石4は、弱め磁界制御を行う際の電流が少なく済むので、高調波磁束の増加を抑制することができる。また、高調波磁束による鉄損の増加、中・高速域での効率の低下、または、高調波磁束による振動の発生を抑えることができる。

10

【0028】

[1-6. 導電性部材の作用]

次に、導電性部材の作用について述べる。一般的には、インバータではスイッチングの際に短時間のパルス電流が生ずる恐れがある。そのような場合に予期しない不可逆的な減磁または増磁がおき、リコイル透磁率が変化してしまい、前記のような効果が得られなくなる場合もある。特に、リコイル透磁率が大となる永久磁石5はリコイル透磁率の小となる永久磁石4に比べ、小さな逆磁界で不可逆減磁を生ずる。

20

【0029】

これに対して、リコイル透磁率が大となる永久磁石5の周囲に導電性部材を配置することにより、前記のようなパルス状の電流によって生じた、パルス状の磁束がリコイル透磁率が大となる永久磁石5を通過しようとする、その磁束の変化を妨げるように導電性コーティングに電流が流れる。これにより、リコイル透磁率が大となる永久磁石5の不可逆的な増磁または減磁を妨げることができる。

【0030】

[1-7. 効果]

以上のような実施例1の効果としては、リコイル透磁率が大の完全着磁磁石3とリコイル透磁率の小の不完全着磁磁石とを合わせた総鎖交磁束量を、少ない弱め磁界電流によって減じることができる。これにより、高速回転における弱め界電制御による損失増加を最小限にすることができ、高効率に運転ができる。また、低速回転時には、逆磁界を小さくすることができるので、総鎖交磁束量は元に戻る。

30

【0031】

このように、運転状況に応じて、総鎖交磁束量を調整することができるので、低速から高速域までの広範囲で高効率に運転することができる。同時に、リコイル透磁率が低い磁石を使用することにより、鎖交磁束を変化させるときに要するd軸磁化電流を小さくできるので、回転電機を運転するパワー素子や電源容量を小さくできる。

【0032】

(実施例2)

[2-1. 構成]

本発明の本実施例2の構成について、図4を用いて説明する。図4は、本発明の実施例2を示す回転子1の斜傾図である。

40

【0033】

実施例2では、回転子1の半径方向断面は図1と同じであるが、回転子鉄芯2は軸方向に2分割されて構成されている。すなわち、回転子鉄心2は、回転子鉄心2Aと回転子鉄心2Bとから構成される。

【0034】

このように構成した回転子1で、回転子鉄心2Aの磁石位置は回転方向に対して進み角

50

側にリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 を配置し、遅れ側にリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 を配置する。もう一方の回転子鉄心 2 B の磁石位置は回転方向に対して進み角側にリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 を配置し、遅れ側にリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 を配置する。

【 0 0 3 5 】

[2 - 2 . 作用効果]

このように構成された永久磁石型回転電機では、実施例 1 の効果に加えて、スキュー効果が得られる。すなわち、磁束分布が異なる 2 つの回転子鉄心 2 A と回転子鉄心 2 B を組み合わせることにより、回転子 1 表面上の磁束分布がより正弦波に近い波形となる。これにより、本実施例の永久磁石型回転電機では、高調波鉄損が減少し、高効率な運転が可能になる。

10

【 0 0 3 6 】

(実施例 3)

[3 - 1 . 構成]

本実施例 3 について、図 5 及び図 6 を用いて説明する。図 5 は、本発明の実施例 3 の永久磁石配列と低速回転時の磁束波形の概念図であり、図 6 は、本発明の実施例 3 の永久磁石配列と高速回転時の磁束波形の概念図である。

【 0 0 3 7 】

実施例 3 は、実施例 1 のリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 とリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 の位置を変更したものである。実施例 3 においては、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 を磁極部の回転方向中央部に配置し、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 をリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 の回転方向前後に配置する。

20

【 0 0 3 8 】

[3 - 2 . 作用効果]

このように構成された永久磁石回転電機では、低回転時は各磁石に対して大きな逆磁界はかからないので、各磁石では図 3 の動作点 A に相当する磁束 A を発生する。従って、その磁束波形は、概ね図 5 の上部に示すように概ね矩形形状の磁束波形となる。一方、高速回転時には、弱め磁界制御になると、各磁石には逆磁界が掛かるようになり、各磁石の動作点は図 3 の動作点 B の位置となり、両サイドに配置したリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 の磁束が急激に減少し、磁束波形は図 6 の上部に示すように矩形波よりも正弦波に近い磁束波形となる、

30

【 0 0 3 9 】

従って、高速回転の弱め界磁領域では、弱め界磁を行なうことにより、両側の不完全着磁磁石が可逆減磁し矩形波よりも正弦波に近い磁束分布波形となり、高調波鉄損が減少するので、高効率な運転が可能となる。

【 0 0 4 0 】

(実施例 4)

[4 - 1 . 構成]

本実施例 4 について、図 7 を用いて説明する。図 7 は、本発明の実施例 4 の回転子 1 極分の断面図である。

40

【 0 0 4 1 】

実施例 4 の構成は、回転子鉄心 2 の 1 つの磁極において、磁極の回転方向中央部にリコイル透磁率が小となる永久磁石 4 とリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 とを半径方向に重ねて配置することにより、1 つの磁極を形成している。すなわち、リコイル透磁率が小となる永久磁石 4 とリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 とを直列に配置することにより、磁極を形成する。また、回転子 1 の外周には隙間を介して、コイルを有する固定子鉄心から成る固定子 3 が配置されており、前記固定子コイルを通电して形成される磁界で前記回転子 1 を回転させる。

【 0 0 4 2 】

[4 - 2 . 作用効果]

50

このように構成された実施例 5 の回転電機では、他の実施例同様、回転数が高速回転領域に達すると回転子 1 内永久磁石による誘起電圧の増大を抑えるため、弱め界磁制御つまり電流位相を進めた電流を重畳する制御を行う。この弱め界磁制御は回転子 1 内の永久磁石には逆磁界として作用する。

【 0 0 4 3 】

この作用は、本実施例 5 においても同様で、不完全着磁磁石 4 は弱め界磁制御による逆磁界で磁力が弱まり、回転子 1 から発せられる鎖交磁束量は減少するので、弱め界磁電流が少なく済み、損失が低減されて高効率運転が可能なのは他の実施例と同じであるが、完全着磁磁石 5 と不完全着磁磁石 4 を半径方向に重ねて、磁極の回転方向中央に配置することにより、磁石の周方向寸法を小さくすることができ、多極化が可能となる。

10

【 0 0 4 4 】

(実施例 5)

[5 - 1 . 構成]

本発明の実施例 5 について図 8 を用いて説明する。図 8 は、本発明の実施例 5 の回転子 1 極分の半径方向断面図である。

【 0 0 4 5 】

実施例 5 の構成は、回転子鉄心 2 の 1 つの磁極において、回転方向磁極中央にリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 とリコイル透磁率の小となる永久磁石 4 とを半径方向に重ね合わせて配置し、その回転方向進み側と遅れ側の両方にリコイル透磁率の小となる永久磁石 4 を配置して磁極を構成している。また、回転子 1 の外周には隙間を介して、コイルを有する固定子鉄心から成る固定子 3 が配置されており、前記固定子コイルを通电して形成される磁界で前記回転子 1 を回転させる。

20

【 0 0 4 6 】

また図 9 は、本発明の実施例 5 のもう一つの回転電機の構成を示す回転子 1 極分の半径方向断面図である。回転方向磁極中央にリコイル透磁率の小となる永久磁石 4 を配置し、その回転方向進み側と遅れ側の両方にリコイル透磁率の小となる永久磁石 4 とリコイル透磁率が大となる永久磁石 5 を半径方向に重ねて配置して磁極を構成している。また、回転子 1 の外周には隙間を介して、コイルを有する固定子鉄心から成る固定子 3 が配置されており、前記固定子コイルを通电して形成される磁界で前記回転子 1 を回転させる。

【 0 0 4 7 】

30

[5 - 2 . 作用効果]

このように構成された実施例 5 の回転電機では、他の実施例同様、回転数が高速回転領域に達すると回転子 1 内永久磁石による誘起電圧の増大を抑えるため、弱め界磁制御つまり電流位相を進めた電流を重畳する制御を行う。この弱め界磁制御は回転子 1 内の永久磁石には逆磁界として作用する。本実施例 5 においても同様で、不完全着磁磁石 4 は弱め界磁制御による逆磁界で磁力が弱まり、回転子 1 から発せられる鎖交磁束量は減少するので、弱め界磁電流が少なく済み、損失が低減されて高効率運転が可能なのは他の実施例と同じである。

【 0 0 4 8 】

さらに、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 を磁極の中央に配置した場合には、低速回転の最大トルクを発生するときの逆磁界の影響を受けにくくなり、最大トルクを大きく維持できる。また、リコイル透磁率が大となる永久磁石 5 を磁極回転方向中央ではなく、回転子 1 の回転方向進み側と遅れ側に配置した場合には、総鎖交磁束量の変化幅を大きくすることが可能であり、高速回転領域での損失低減効果が大きくなる。

40

【 0 0 4 9 】

(実施例 6)

[6 - 1 . 構成]

本発明の実施例 6 について図 10 を用いて説明する。図 10 は、本発明の実施例 6 の回転電機の回転子 1 極分の磁極の半径方向断面図である。

【 0 0 5 0 】

50

実施例 6 は、回転子鉄心 2 の 1 つの磁極において、磁極は一体の永久磁石 6 で構成される。この一体の永久磁石 6 は、部分的に不完全着磁部分 6 A と完全着磁部分 6 B を有し、リコイル透磁率が場所によって異なる。不完全着磁石 6 A となる部分の磁化方向と直角を成す面の片側または両側に、導電性の板 1 1 を配置する。

【 0 0 5 1 】

リコイル透磁率が場所によって異なる永久磁石 6 は、部分的に磁石素材を変えたり、粒界または磁気方位などを操作したりして、永久磁石を構成してもよい。その後、この永久磁石を着磁して、部分的に不完全着磁部分及び完全着磁部分を有することにより、リコイル透磁率が場所によって変えることもできる。

【 0 0 5 2 】

[6 - 2 . 永久磁石 6 の着磁方法]

図 1 1 は、実施例 6 の不完全着磁部分 6 A と完全着磁部分 6 B を有する永久磁石 6 を着磁するための着磁方法を説明する図である。

【 0 0 5 3 】

部分的に不完全着磁部分 6 A と完全着磁部分 6 B を有する永久磁石 6 に対する着磁方法、台形状の着磁ヨーク 7 A と平面を有する着磁ヨーク 7 B とに永久磁石 6 を挟んで着磁を行う。この場合、着磁ヨーク 7 A は台形状の形状をしているので、永久磁石 6 と台形状ヨーク 7 A およびヨーク 7 B が密着に接触している部分は完全着磁部分 6 B となり、台形状ヨーク 7 A と接触していない部分は不完全着磁部分 6 A となる。

【 0 0 5 4 】

また図 1 2 は、同じく実施例 6 の不完全着磁部分 6 A と完全着磁部分 6 B を有する永久磁石 6 を着磁するためのもう一つの着磁方法を説明する図である。永久磁石 6 に対する着磁方法としては、着磁ヨークの中央部が凸で端部が一段低くなっている着磁ヨーク 7 C と平面を有するヨーク 7 D とで永久磁石 6 を挟んで着磁を行う。このとき、着磁ヨーク 7 A とヨーク 7 D の一段低くなった部分に銅板 1 1 を配置した構成とすることにより、銅板 1 1 が配置された部分には着磁のための磁界が減少して掛り、その部分が不完全着磁部分 6 A となる。

【 0 0 5 5 】

[6 - 3 . 作用効果]

このように構成された実施例 6 の回転電機では、他の実施例同様、回転数が高速回転領域に達すると回転子 1 内永久磁石による誘起電圧の増大を抑えるため、弱め界磁制御つまり電流位相を進めた電流を重畳する制御を行う。この弱め界磁制御は回転子 1 内の永久磁石には逆磁界として作用する。本実施例 6 においても同様で、不完全着磁磁石 4 は弱め界磁制御による逆磁界で磁力が弱まり、回転子 1 から発せられる鎖交磁束量は減少するので、弱め界磁電流が少なく済み、損失が低減されて高効率運転が可能なのは他の実施例と同じである。

【 0 0 5 6 】

実施例 6 においては、一様な磁石材料からなる一体型の永久磁石 6 の内、不完全着磁としたい部分に銅板 1 1 を配置しているので、回転子 1 の回転子鉄心 2 に永久磁石 6 を組み込んだ後での着磁が可能となり、製造性が簡素化される。

【 0 0 5 7 】

(他の実施例)

なお、前記実施例 1 から実施例 7 では 8 極の回転電機を示したが、4 極や 1 2 極等の他の極数の回転電機も本発明を適用できるのは当然である。極数に応じて永久磁石の配置位置、形状が幾分変ることは勿論であり、作用と効果は同様に得られる。

また、磁極を形成する永久磁石において、リコイル透磁率をもって永久磁石を区別する定義をしている。従って、リコイル透磁率が異なる磁石であれば、その材質や製造方法、磁気特性の得られ方などに関係なく、同様な作用と効果が得られる。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

10

20

30

40

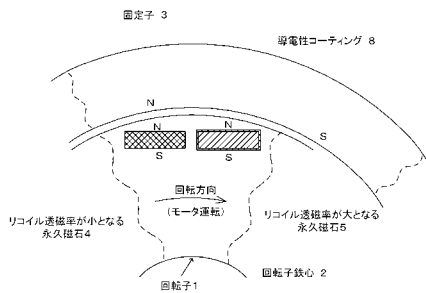
50

- 1 ... 回転子
- 2 ... 回転子鉄心
- 2 A ... 回転子鉄心 A
- 2 B ... 回転子鉄心 B
- 3 ... 固定子
- 4 ... リコイル透磁率が小となる永久磁石
- 5 ... リコイル透磁率が大となる永久磁石
- 6 ... 不完全着磁部分を有する永久磁石
- 6 A ... 不完全着磁部分を有する磁石の不完全着磁部分
- 6 B ... 不完全着磁部分を有する磁石の完全着磁部分
- 7 ... 着磁ヨーク
- 7 A ... 着磁ヨーク
- 7 B ... 着磁ヨーク
- 7 C ... 着磁ヨーク
- 7 D ... 着磁ヨーク
- 8 ... 導電性コーティング
- 9 ... 短絡コイル
- 10 ... 永久磁石
- 11 ... 銅板

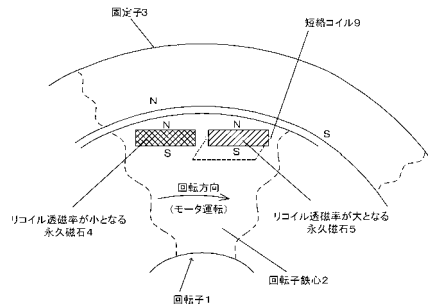
10

20

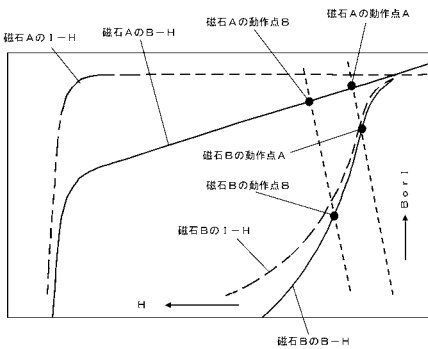
【 図 1 】



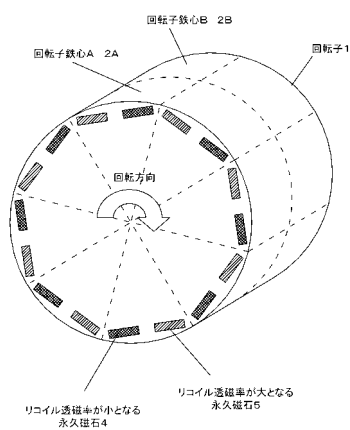
【 図 3 】



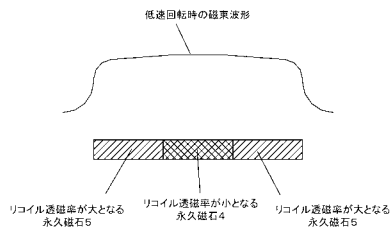
【 図 2 】



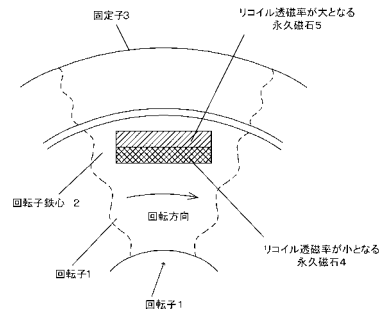
【 図 4 】



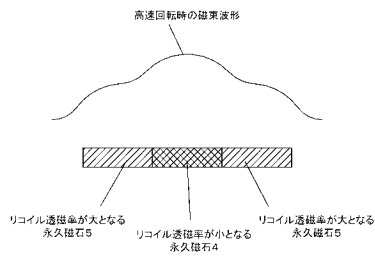
【 図 5 】



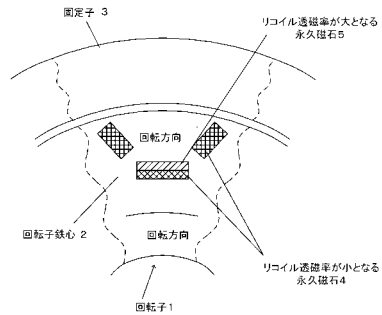
【 図 7 】



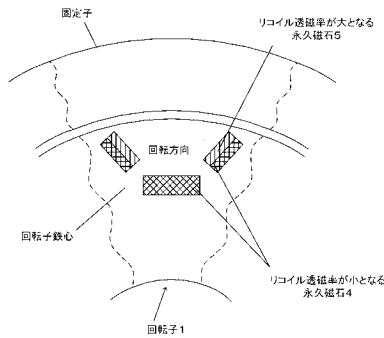
【 図 6 】



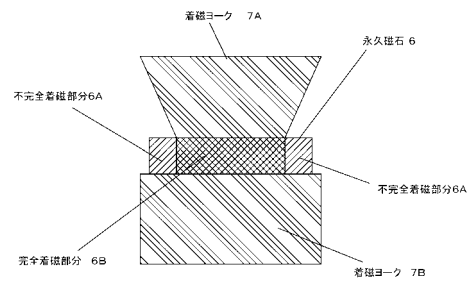
【 図 8 】



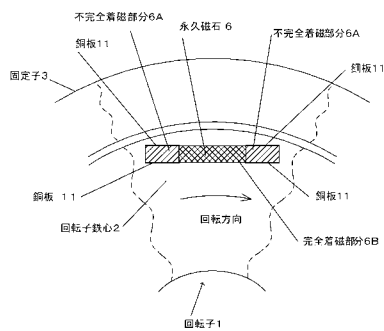
【 図 9 】



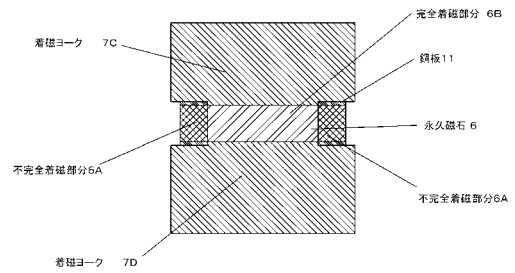
【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



【 図 1 2 】



フロントページの続き

- (72)発明者 新 政憲
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 結城 和明
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 三須 大輔
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 桜田 新哉
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- (72)発明者 堀内 陽介
東京都港区芝浦一丁目1番1号 株式会社東芝内
- Fターム(参考) 5H622 AA03 CA02 CB02 CB05