(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2017-139864
(P2017-139864A)
(43)公開日　平成29年8月10日(2017.8.10)

(51)Int.Cl.			F I			テーマコード（参考）
H02K	1/27	(2006.01)	H02K	1/27	501M	5H601
H02K	1/22	(2006.01)	H02K	1/27	501K	5H622
H02K	1/24	(2006.01)	H02K	1/22	A	
			H02K	1/24		

審査請求 未請求　請求項の数 8　ＯＬ　（全 17 頁）

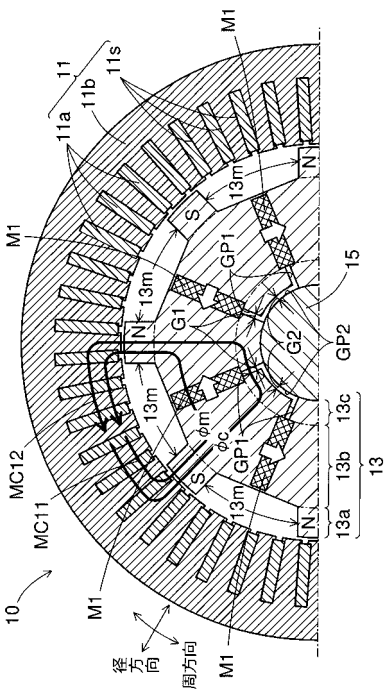
(21)出願番号　特願2016-18025(P2016-18025)
(22)出願日　平成28年2月2日(2016.2.2)

(71)出願人　000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地
(74)代理人　110000604
特許業務法人　共立
(72)発明者　草瀬　新
愛知県刈谷市昭和町１丁目１番地　株式会社デンソー内

Ｆターム(参考)　5H601 AA29 CC01 CC15 DD01 DD09 DD11 DD18 FF15 GA02 GA24 GA25 GA32 GA34 GB33
5H622 AA04 CA02 CB05

(54)【発明の名称】回転電機

(57)【要約】
【課題】減磁に強い界磁構造や制御が行える回転電機を提供することである。
【解決手段】回転電機１０の界磁回転子１３は、周方向にＮ極とＳ極が交互にあらわれる複数の極歯部１３ａと、複数の極歯部１３ａの根元部で連接している環状体部１３ｂと、複数の極歯部１３ａとは反対側に設けられるバイパスギャップ部１３ｃとを有する。環状体部１３ｂは、所定方向に着磁された複数の永久磁石Ｍ１を含む。バイパスギャップ部１３ｃは、複数の第１ギャップ部位ＧＰ１を含む。永久磁石Ｍ１とバイパスギャップ部１３ｃとは、周方向に隣り合う極歯部１３ａの相互間である極間１３ｍに配置されている。永久磁石Ｍ１が電機子１１から離れた位置に配置されるので減磁しにくくなり、減磁に強い界磁構造や制御が行える。バイパスギャップ部１３ｃによって、永久磁石Ｍ１から生じる磁石磁束φｍによる無駄分が抑制される。
【選択図】図５



【特許請求の範囲】
【請求項１】
回転軸（１５）と、鉄心（１１ｂ）のスロット（１１ｓ）に多相巻線（１１ａ）を巻装した電機子（１１）と、前記電機子に対向して回転自在に配置された界磁回転子（１３）とを有する回転電機（１０）において、
前記界磁回転子は、
周方向にＮ極とＳ極が交互にあらわれる複数の極歯部（１３ａ）と、
前記複数の極歯部の根元部で連接している環状体部（１３ｂ）と、
前記複数の極歯部とは反対側に設けられるバイパスギャップ部（１３ｃ）とを有し、
前記環状体部は、所定方向に着磁された複数の永久磁石（Ｍ１，Ｍ２）を含み、
前記バイパスギャップ部は、前記永久磁石に対応する位置に形成される複数の第１ギャップ部位（ＧＰ１）を含み、
前記永久磁石と前記バイパスギャップ部とは、周方向に隣り合う前記極歯部の相互間である極間（１３ｍ）に配置されている回転電機。
【請求項２】
前記永久磁石および前記第１ギャップ部位のうちで一方または双方は、前記界磁回転子における放射状に配置されている請求項１に記載の回転電機。
【請求項３】
前記鉄心と、前記極歯部と、前記環状体部と、前記永久磁石とを通じて磁束（φ）が流れる第１磁気回路（ＭＣ１１，ＭＣ２１，ＭＣ３１）と、
前記第１磁気回路とは異なる磁気回路であって、前記鉄心と、前記極歯部と、前記環状体部と、前記バイパスギャップ部とを通じて磁束が流れる第２磁気回路（ＭＣ１２，ＭＣ２２，ＭＣ３２）とを有する請求項１または２に記載の回転電機。
【請求項４】
前記極歯部の方向をｄ軸とし、ｄ軸インダクタンスをＬｄとし、前記極間をｑ軸とし、ｑ軸インダクタンスをＬｑとするとき、Ｌｄ＞Ｌｑの不等式を満たし、
前記多相巻線に流れる電機子電流（Ｉ）の位相角βを前記ｑ軸から回転方向（Ｄｒ）に電気角でとったときの角度とするとき、β＜０となる領域では電動機として使用する請求項１から３のいずれか一項に記載の回転電機。
【請求項５】
前記バイパスギャップ部のパーミアンスをＰｇとし、前記環状体部のパーミアンスをＰｄとするとき、Ｐｄ＜Ｐｇの不等式を満たすように設定されている請求項１から４のいずれか一項に記載の回転電機。
【請求項６】
前記界磁回転子は、前記電機子と前記環状体部との間、かつ、前記極間に設けられる磁気的導体部材（１３ｄ）を有し、
前記第１磁気回路および前記第２磁気回路とは異なる磁気回路であって、前記鉄心と前記磁気的導体部材とを通じて磁束が流れる第３磁気回路（ＭＣ２３）を有する請求項１から５のいずれか一項に記載の回転電機。
【請求項７】
前記電機子の相数をｍとし、前記電機子の極数をｐとし、前記スロットの数をＸとするとき、Ｘ＝２ｍｐの関係式を満たす請求項１から６のいずれか一項に記載の回転電機。
【請求項８】
前記バイパスギャップ部は、前記回転軸と直接的に固定される部位と、前記回転軸と第２ギャップ部位（ＧＰ２）を介して間接的に固定される部位とを有する請求項１から７のいずれか一項に記載の回転電機。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、回転軸，電機子，界磁回転子を有する回転電機に関する。

【背景技術】
【０００２】
小型高性能で長寿命・高信頼を得るためには永久磁石モータ、とりわけロータの内部に永久磁石を埋め込んだ構造をもつＩＰＭが広く普及している。ＩＰＭは「Interior Permanent Magnet Motor」の頭文字からなる略称である。ＩＰＭは、電機子電流の大きさや位相を変えることにより、トルクだけでなく界磁磁束の電機子への鎖交量も大きく変えることができる。そのため、逆起電力を制御することができ、例えば高速回転でも高トルクを発揮させることもできるという重要な長所をもつ。
【０００３】
従来では、例えば下記の特許文献１において、高回転域において弱め界磁制御を不要とし、高価な高保持力の磁石を用いることなく安定したトルクを得ることを目的とする可変起磁力型回転電機に関する技術が開示されている。当該可変起磁力型回転電機の回転子は、一つの極のｄ軸磁路中に設けられた少なくとも一つの永久磁石と、これに隣接する異極磁石との間に磁気的空隙部を設ける。ｄ軸磁束が少なくとも一つの永久磁石以外の領域を通過するｄ軸バイパス路を形成し、かつ、ｄ軸バイパス路を形成することによりｄ軸方向の磁気抵抗がｑ軸方向の磁気抵抗よりも小さくなるように設定する。
【先行技術文献】
【特許文献】
【０００４】
【特許文献１】特表２０１５－５２６０５２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、特許文献１に記載の可変起磁力型回転電機を含めて、永久磁石は減磁に耐えるとともに、高磁束を供給する必要がある。そのため、どうしても保磁力や磁束密度が高い永久磁石を用いざるを得ず、結果としてコスト高になっていた。
【０００６】
また、高磁束密度の永久磁石を用いることから、界磁弱めのための逆位相電流をコイルに流して、コイルの鎖交磁束を減らしても、減らした鎖交磁束分が他（例えば特許文献１に記載のｄ軸バイパス路など）に漏れてしまう。よって、鉄心に鎖交磁束が貫通することに変わりなく、電圧は減らせても、実際に鉄心に鎖交する磁束を減らせてはいなかった。そのため、例えば高速回転などでの鉄損が大きいという課題が残っていた。
【０００７】
本開示はこのような点に鑑みてなしたものであり、小型化と可変界磁とを両立させ、かつ、次の目的を達成し得る回転電機を提供することを目的とする。第１の目的は、減磁に強い界磁構造や制御が行えることである。第２の目的は、界磁磁束が不要の時は電機子鉄心に向かうことなく磁内で閉じることである。
【課題を解決するための手段】
【０００８】
上記課題を解決するためになされた第１の発明は、回転軸（１５）と、鉄心（１１ｂ）のスロット（１１ｓ）に多相巻線（１１ａ）を巻装した電機子（１１）と、前記電機子に対向して回転自在に配置された界磁回転子（１３）とを有する回転電機（１０）において、前記界磁回転子は、周方向にＮ極とＳ極が交互にあらわれる複数の極歯部（１３ａ）と、前記複数の極歯部の根元部で連接している環状体部（１３ｂ）と、前記複数の極歯部とは反対側に設けられるバイパスギャップ部（１３ｃ）とを有し、前記環状体部は、所定方向に着磁された複数の永久磁石（Ｍ１，Ｍ２）を含み、前記バイパスギャップ部は、前記永久磁石に対応する位置に形成される複数の第１ギャップ部位（ＧＰ１）を含み、前記永久磁石と前記バイパスギャップ部とは、周方向に隣り合う前記極歯部の相互間である極間（１３ｍ）に配置されている。
【０００９】

この構成によれば、永久磁石が電機子から離れた位置に配置されるので減磁しにくくなり、減磁に強い界磁構造や制御が行える。また、バイパスギャップ部を設けているので、永久磁石から生じる磁石磁束の常時短絡による無駄分が抑制される。バイパスギャップ部は永久磁石よりも小さく設定することによって、電機子電流Ｉを小さくしたり逆方向に流したりすると、磁石磁束はバイパスギャップ部を介して循環する。すなわち、鉄心に向かうことなく界磁回転子内で閉じる。こうして磁石磁束の電機子に向かう分が減るので、弊害を抑制することができる。

【００１０】

第２の発明は、前記永久磁石および前記第１ギャップ部位のうちで一方または双方は、前記界磁回転子における放射状に配置されている。この構成によれば、永久磁石や第１ギャップ部位は界磁回転子において放射状に配置されるので、界磁回転子を単純な構造にすることが実現でき、単純な構造ゆえに回転電機の製造に必要なコストを低減できる。

【００１１】

第３の発明は、前記鉄心と、前記極歯部と、前記環状体部と、前記永久磁石とを通じて磁束（φ）が流れる第１磁気回路（ＭＣ１１，ＭＣ２１，ＭＣ３１）と、前記第１磁気回路とは異なる磁気回路であって、前記鉄心と、前記極歯部と、前記環状体部と、前記バイパスギャップ部とを通じて磁束が流れる第２磁気回路（ＭＣ１２，ＭＣ２２，ＭＣ３２）とを有する。この構成によれば、第１磁気回路と第２磁気回路は、永久磁石に対して並列的・選択的に通過しやすい磁気通路となる。永久磁石は一定磁束である磁石磁束であり、多相巻線への通電に伴って鉄心に生じる巻線磁束は可変磁束である。そのため、磁石磁束と巻線磁束とを協働させて磁束を強めたり、磁束を互いに逆方向を流すことで磁束を弱めたりすることができ、結果として可変界磁が行える。また、界磁回転子は界磁巻線を必要としないので、界磁巻線が不要となる分だけ回転電機を小型化することができる。

【００１２】

第４の発明は、前記極歯部の方向をｄ軸とし、ｄ軸インダクタンスをＬｄとし、前記極間をｑ軸とし、ｑ軸インダクタンスをＬｑとするとき、Ｌｄ＞Ｌｑの不等式を満たし、前記多相巻線に流れる電機子電流（Ｉ）の位相角βを前記ｑ軸から回転方向（Ｄｒ）に電気角でとったときの角度とするとき、β＜０となる領域では電動機として使用する。この構成によれば、永久磁石を強めるような向きに電機子電流Ｉを流すことになるので、減磁しにくい。また、永久磁石で生じる磁石磁束のほかに、バイパスギャップ部を通して電機子で励磁される磁束も加わるので、出力を向上させることができる。

【００１３】

第５の発明は、前記バイパスギャップ部のパーミアンスをＰｇとし、前記環状体部のパーミアンスをＰｄとするとき、Ｐｄ＜Ｐｇの不等式を満たすように設定されている。この構成によれば、電機子の起磁力による巻線磁束は、永久磁石ではなく、バイパスギャップ部を選択的に流れやすくなる。よって、総合磁束が増え、かつ、可変できる磁束も増す。

【００１４】

第６の発明は、前記界磁回転子は、前記電機子と前記環状体部との間、かつ、前記極間に設けられる磁気的導体部材（１３ｄ）を有し、前記第１磁気回路および前記第２磁気回路とは異なる磁気回路であって、前記鉄心と前記磁気的導体部材とを通じて磁束が流れる第３磁気回路（ＭＣ２３）を有する。この構成によれば、永久磁石の通路とバイパスギャップ部の通路とは異なり、より高いパーミアンスを有する磁気的導体部材を通じて導体磁束の磁束通路ができる。よって、総合的にｄ軸インダクタンスが高まるので、トルクが向上する。

【００１５】

第７の発明は、前記電機子の相数をｍとし、前記電機子の極数をｐとし、前記スロットの数をＸとするとき、Ｘ＝２ｍｐの関係式を満たす。この構成によれば、複数の極歯部を有する界磁回転子であるにもかかわらず、一相の巻線を分布させるのでトルク脈動成分を減らすことができる。

【００１６】

第８の発明は、前記バイパスギャップ部は、前記回転軸と直接的に固定される部位と、前記回転軸と第２ギャップ部位（ＧＰ２）を介して間接的に固定される部位とを有する。この構成によれば、回転軸が磁性体であるか否かにかかわらず、第２ギャップ部位によってバイパスギャップ部から回転軸に磁束が漏れるのを阻止することができる。磁束漏れを抑制するので、トルクが向上する。

【００１７】

なお、「多相巻線」は固定子巻線と同義であり、一本状の巻線でもよく、複数の導体線やコイル等を電気的に接続して一本状にしたものでもよい。多相巻線の相数は、三相以上であれば問わない。「巻装」は巻いて装うことを意味し、巻き回す意味の「巻回」と同義である。「界磁回転子」は、Ｎ極やＳ極の極性を帯びる極歯部を含む磁性体が該当する。「極歯部」は、環状体部よりも電機子に近接して設けられる凸状部位であって、「磁極部」や「極部」などとも呼ばれる。「磁性体」は、磁束が流れることを条件として、物質（ただし材質や材料の意味を含む）や構成などを問わない。例えば、軟磁性体で構成してもよく、永久磁石で構成してもよく、軟磁性体と永久磁石を組み合わせて構成してもよい。「非磁性体」は、磁束が流れ難いことを条件として、物質や構成などを問わない。例えば、非磁性の樹脂、銅，アルミニウム，マンガン等の金属、ステンレス，真鍮等の合金などが該当する。「バイパスギャップ部」，「第１ギャップ部位」，「第２ギャップ部位」は、いずれも磁気的に抵抗する磁気抵抗であれば任意である。例えば、空隙や非磁性体などが該当する。「回転電機」は、シャフトとも呼ぶ回転軸を有する機器であれば任意であり、例えば発電機，電動機，電動発電機等が該当する。発電機には電動発電機が発電機として作動する場合を含み、電動機には電動発電機が電動機として作動する場合を含む。

【図面の簡単な説明】

【００１８】

【図１】回転電機の第１構成例を模式的に示す断面図である。

【図２】制御部と多相巻線の接続例を示す回路図である。

【図３】トルクと位相角との関係例を示す模式図である。

【図４】トルクと位相角との関係例を示すグラフ図である。

【図５】図１における矢印Ｖ－Ｖ線の一部を示す断面図である。

【図６】本発明の電機子と界磁回転子における磁束の流れを示す模式図である。

【図７】従来の電機子と界磁回転子における磁束の流れを示す模式図である。

【図８】磁石磁束に抗して電機子電流を流す場合の磁気回路を示す模式図である。

【図９】電機子電流と磁束との関係例を示すグラフ図である。

【図１０】本発明の電機子と界磁回転子における磁束の流れを示す模式図である。

【図１１】従来の電機子と界磁回転子における磁束の流れを示す模式図である。

【図１２】回転電機の第２構成例の一部を模式的に示す断面図である。

【図１３】回転電機の第２構成例における磁気回路を示す模式図である。

【図１４】回転電機の第３構成例の一部を模式的に示す断面図である。

【図１５】回転電機の第４構成例の一部を模式的に示す断面図である。

【図１６】回転電機の第５構成例の一部を模式的に示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【００１９】

以下、本発明を実施するための形態について、図面に基づいて説明する。なお、特に明示しない限り、「接続する」という場合には電気的に接続することを意味する。各図は、本発明を説明するために必要な要素を図示し、実際の全要素を図示しているとは限らない。上下左右等の方向を言う場合には、図面の記載を基準とする。英数字の連続符号は記号「～」を用いて略記する。部材間の固定方法は問わない。支持には固定を含む。

【００２０】

〔実施の形態１〕

実施の形態１は図１～図１１を参照しながら説明する。図１に示す回転電機１０は実施の形態１～３に共通する構成例を示す。この回転電機１０は、電機子１１，界磁回転子１

３，軸受１４，回転軸１５などをフレーム１２内に有する。回転電機１０の内部または外部には、回転電機１０全体の制御を司る制御部２０が設けられる。

【００２１】

筐体やハウジングなどに相当するフレーム１２は、電機子１１，界磁回転子１３，軸受１４，回転軸１５などを収容できれば、形状や物質等を任意に設定してよい。このフレーム１２は、少なくとも電機子１１を支持して固定するとともに、軸受１４を介して回転軸１５を回転自在に支持する。本形態のフレーム１２は、非磁性体のフレーム部材１２ａ，１２ｂなどを含む。フレーム部材１２ａ，１２ｂは一体成形してもよく、個別に形成した後に固定部材を用いて固定してもよい。固定部材は、例えばボルト，ネジ，ピン等の締結部材を用いる締結や、母材を溶かして溶接等を行う接合などが該当する。

【００２２】

「ステータ」や「固定子」などに相当する電機子１１は、多相巻線１１ａ，鉄心１１ｂ，複数のスロット１１ｓなどを含む。鉄心１１ｂは「電機子鉄心」や「コア」などとも呼ばれ、図５にも示す複数のスロット１１ｓを含む。鉄心１１ｂは軟磁性体であれば任意に構成してよく、本形態では多数の電磁鋼板を軸方向に積層して構成する。スロット１１ｓは、多相巻線１１ａを収容するために鉄心１１ｂに設けられた空間部位である。

【００２３】

多相巻線１１ａは、三相以上の巻線であって、スロット１１ｓに収容されて巻装される。この多相巻線１１ａは、電機子巻線，固定子巻線，ステータコイルなどに相当する。多相巻線１１ａの形態は任意であり、例えば断面が四角形状の平角線に限らず、断面が円形状の丸線や、断面が三角形状の三角線などでもよい。制御部２０に接続される多相巻線１１ａの接続例については後述する。多相巻線１１ａを巻装する形態も任意であり、例えば全節巻，分布巻，集中巻，短節巻などが該当する。一例として、多相巻線１１ａ巻線として用いる平角線を複数層（例えば４層など）でスロット１１ｓに積層して収容する場合がある。この場合は、下記の一磁極ピッチＰＴの角度でスロット１１ｓを跨ぎ、途中で径方向に曲げられるクランク部位を含めるとよい。

【００２４】

ここで、巻装された多相巻線１１ａに通電して鉄心１１ｂに生じる相数をｍ（ただしｍは正の整数）とし、スロット１１ｓの数をＸとすると、Ｘ＝２ｍｐの関係式が成り立つように設定するとよい。また、電機子１１の磁極の極数をｐ（ただしｐは正の整数）とし、１回転の機械角を３６０°とし、極数ｐを用いて一磁極ピッチＰＴとすると、ＰＴ＝３６０°／ｐの関係式が成り立つ。例えば図５に示す構成例では、相数がｍ＝３であり、極数がｐ＝８であるので、スロット１１ｓの数はＸ＝２ｍｐ＝２×３×８＝４８になる。

【００２５】

「ロータ」や「回転子」などに相当する界磁回転子１３は、鉄心１１ｂに対向して設けられるとともに、回転軸１５に固定される。すなわち、界磁回転子１３と回転軸１５は一体的に回転する。界磁回転子１３の構成例については後述する。界磁回転子１３と電機子１１との間には、ギャップＧｒが設けられる。ギャップＧｒには、界磁回転子１３と電機子１１との間で磁束が流れる範囲において任意の数値を設定してよい。

【００２６】

図２に一点鎖線で示す多相巻線１１ａは、多相の一例としてＵ相，Ｖ相，Ｗ相を含む三相を適用する。すなわち、多相巻線１１ａはＵ相巻線１１Ｕ，Ｖ相巻線１１Ｖ，Ｗ相巻線１１Ｗを含む。Ｕ相巻線１１Ｕ，Ｖ相巻線１１Ｖ，Ｗ相巻線１１ＷはＹ結線されるため、各巻線が一点に接続される中性点Ｐｍを有する。中性点Ｐｍは、巻線の端部どうしを接続したり、巻線の中間タップを用いて接続したりして実現するとよい。

【００２７】

制御部２０は、例えば力行時において多相巻線１１ａに流す多相交流を制御したり、回生時において多相巻線１１ａで発生した起電力の利用（例えば蓄電や供給等）を制御したりする。本形態の多相交流は、Ｕ相巻線１１Ｕに流す交流のＵ相電流Ｉｕと、Ｖ相巻線１１Ｖに流す交流のＶ相電流Ｉｖと、Ｗ相巻線１１Ｗに流す交流のＷ相電流Ｉｗとが該当す

る。Ｕ相電流Ｉｕ，Ｖ相電流ＩｖおよびＷ相電流Ｉｗを流す方向に応じて、後述する図５に示す第１磁気回路ＭＣ１１，第２磁気回路ＭＣ１２や、図８に示す磁気回路ＭＣ１ａなどように、鉄心１１ｂに生じる磁束の向きが変わる。

【００２８】

図３に示す回転磁極ＲＭａ，ＲＭｂは、多相巻線１１ａに多相交流をそれぞれ通電することで鉄心１１ｂに生じる回転磁界の磁極である。本形態では、多相交流として三相交流を適用する。回転磁極ＲＭａ，ＲＭｂは、それぞれ図形の矢印で示す極性（すなわちＮ極，Ｓ極）に磁化され、例えば回転方向Ｄｒに回転する。回転磁極ＲＭａ，ＲＭｂの起磁力Ｆｒは「回転起磁力」，「電機子起磁力」，「起磁力」などに相当し、ベクトルで示す。界磁回転子１３の極歯部１３ａを極央のｄ軸とし、極間のｑ軸とをそれぞれ実線のベクトルで示す。

【００２９】

周方向に隣り合う極歯部１３ａの相互間に位置するｑ軸を基準として回転方向Ｄｒにプラスを採るとき、各々ベクトルで示すｑ軸と起磁力Ｆｒとの間の角度が「位相角β」に相当する。なお、図３における回転方向Ｄｒは左回転の例を示すが、右回転の場合も同様であるので図示を省略する。すなわち回転方向Ｄｒが右回転の場合は、位相角βも逆方向（すなわち右回転がプラス方向）になる。また、図３では２極モデルの例を示すが、４極以上の場合も同様であるので図示を省略する。

【００３０】

ここで、一つの極歯部１３ａごとに生じるトルクＦは、全ての極歯部１３ａの総和である全トルクを極数ｐで除したものである。位相角βとトルクＦとの関係例を図４に示す。実線で示す特性線Ｌ１は、回転電機１０の構成によって得られる特性例である。一点鎖線で示す特性線Ｌ２は、回転電機１０から永久磁石Ｍ１を除いた構成によって得られる特性例である。二点鎖線で示す特性線Ｌ３は、永久磁石Ｍ１がない状態で電機子１１の励磁電流トルクに含まれるリラクタンストルク分の特性例である。なお、図４に示す「degE」は電気角の「度」を意味する。

【００３１】

位相角β１において、特性線Ｌ１と特性線Ｌ２との間にはトルク差Ｆａがあり、特性線Ｌ２と特性線Ｌ３との間にはトルク差Ｆｂがある。トルク差Ｆａは、後述する第１磁気回路ＭＣ１１に含まれる永久磁石Ｍ１を流れる磁石磁束φｍ、すなわちマグネットトルクに起因する。トルク差Ｆｂは、後述する第２磁気回路ＭＣ１２に含まれるバイパスギャップ部１３ｃを流れる巻線磁束φｃ、すなわちリラクタンストルクに起因する。よって、特性線Ｌ１は特性線Ｌ２と特性線Ｌ３を合成して得られる合成特性線である。なお、磁石磁束φｍと巻線磁束φｃは、いずれも回転電機１０に生じる磁束φに含まれる。

【００３２】

制御部２０は、作動態様に応じて位相角βを設定する制御を行うとよい。図示するように、電気角で０度を境として、０度＜β＜９０度の位相角βで発電機トルクを出力でき、－９０度＜β＜０度の位相角βで電動機トルクを出力できる。

【００３３】

図５は、電機子１１と界磁回転子１３の第１構成例を示す断面図であり、図面の上下方向に対称である。電機子１１は、上述したように多相巻線１１ａ，鉄心１１ｂ，複数のスロット１１ｓなどを含む。

【００３４】

界磁回転子１３は、界磁巻線を含まず、複数の極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，バイパスギャップ部１３ｃ，複数の永久磁石Ｍ１などを含む。この界磁回転子１３は軟磁性体であれば任意に構成してよく、本形態では多数の電磁鋼板を軸方向に積層して構成する。なお、バイパスギャップ部１３ｃのパーミアンスをＰｇとし、環状体部１３ｂのパーミアンスをＰｄとするとき、Ｐｄ＜Ｐｇの不等式を満たすように設定するとよい。

【００３５】

複数の極歯部１３ａは、環状体部１３ｂよりも電機子１１（特に鉄心１１ｂ）に近接し

て設けられる凸状部位であって、周方向にＮ極とＳ極が交互にあらわれる。環状体部１３ｂは、複数の極歯部１３ａの根元部で連接するとともに、周方向に着磁された複数の永久磁石Ｍ１を極間１３ｍに含む。当該周方向は「所定方向」に相当する。極間１３ｍは、周方向に隣り合う極歯部１３ａの相互間である。永久磁石Ｍ１の着磁された極性の方向に応じて、複数の極歯部１３ａの極性が周方向にＮ極とＳ極が交互にあらわれる。

【００３６】

バイパスギャップ部１３ｃは、複数の極歯部１３ａとは反対側に設けられるとともに、第１ギャップ部位ＧＰ１と第２ギャップ部位ＧＰ２を含む。第１ギャップ部位ＧＰ１は、永久磁石Ｍ１に対応する位置に形成される磁気抵抗である。本形態の第１ギャップ部位ＧＰ１は径方向に設けられる空隙を適用する。第１ギャップ部位ＧＰ１の空隙距離である第１ギャップＧ１は、巻線磁束φｃが流れる範囲において任意の数値を設定してよい。第２ギャップ部位ＧＰ２は、バイパスギャップ部１３ｃと回転軸１５の間に形成される磁気抵抗である。本形態の第２ギャップ部位ＧＰ２は、Ｓ極の極歯部１３ａに対応して周方向に設けられる空隙を適用する。第２ギャップ部位ＧＰ２の空隙距離である第２ギャップＧ２は、Ｇ２＞Ｇ１の不等式を満たすことを条件として任意の数値を設定してよい。

【００３７】

複数の永久磁石Ｍ１と、複数の第１ギャップ部位ＧＰ１は、界磁回転子１３の極間１３ｍにおいて放射状に配置する。すなわち、一つの永久磁石Ｍ１と一つの第１ギャップ部位ＧＰ１とが一組になって、周方向長さよりも径方向長さが長くなるように配置する。こうすることで、永久磁石Ｍ１を収容する環状体部１３ｂの形状や、第１ギャップ部位ＧＰ１を設けるバイパスギャップ部１３ｃの形状が平易になる。そのため、界磁回転子１３を単純な構造にすることが実現できる。

【００３８】

回転電機１０は、太線で示す第１磁気回路ＭＣ１１と第２磁気回路ＭＣ１２を含む。第１磁気回路ＭＣ１１は、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，永久磁石Ｍ１を通じて磁石磁束φｍが流れる。第２磁気回路ＭＣ１２は、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，バイパスギャップ部１３ｃを通じて巻線磁束φｃが流れる。第１磁気回路ＭＣ１１と第２磁気回路ＭＣ１２は、永久磁石Ｍ１に対して並列的・選択的に通過する磁気通路である。第１磁気回路ＭＣ１１の磁石磁束φｍはマグネットトルクとして寄与し、第２磁気回路ＭＣ１２の巻線磁束φｃはリラクタンストルクとして寄与する。

【００３９】

図５に示すバイパスギャップ部１３ｃは、回転軸１５と直接的に固定される部位と、回転軸１５と第２ギャップ部位ＧＰ２を介して間接的に固定される部位とがある。このような固定を行うことによって、バイパスギャップ部１３ｃから回転軸１５に磁束φ（具体的には巻線磁束φｃ）が漏れるのを阻止する。

【００４０】

図６，図７には、磁石磁束φｍを強める方向に電機子電流Ｉを流す場合、磁束φの流れを等高線状の模様で示す。図６には、回転電機１０に生じる磁束φの一例を示す。図７には、従来構成に生じる磁束φの一例を示す。従来構成は、特許文献１に記載の可変起磁力型回転電機と同様に永久磁石Ｍ１を界磁回転子１３の端部に配置する構成である。なお、磁石磁束φｍを強める方向は、図５に示すように巻線磁束φｃと磁石磁束φｍが同じ方向に流れる場合である。

【００４１】

図６で等高線状に図示する磁束φは、電機子１１と界磁回転子１３で一様に流れている。巻線磁束φｃは、永久磁石Ｍ１を強めるような向きに流れるだけでなく、バイパスギャップ部１３ｃにも流れる。よって、永久磁石Ｍ１は減磁し難くなるため、同一磁束量であれば大きさを小さくでき、同じ大きさであれば磁力の小さいものを適用できる。

【００４２】

これに対して図７は、図６と同様の条件を適用しても、等高線状に図示する磁束φが流れない領域が生じる。磁束φが流れていないのは、永久磁石Ｍ１に減磁が生じている証拠

である。具体的には、永久磁石Ｍ１について電機子１１とは反対側、すなわち回転軸１５側の領域で減磁が生じている。減磁を補うためには、同一磁束量であれば大きさを大きくするか、同じ大きさであれば磁力の大きな永久磁石Ｍ１を適用する必要がある。

【００４３】

図８は、永久磁石Ｍ１で生じる磁石磁束φｍを弱める方向に巻線磁束φｃが生じるように電機子電流Ｉを多相巻線１１ａに流す例を示す。この場合の巻線磁束φｃは、磁気回路ＭＣ１ａを構成する。磁気回路ＭＣ１ａは、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，永久磁石Ｍ１を含む。磁気回路ＭＣ１ａは第１磁気回路ＭＣ１１と同様の通路を有するが、巻線磁束φｃが流れる向きは逆である。これに対して、永久磁石Ｍ１で生じる磁石磁束φｍは、磁気回路ＭＣ１ｂを構成する。磁気回路ＭＣ１ｂは、環状体部１３ｂ，バイパスギャップ部１３ｃ，永久磁石Ｍ１を含むが、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａを含まない。言い換えると、磁石磁束φｍは鉄心１１ｂに向かうことなく界磁回転子１３内で閉じるので、巻線磁束φｃと相殺して全体の磁束量が減るという弊害を抑制することができる。

【００４４】

図９には、磁石磁束φｍを弱める方向（すなわち図３に示す位相角β＝９０°）に電機子電流Ｉを流すとき、当該電機子電流Ｉの大きさを変化させた場合における磁束φの変化例を示す。ただし、図９に示す磁束φは一つの極歯部１３ａを通る磁束を意味する。

【００４５】

実線で示す特性線Ｌ４は、回転電機１０に適用した場合における磁束φの変化例である。電流Ｉ０で磁束φ２になり、電流Ｉ１で最小値の磁束φ１になり、電流Ｉ３で最大値の磁束φ６になっている。ただし、Ｉ０＜Ｉ１＜Ｉ３であり、φ１＜φ２＜φ６である。

【００４６】

二点鎖線で示す特性線Ｌ５は、従来構成に適用した場合における磁束φの変化例である。電流Ｉ０で最小値の磁束φ２になり、電流Ｉ２で最大値の磁束φ５になり、電流Ｉ３で磁束φ４になっている。ただし、Ｉ０＜Ｉ２＜Ｉ３であり、φ２＜φ４＜φ５である。

【００４７】

磁束差Δφ１を磁束φ６と磁束φ１との差分とし、磁束差Δφ２を磁束φ５と磁束φ３との差分とする。図９から明らかなように、Δφ１≫Δφ２である。すなわち、従来構成は、コイル鎖交磁束だけは小さくできるものの、誘起電圧は低下できるが鉄心１１ｂの磁束は弱まってないことを示す。これに対して、図８に示す磁気回路ＭＣ１ｂのように、回転電機１０は磁石磁束φｍが界磁回転子１３内で閉じる。そのため、磁石磁束φｍを弱める方向に電機子電流Ｉを流すときは、磁石磁束φｍが電機子１１に向かって巻線磁束φｃと相殺するという弊害をもたらさない。したがって、回転電機１０は高周波かつ高速回転を行っても低鉄損で済む。

【００４８】

図１０，図１１には、磁石磁束φｍを弱める方向に電機子電流Ｉを流すときの磁束φの流れを等高線状の模様で示す。図１０には、回転電機１０に生じる磁束φの一例を示す。図１０で等高線状に図示する磁束φは、永久磁石Ｍ１を通る巻線磁束φｃと、界磁回転子１３内で閉じる磁石磁束φｍとに分かれている。磁石磁束φｍは、電機子１１に向かわないので、巻線磁束φｃと相殺するという弊害をもたらさない。これに対して図１１は、図１０と同様の条件を適用しても、白線の矢印で示すように磁石磁束φｍが電機子１１に向かって流れている。よって、巻線磁束φｃと相殺するという弊害が生じる。

【００４９】

よって回転電機１０は、磁石磁束φｍを強める方向に電機子電流Ｉを流しても、磁石磁束φｍを弱める方向に電機子電流Ｉを流しても、第２磁気回路ＭＣ１２の巻線磁束φｃを確実に流すことができ、リラクタンストルクを確実に得ることができる。

【００５０】

上述した実施の形態１によれば、以下に示す各作用効果を得ることができる。

【００５１】

（１）回転電機１０の界磁回転子１３は、図１，図５に示すように、周方向にＮ極とＳ

極が交互にあらわれる複数の極歯部１３ａと、複数の極歯部１３ａの根元部で連接している環状体部１３ｂと、複数の極歯部１３ａとは反対側に設けられるバイパスギャップ部１３ｃとを有する。環状体部１３ｂは、所定方向に着磁された複数の永久磁石Ｍ１を含む。バイパスギャップ部１３ｃは、永久磁石Ｍ１に対応する位置に形成される複数の第１ギャップ部位ＧＰ１を含む。永久磁石Ｍ１とバイパスギャップ部１３ｃとは、周方向に隣り合う極歯部１３ａの相互間である極間１３ｍに配置されている。この構成によれば、永久磁石Ｍ１が電機子１１から離れた位置に配置されるので減磁しにくくなり、減磁に強い界磁構造や制御が行える。また、バイパスギャップ部１３ｃを設けているので、永久磁石Ｍ１から生じる磁石磁束φｍの常時短絡による無駄分が抑制される。バイパスギャップ部１３ｃは永久磁石Ｍ１よりも小さく設定することによって、電機子電流Ｉを小さくしたり逆方向に流したりすると、磁石磁束φｍはバイパスギャップ部１３ｃを介して循環する。すなわち、鉄心１１ｂに向かうことなく界磁回転子１３内で閉じる。こうして磁石磁束φｍの電機子１１に向かう分が減るので、巻線磁束φｃと相殺するという弊害を抑制できる。

【００５２】

（２）永久磁石Ｍ１および第１ギャップ部位ＧＰ１の双方は、図５に示すように、界磁回転子１３における放射状に配置されている構成とした。この構成によれば、永久磁石Ｍ１や第１ギャップ部位ＧＰ１は界磁回転子１３において放射状に配置されるので、界磁回転子１３を単純な構造にすることが実現でき、単純な構造ゆえに回転電機１０の製造に必要なコストを低減できる。

【００５３】

（３）図５に示すように、第１磁気回路ＭＣ１１と第２磁気回路ＭＣ１２とを有する構成とした。第１磁気回路ＭＣ１１は、鉄心１１ｂと、極歯部１３ａと、環状体部１３ｂと、永久磁石Ｍ１とを通じて磁石磁束φｍが流れる。第２磁気回路ＭＣ１２は、鉄心１１ｂと、極歯部１３ａと、環状体部１３ｂと、バイパスギャップ部１３ｃとを通じて巻線磁束φｃが流れる。この構成によれば、第１磁気回路ＭＣ１１と第２磁気回路ＭＣ１２は、永久磁石Ｍ１に対して並列的・選択的に通過しやすい磁気通路となる。永久磁石Ｍ１は一定磁束である磁石磁束φｍであり、多相巻線１１ａへの通電に伴って鉄心１１ｂに生じる巻線磁束φｃは可変磁束である。そのため、磁石磁束φｍと巻線磁束φｃとを協働させて磁束を強めたり、磁束を互いに逆方向を流すことで磁束を弱めたりすることができ、結果として可変界磁が行える。また、界磁回転子１３は界磁巻線を必要としないので、界磁巻線が不要となる分だけ回転電機１０を小型化することができる。

【００５４】

（４）図３に示すように、極歯部１３ａの方向をｄ軸とし、極間１３ｍをｑ軸とし、多相巻線１１ａに流れる電機子電流Ｉの位相角βをｑ軸から回転方向Ｄｒに電気角でとったときの角度とする。ｄ軸インダクタンスをＬｄとし、ｑ軸インダクタンスをＬｑとするとき、Ｌｄ＞Ｌｑの不等式を満たすように設定する。また図４に示すように、β＜０となる領域では電動機として使用する構成とした。この構成によれば、永久磁石Ｍ１を強めるような向きに電機子電流Ｉを流すことになるので、減磁しにくい。また、永久磁石Ｍ１で生じる磁石磁束φｍのほかに、バイパスギャップ部１３ｃを通して電機子１１で励磁される巻線磁束φｃも加わるので、出力を向上させることができる。

【００５５】

（５）図５において、バイパスギャップ部１３ｃのパーミアンスをＰｇとし、環状体部１３ｂのパーミアンスをＰｄとするとき、Ｐｄ＜Ｐｇの不等式を満たすように設定されている構成とした。この構成によれば、電機子１１の起磁力Ｆｒによる巻線磁束φｃは、永久磁石Ｍ１ではなく、バイパスギャップ部１３ｃを選択的に流れやすくなる。よって、総合磁束が増え、かつ、可変できる磁束も増す。

【００５６】

（７）図５に示すように、電機子１１の相数をｍとし、電機子１１の極数をｐとし、スロット１１ｓの数をＸとするとき、Ｘ＝２ｍｐの関係式を満たす構成とした。この構成によれば、複数の極歯部１３ａを有する界磁回転子１３であるにもかかわらず、一相の巻線

を分布させるのでトルク脈動成分を減らすことができる。

【００５７】

（８）バイパスギャップ部１３ｃは、図５に示すように、回転軸１５と直接的に固定される部位と、回転軸１５と第２ギャップ部位ＧＰ２を介して間接的に固定される部位とを有する構成とした。この構成によれば、回転軸１５が磁性体であるか否かにかかわらず、第２ギャップ部位ＧＰ２によってバイパスギャップ部１３ｃから回転軸１５に磁束（具体的には巻線磁束φｃ）が漏れるのを阻止することができる。磁束漏れを抑制するので、トルクＦが向上する。

【００５８】

〔実施の形態２〕

実施の形態２は図１２，図１３を参照しながら説明する。なお図示および説明を簡単にするため、特に明示しない限り、実施の形態１で用いた要素と同一の要素には同一の符号を付して説明を省略する。よって、主に実施の形態１と相違する点を説明する。

【００５９】

図１２は、図５と同様の断面図であって、電機子１１と界磁回転子１３の第２構成例を示す。図１２に示す界磁回転子１３は、図５に示す界磁回転子１３と比べて、さらに複数の磁気的導体部材１３ｄを含む点が相違する。

【００６０】

複数の磁気的導体部材１３ｄは、電機子１１と環状体部１３ｂとの間、かつ、極間１３ｍに設けられる。磁気的導体部材１３ｄはどのように固定してもよい。例えば、図１３に示す支持部１３ｅを介して環状体部１３ｂに固定してもよく、図示しないが極歯部１３ａに固定してもよい。支持部１３ｅは、非磁性体でもよく、無視できるほどの磁束しか流れない軟磁性体でもよい。磁気的導体部材１３ｄは、極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，バイパスギャップ部１３ｃよりも高いパーミアンスの軟磁性体を用いるとよい。すなわち、磁気的導体部材１３ｄのパーミアンスをＰｅとするとき、Ｐｄ＜Ｐｇ＜Ｐｅの不等式を満たすように設定するとよい。

【００６１】

図１３は、図１２に示す第２構成例において、磁石磁束φｍを強める方向に電機子電流Ｉを流した場合における磁束φの流れを示す。この場合の回転電機１０は、太線で示す第１磁気回路ＭＣ２１，第２磁気回路ＭＣ２２，第３磁気回路ＭＣ２３を含む。第１磁気回路ＭＣ２１は、図５に示す第１磁気回路ＭＣ１１と同様である。第２磁気回路ＭＣ２２は、図５に示す第２磁気回路ＭＣ１２と同様である。第３磁気回路ＭＣ２３は、鉄心１１ｂと磁気的導体部材１３ｄを通じて導体磁束φｅが流れる。第１磁気回路ＭＣ２１，第２磁気回路ＭＣ２２および第３磁気回路ＭＣ２３は、永久磁石Ｍ１に対して並列的・選択的に通過する磁気通路である。第３磁気回路ＭＣ２３の導体磁束φｅは、第２磁気回路ＭＣ２２の巻線磁束φｃと同様に、リラクタンストルクとして寄与する。

【００６２】

上述した実施の形態２によれば、実施の形態１と同様の作用効果を得ることができる。ただし、第１磁気回路ＭＣ１１を第１磁気回路ＭＣ２１に読み替え、第２磁気回路ＭＣ１２を第２磁気回路ＭＣ２２に読み替える。さらに、次の作用効果を得ることができる。

【００６３】

（６）界磁回転子１３は、図１２に示すように、電機子１１と環状体部１３ｂとの間、かつ、極間１３ｍに設けられる磁気的導体部材１３ｄを有する。また、図１３に示すように、第１磁気回路ＭＣ２１や第２磁気回路ＭＣ２２と異なる磁気回路であって、鉄心１１ｂと磁気的導体部材１３ｄとを通じて磁束が流れる第３磁気回路ＭＣ２３を有する。この構成によれば、永久磁石Ｍ１の通路とバイパスギャップ部１３ｃの通路とは異なり、より高いパーミアンスを有する磁気的導体部材１３ｄを通じて導体磁束φｅの磁束通路ができる。よって、総合的にｄ軸インダクタンスＬｄが高まるので、トルクＦが向上する。

【００６４】

〔実施の形態３〕

実施の形態３は図１４を参照しながら説明する。なお図示および説明を簡単にするため、特に明示しない限り、実施の形態１で用いた要素と同一の要素には同一の符号を付して説明を省略する。よって、主に実施の形態１と相違する点を説明する。

【００６５】

図１４は、図５と同様の断面図であって、電機子１１と界磁回転子１３の第３構成例を示す。図１４に示す界磁回転子１３は、図５に示す界磁回転子１３に放射状に配置した永久磁石Ｍ１に代えて、非放射状に配置する永久磁石Ｍ２を含む点が相違する。

【００６６】

複数の永久磁石Ｍ２は、図形の矢印で示す方向に着磁され、界磁回転子１３の極間１３ｍにおいて非放射状に配置する。図形の矢印で示す方向は「所定方向」に相当する。非放射状は、放射状以外であれば任意である。図１４に示す永久磁石Ｍ２は、径方向長さよりも周方向長さが長くなるように配置する。複数の第１ギャップ部位ＧＰ１は、複数の永久磁石Ｍ２の配置に合わせて、図１４に示すように配置する。

【００６７】

図１４の回転電機１０は、太線で示す第１磁気回路ＭＣ３１と第２磁気回路ＭＣ３２を含む。第１磁気回路ＭＣ３１は、図５に示す第１磁気回路ＭＣ１１に相当し、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，永久磁石Ｍ１を通じて磁石磁束φｍが流れる。第２磁気回路ＭＣ３２は、図５に示す第２磁気回路ＭＣ１２に相当し、鉄心１１ｂ，極歯部１３ａ，環状体部１３ｂ，バイパスギャップ部１３ｃを通じて巻線磁束φｃが流れる。第１磁気回路ＭＣ３１と第２磁気回路ＭＣ３２は、永久磁石Ｍ２に対して並列的・選択的に通過する磁気通路である。第１磁気回路ＭＣ３１の磁石磁束φｍはマグネットトルクとして寄与し、第２磁気回路ＭＣ３２の巻線磁束φｃはリラクタンストルクとして寄与する。

【００６８】

上述した実施の形態３によれば、実施の形態１と同様の作用効果を得ることができる。ただし、永久磁石Ｍ１を永久磁石Ｍ２に読み替え、第１磁気回路ＭＣ１１を第１磁気回路ＭＣ３１に読み替え、第２磁気回路ＭＣ１２を第２磁気回路ＭＣ３２に読み替える。また、図５に示す界磁回転子１３よりも構造が複雑になるものの、回転電機１０の種類や仕様等に合わせて永久磁石Ｍ２の配置を自在に行える。図示を省略するが、図１４に示す界磁回転子１３に対して、図１２に示す磁気的導体部材１３ｄを設ける構成としてもよく、この場合には実施の形態２と同様の作用効果を得ることができる。

【００６９】

〔他の実施の形態〕

以上では本発明を実施するための形態について実施の形態１～３に従って説明したが、本発明は当該形態に何ら限定されるものではない。言い換えれば、本発明の要旨を逸脱しない範囲内において、種々なる形態で実施することもできる。例えば、次に示す各形態を実現してもよい。

【００７０】

上述した実施の形態１～３では、図５，図８，図１２，図１３，図１４に示すように、界磁回転子１３は第１ギャップ部位ＧＰ１とともに第２ギャップ部位ＧＰ２を含む構成とした。この形態に代えて、図１５に示すように、界磁回転子１３は第１ギャップ部位ＧＰ１を含むが、第２ギャップ部位ＧＰ２を含まない構成としてもよい。この構成では、回転軸１５を非磁性体で構成する必要がある。回転軸１５が非磁性体であるので、バイパスギャップ部１３ｃから回転軸１５に磁束φ（具体的には巻線磁束φｃ）が漏れるのを阻止することができる。そのため、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。また、第２ギャップ部位ＧＰ２が不要となる分だけ界磁回転子１３の構造が単純になるので、回転電機１０の製造コストをさらに低減することができる。

【００７１】

上述した実施の形態１～３では、図５，図８，図１２，図１３，図１４に示すように、界磁回転子１３の極間１３ｍ，第１ギャップ部位ＧＰ１，第２ギャップ部位ＧＰ２をそれぞれ空隙で構成した。この形態に代えて、極間１３ｍ，第１ギャップ部位ＧＰ１，第２ギ

ャップ部位ＧＰ２のうちで一以上を非磁性体の埋設部１３ｆで埋める構成としてもよい。例えば図１６に示す構成では、極間１３ｍ，第１ギャップ部位ＧＰ１，第２ギャップ部位ＧＰ２の全てを埋設部１３ｆで埋めている。非磁性体の埋設部１３ｆには磁束φは流れないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。また、界磁回転子１３に設けられる空隙を少なくすることによって、剛性を高めて振動を抑制することができる。

【００７２】

上述した実施の形態１～３では、図５，図８，図１２，図１３，図１４に示すように、界磁回転子１３は断面形状が四角形状の永久磁石Ｍ１，Ｍ２を含む構成とした。この形態に代えて、他の断面形状の永久磁石Ｍ１，Ｍ２を含む構成としてもよい。他の断面形状は、例えば四角形状以外の多角形状（すなわち三角形状や五角形状以上の形状）、複数の形状を合成して得られる合成形状などが該当する。単に断面形状が相違するに過ぎないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。また、磁石磁束φｍの流れに合わせた断面形状にすることによって、マグネットトルクを向上させることができる。

【００７３】

上述した実施の形態１～３では、図５，図８，図１２，図１３，図１４に示すように、界磁回転子１３に備える複数の永久磁石Ｍ１，Ｍ２を単体で構成した。この形態に代えて、一以上の永久磁石Ｍ１，Ｍ２について、複数の分割磁石を含む複合体で構成してもよい。一以上の永久磁石Ｍ１，Ｍ２が単体であるか複合体であるかの相違に過ぎないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。

【００７４】

上述した実施の形態１，２では、図５，図８，図１２，図１３に示すように、永久磁石Ｍ１を環状体部１３ｂに埋める構成とした。この形態に代えて、ストッパで支持することを条件として、永久磁石Ｍ１の一部（端面を含む）を環状体部１３ｂから露出する構成としてもよい。永久磁石Ｍ１の一部が露出しても磁石磁束φｍの流れには影響しない。永久磁石Ｍ１の全体を環状体部１３ｂに埋めるか、永久磁石Ｍ１の一部を環状体部１３ｂから露出させるかの相違に過ぎないので、実施の形態１，２と同様の作用効果が得られる。

【００７５】

上述した実施の形態１～３の界磁回転子１３は、図１に示すように、回転軸１５とは別体にバイパスギャップ部１３ｃを備える構成とした。この形態に代えて、回転軸１５の少なくとも一部が軟磁性体で成形される場合には、バイパスギャップ部１３ｃに対応する部位を回転軸１５で代用してもよい。言い換えると、回転軸１５にバイパスギャップ部１３ｃを含む。この場合の回転軸１５はバイパスギャップ部１３ｃと同様に巻線磁束φｃが流れるので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。

【００７６】

上述した実施の形態１～３の制御部２０は、図２に示すように、多相交流として三相交流を適用する構成とした。この形態に代えて、例えば四相，六相，十二相などのように、四相以上の多相交流を適用してもよい。多相交流の相数が相違するに過ぎないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。

【００７７】

上述した実施の形態１～３の多相巻線１１ａは、図２に示すように、Ｕ相巻線１１Ｕ，Ｖ相巻線１１Ｖ，Ｗ相巻線１１Ｗを Ｙ結線する構成とした。この形態に代えて、Ｕ相巻線１１Ｕ，Ｖ相巻線１１Ｖ，Ｗ相巻線１１Ｗは、Δ結線としてもよく、Ｙ結線とΔ結線を組み合わせるＹ－Δ結線としてもよい。結線形態が相違するに過ぎないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。

【００７８】

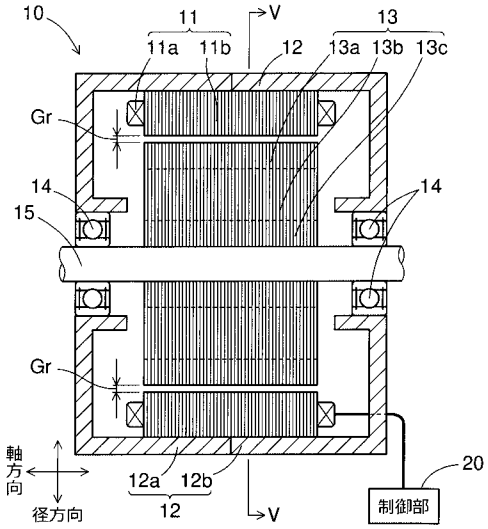
上述した実施の形態１～３では、図１に示すように、インナーロータ型の回転電機１０に適用する構成とした。この形態に代えて、アウターロータ型の回転電機に適用する構成としてもよい。アウターロータ型では、電機子１１を内径側に配置し、界磁回転子１３を外径側に配置する。電機子１１と界磁回転子１３の配置が相違したりするに過ぎないので、実施の形態１～３と同様の作用効果が得られる。

【符号の説明】

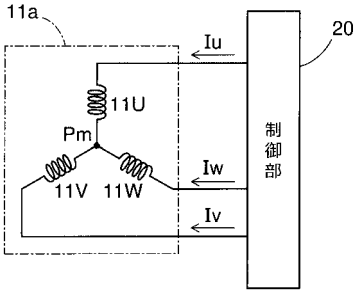
【００７９】

１０　回転電機
１１　電機子
１１ａ　多相巻線
１１ｂ　鉄心
１１ｓ　スロット
１３　界磁回転子
１３ａ　極歯部
１３ｂ　環状体部
１３ｃ　バイパスギャップ部
１３ｍ　極間
１５　回転軸

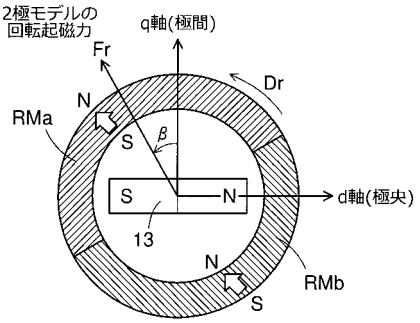
【図１】



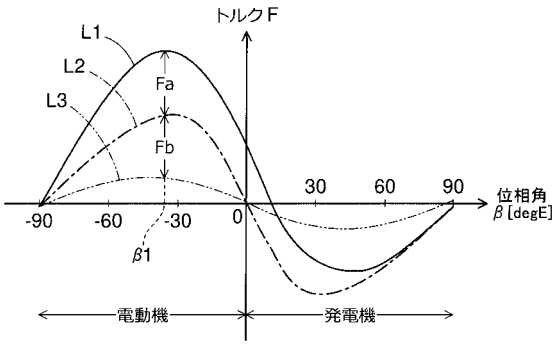
【図２】



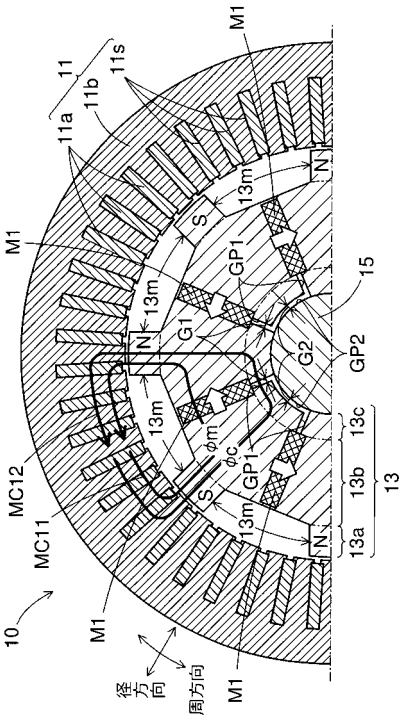
【図３】



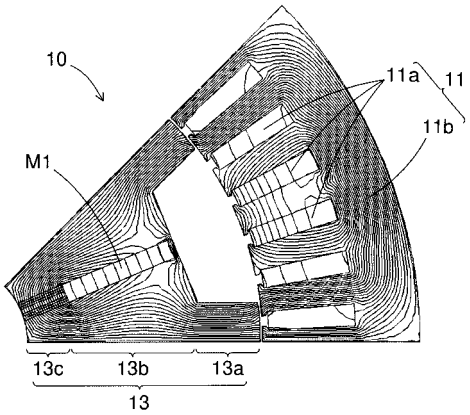
【図４】



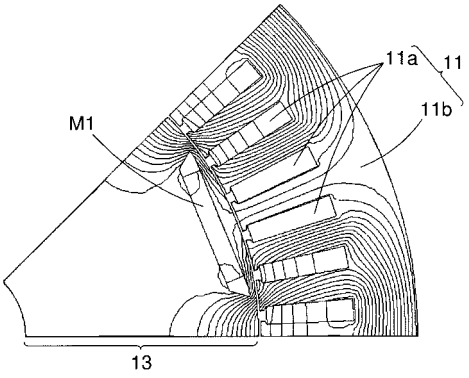
【図５】



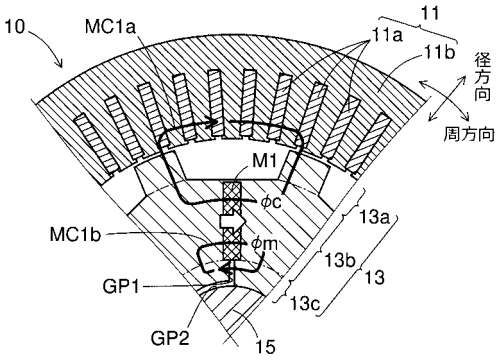
【図６】



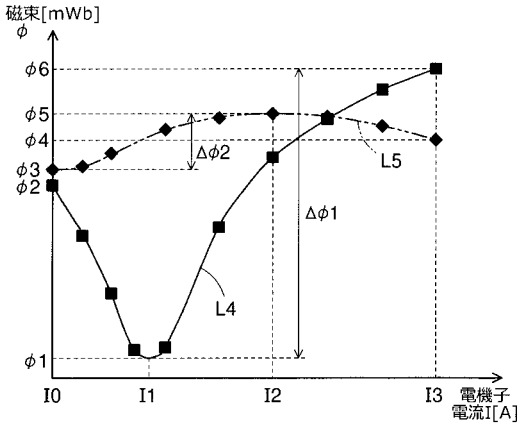
【図７】



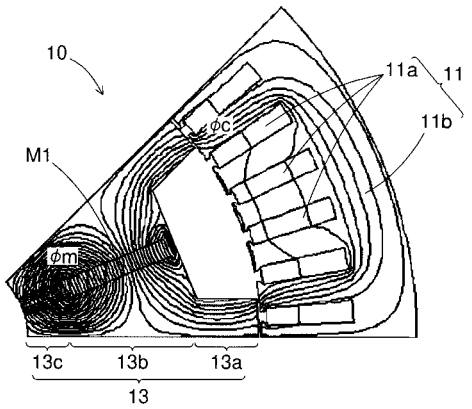
【図８】



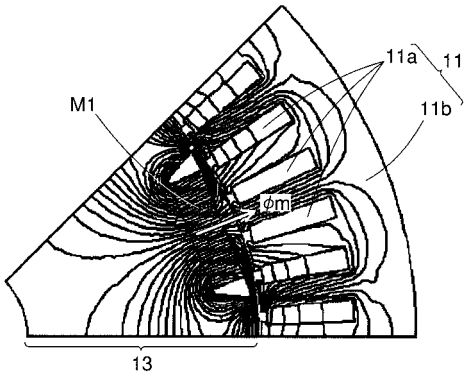
【図９】



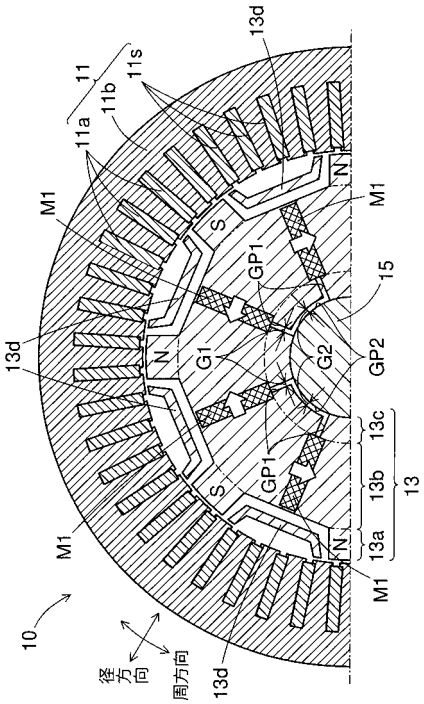
【図１０】



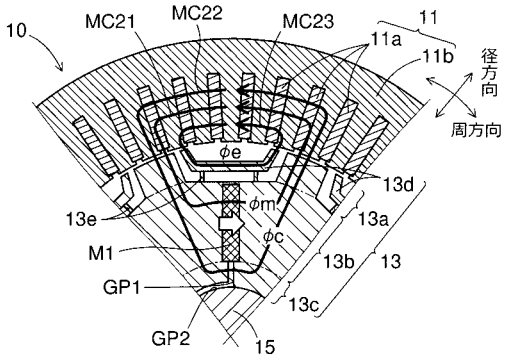
【図１１】



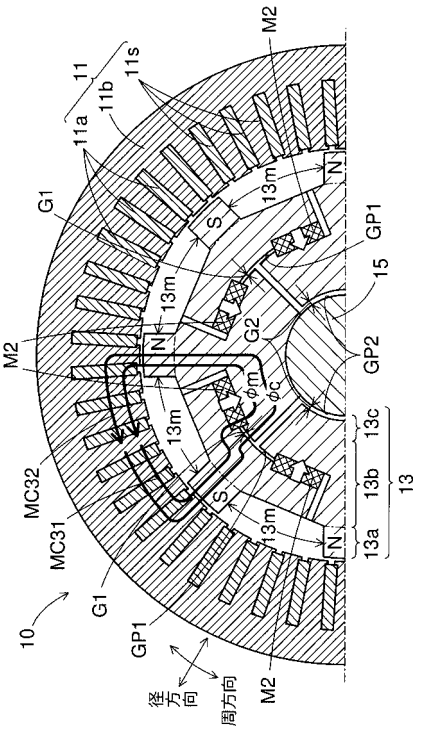
【図１２】



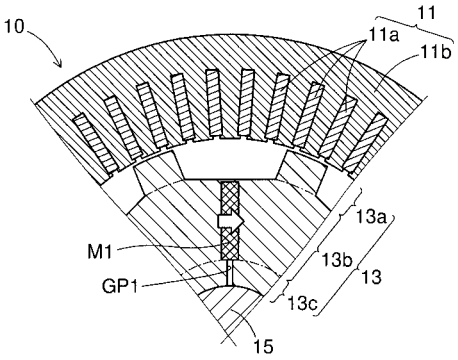
【図１３】



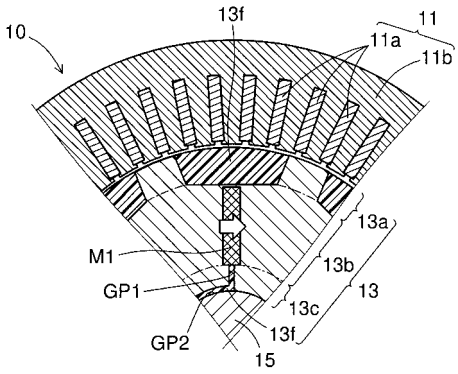
【図１４】



【図１５】


10
11
11a
11b
13a
M1
13b
13
GP1
13c
15

【図１６】


13f
10
11
11a
11b
13a
M1
13b
13
GP1
13c
GP2
13f
15