

(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2020-96426  
(P2020-96426A)

(43) 公開日 令和2年6月18日(2020.6.18)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード(参考)
<b>H02K 21/14 (2006.01)</b>	H02K 21/14	5H601
<b>H02K 1/24 (2006.01)</b>	H02K 1/24	5H621

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2018-231735 (P2018-231735)	(71) 出願人	000003609 株式会社豊田中央研究所 愛知県長久手市横道41番地の1
(22) 出願日	平成30年12月11日(2018.12.11)	(71) 出願人	000003207 トヨタ自動車株式会社 愛知県豊田市トヨタ町1番地
		(74) 代理人	110001210 特許業務法人Y K I 国際特許事務所
		(72) 発明者	難波 雅史 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内
		(72) 発明者	平本 健二 愛知県長久手市横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

最終頁に続く

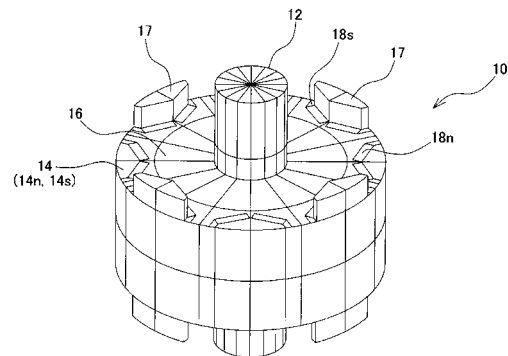
(54) 【発明の名称】 回転電機

(57) 【要約】

【課題】磁石トルクと界磁電流トルクとリラクタンストルクの3つを同時に、有効的に利用し得る回転電機を提供する。

【解決手段】ステータコアの外周に設けられた界磁ヨークと、界磁ヨークの、ロータコアの軸方向端部に対向する位置に設けられる界磁コイルを備える。ロータ10の第1ロータコア14の界磁コイルに対向する面内に磁石18sで囲まれた領域が形成され、この領域追加ロータコア17を設けることで、界磁コイルに流れる電流により選択的に界磁電流磁束が生成され、インダクタンス差(Lq - Ld)を確保してリラクタンストルクの減少が抑制される。

【選択図】 図1



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

回転可能なシャフトと、  
前記シャフトに固設されたロータコアと、  
筒状に形成されたステータコアと、  
前記ステータコアの外側に設けられた界磁ヨークと、  
前記界磁ヨークの、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置に設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する界磁コイルと、  
互いに異なる第 1 極と第 2 極が周方向に交互に離間して配置されるように前記ロータコアに設けられる磁石と、  
を備え、  
前記ロータコアの前記界磁コイルに対向する面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第 1 極と前記第 2 極のいずれか一方の極の領域に、前記界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されない  
回転電機。

10

**【請求項 2】**

前記ロータコアの前記いずれか一方の極の領域に設けられ、前記界磁コイルの方向に突出する追加ロータコアと、  
前記界磁ヨークの前記追加ロータコアに対向する位置に設けられ、前記界磁コイルが巻回される界磁ヨークと、  
を備える請求項 1 に記載の回転電機。

20

**【請求項 3】**

前記磁石は、前記第 1 極を構成する第 1 磁石と、前記第 2 極を構成する第 2 磁石を備え、  
前記第 1 極の前記第 1 磁石で囲まれた領域と、前記第 2 極の前記第 2 磁石で囲まれた領域は同一である、  
請求項 2 に記載の回転電機。

**【請求項 4】**

前記ロータは、前記第 1 磁石及び前記第 2 磁石により、q 軸インダクタンスが d 軸インダクタンスに対して高い q 軸磁路を複数有し、  
複数の前記 q 軸磁路のうちの少なくとも 1 つの磁路は、前記界磁電流磁束と干渉しない  
請求項 3 に記載の回転電機。

30

**【請求項 5】**

前記界磁コイルは、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置にそれぞれ設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する第 1 界磁コイル及び第 2 界磁コイルから構成され、  
前記ロータコアの前記第 1 界磁コイルに対向する第 1 面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第 1 極と前記第 2 極のいずれか一方の極の領域に、前記第 1 界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されず、  
前記ロータコアの前記第 2 界磁コイルに対向する第 2 面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第 1 極と前記第 2 極のいずれか他方の極の領域に、前記第 2 界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか一方の極の領域には生成されない  
請求項 1 に記載の回転電機。

40

**【請求項 6】**

前記第 1 界磁コイルと前記第 2 界磁コイルには、互いに同じ向き of 電流が通電される、  
請求項 5 に記載の回転電機。

**【請求項 7】**

前記界磁コイルは、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置にそれぞれ設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する第 1 界磁コイル及び第 2 界磁コイルから構成され、

50

前記ロータコアの前記第 1 界磁コイルに対向する第 1 面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第 1 極と前記第 2 極のいずれか一方の極の領域に、前記第 1 界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されず、

前記ロータコアの前記第 2 界磁コイルに対向する第 2 面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記一方の極の領域に、前記第 2 界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、前記いずれか他方の極の領域には生成されない

請求項 1 に記載の回転電機。

【請求項 8】

前記第 1 界磁コイルと前記第 2 界磁コイルには、互いに逆向きの電流が通電される、請求項 7 に記載の回転電機。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

特許文献 1 には、回転可能な回転シャフトと、筒状に形成されたステータコアと、回転シャフトに固設されたロータコアと、異なる磁性の一組の磁極が、ロータコアの径方向に並ぶようにロータコアに設定された磁石と、ステータコアの外周に設けられた界磁ヨークと、界磁ヨークとロータコアとの間に磁気回路を形成することで、ロータコアとステータコアとの間の磁束密度を制御可能な巻線とを備えた回転電動機が記載されている。また、磁石を V 字に配置する構成が記載されている。

20

【0003】

図 15 は、特許文献 1 に記載されたロータの断面図を示す。ロータ 40 はロータコア 43 を有し、ロータコア 43 は、円筒状に形成された積層ロータコア 43 a と、積層ロータコア 43 a の内周に設けられた圧粉ロータコア 43 b を有している。ロータ 40 内には、2 つの磁石 44 A、44 A からなる磁石対 49 A と、磁石対 49 A に対して周方向に間隔を隔てて配置され、2 つの磁石 44 B、44 B からなる磁石対 49 B が設けられている。磁石 44 A、44 B は、ロータ 40 に形成された磁石挿入用穴部内に挿入されている。このように構成されたロータ 40 においては、磁石を V 字に配置にし、もともと突極のあった部分（磁極 2）の V 字磁石の間を開けて鉄にし、磁極 1 に対して磁気抵抗を下げることで、界磁電流磁束が磁極 2 の d 軸磁路の中心を通るようにして、界磁電流トルクを発生させる。磁極 2 の磁石を小さくして左右に鉄を配置したことで、q 軸のインダクタンスを増加させて、リラクタンストルクを発生させる。マグネットトルクと界磁電流トルクに加えて、リラクタンストルクも用いる構成である。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2008 - 43099 号公報

40

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献 1 において、磁極 2 の d 軸中心部（V 字磁石の間の鉄を配置した部分）のインダクタンスを上げて、この部分に界磁電流磁束を流すようにして、界磁電流トルクを発生させようとする、このインダクタンスの増加によって、q 軸インダクタンスと d 軸インダクタンスの差（ $L_q - L_d$ ）に依存したリラクタンストルクが減少してしまう。

【0006】

また、磁極 2 の q 軸方向（V 字磁石の両サイドの鉄を配置した部分）のインダクタンスを上げて、（ $L_q - L_d$ ）に依存したリラクタンストルクを増加させようとする、界磁

50

巻線に電流を流すことで、q軸方向にも界磁電流磁束が流れるようになり、q軸を磁気飽和させてしまうため、q軸のインダクタンスが減少してしまい、リラクタンストルクが減少してしまう。

【0007】

その結果、磁石トルクと界磁電流トルクとリラクタンストルクの3つを同時に、有効的に利用できない課題がある。

【0008】

本発明は、磁石トルクと界磁電流トルクとリラクタンストルクの3つを同時に、有効的に利用し得る回転電機を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0009】

本発明は、回転可能なシャフトと、前記シャフトに固設されたロータコアと、筒状に形成されたステータコアと、前記ステータコアの外側に設けられた界磁ヨークと、前記界磁ヨークの、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置に設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する界磁コイルと、互いに異なる第1極と第2極が周方向に交互に離間して配置されるように前記ロータコアに設けられる磁石とを備え、前記ロータコアの前記界磁コイルに対向する面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第1極と前記第2極のいずれか一方の極の領域に、前記界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されない回転電機である。

【0010】

本発明の1つの実施形態では、前記ロータコアの前記いずれか一方の極の領域に設けられ、前記界磁コイルの方向に突出する追加ロータコアと、前記界磁ヨークの前記追加ロータコアに対向する位置に設けられ、前記界磁コイルが巻回される界磁ヨークとを備える。

【0011】

本発明の他の実施形態では、前記磁石は、前記第1極を構成する第1磁石と、前記第2極を構成する第2磁石を備え、前記第1極の前記第1磁石で囲まれた領域と、前記第2極の前記第2磁石で囲まれた領域は同一である。

【0012】

本発明のさらに他の実施形態では、前記ロータは、前記第1磁石及び前記第2磁石により、q軸インダクタンスがd軸インダクタンスに対して高いq軸磁路を複数有し、複数の前記q軸磁路のうち少なくとも1つの磁路は、前記界磁電流磁束と干渉しない。

【0013】

本発明のさらに他の実施形態では、前記界磁コイルは、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置にそれぞれ設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する第1界磁コイル及び第2界磁コイルから構成され、前記ロータコアの前記第1界磁コイルに対向する第1面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第1極と前記第2極のいずれか一方の極の領域に、前記第1界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されず、前記ロータコアの前記第2界磁コイルに対向する第2面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第1極と前記第2極のいずれか他方の極の領域に、前記第2界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか一方の極の領域には生成されない。あるいは、前記界磁コイルは、前記ロータコアの軸方向端部に対向する位置にそれぞれ設けられ、前記界磁ヨークと前記ロータコアとの間に磁気回路を形成する第1界磁コイル及び第2界磁コイルから構成され、前記ロータコアの前記第1界磁コイルに対向する第1面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記第1極と前記第2極のいずれか一方の極の領域に、前記第1界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、いずれか他方の極の領域には生成されず、前記ロータコアの前記第2界磁コイルに対向する第2面内の前記磁石で囲まれた領域のうち、前記一方の極の領域に、前記第2界磁コイルに流れる電流により界磁電流磁束が生成され、前記いずれか他方の極の領域には生成されない。

【発明の効果】

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 4 】

本発明によれば、磁石トルクと界磁電流トルクとリラクタンストルクの3つを同時に、有効的に利用することができる。特に、本発明によれば、q軸磁路のq軸インダクタンス $L_q$ とd軸磁路のd軸インダクタンス $L_d$ の差( $L_q - L_d$ )を確保することで、( $L_q - L_d$ )に比例するリラクタンストルクを確保できる。

## 【 図面の簡単な説明 】

## 【 0 0 1 5 】

【 図 1 】 実施形態のロータの斜視図である。

【 図 2 】 図 1 の一部拡大図である。

【 図 3 】 実施形態の回転電機の一部斜視図である。

10

【 図 4 】 従来技術のトルク説明図(その1)である。

【 図 5 】 実施形態のトルク説明図である。

【 図 6 】 他の実施形態の回転電機の一部拡大斜視図である。

【 図 7 】 他の実施形態のトルク説明図である。

【 図 8 】 さらに他の実施形態の回転電機の一部斜視図である。

【 図 9 】 さらに他の実施形態の回転電機の一部斜視図である。

【 図 1 0 】 実施形態の回転電機の一部斜視図(その2)である。

【 図 1 1 】 さらに他の実施形態の磁石配置説明図である。

【 図 1 2 】 さらに他の実施形態の追加ロータコア配置説明図である。

【 図 1 3 】 さらに他の実施形態の追加ロータコア配置説明図である。

20

【 図 1 4 】 さらに他の実施形態の磁石配置説明図である。

【 図 1 5 】 従来技術の説明図である。

## 【 発明を実施するための形態 】

## 【 0 0 1 6 】

以下、図面に基づき本発明の実施形態について説明する。

## 【 0 0 1 7 】

図 1 は、本実施形態における回転電機のロータ 1 0 の斜視図を示す。また、図 2 は、図 1 に示すロータ 1 0 の一部拡大図、より詳しくはロータ 1 0 のシャフト 1 2 を除く 1 / 4 カットの斜視図を示す。さらに、図 3 は、本実施形態における回転電機の一部斜視図を示す。

30

## 【 0 0 1 8 】

まず、ステータについて説明する。

## 【 0 0 1 9 】

図 3 に示すように、ロータ 1 0 の外周側にロータ 1 0 との間にギャップを形成して配置されるステータ 5 0 は、ステータコアと、ステータコアの内表面に形成され、ステータコアの径方向に向けて突出する複数のステータティースと、ステータティースに巻回されたステータコイルを備える。ステータティースは、周方向に等間隔に離間して形成される。ステータコイルはU相コイル、V相コイル、W相コイルを構成し、ステータコイルの一端が端子とされ、他端が中性点とされる。端子にはインバータの三相ケーブルのU相ケーブル、V相ケーブル、W相ケーブルのいずれかが接続され、中性点は1点に共通接続される。三相ケーブルには、制御装置からトルク指令値に応じた制御電流が供給される。

40

## 【 0 0 2 0 】

また、ステータの外側に界磁ヨーク及び界磁コイルを備える。界磁ヨークは、ステータ 5 0 及びロータ 1 0 の両端部から軸方向に離間した位置に配置された天板部 5 0 a と、天板部 5 0 a の周縁部に形成された円筒状の側壁部 5 0 b と、天板部 5 0 a に形成された円筒状の突部 5 0 c を備える。天板部 5 0 a の中央部には貫通穴が形成され、この貫通穴にロータ 1 0 のシャフト 1 2 が挿入される。また、側壁部 5 0 b はステータコアの外表面に固設される。天板部 5 0 a に形成された円筒状の突部 5 0 c は、天板部 5 0 a の内表面に形成され、ロータ 1 0 の軸方向端部に向けて突出する。突部 5 0 c とロータ 1 0 の端部との間は、磁力線が途切れない程度に、突部 5 0 c とロータ 1 0 の端部とが近接する。

50

## 【0021】

界磁コイルは、突部50cの外表面に巻回される。界磁コイルに界磁電流を流すことにより、突部50cは界磁コアとして機能し、突部50cの端部側に例えばS極の磁性を誘起するとともに側壁部50bにN極の磁性を誘起させることができる。具体的には、界磁コイルに界磁電流を流すことで、界磁ヨークの天板部50aを通り、側壁部50bからステータコア内に入り込み、ギャップを介してロータ10のロータコア内に入り込み、ロータコア内を軸方向に進み、ロータコアの軸方向端部から突部50cを介して界磁ヨークに入り込むような磁気回路が形成される。界磁コイルは、ロータ10の軸方向両端部に対向する位置にそれぞれ配置される。

## 【0022】

界磁コアとして機能する突部50cは、天板部50aの内表面に形成され、ロータ10の軸方向端部に向けて突出するが、より詳しくは、図3に示すように、ロータ10のロータコアの外周側の端部に向けて突出する。後述するように、ロータ10のロータコアは、外周側の筒状の第1ロータコア14と内周側の第2ロータコア16から構成されているが、界磁コイルとして突部50cは、第1ロータコア14に向けて突出している。

## 【0023】

次に、ロータについて説明する。

## 【0024】

図1及び図2において、ロータ10は、回転軸としてのシャフト12の外周に筒状に配置されたロータコアと、ロータコアの外周側にその磁極が互いに相違するように順次配置された磁石18n、18sを含む。磁石18n、18sは、それぞれ所定距離だけ離間してV字型に配置された2個の磁石から構成される。なお、V字型配置は例示であり、本発明は必ずしもV字型配置に限定されない。

## 【0025】

ロータコアは、外周側の筒状の第1ロータコア14と、内周側の第2ロータコア16から構成される。第1ロータコア14は、磁石18n、18sにより第1ロータコア14nと第1ロータコア14sに周方向に分割される。ここで、符号に付されたn及びsは、それぞれ磁極のN極及びS極を意味する。磁気抵抗に関しては、磁石18n、18sが配置された領域は、磁気抵抗が相対的に大きい領域であり、磁石18n、18sが配置されていない領域、具体的には磁石18n、18sで囲まれた領域は、磁気抵抗が相対的に小さい領域である。

## 【0026】

磁石18n、18sは、それぞれ2つの磁石がV字型に配置されて構成されるが、磁石18nを構成する2つの磁石と、磁石18sを構成する2つの磁石のサイズは同一である。また、磁石18nを構成する2つの磁石の間の距離と、磁石18sを構成する2つの磁石の間の距離も同一である。

## 【0027】

図15に示されるように、従来ロータ構成では、V字型に配置された磁石49Aと磁石49Bではそのサイズが異なっており、磁極1を構成する磁石49Aよりも磁極2を構成する磁石49Bの方が小さく、磁石49AのV字型配置の間隔よりも磁石49BのV字型配置の間隔の方が大きい。これに対し、本実施形態の磁石18n、18sは、そのサイズが同一であり、かつ、磁石18nのV字型配置の間隔と磁石18sのV字型配置の間隔は同一である。

## 【0028】

第1ロータコア14n、14sは、周方向に交互にN極、S極が配置されるが、第1ロータコア14n、14sのうちのいずれか一方の極、例えばS極の第1ロータコア14sに関しては、V字配置された一对の磁石18sで囲まれた外周側領域に軸方向に追加ロータコア17が追加されて軸方向に延長される。すなわち、第1ロータコア14sについては、磁気抵抗が相対的に大きい磁石18sで囲まれた、磁気抵抗が相対的に小さい領域に図中軸方向の上方向に追加ロータコア17が追加されて軸方向の上方向に延長され、第1

10

20

30

40

50

ロータコア 14 n については、磁石 18 n で囲まれた領域には図中軸方向の上方向に追加ロータコア 17 は追加されない。ロータ 10 の両端面のうち、図中軸方向の上方向に位置する端面を第 1 面とすると、第 1 面では周方向に配置された第 1 ロータコア 14 s にのみ追加ロータコア 17 が追加され、第 1 ロータコア 14 n には追加ロータコア 17 は追加されないため、追加ロータコア 17 が追加されたことにより周方向に交互に軸方向に沿って凹凸が形成されることになる。同様に、第 1 ロータコア 14 s については、磁気抵抗が相対的に大きい磁石 18 s で囲まれた、磁気抵抗が相対的に小さい領域に図中軸方向の下方向に追加ロータコア 17 が追加されて軸方向の下方向に延長され、第 1 ロータコア 14 n については、磁石 18 n で囲まれた領域には図中軸方向の下方向に追加ロータコア 17 は追加されない。ロータ 10 の両端面のうち、図中軸方向の上方向に位置する端面を第 2 面とすると、第 2 面においても第 1 面と同じように周方向に配置された第 1 ロータコア 14 s にのみ追加ロータコア 17 が追加され、第 1 ロータコア 14 n には追加ロータコア 17 は追加されないため、追加ロータコア 17 が追加されたことにより周方向に交互に軸方向に沿って凹凸が形成されることになる。

10

20

30

40

50

#### 【0029】

既述したように、ロータ 10 の第 1 面には界磁ヨークの突部 50 c に巻回された界磁コイル（第 1 界磁コイル）が対向しており、突部 50 c は第 1 面のうち第 1 ロータコア 14 に向けて突出しているから、第 1 界磁コイルと第 1 面の第 1 ロータコア 14 n、14 s との関係では、追加ロータコア 17 が追加された分だけ第 1 界磁コイルと第 1 ロータコア 14 s と間の軸方向の磁気抵抗が小さくなり、第 1 界磁コイルで生じた磁束は第 1 ロータコア 14 s を選択的に流れることになる。同様に、ロータ 10 の第 2 面には界磁ヨークの突部 50 c に巻回された界磁コイル（第 2 界磁コイル）が対向しており、突部 50 c は第 2 面のうち第 1 ロータコア 14 に向けて突出しているから、第 2 界磁コイルと第 2 面の第 1 ロータコア 14 n、14 s との関係では、追加ロータコア 17 が追加された分だけ第 2 界磁コイルと第 1 ロータコア 14 s との間の軸方向の磁気抵抗が小さくなり、第 2 界磁コイルで生じた磁束は第 1 ロータコア 14 s を選択的に流れることになる。従って、第 1 界磁コイルと第 2 界磁コイルに互いに逆向きの電流を通電することで、第 1 面及び第 2 面において界磁磁束は第 1 ロータコア 14 s を選択的に流れる。

#### 【0030】

本実施形態は、追加ロータコア 17 が追加されているため界磁コイルで生じた磁束（界磁電流磁束）は第 1 ロータコア 14 s を選択的に流れるので、磁石 18 s の V 字型配置の間隔の間、すなわち S 極の d 軸磁路を選択的に流れる。このことは、本実施形態では、従来技術のように一方の磁極（例えば S 極）の V 字型配置の間隔を他方（N 極）よりも空けて磁気抵抗を相対的に小さくし、界磁電流磁束が S 極の d 軸磁路の中心を通るようにして界磁電流トルクを発生させる必要がないことを意味する。S 極の V 字型配置の磁気抵抗を下げることで d 軸インダクタンスが増加するから、従来技術では q 軸インダクタンスと d 軸インダクタンスの差（ $L_q - L_d$ ）に依存するリラクタンストルクが減少してしまうが、本実施形態では d 軸インダクタンスを増大させる必要がないことから、q 軸インダクタンスと d 軸インダクタンスの差（ $L_q - L_d$ ）に依存するリラクタンストルクが確保される。

#### 【0031】

図 4 は、特許文献 1 に示された従来技術の構成におけるトルクを示す。図 4 (a) は従来技術の磁石配置を示す上面図であり、図 4 (b) は界磁電流の有無とトルク値との関係である。

#### 【0032】

磁石 49 A と磁石 49 B のサイズは異なっており、磁石 49 B の V 字型配置の間隔は相対的に大きく、磁気抵抗が相対的に小さい。界磁電流を流した場合、トータルのトルク値は増大するものの、リラクタンストルク値は界磁電流を流すことで大きく減少している。これは、磁石 49 B の V 字型配置の磁気抵抗を下げることで d 軸インダクタンス  $L_d$  が増加し、q 軸インダクタンスと d 軸インダクタンスの差（ $L_q - L_d$ ）が減少するためであ

る。

【0033】

他方、図5は、本実施形態におけるトルクを示す。図5(a)は実施形態の磁石配置を示す上面図であり、図5(b)は界磁電流の有無とトルク値との関係である。

【0034】

磁石18nと磁石18sのサイズは同一であり、磁石18nのV字型配置の間隔と磁石18sのV字型配置の間隔は等しい。界磁電流を流した場合、トータルのトルク値は増大している。さらに、リラクタンストルク値は界磁電流を流すことで減少しているものの、その減少幅は大幅に抑制されている。このようにリラクタンストルクの減少が抑制されているのは、磁石18sのV字型配置の間隔が磁石18nのそれと同一でd軸インダクタンス $L_d$ が増加せず、q軸インダクタンスとd軸インダクタンスの差( $L_q - L_d$ )が確保されているためである。リラクタンストルクは( $L_q - L_d$ )に比例し、( $L_q - L_d$ )が確保されることでリラクタンストルクが確保される。なお、従来技術では界磁電流磁束が第1極に流れないようにq軸磁路にも磁石が配置されており、 $L_q$ があまり増加しないが、本実施形態では界磁電流が第1極に流れないようにq軸磁路に磁石を配置する必要がないため、 $L_q$ を相対的に大きく設定し得ることも寄与している。

10

【0035】

本実施形態では、ロータ10の第1面に対向する突部50cに第1界磁コイルを巻回し、ロータ10の第1面の第1ロータ14sに追加ロータコア17を追加するとともに、ロータ10の第2面に対向する突部50cに第2界磁コイルを巻回し、ロータ10の第2面の第1ロータ14sに追加ロータコア17を追加して、第1界磁コイルと第2界磁コイルに互いに逆向きの電流を通電しているが、ロータの第2面に対向する突部50cに第2界磁コイルを巻回し、ロータ10の第2面の第1ロータ14sではなく第1ロータ14nに追加ロータコア17を追加して軸方向に延長し、第1界磁コイルと第2界磁コイルに互いに同方向の電流を流してもよい。

20

【0036】

図6は、この場合の構成を示す。ロータ10の第1面には、図3と同様に第1ロータコア14sのみに追加ロータコア17が追加されており、ロータ10の第2面には第1ロータコア14nのみに追加ロータコア17が追加される。第1面では追加ロータコア17により第1界磁コイルで生じた磁束を選択的に第1ロータコア14sに流し、第2面では追加ロータコア17により第2界磁コイルで生じた磁束を選択的に第1ロータコア14nに流すので、周方向に交互に向きの異なる界磁電流磁束が生じる。第1ロータコア14nに流れる磁石磁束と界磁電流磁束は同じ向きであり、かつ、第1ロータコア14sに流れる磁石磁束と界磁電流磁束は同じ向きとなる。従って、界磁電流磁束により磁石磁束を強めることができる。

30

【0037】

図7は、図3の構成と図6の構成における界磁電流を流した場合のトルク値を示す。図3の構成を実施形態A、図7の構成を実施形態Bとすると、実施形態Bでは磁石トルクが増大したことにより、トータルのトルク値が増大している。

【0038】

以上のように、本実施形態の回転電機では、追加ロータコア17により第1ロータコア14n、14sのうち、いずれか一方に選択的に界磁電流磁束を生成するようにしたので、磁石配置を特定の配置としていずれか一方に選択的に界磁電流を流す必要がなくなり、このためq軸磁路のインダクタンス $L_q$ とd軸磁路のインダクタンス $L_d$ の差( $L_q - L_d$ )を確保し、磁石トルクと界磁電流トルクに加え、リラクタンストルクも有効に利用することができる。

40

【0039】

また、ロータ10の軸方向に沿った2つの端面である第1面及び第2面のいずれにも追加ロータコア17を追加することで、磁石トルクをさらに増大させることができる。

【0040】

50

本実施形態では、ロータ面内において磁気抵抗の相対的に大きい領域である磁石 18 s あるいは磁石 18 n に囲まれた領域に追加ロータコア 17 を軸方向に追加し、これにより軸方向の磁気抵抗差を利用して界磁電流磁束を選択的に流しているが、軸方向の磁気抵抗差に加え、径方向の磁気抵抗差を利用してもよい。

【0041】

図 8 は、径方向の磁気抵抗差を利用する回転電機の構成を示す。ロータ 10 の第 1 面及び第 2 面に追加ロータコア 17 が第 1 ロータコア 14 s に軸方向に追加されるが、この追加ロータコア 17 は、図 6 の場合よりもさらに軸方向に延長され、界磁ヨークの天板部 50 a 近傍に達する。従って、軸方向にさらに延長された追加ロータコア 17 によって、界磁ヨークの天板部 50 a において径方向に磁気抵抗差が生じ、追加ロータコア 17 が追加された部位では他の部位に比べて磁気抵抗が小さくなる。すなわち、追加ロータコア 17 を追加することで軸方向に加えて径方向にも磁気抵抗差が生じることになり、界磁電流磁束は追加ロータコア 17、第 1 ロータコア 14 s を選択的に流れる。追加ロータコア 17 を追加することで軸方向に加えて径方向にも磁気抵抗差が生じることになり、界磁電流磁束は追加ロータコア 17、第 1 ロータコア 14 n を選択的に流れるようになる。

10

【0042】

また、本実施形態では、追加ロータコア 17 は、第 1 面及び第 2 面において周方向に互いに離間して配置されているが、磁気抵抗差が確保できる範囲内で、追加ロータコア 17 は周方向に互いに結合されていてもよい。

【0043】

図 9 は、この場合の追加ロータコア 17 の構成を示す。追加ロータコア 17 は、周方向に互いに離間して配置されており、かつ、その軸方向端部、すなわち界磁ヨークの突部 50 c 側の端部が円環状コア 19 により周方向に結合される。これにより、磁気抵抗差を維持しつつも追加ロータコア 17 の機械強度を向上させることができる。

20

【0044】

また、本実施形態では、第 1 ロータコア 14 に磁石 18 n、18 s を V 字型に配置しているが、界磁電流磁束を軸方向から流す部分は、これに限られない。例えば、V 字型配置された磁石を径方向に複数組配置してもよい。

【0045】

図 10 は、図 1 等 に示された磁石 18 n、18 s の V 字型配置であり、V 字型配置された磁石 18 n、18 s を境にしてその外周側及び内周側にそれぞれ q 軸磁路が形成される。

30

【0046】

図 11 は、V 字型配置された磁石 18 n、18 s を径方向に 2 組配置した構成である。磁石 18 n については、外周側の磁石 18 n - 1 と内周側の磁石 18 n - 2 が V 字型に配置される。外周側の磁石 18 n - 1 で囲まれた領域、磁石 18 n - 1 と磁石 18 n - 2 に囲まれた領域、さらに内周側の磁石 18 n - 2 の内周側の領域にそれぞれ q 軸磁路が形成される。同様に、磁石 18 s についても、外周側の磁石 18 s - 1 と内周側の磁石 18 s - 2 が V 字型に配置される。外周側の磁石 18 s - 1 で囲まれた領域、磁石 18 s - 1 と磁石 18 s - 2 に囲まれた領域、さらに内周側の磁石 18 s - 2 の内周側の領域にそれぞれ q 軸磁路が形成される。

40

【0047】

追加ロータコア 17 は、ロータ 10 の第 1 面については、磁石 18 s を構成する磁石 18 s - 1 及び磁石 18 s - 2 のうち、外周側の磁石 18 s - 1 で囲まれた領域のみに追加される。ロータ 10 の第 2 面についても、磁石 18 s を構成する磁石 18 s - 1 及び磁石 18 s - 2 のうち、外周側の磁石 18 s - 1 で囲まれた領域のみに追加され得る。

【0048】

図 12 は、図 11 と同様に、磁石 18 n については、外周側の磁石 18 n - 1 と内周側の磁石 18 n - 2 が V 字型に配置され、磁石 18 s についても、外周側の磁石 18 s - 1 と内周側の磁石 18 s - 2 が V 字型に配置される構成において、追加ロータコア 17 は、

50

ロータ10の第1面については、磁石18sを構成する磁石18s-1及び磁石18s-2のうち、内周側の磁石18s-2で囲まれた領域に追加される。ロータ10の第2面についても、磁石18sを構成する磁石18s-1及び磁石18s-2のうち、内周側の磁石18s-2で囲まれた領域に追加され得る。

【0049】

さらに、図13は、図11と同様に、磁石18nについては、外周側の磁石18n-1と内周側の磁石18n-2がV字型に配置され、磁石18sについても、外周側の磁石18s-1と内周側の磁石18s-2がV字型に配置される構成において、追加ロータコア17は、ロータ10の第1面については、磁石18sを構成する磁石18s-1及び磁石18s-2で囲まれた領域にのみ追加される。ロータ10の第2面についても、磁石18sを構成する磁石18s-1及び磁石18s-2で囲まれた領域にのみ追加され得る。

10

【0050】

図10～図13の構成のいずれも可能であるが、複数のq軸磁路のうちの少なくとも1つのq軸磁路には、界磁電流磁束が流れないようにするのが望ましい。リラクタンストルクと界磁電流トルクの干渉をできるだけ低減するためである。

【0051】

また、既述したように、磁石のV字型配置は例示であり、必ずしもV字型配置に限定されない。図14には、V字型配置以外の磁石配置の構成を示す。図14(a)は、平板磁石18n、18sとその両端に空隙20を有する配置であり、図14(b)は、円弧状の磁石18n、18sを有する配置である。図14(a)の磁石配置では、磁石18nとその両端の空隙20で囲まれた領域、あるいは磁石18sとその両端の空隙20で囲まれた領域に追加ロータコア17が軸方向に追加され得る。図14(b)の磁石配置では、円弧状の磁石18nで囲まれた領域、あるいは円弧状の磁石18sで囲まれた領域に追加ロータコア17が軸方向に追加され得る。

20

【0052】

以上、本発明の実施形態について説明したが、本実施形態の追加ロータコア17は、多層フラックスバリアの構造においても同様に適用可能である。

【0053】

また、図8～図13の構成では、図3に示す構成、すなわちロータの第1面については追加ロータコア17が第1ロータコア14sに軸方向上方向に追加され、ロータの第2面については追加ロータコア17が第1ロータコア14sに軸方向下方向に追加される構成を前提として説明しているが(第1界磁コイルと第2界磁コイルは互いに逆向きに通電)、図6に示す構成、すなわちロータの第1面については追加ロータコア17が第1ロータコア14sに軸方向上方向に追加され、ロータの第2面については追加ロータコア17が第1ロータコア14nに軸方向下方向に追加される構成を前提としてもよい(第1界磁コイルと第2界磁コイルは互いに同じ向きに通電)。なお、図3の場合には第1面と第2面で同じ第1ロータコア14sに界磁電流磁束が流れるので磁気飽和しやすくなるが、図6の場合には第1面と第2面で異なる第1ロータコア14s、14nにそれぞれ界磁電流磁束が流れるので磁気飽和が緩和され、結果としてトータルトルクが増大し得る。

30

【0054】

さらに、本実施形態では、ロータの第1面及び第2面に追加ロータコア17を軸方向に追加しているが、第1面と第2面のいずれか、例えば第1面のみに追加ロータコア17を第1ロータコア14sに軸方向上向きに追加する構成、あるいは第2面のみに追加ロータコア17を第1ロータコア14nに軸方向下向きに追加する構成としてもよい。第1面のみに追加ロータコア17を追加する構成は、図2において第2面側(図中下側の面)の追加ロータコア17を削除した構成に相当する。要するに、追加ロータコアは、ロータの第1面と第2面の少なくともいずれかに軸方向に追加し得る。

40

【符号の説明】

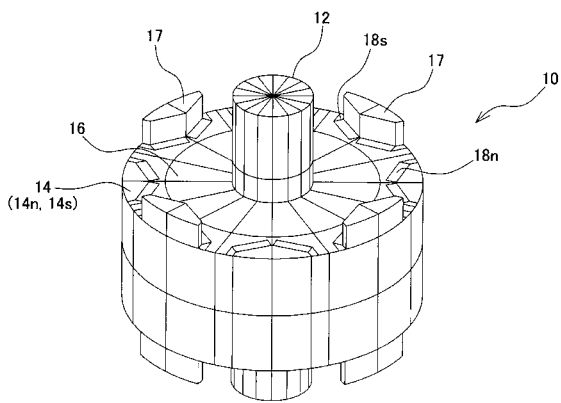
【0055】

10 ロータ、12 シャフト、14, 14n, 14s 第1ロータコア、16 第2

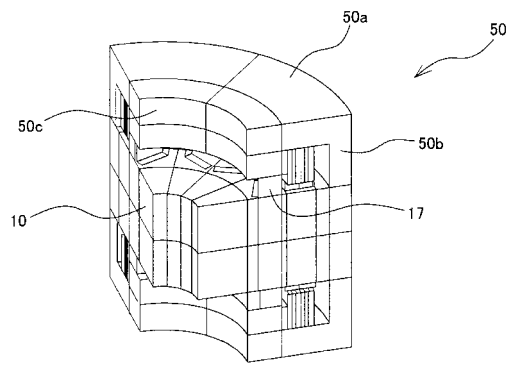
50

ロータコア、17 追加ロータコア、18, 18n, 18s 磁石、50a 天板部、50b 側壁部、50c 突部。

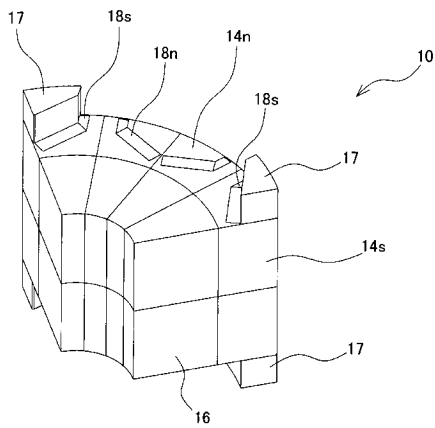
【図1】



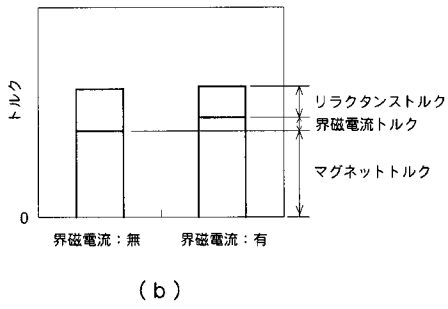
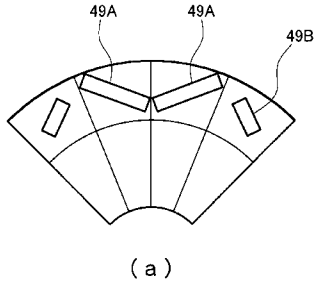
【図3】



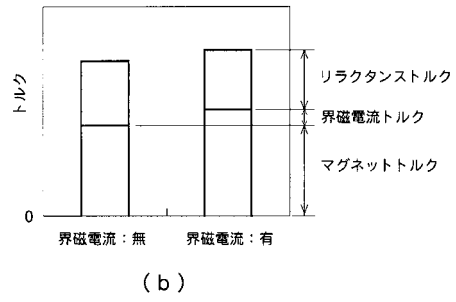
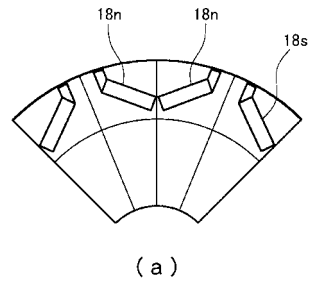
【図2】



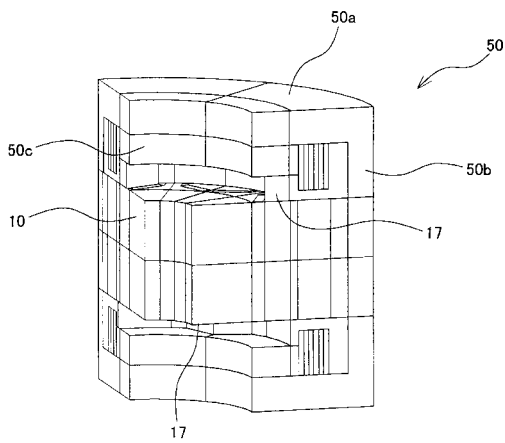
【 図 4 】



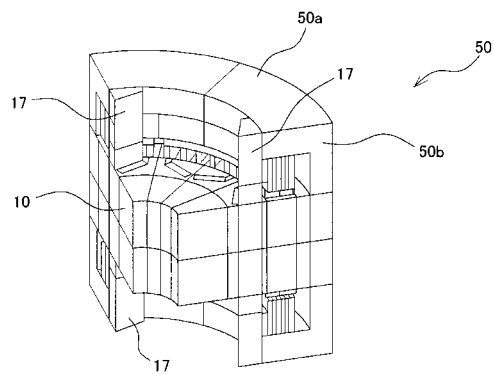
【 図 5 】



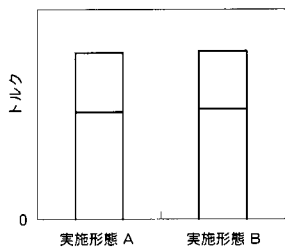
【 図 6 】



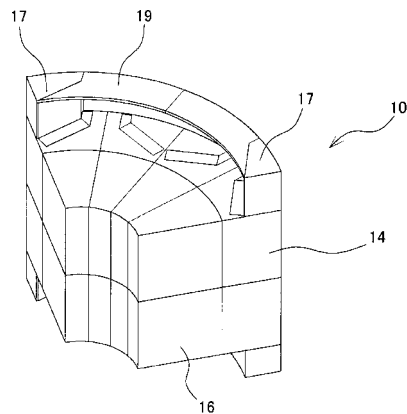
【 図 8 】



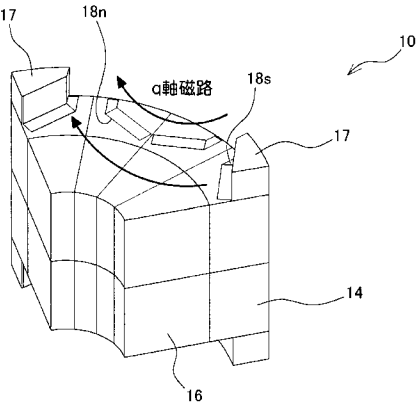
【 図 7 】



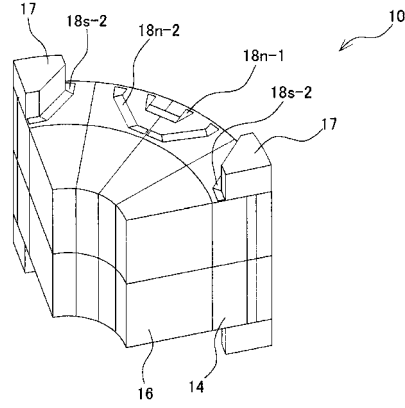
【 図 9 】



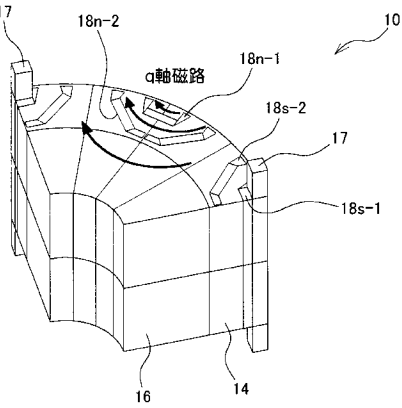
【図10】



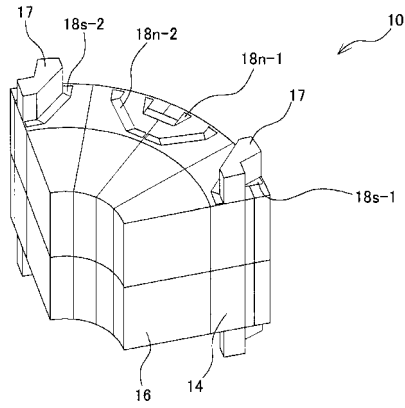
【図12】



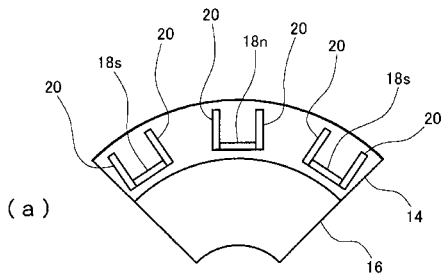
【図11】



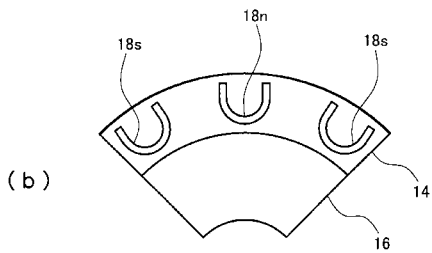
【図13】



【図14】

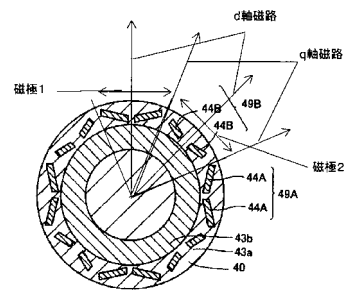


(a)



(b)

【図15】



---

フロントページの続き

(72)発明者 服部 宏之

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72)発明者 北山 武志

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H601 AA23 CC01 CC02 CC13 CC15 CC17 CC30 DD01 DD09 DD11  
EE11 EE27 EE39 GA02 GA24 GA32 GB05  
5H621 BB07 HH00 HH01