

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6331949号  
(P6331949)

(45) 発行日 平成30年5月30日(2018.5.30)

(24) 登録日 平成30年5月11日(2018.5.11)

(51) Int.Cl.

H02K 19/12 (2006.01)  
H02K 1/26 (2006.01)

F 1

H02K 19/12  
H02K 1/26Z H V  
A

請求項の数 6 (全 16 頁)

(21) 出願番号 特願2014-209866 (P2014-209866)  
 (22) 出願日 平成26年10月14日 (2014.10.14)  
 (65) 公開番号 特開2016-82640 (P2016-82640A)  
 (43) 公開日 平成28年5月16日 (2016.5.16)  
 審査請求日 平成29年6月5日 (2017.6.5)

(73) 特許権者 000002082  
 スズキ株式会社  
 静岡県浜松市南区高塚町300番地  
 (74) 代理人 110001520  
 特許業務法人日誠国際特許事務所  
 (72) 発明者 青山 真大  
 静岡県浜松市南区高塚町300番地 スズ  
 キ株式会社内

審査官 池田 貴俊

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】モータ

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

通電により磁束を発生させる複数の電機子極コイルを有するステータと、前記ステータからの前記磁束により回転するロータと、を備えるモータであって、

前記ロータは、前記ステータに向かって延伸する突極形状に形成されて並列されている複数の主突極部と、前記主突極部の並列方向の側面間で前記ステータに向かって延伸する突極形状に形成されて並列されている複数の補助突極部と、が形成されており、

前記主突極部および前記補助突極部は、前記電機子極コイルで発生する前記磁束に含まれる空間高調波成分が鎖交することにより誘導電流を発生させる誘導コイルと、前記誘導コイルで発生した前記誘導電流を通電させて電磁力を発生させる電磁石コイルと、を有する、モータ。

## 【請求項 2】

前記主突極部は、d 軸磁路で発生する磁束に重畳する空間高調波成分が前記ステータに對向する端面から鎖交するように形成され、

前記補助突極部は、q 軸磁路で発生する磁束に重畳する空間高調波成分が前記ステータに對向する端面から鎖交するように形成されている、請求項 1 に記載のモータ。

## 【請求項 3】

前記誘導コイルは、前記主突極部および前記補助突極部の前記端面側に配置され、前記電磁石コイルは、前記主突極部および前記補助突極部の前記端面から離隔する回転軸側に配置されている、請求項 1 または請求項 2 に記載のモータ。

**【請求項 4】**

前記主突極部に配置される前記誘導コイルと、前記補助突極部に配置される前記電磁石コイルとを第1の整流回路に接続し、

前記補助突極部に配置される前記誘導コイルと、前記主突極部に配置される前記電磁石コイルとを第2の整流回路に接続し、

前記第1の整流回路および前記第2の整流回路は、前記誘導コイルで発生する前記誘導電流を整流して直流界磁電流として前記電磁石コイルに通電する、請求項1から請求項3のいずれか1項に記載のモータ。

**【請求項 5】**

前記第1の整流回路および前記第2の整流回路は、個々に電気的に独立する回路構成になっている、請求項4に記載のモータ。 10

**【請求項 6】**

前記第1の整流回路および前記第2の整流回路は、それぞれ前記誘導コイルで発生する前記誘導電流を全波整流する回路構成になっている、請求項4または請求項5に記載のモータ。

**【発明の詳細な説明】****【技術分野】****【0001】**

本発明は、自励式巻線界磁機能を有する電磁石をロータ側に備えるモータに関する。 20

**【背景技術】****【0002】**

例えば、ハイブリッド自動車(Hybrid Electric Vehicle)や電気自動車(Electric Vehicle)に搭載するモータとしては、リラクタンストルクと共に、マグネットトルクを効果的に利用するのが効率がよい。このようなモータとしては、磁力の強いネオジム磁石(Neodymium magnet)などの永久磁石をロータ(回転子)内に埋め込む、IPM(

1413245483198\_0

)構造が多用されている。

**【0003】**

この種のモータとしては、高磁力の永久磁石は高価かつ安定供給が難しいことから、ロータ側に自励式巻線界磁機能を有する電磁石を備えさせることが提案されている(特許文献1)。この特許文献1に記載のモータでは、ステータの電機子極コイルで発生させる磁束を鎖交させるロータの突極部に、誘導コイルと電磁石コイルとを個別に形成して、誘導コイルで発生させる誘導電流を整流した後に電磁石コイルに界磁電流として供給することで電磁石としても機能させている。 30

**【0004】**

この特許文献1に記載のモータは、ステータ側の電機子極コイルで発生させる磁束をロータの突極部に鎖交させることによるリラクタンストルクと、その突極部を電磁石として機能させることによるマグネットトルクとを利用して、ロータを回転させるトルクを向上させている。 40

**【先行技術文献】****【特許文献】****【0005】**

【特許文献1】特開2013-38918号公報

**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

しかしながら、特許文献1に記載のモータにあっては、誘導コイルと電磁石コイルとを形成するロータの突極部において自己励磁する巻線界磁機能を有する電磁石を実現しているが、トルク発生面が誘導コイルと電磁石コイルを共通に巻き付ける突極部の外周面のみ 50

である。

【0007】

このことから、このモータでは、ロータの外周面においてトルク密度の小さくなる領域がでけて回転効率を低下させているとともに、このトルク密度の小さな領域が周方向に繰り返し出現して回転品質を低下させている。

【0008】

また、この特許文献1に記載のモータでは、誘導コイルで発生する交流の誘導電流を突極毎に半波整流して合成することで直流の界磁電流としており、誘導電流を有効利用することができない。

【0009】

10

そこで、本発明は、損失エネルギーをより効率よく界磁エネルギーとして回収して、効果的に高トルクで駆動させることのできる、自励式巻線界磁機能を有する電磁石を備えるモータを提供することを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0010】

上記課題を解決するモータの発明の一態様は、通電により磁束を発生させる複数の電機子極コイルを有するステータと、前記ステータからの前記磁束により回転するロータと、を備えるモータであって、前記ロータは、前記ステータに向かって延伸する突極形状に形成されて並列されている複数の主突極部と、前記主突極部の並列方向の側面間で前記ステータに向かって延伸する突極形状に形成されて並列されている複数の補助突極部と、が形成されており、前記主突極部および前記補助突極部は、前記電機子極コイルで発生する前記磁束に含まれる空間高調波成分が鎖交することにより誘導電流を発生させる誘導コイルと、前記誘導コイルで発生した前記誘導電流を通電させて電磁力を発生させる電磁石コイルと、を有するものである。

20

【発明の効果】

【0011】

この本発明の一態様によれば、損失エネルギーを効率よく界磁エネルギーとして回収して、効果的に高トルクで駆動させることのできる、自励式巻線界磁機能を有する電磁石を備えるモータを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

30

【0012】

【図1】図1は、本発明に係るモータの一実施形態を示す図であり、その概略構成を示す一部拡大径方向断面図である。

【図2】図2は、補助突極部の誘導コイルとロータティースの電磁石コイルとをダイオードを介して接続する簡易な回路構成図である。

【図3】図3は、ロータティースの誘導コイルと補助突極部の電磁石コイルとをダイオードを介して接続する簡易な回路構成図である。

【図4】図4は、通電時に発生する磁束の磁化方向に応じた磁束ベクトルの形成状態を示す状態図である。

【図5】図5は、通電時に発生する磁束線の形成状態を示す状態図である。

40

【図6】図6は、通電時に発生する磁束の形成状態を磁束線および磁束ベクトルで示す状態図である。

【図7】図7は、本実施形態と比較する補助突極部のない構造のモータの概略構成を示す一部拡大径方向断面図である。

【図8】図8は、通電時に発生する誘導電流量を補助突極部の有無で比較するグラフである。

【図9】図9は、通電時に得られるトルクを補助突極部の有無で比較するグラフである。

【発明を実施するための形態】

【0013】

以下、図面を参照して、本発明の実施形態について詳細に説明する。図1～図9は本発

50

明の一実施形態に係るモータを示す図である。ここで、図1は、リラクタンスマータの径方向断面図であり、軸心を中心とする機械角60度分を図示しており、当該機械角60度分が周方向に周期的に繰り返される構造を示している。

【0014】

(モータの基本構造)

図1において、モータ10は、例えば、ハイブリッド自動車や電気自動車において、内燃機関と共に、あるいは単独で駆動源として車載するのに好適な性能を有している。このモータ10は、後述するように、外部からロータにエネルギー入力する必要のない構造に作製されている。

【0015】

10

モータ10は、概略円筒形状に形成されたステータ(固定子)11と、このステータ11内に回転自在に収納されて軸心に一致する回転軸が固定されるロータ(回転子)21と、を備えている。ステータ11およびロータ21は、電磁鋼板(磁性体)を積層して巻線を巻き付け可能にそれぞれ一体に形成することにより、それぞれの内部での透磁率を高めて高密度に磁束を通すことのできる磁路として機能している。このステータ11およびロータ21は、ラジアル方向で対面する後述の極力小さなエアギャップGを介して対面する端面間で効率よく磁束を鎖交させることができるように形成されている。

【0016】

ステータ11には、径方向の回転軸側に延伸されて突極形状に形成されている複数本のステータティース12が周方向に均等配置されている。ステータティース12は、ロータ21の後述するロータティース22の外周面22aにエアギャップGを介して内周面12a側を対面させている。このステータティース12には、隣接する側面間に形成される空間のステータスロット13を利用して、3相電源の相毎の3相巻線をそれぞれ個々に集中巻きすることにより電機子極コイル14が形成されている。また、ステータティース12は、電機子極コイル14に交流駆動電流を入力することにより、内部に対面収納されているロータ21を回転させる磁束を発生する電磁石として機能する。

20

【0017】

ロータ21には、径方向の回転軸から離隔する側に延伸される突極形状に形成されている複数本のロータティース(主突極部)22が周方向に均等配置されている。ロータティース22は、ステータティース12と全周方向の本数を異なさせて、相対回転時に外周面(端面)22aがステータティース12の内周面12aに適宜近接対面するように形成されている。

30

【0018】

これにより、モータ10は、ステータ11の電機子極コイル14に通電することにより発生する磁束を、ステータティース12の内周面12aから対面するロータティース22の外周面22aに鎖交させることができる。これにより、モータ10は、磁束が通過する磁路(磁気結合)を最短にしようとするリラクタンスマトルク(主回転力)によりロータ21を相対回転させることができる。この結果、モータ10は、ステータ11内で相対回転するロータ21と一体回転する回転軸から通電入力する電気的エネルギーを機械的エネルギーとして出力することができる。

40

【0019】

(自励式巻線界磁モータの基本構造)

このモータ10では、ステータティース12の内周面12aからロータティース22の外周面22aに鎖交する磁束に空間高調波成分が重畠している。このため、ロータ21側でも、ステータ11側から鎖交する磁束の空間高調波成分の磁束密度の変化を利用して、内蔵するコイルに誘導電流を発生させ電磁力を得ることもできる。

【0020】

具体的には、このとき、ステータ11の電機子極コイル14に基本周波数の交流駆動電力を供給してロータ21(ロータティース22)をその基本周波数で変動する主磁束で回転させることから、ロータ21側にコイルを単に配置しても鎖交する磁束に変化はなく誘

50

導電流が生じることはない。

【0021】

その一方で、磁束に重畠する空間高調波成分は基本周波数と異なる周期で時間的に変化しつつロータティース22に外周面22a側から鎖交する。このことから、別途入力することなく、基本周波数の磁束に重畠する空間高調波成分はロータティース22の外周面22aの近傍に設置するコイルに効率よく誘導電流を発生させることができる。この結果、鉄損の原因となる空間高調波磁束は自己励磁するためのエネルギーとして回収することができる。

【0022】

このことから、モータ10は、ロータティース22の隣接する側面間に形成される空間をロータスロット23として利用して、そのロータティース22に巻線を巻き付けて集中巻を形成することにより誘導コイル27と電磁石コイル28とを配置している。また、モータ10は、ロータスロット23内に後述する補助突極部32を形成して同様に巻線を巻き付けて誘導コイル37と電磁石コイル38とを配置している。

10

【0023】

誘導コイル27、37は、ステータティース12の内周面12aからロータティース22と補助突極部32の外周面22a、32aに鎖交する磁束の空間高調波成分（磁束密度の変化）により誘導電流を発生して電磁石コイル28、38に供給する。電磁石コイル28、38は、その誘導コイル27、37から供給される誘導電流を界磁電流として自己励磁することにより磁束（電磁力）を発生する。

20

【0024】

これにより、モータ10は、誘導コイル27、37の誘導電流で電磁石コイル28、38に発生させた磁束を、ロータティース22や補助突極部32の外周面22a、32aからステータティース12の内周面12aに鎖交させることができる。このため、主回転力を発生する電機子極コイル14の磁束とは別に鎖交する磁束が通過磁路を最短にしようとするマグネットトルク（補助回転力）を得ることができ、ロータ21の相対回転を補助することができる。

【0025】

この結果、モータ10は、ロータティース22のみの場合には利用することができず、損失要因となっていた磁束の空間高調波成分を補助突極部32においてもエネルギーとして回収して出力することができ、ロータスロット23の形成領域においても駆動力を発生させてトルクリップルを低減することができる。

30

【0026】

具体的には、ロータ21には、ロータティース22と磁気的に結合されている複数の補助突極部32が一体回転するように形成されており、補助突極部32は、ロータティース22と同様に、径方向の回転軸から離隔する方向に延伸される突極形状に形成されて、ロータスロット23内に位置するように周方向に均等配置されている。すなわち、補助突極部32はロータティース22と同数を備えて、相対回転時に外周面32aがステータティース12の内周面12aに適宜近接対面するように形成されている。

40

【0027】

（自励式巻線界磁モータの詳細構造1）

このモータ10は、ロータティース22を電磁石として機能させるように電磁石コイル28を配置するとともに、その電磁石コイル28への界磁電流の電力供給源としてロータティース22とは別個の補助突極部32に誘導コイル37を配置している。電磁石コイル28は、ロータティース22の外周面22aから離隔する回転軸側に集中巻して形成されており、誘導コイル37は、補助突極部32の外周面32aに近接する側に集中巻されて形成されている。

【0028】

これにより、モータ10は、小さなエアギャップGを介してステータティース12の内周面12aから補助突極部32の外周面32aに磁束を高密度に鎖交させることができ、

50

その鎖交する磁束に含まれる空間高調波成分（磁束密度の変化）により誘導コイル37に誘導電流を発生させて、ロータティース22の電磁石コイル28に供給することができる。このロータティース22の電磁石コイル28は、補助突極部32の誘導コイル37から受け取った誘導電流を界磁電流として自己励磁することにより、磁束（電磁力）を発生させることができる。

【0029】

したがって、モータ10は、補助突極部32の誘導コイル37の誘導電流で別個のロータティース22の電磁石コイル28に磁束を発生させて、そのロータティース22の外周面22aからステータティース12の内周面12aに鎖交させることができる。

【0030】

すなわち、モータ10は、ロータティース22の電磁石コイル28に、ロータスロット23内に位置する補助突極部32の誘導コイル37から電力供給して電磁石として機能させてロータ21の回転を補助することができ、このロータティース22をd軸とし、また、そのロータティース22間の補助突極部32をq軸として回転駆動させている。

【0031】

（自励式巻線界磁モータの詳細構造2）

さらに、このモータ10は、補助突極部32を電磁石として機能させるように電磁石コイル38を配置するとともに、その電磁石コイル38への界磁電流の電力供給源として補助突極部32とは別個のロータティース22に誘導コイル27を配置している。電磁石コイル38は、補助突極部32の外周面32aから離隔する回転軸側に集中巻して形成されており、誘導コイル27は、ロータティース22の外周面22aに近接する側に集中巻されて形成されている。

【0032】

これにより、モータ10は、小さなエアギャップGを介してステータティース12の内周面12aからロータティース22の外周面22aに磁束を高密度に鎖交させることができ、その鎖交する磁束に含まれる空間高調波成分により誘導コイル27に誘導電流を発生させて、補助突極部32の電磁石コイル38に供給することができる。この補助突極部32の電磁石コイル38は、ロータティース22の誘導コイル27から受け取った誘導電流を界磁電流として自己励磁することにより、磁束（電磁力）を発生させることができる。

【0033】

したがって、モータ10は、ロータティース22の誘導コイル27の誘導電流で別個の補助突極部32の電磁石コイル38に磁束を発生させて、その補助突極部32の外周面32aからステータティース12の内周面12aに鎖交させることができる。

【0034】

すなわち、モータ10は、ロータスロット23内に位置する補助突極部32の電磁石コイル38に、ロータティース22の誘導コイル27から電力供給して電磁石として機能させてロータ21の回転を補助することができる。

【0035】

（自励式巻線界磁モータの回路構成1）

ここで、これら誘導コイル27、37および電磁石コイル28、38は、ステータティース12の内周面12aからロータティース22や補助突極部32の外周面22a、32aに鎖交する磁束の3次の空間高調波成分を有効利用するように磁界解析を行って厳密に空間高調波磁路を確認することにより、効率よく誘導電流を発生させることができるように設置されている。

【0036】

また、誘導コイル27、37や電磁石コイル28、38では、集中巻構造を採用することにより、複数スロットに亘って周方向に巻線をする必要がなく、全体的に小型化することができる。また、誘導コイル27、37では、1次側での銅損損失を低減しつつ、低次である3次の空間高調波磁束の鎖交による誘導電流を効率よく発生させて、回収可能な損失エネルギーを増加させることができる。

10

20

30

40

50

## 【0037】

さらに、誘導コイル27、37には、3次の空間高調波磁束を利用することにより、2次の空間高調波磁束を利用する場合よりも、効果的に誘導電流を発生させることができる。詳細には、誘導電流は2次よりも3次の空間高調波磁束を利用する方が磁束の時間変化を大きくして大電流にすることができ、効率よく回収することができる。

## 【0038】

これら誘導コイル27、37および電磁石コイル28、38は、電機子極コイル14が交流電源から電力供給を受けて鎖交させる磁束に重畳する空間高調波成分で誘導電流を発生させて直流の界磁電流とすることにより、ロータティース22や補助突極部32を電磁石として機能させて電磁力を発生させており、その交流の誘導電流を有効利用するために、図2、図3に示す整流回路30、40内にそれぞれ組み込まれている。

10

## 【0039】

詳細には、誘導コイル27は、ロータティース22に巻線を同一の巻付方向になるように形成して設けられている。同様に、誘導コイル37は、補助突極部32に巻線を同一の巻付方向になるように形成して設けられている。これら誘導コイル27、37は、共通の巻付方向になるように形成されている。

## 【0040】

電磁石コイル28は、ロータティース22に巻線を周方向の1極置きに巻付方向が反対になるように形成して設けられている。同様に、電磁石コイル38は、補助突極部32に巻線を周方向の1極置きに巻付方向が反対になるように形成して設けられている。これら電磁石コイル28、38は、それぞれのロータティース22または補助突極部32において、周方向の1極置きに巻付方向が誘導コイル27、37と同一または反対になるように形成されている。

20

## 【0041】

そして、ロータティース22の電磁石コイル28は、図2に示すように、全直列接続されている両端部が、並列接続されている補助突極部32の誘導コイル37の両端部にそれぞれダイオード(整流素子)29A、29Bを介して接続されている。すなわち、電磁石コイル28は、巻線の巻き方向毎のコイル28A1～28An(n:極数/2)とコイル28B1～28Bnが全直列接続されており、その電磁石コイル28A1～28An、28B1～28Bnに対応するように直列接続されている誘導コイル37A1～37An、37B1～37Bnの両端部に並列接続されている。

30

## 【0042】

同様に、補助突極部32の電磁石コイル38は、図3に示すように、全直列接続されている両端部が、並列接続されているロータティース22の誘導コイル27の両端部にそれぞれダイオード39A、39Bを介して接続されている。すなわち、電磁石コイル38は、巻線の巻き方向毎のコイル38A1～38An(n:極数/2)とコイル38B1～38Bnが全直列接続されており、その電磁石コイル38A1～38An、38B1～38Bnに対応するように直列接続されている誘導コイル27A1～27An、27B1～27Bnの両端部に並列接続されている。

40

## 【0043】

ダイオード29A、29B、39A、39Bは、ロータティース22や補助突極部32のそれぞれにおいて、誘導コイル27、37や電磁石コイル28、38を多極化させる場合でも、そのうちの電磁石コイル28、38を全直列させることで使用数を抑えている。このダイオード29A、29B、39A、39Bは、大量使用を回避するために、一般的なHブリッジ型の全波整流回路を形成するのではなく、それぞれ180度位相差になるように結線して、一方の誘導電流を反転させて半波整流出力することにより全波整流して出力する中性点クランプ型の半波整流回路30、40を形成している。

## 【0044】

すなわち、ダイオード29A、29Bは、複数の誘導コイル37および電磁石コイル28を結線して整流する整流回路(第1の整流回路)30に組み込まれている。ダイオード

50

39A、39Bは、複数の誘導コイル27および電磁石コイル38を結線して整流する整流回路（第2の整流回路）40に組み込まれている。このダイオード29A、29Bとダイオード39A、39Bは、個々に電気的に独立する別個の整流回路30、40に組み込まれて、それぞれで誘導電流を全波整流している。

【0045】

これにより、モータ10は、誘導コイル27、37の個々に発生させる交流の誘導電流を、別個の整流回路30、40のダイオード29A、29B、39A、39Bを介して全波整流させて直流界磁電流に調整した後に合流させて、それぞれで直列接続させている電磁石コイル28、38に供給している。このため、このモータ10では、電磁石コイル28、38毎に合流させた直流界磁電流により効果的に自己励磁させて大きな磁束（電磁力）を発生させることができる。10

【0046】

このように、モータ10は、ロータティース22の誘導コイル27で発生する誘導電流を整流回路40で全波整流して補助突極部32の電磁石コイル38に直流界磁電流として供給することにより、電磁石として機能させることができる。すなわち、このモータ10では、ロータティース22に誘導コイルと電磁石コイルとを形成する場合に損失となっていた電機子反作用トルクを利用して、補助突極部32を電磁石として機能させることができる。

【0047】

また、後述する図7のモータ100のコア部材132では磁気的に遮蔽されている誘導コイル137において誘導電流を発生するに留まり、トルクを発生させることはできない。しかし、このモータ10は、誘導コイル37だけでなく誘導コイル27と電磁石コイル38を配置している。このため、モータ10では、誘導コイル37に電磁石コイル28、38を直列接続する場合のように抵抗値増加による銅損を増加させてしまうことなく、また、誘導コイル37に電磁石コイル28、38を並列接続する場合のように循環電流を発生させて界磁電流を減少させてしまうことなく、トルク発生面として、ロータティース22の外周面22aに補助突極部32の外周面32aを加えることができる。20

【0048】

この結果、モータ10は、ロータティース22に加えて補助突極部32をロータスロット23に形成することによって、誘導コイル27、37および電磁石コイル28、38を励磁用と電磁石用とで分割して独立させるようにそれぞれ配置することができる。これにより、互いに干渉して弱め合ってしまうことを回避しつつ、トルク発生面（外周面22a、32a）を拡大して、誘導電流を全波整流した界磁電流により時間的変動を抑えたトルクとして出力することができる。30

【0049】

また、誘導コイル27、37および電磁石コイル28、38は、ロータ21の周方向に複数配置して多極化している。このため、ロータティース22および補助突極部32の双方において1歯当たりの鎖交する磁束量を周方向に分散化させることができ、個々のロータティース22や補助突極部32に作用する電磁力を周方向に分散化させて電磁振動を抑えて静寂化させることができる。40

【0050】

（自励式巻線界磁モータの回路構成2）

そして、このロータ21においては、補助突極部32の誘導コイル37で発生させる誘導電流をダイオード29A、29Bで整流して直流界磁電流として、ロータティース22の電磁石コイル28に供給して電磁力を発生させている。この電磁石コイル28は、ロータティース22の1極毎に巻き付け方向が反対向きにされている。このことから、ロータ21は、図4に磁束ベクトルVで示すように、電磁石コイル28がロータティース22の磁化方向を周方向に向かって交互になる電磁石として機能させており、また、図5に磁束線FLで示すように、そのロータティース22の磁化方向によりロータスロット23を迂回してスムーズに磁束を通過させる磁路を形成することができる。50

## 【0051】

また、ロータティース22の誘導コイル27で発生させる誘導電流は、同様に、ダイオード39A、39Bで整流して直流界磁電流として、補助突極部32の電磁石コイル38に供給して電磁力を発生させている。この電磁石コイル38は、補助突極部32の1極毎に巻き付け方向が反対向きにされている。このことから、ロータ21は、図4に磁束ベクトルVで示すように、電磁石コイル38が補助突極部32の磁化方向を周方向に向かって交互になる電磁石として機能させており、また、図5に磁束線FLで示すように、その補助突極部32の磁化方向によりロータスロット23を迂回してスムーズに磁束を通過させる磁路を形成することができる。

## 【0052】

10

この電磁石コイル38は、ロータティース22の電磁石コイル28に隣接して、その磁化方向をロータ21の半径方向に一致させるように形成されているとともに、その巻線の巻付方向を周方向に向かって交互に切り替わるように設置されている。

## 【0053】

このため、補助突極部32の電磁石コイル38は、磁化方向が回転軸側に向いている場合には、補助突極部32内への磁束の進入を制限する磁気遮蔽として機能することができ、電磁石コイル28で発生する磁束がロータティース22内の磁路を優先的に選択するよう機能する。

なお、電磁石コイル38がつくる磁束は、電機子磁束の向きと対向する向きになり、電機子反作用トルクを発生させる。一方、電磁石トルク28がつくる磁束は、電機子磁束の向きと同じ向きになり、マグネットトルク（電磁石トルク）として作用する。

20

## 【0054】

また、ロータティース22の電磁石コイル28は、磁化方向が回転軸側に向いている場合には、ロータティース22内から回転軸側に向かう磁路を積極的に形成する。この電磁石コイル28は、磁化方向がステータ11側に向いている場合には、ロータティース22内からステータティース12側に向かう磁路を積極的に形成する。

同様に、補助突極部32の電磁石コイル38も、磁化方向が回転軸側に向いている場合には、補助突極部32内から回転軸側に向かう磁路を積極的に形成する。また、電磁石コイル38も、磁化方向がステータ11側に向いている場合には、補助突極部32内からステータティース12側に向かう磁路を積極的に形成する。

30

このため、電磁石コイル28、38は、エアギャップGを介してステータ11とロータ21との間を周回する磁気回路を形成することができる。

## 【0055】

このことから、電磁石コイル28、38の磁束がロータティース22や補助突極部32の外周面22a、32a側に向かう場合には、ステータティース12を含む磁路における直流成分の磁束がステータ11側から鎖交してロータ21の回転軸側に進行しようとするのをそのステータ11側に戻す磁気回路を形成することができ、ロータ21の接線方向に向かう磁束に合成して回転を有効に補助するリラクタンストルクとして利用することができる。なお、この場合の電磁石コイル28、38の直流成分の磁束は、ロータ21側からステータ11側に鎖交してステータスロット13を迂回する磁気回路を形成することになり、後述の磁気回路によるマグネットトルクとして機能する。

40

## 【0056】

また、電磁石コイル28、38の磁束がロータティース22や補助突極部32から回転軸側に向かう場合には、ステータティース12を含む磁路における直流成分の磁束がステータ11側からロータ21の回転軸側に積極的に向かう磁気回路を形成することができ、ロータ21の回転を有効に補助するマグネットトルクとして利用することができる。

## 【0057】

このとき、誘導コイル27、37と電磁石コイル28、38は、誘導電流を発生させるための配置箇所と、その誘導電流を界磁電流として供給されて電磁石として機能するための配置箇所との組み合わせがロータティース22と補助突極部32とで別々に配置される

50

ように振り分けられている。言い換えると、誘導コイル37と電磁石コイル28の組と、誘導コイル27と電磁石コイル38の組とは、それぞれで、ロータティース22と補助突極部32との双方に配置されている。このため、ロータティース22と補助突極部32は、磁気的干渉を低減されて、また、磁気的飽和が回避されており、効率よく誘導電流を発生させることができるとともに、効果的に電磁石として機能させて磁束を発生させることができる。

#### 【0058】

また、誘導コイル27、37では交流の誘導電流を発生させる磁束がロータティース22および補助突極部32の内部を通過し、また、電磁石コイル28、38では直流の界磁電流で発生する磁束がロータティース22および補助突極部32の内部を通過する。この交流の磁束と直流の磁束とでは特性が異なっていて互いに干渉することは少なく、磁気飽和しない限り、電磁石コイル28、38で発生する磁束が誘導コイル27、37で発生する磁束により制限されることない。このため、電磁石コイル28、38で発生する磁束は、ロータティース22や補助突極部32の外周面22a、32aと、ステータティース12の内周面12aとの間を制限なく鎖交してマグネットトルクとして機能することができ、ロータ21の回転を効果的に補助することができる。

10

#### 【0059】

このため、モータ10は、図6に3次の空間高調波成分の磁束ベクトルとその磁束線図で示すように、ロータティース22および補助突極部32の外周面22a、32aを有効利用して、ステータ11とロータ21との間で磁束を効果的に鎖交させることができていい。このように、モータ10は、トルクの発生面をロータティース22および補助突極部32の外周面22a、32aとして大面積化かつ分散化させることができ、脈動を少なくて、滑らかに、かつ、効率よくロータ21を回転させることができる。

20

#### 【0060】

##### (補助突極部等の有無に応じた特性比較)

ところで、リラクタンスマータでは、トルクや回転品質の向上を目的として自己励磁する電磁石を設けることが考えられる。

#### 【0061】

例えば、図7に示すモータ100は、ステータ111のステータティース112に、ステータスロット113を利用して電機子極コイル114を巻き付けて形成するとともに、ロータ121のロータティース122に、ロータスロット123を利用して電磁石コイル128を巻き付けて形成する。

30

#### 【0062】

これに加えて、モータ100では、ロータ121側のロータスロット123内に磁気的に遮蔽する状態で配置するコア部材132に、誘導コイル137を巻き付けて形成し、この誘導コイル137と電磁石コイル128をモータ10と同様に不図示のダイオードで結線して全波整流回路内に組み込む。

#### 【0063】

この構造により、モータ100では、マグネットトルクを利用することのない単なるリラクタンスマータの構成に加えて、外部電源の必要なく誘導コイル137で発生させた誘導電流を整流して電磁石コイル128に直流の界磁電流として供給することにより、自己励磁可能な電磁石として機能させ、マグネットトルクによりトルクや回転品質の向上を図ることができる。

40

#### 【0064】

これに対して、モータ10では、ロータスロット23内に補助突極部32を設けることにより、モータ100における誘導コイル137と同様に、誘導コイル37を備えるのに加えて、誘導コイル27と電磁石コイル38とを備えることができ、トルクや回転品質をより向上させることができている。

#### 【0065】

例えば、定常回転に達した状態では、図8に示すように、空間高調波成分の磁束により

50

発生する順方向の誘導電流を一例にして比較すると、モータ10の方が通過する磁束量が増加していることから、モータ100よりも数倍の電流量の誘導電流を発生させていることが分かる。

#### 【0066】

また、同様に、定常回転に達した状態では、例えば、図9に示すように、平均トルクにおいては、モータ10の方がモータ100よりも約70%以上向上させていることが分かる。

#### 【0067】

##### (モータ10の突極構造)

また、モータ10は、3f次の空間高調波磁束( $f = 1, 2, 3 \dots$ )を主に利用する構造として、ロータ21側の突極(ロータティース22)の数P:ステータ11側のステータスロット13の数Sが2:3になる構造に作製されている。例えば、3次の空間高調波磁束は、電機子極コイル14に入力する基本周波数よりも周波数が高いために短周期で脈動する。

このため、ロータ21は、ロータティース22間の誘導コイル37に鎖交する磁束強度が変化することにより、効果的に誘導電流を発生させて、基本周波数の磁束に重畠する空間高調波成分の損失エネルギーを効率よく回収して回転することができる。同様に、補助突極部32間の誘導コイル27でも鎖交する磁束強度が変化することにより、効果的に誘導電流を発生させて、基本周波数の磁束に重畠する空間高調波成分の損失エネルギーを効率よく回収して回転することができる。

#### 【0068】

また、このように、モータ10は、ロータ21側とステータ11側の間での相対的な磁気的作用の品質を決定する構造として、ロータティース突極数Pとステータスロット数Sの比として $P/S = 2/3$ を採用するのは、電磁振動を低減して電磁騒音の小さな回転を実現するためである。

#### 【0069】

詳細には、上記と同様に磁束密度分布の磁界解析をすると、ロータティース突極数Pとステータスロット数Sの比に応じて、機械角360度内の周方向に磁束密度分布も分散化されるため、ステータ11に働く電磁力分布にも偏在が認められることになる。

#### 【0070】

これに対して、モータ10では、ロータティース突極数8とステータスロット数12を組み合わせる8P12S( $P/S = 2/3$ )構造を採用することにより、機械角360度の全周に亘って均等な密度分布となる磁束を鎖交させることができ、ロータ21をステータ11内で高品質に回転させることができる。

#### 【0071】

これにより、モータ10では、空間高調波磁束を損失とすることなく利用して、回転動作させることができ、損失エネルギーを効率よく回収して、電磁振動を大幅に低減し静寂性高く回転させることができる。

#### 【0072】

このように、本実施形態においては、ステータ11の内周面12aに外周面22a、32aを対面させるロータティース22と補助突極部32を備えて、そのロータティース22と補助突極部32の双方の外周面22a、32a側に誘導コイル27、37をそれぞれ配置するとともに、その双方の回転軸側に電磁石コイル38、28をそれぞれ配置する構造になっている。

#### 【0073】

このモータ構造により、モータ10は、ステータ11の電機子極コイル14で発生させた磁束に重畠する空間高調波成分が、d軸に位置するロータティース22だけでなくq軸に位置する補助突極部32も加えた外周面22a、32aに鎖交することになる。このため、このモータ10では、誘導コイル27、37のそれぞれに誘導電流を発生させて、それぞれの電磁石コイル38、28に界磁電流として供給することができ、ロータティース

10

20

30

40

50

2 2 と補助突極部 3 2 とをそれぞれ電磁石として機能させてマグネットトルクを働かせることができる。

【 0 0 7 4 】

また、このモータ 1 0 では、ダイオード 2 9 A、2 9 B を備える整流回路 3 0 と、ダイオード 3 9 A、3 9 B を備える整流回路 4 0 と、をそれぞれ別個に独立する回路構成として、誘導コイル 2 7、3 7 で発生する誘導電流を整流回路 3 0、4 0 のそれぞれで全波整流して電磁石コイル 3 8、2 8 毎に供給して電磁石として機能させている。

【 0 0 7 5 】

この回路構成により、モータ 1 0 は、誘導コイル 2 7 および電磁石コイル 3 8 と、誘導コイル 3 7 および電磁石コイル 2 8 とでそれぞれ別個の整流回路 3 0、4 0 とすることができる。このため、このモータ 1 0 では、誘導電流を全波整流して直流界磁電流とし電磁力を発生させる処理を、互いに干渉し合うことなく、個別に効率よく行うことができ、かつ、直流界磁電流とすることで、時間的変動を少なくて、高品質回転可能なトルクを発生させることができる。

【 0 0 7 6 】

したがって、モータ 1 0 は、ロータティース 2 2 だけでなく、補助突極部 3 2 でも、誘導電流を発生させるとともに、電磁石としても効果的に機能させることができ、誘導電流を大電流化して電磁力を増強し、ロータ 2 1 を高トルクに回転させることができる。このとき、ロータ 2 1 を回転させるトルクは、ロータティース 2 2 と補助突極部 3 2 の双方の外周面 2 2 a、3 2 a をトルク発生面として分散化させて、それぞれの接線方向に作用させることができ、ロータ 2 1 を脈動等させることなく、安定状態で回転させることができる。

【 0 0 7 7 】

この結果、損失エネルギーを効率よく界磁エネルギーとして回収して、効果的に高トルクで駆動させることのできる、自励式巻線界磁機能を有する電磁石を備えるモータ 1 0 を提供することができる。

【 0 0 7 8 】

本実施形態の第 1 の他の態様としては、図示することが省略するが、モータ 1 0 のようなラジアルギャップ構造に限らずに、軸方向に向かってステータとロータとが対面するアキシャルギャップ構造に作製してもよい。

【 0 0 7 9 】

また、本実施形態の第 2 の他の態様としては、図示することが省略するが、ステータ 1 1 とロータ 2 1 との間に、それぞれに対してエアギャップを介して対面する、同軸で相対回転可能なアウタロータを配置してもよい。このアウタロータには、ステータ 1 1 とロータ 2 1 との間で鎖交する磁束を中継する磁性体と、その磁束の通過を遮断する非磁性体とを周方向に並列させている、ダブルロータ構造とすればよい。

【 0 0 8 0 】

本発明の実施形態を開示したが、当業者によっては本発明の範囲を逸脱することなく変更が加えられることは明白である。すべてのこのような修正及び等価物が次の請求項に含まれることが意図されている。

【 符号の説明 】

【 0 0 8 1 】

1 0 モータ

1 1 ステータ

1 2 ステータティース

1 2 a 内周面

1 3 ステータスロット

1 4 電機子極コイル

2 1 ロータ

2 2 ロータティース

10

20

30

40

50

2 2 a、3 2 a 外周面(端面)

2 3 ポータスロット

2 7、2 7 A 1 ~ 2 7 A n、2 7 B 1 ~ 2 7 B n、3 7、3 7 A 1 ~ 3 7 A n、3 7 B 1 ~ 3 7 B n 誘導コイル

2 8、2 8 A 1 ~ 2 8 A n、2 8 B 1 ~ 2 8 B n、3 8、3 8 A 1 ~ 3 8 A n、3 8 B 1 ~ 3 8 B n 電磁石コイル

2 9 A、2 9 B、3 9 A、3 9 B ダイオード

3 0 整流回路(第1の整流回路)

3 2 補助突極部

4 0 整流回路(第2の整流回路)

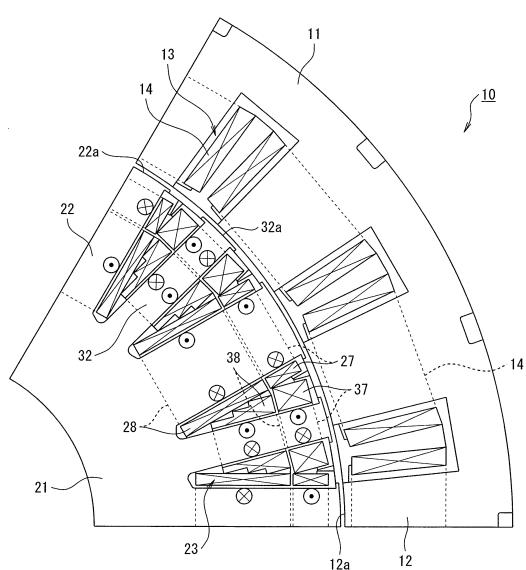
10

F L 磁束線

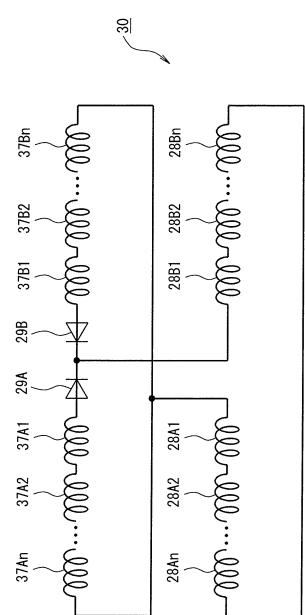
G エアギャップ

V 磁束ベクトル

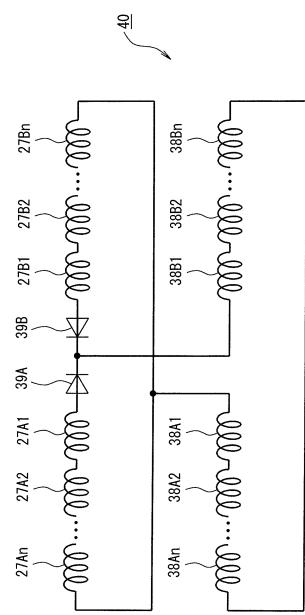
【図1】



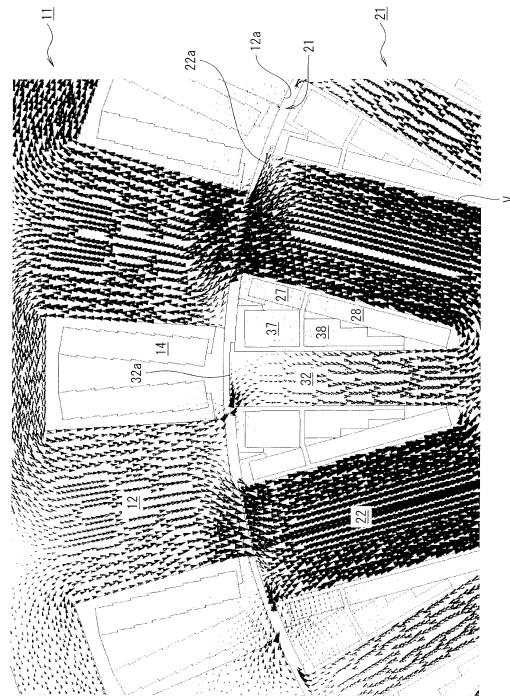
【図2】



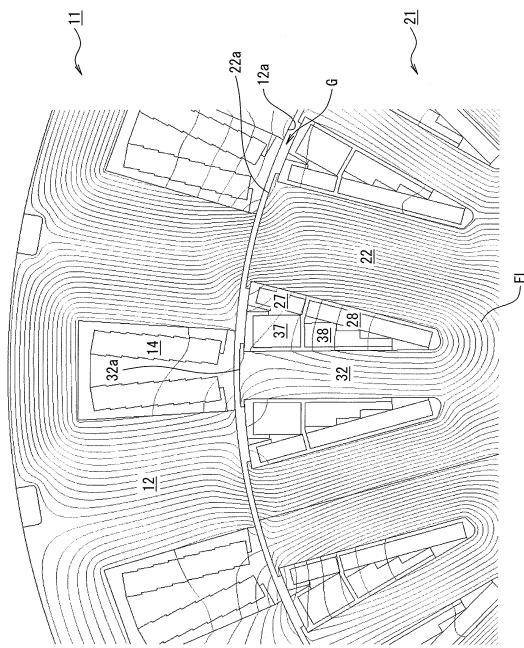
【図3】



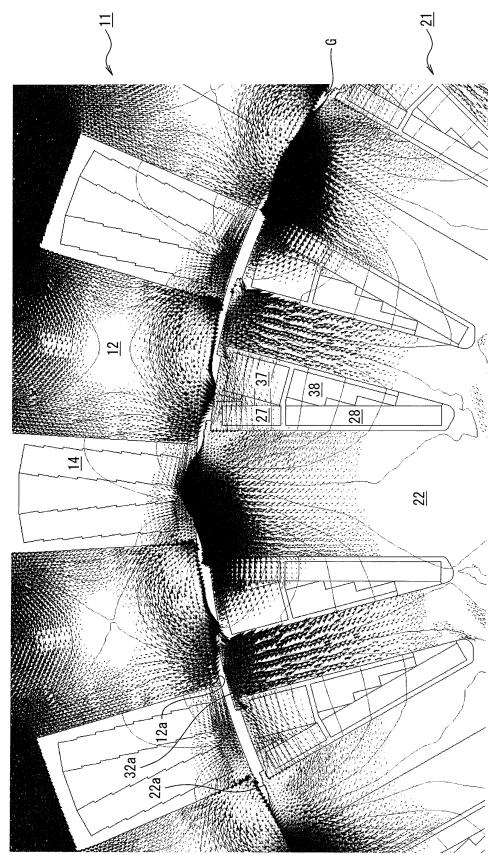
【図4】



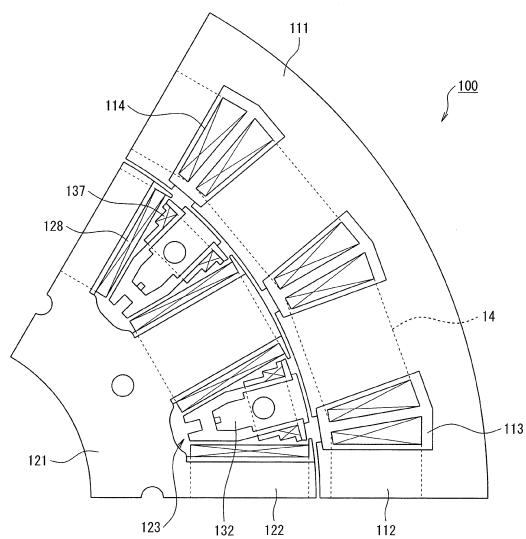
【図5】



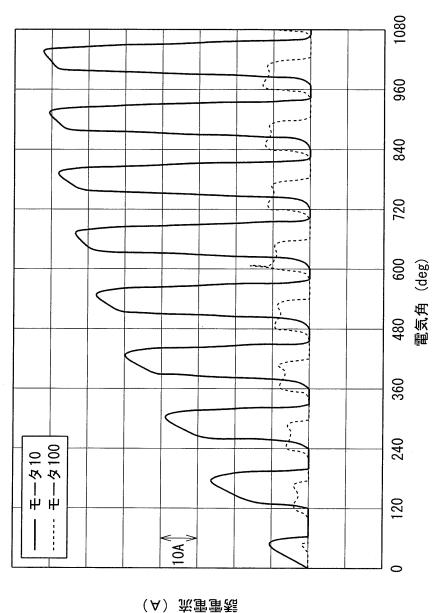
【図6】



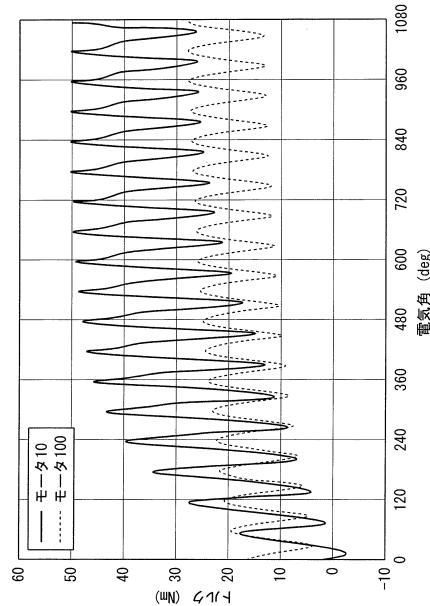
【図7】



【図8】



【図9】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2010-279165(JP, A)  
特開2010-22185(JP, A)  
国際公開第2013/080361(WO, A1)  
米国特許出願公開第2014/0300223(US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H02K 19/12  
H02K 1/26