

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B1)

(11)特許番号
特許第7162777号
(P7162777)

(45)発行日 令和4年10月28日(2022.10.28)

(24)登録日 令和4年10月20日(2022.10.20)

(51)国際特許分類 F I
H 0 2 K 1/18 (2006.01) H 0 2 K 1/18 C
H 0 2 K 21/12 (2006.01) H 0 2 K 21/12

請求項の数 7 (全18頁)

(21)出願番号	特願2022-517176(P2022-517176)	(73)特許権者	000006013 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号
(86)(22)出願日	令和3年12月6日(2021.12.6)	(74)代理人	110002941弁理士法人ぱるも特許事務所
(86)国際出願番号	PCT/JP2021/044628	(72)発明者	寺家 尚哉 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
審査請求日	令和4年3月16日(2022.3.16)	(72)発明者	満田 宇宙 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
早期審査対象出願		(72)発明者	杵山 盛幸 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内
		(72)発明者	伊藤 一将 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 回転電機、およびその回転電機を備えた航空機

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

円環状のステータと、

前記ステータの内周側にギャップを介して配置された内側ロータと、

前記ステータの外周側にギャップを介して配置され、磁石を有し前記内側ロータと一体となつて前記ステータに対して回転可能な外側ロータとを有する回転電機であつて、

前記ステータは、円環状に離間して配置された複数のティース部材と、複数の前記ティース部材にそれぞれ巻かれた複数のコイルと、複数の前記ティース部材の外周側および内周側にそれぞれ締結された外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材とを有し、円環状に離間して配置された複数の前記ティース部材の間の前記外周側円環状鉄心部材と前記内周側円環状鉄心部材とに挟まれた空間はスロットになつており、前記外周側円環状鉄心部材は前記スロットの外周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、前記内周側円環状鉄心部材は前記外周壁に前記外周側肉薄部を有する前記スロットの内周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有し、前記内周側円環状鉄心部材の前記内周側肉薄部の厚さは、前記外周側円環状鉄心部材の前記外周側肉薄部の厚さよりも大きいことを特徴とする回転電機。

10

【請求項2】

円環状のステータと、

前記ステータの内周側にギャップを介して配置され、磁石を有する内側ロータと、

前記ステータの外周側にギャップを介して配置され、磁石を有し前記内側ロータと一体と

20

なって前記ステータに対して回転可能な外側ロータとを有する回転電機であって、
前記ステータは、円環状に離間して配置された複数のティース部材と、複数の前記ティース部材にそれぞれ巻かれた複数のコイルと、前記ティース部材の径方向端部の外周側および内周側にそれぞれ締結された外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材とを有し、円環状に離間して配置された複数の前記ティース部材の間の前記外周側円環状鉄心部材と前記内周側円環状鉄心部材とに挟まれた空間はスロットになっており、前記外周側円環状鉄心部材は前記スロットの外周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、前記内周側円環状鉄心部材は前記外周壁に前記外周側肉薄部を有する前記スロットの内周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有することを特徴とする回転電機。

10

【請求項 3】

前記外周側円環状鉄心部材および前記内周側円環状鉄心部材の軸方向の端部は、複数の前記ティース部材にそれぞれ巻かれた複数の前記コイルの軸方向の端部より軸方向の外側に位置することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の回転電機。

【請求項 4】

前記ティース部材は嵌合凸部または嵌合凹部を備えており、前記外周側円環状鉄心部材および前記内周側円環状鉄心部材は、前記ティース部材に備えられた前記嵌合凸部または前記嵌合凹部と嵌合されるための嵌合凹部または嵌合凸部を備えていることを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

【請求項 5】

前記ステータを保持するための円環状の一对のステータ保持部材をさらに備え、前記外周側円環状鉄心部材および前記内周側円環状鉄心部材の軸方向の両端部は、前記ステータ保持部材にそれぞれ締結されていることを特徴とする請求項 1 から 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

20

【請求項 6】

一对の前記ステータ保持部材は、複数の前記ティース部材の軸方向の端部に接触して前記ティース部材の軸方向の位置を規制する複数の位置決め凸部をそれぞれ有することを特徴とする請求項 5 に記載の回転電機。

【請求項 7】

請求項 1 から 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機と、前記回転電機で駆動される推進ファンとを備えたことを特徴とする航空機。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本願は、回転電機、およびその回転電機を備えた航空機に関する。

【背景技術】

【0002】

電動航空機への適用を目指して開発が進む二重ロータ構造の回転電機が知られている。従来の二重ロータ構造の回転電機のステータとして、コイルが巻かれた複数のティース部材が円環状に配置されたステータがある。このステータでは、ティース部材の外周側および内周側にそれぞれ配置された 2 つの円環状の鉄心部材でティース部材が固定されている（例えば、特許文献 1 参照）。

40

【先行技術文献】

【特許文献】

【0003】

【文献】特開 2005 - 237191 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、従来の二重ロータ構造の回転電機のステータにおいては、スロットの位

50

置における円環状の鉄心部材の径方向の厚みが周方向で一定であるため、漏れ磁束が多く損失が大きいという問題があった。

【 0 0 0 5 】

本願は、上述のような課題を解決するためになされたもので、二重ロータ構造の回転電機において、ステータにおける漏れ磁束を低減して損失を抑制した回転電機を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 6 】

本願の回転電機は、円環状のステータと、ステータの内周側にギャップを介して配置された内側ロータと、ステータの外周側にギャップを介して配置され、磁石を有し前記内側ロータと一体となって前記ステータに対して回転可能な外側ロータとを有する回転電機である。そして、ステータは、円環状に離間して配置された複数のティース部材と、複数のティース部材にそれぞれ巻かれた複数のコイルと、複数のティース部材の外周側および内周側にそれぞれ締結された外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材とを有し、円環状に離間して配置された複数のティース部材の間の外周側円環状鉄心部材と内周側円環状鉄心部材とに挟まれた空間はスロットになっており、外周側円環状鉄心部材はスロットの外周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、内周側円環状鉄心部材は外周壁に外周側肉薄部を有するスロットの内周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有し、内周側円環状鉄心部材の内周側肉薄部の厚さは、外周側円環状鉄心部材の外周側肉薄部の厚さよりも大きい。

【発明の効果】

【 0 0 0 7 】

本願の回転電機においては、外周側円環状鉄心部材はスロットの外周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、内周側円環状鉄心部材は外周壁に外周側肉薄部を有するスロットの内周壁に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有し、内周側円環状鉄心部材の内周側肉薄部の厚さは、外周側円環状鉄心部材の外周側肉薄部の厚さよりも大きいので、ステータにおける漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 0 8 】

【図 1】実施の形態 1 に係る回転電機の断面模式図である。

【図 2】実施の形態 1 に係る回転電機の断面模式図である。

【図 3】実施の形態 1 に係るコイルが巻かれたティース部材の斜視図である。

【図 4】実施の形態 1 に係る外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の斜視図である。

【図 5】実施の形態 1 に係るステータの組み立て分解図である。

【図 6】実施の形態 1 に係るステータの拡大断面図である。

【図 7】実施の形態 1 に係る第 2 ステータ保持部材の拡大斜視図である。

【図 8】実施の形態 1 において外周側円環状鉄心部材が第 2 ステータ保持部材に取り付けられた状態を示す斜視図である。

【図 9】実施の形態 1 において外周側円環状鉄心部材およびティース部材が第 2 ステータ保持部材に取り付けられた状態を示す斜視図である。

【図 10】実施の形態 1 においてステータに第 1 ステータ保持部材および第 2 ステータ保持部材が取り付けられた状態を示す組み立て分解図である。

【図 11】実施の形態 1 において外側ロータ磁石から発生する磁束を示した説明図である。

【図 12】実施の形態 1 において外周側肉薄部の厚さに対する内周側肉薄部の厚さの比と鎖交磁束との関係の一例を示す説明図である。

【図 13】実施の形態 2 に係る回転電機の断面模式図である。

【図 14】実施の形態 3 に係るティース部材の斜視図である。

【図 15】実施の形態 3 に係る外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の斜視

10

20

30

40

50

図である。

【図 16】実施の形態 3 に係るステータの組み立て分解図である。

【図 17】実施の形態 4 に係るステータの拡大断面図である。

【図 18】実施の形態 5 に係る飛行機の説明図である。

【図 19】実施の形態 6 に係るマルチコプターの説明図である。

【図 20】実施の形態 6 に係るマルチコプターの説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下、本願を実施するための実施の形態に係る回転電機および航空機について、図面を参照して詳細に説明する。なお、各図において同一符号は同一もしくは相当部分を示している。

10

【0010】

実施の形態 1 .

図 1 は、実施の形態 1 に係る回転電機の断面模式図である。図 1 は、回転電機の回転軸に平行な方向の断面模式図である。本実施の形態の回転電機は、二重ロータ構造の回転電機である。図 1 に示すように、本実施の形態の回転電機 100 は、円環状のステータ 1 と、ステータ 1 の内周側にギャップを介して配置された内側ロータ 2 と、ステータ 1 の外周側にギャップを介して配置された外側ロータ 3 と、回転軸 14 とを有している。ステータ 1 の軸方向の両端部は、第 1 ステータ保持部材 11 と第 2 ステータ保持部材 12 とでそれぞれ保持されている。ステータ 1 は、第 2 ステータ保持部材 12 を介して回転電機カバー 15 に締結されている。内側ロータ 2 は、回転軸 14 に締結されている。外側ロータ 3 は、外側ロータカバー 10 を介して回転軸 14 に締結されている。回転軸 14 は、軸受 13 を介して回転電機カバー 15 に回転可能に配置されている。

20

【0011】

図 1 において、回転軸 14 の軸方向を矢印 Z で示し、回転軸の径方向を矢印 R で示す。本願明細書においては、これ以降、回転軸 14 の軸方向を単に「軸方向」、回転軸 14 の径方向を単に「径方向」、回転軸 14 の回転方向を単に「周方向」と称する。

【0012】

ステータ 1 は、円環状に配置された複数のティース部材 4 と、それぞれのティース部材 4 に巻かれたコイル 7 と、ティース部材 4 の外周側および内周側にそれぞれ配置された外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 とを有する。外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の軸方向の端部は、コイル 7 が巻かれたティース部材 4 の軸方向の端部よりも軸方向の外側まで延伸されている。外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の軸方向の一方の端部は、第 1 ステータ保持部材 11 に締結されている。外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の軸方向の他方の端部は、第 2 ステータ保持部材 12 に締結されている。回転軸 14 は、軸受 13 を介して第 1 ステータ保持部材 11 に回転可能に配置されている。したがって、本実施の形態の回転電機 100 においては、内側ロータ 2、外側ロータ 3 および回転軸 14 が一体となって、ステータ 1 および回転電機カバー 15 に対して回転可能となっている。

30

【0013】

内側ロータ 2、外側ロータ 3 およびティース部材 4 は、例えば積層された電磁鋼板などの磁性材料で構成されている。外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 は、例えば積層された電磁鋼板、鉄、フェライトなどの磁性材料で構成されている。外側ロータカバー 10 および回転電機カバー 15 は、例えばアルミニウム合金、ステンレスなどの非磁性材料で構成されている。

40

【0014】

外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 と第 1 ステータ保持部材 11 および第 2 ステータ保持部材 12 との締結方法、第 2 ステータ保持部材 12 と回転電機カバー 15 との締結方法、内側ロータ 2 と回転軸 14 との締結方法、外側ロータ 3 と外側ロータカバー 10 との締結方法、外側ロータカバー 10 と回転軸 14 との締結方法などは、圧

50

入、ボルト締結、接着などの締結方法を用いることができる。

【 0 0 1 5 】

図 2 は、本実施の形態に係る回転電機の断面模式図である。図 2 は、図 1 の A - A に示す位置での断面模式図である。図 2 において、外側ロータカバー 1 0 および回転電機カバー 1 5 は省略されている。ステータ 1 は、回転軸 1 4 を中心として円環状に離間して配置された複数のティース部材 4 と、それぞれのティース部材 4 に巻かれたコイル 7 と、ティース部材 4 の外周側および内周側にそれぞれ配置された外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 とを有する。本実施の形態の回転電機 1 0 0 は、2 4 個のティース部材 4 が円環状に離間して配置されている。コイル 7 は、ティース部材 4 に集中巻きで同心円状に巻き回されている。離間して配置された複数のティース部材 4 の間の空間はスロット 1 8 になっている。

10

【 0 0 1 6 】

内側ロータ 2 は、円環状の内側ロータ鉄心 8 と、内側ロータ鉄心 8 に埋設された 3 2 個の内側ロータ磁石 1 6 とを有している。内側ロータ 2 においては、V 字状に配置された 2 つ一組の内側ロータ磁石 1 6 で 1 つの極を構成しており、その極が周方向に等ピッチに配置されている。2 つ一組の内側ロータ磁石 1 6 の配置は、外周側に向かって開いた V 字状である。

【 0 0 1 7 】

外側ロータ 3 は、円環状の外側ロータ鉄心 9 と、外側ロータ鉄心 9 の内周面に固定された 1 6 個の外側ロータ磁石 1 7 とを有している。外側ロータ磁石 1 7 は、ステータ 1 とギャップを介して対向して設けられている。外側ロータ磁石 1 7 は、外側ロータ鉄心 9 の内周面に例えば接着剤で固定されている。内側ロータ磁石 1 6 は、周方向に N 極、S 極となるように配置されている。また、外側ロータ磁石 1 7 は、周方向に S 極、N 極となるように配置されている。さらに、内側ロータ磁石 1 6 と外側ロータ磁石 1 7 とは回転軸 1 4 の周りに同位相で配置されている。

20

【 0 0 1 8 】

図 3 は、本実施の形態におけるコイルが巻かれたティース部材の斜視図である。ティース部材 4 は、軸方向に長い棒状の構造である。ティース部材 4 には絶縁部材 1 9 を介してコイル 7 が巻かれている。ティース部材 4 の径方向の両端部には、軸方向に平行な溝状の嵌合凹部 4 a が形成されている。嵌合凹部 4 a の断面形状は、外側に向かってテーパ状に開口幅が狭くなっている。

30

【 0 0 1 9 】

図 4 は、本実施の形態における外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の斜視図である。外周側円環状鉄心部材 5 の内周側には、軸方向に平行な畝状の嵌合凸部 5 a が形成されている。また、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側には、軸方向に平行な畝状の嵌合凸部 6 a が形成されている。嵌合凸部 5 a および嵌合凸部 6 a の断面形状は、外側に向かって幅が広がっている。嵌合凸部 5 a および嵌合凸部 6 a は、周方向に等ピッチでそれぞれ 2 4 個形成されている。外周側円環状鉄心部材 5 と内周側円環状鉄心部材 6 との間に軸方向からコイル 7 が巻かれたティース部材 4 が挿入されるときに、ティース部材 4 の両端の嵌合凹部 4 a が、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a にそれぞれ嵌合される。

40

【 0 0 2 0 】

また、図 4 に示すように、外周側円環状鉄心部材 5 の内周側には、スロットの外周壁となる位置に軸方向に平行な溝状の内周側凹部 5 b が形成されている。さらに、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側には、スロットの内周壁となる位置に軸方向に平行な溝状の外周側凹部 6 b が形成されている。内周側凹部 5 b および外周側凹部 6 b の断面形状は、矩形形状である。内周側凹部 5 b および外周側凹部 6 b は、周方向に等ピッチでそれぞれ 2 4 個形成されている。スロット 1 8 の外周壁において外周側円環状鉄心部材 5 の径方向の厚さは、内周側凹部 5 b が形成された位置が最も小さい。また、スロット 1 8 の内周壁において内周側円環状鉄心部材 6 径方向の厚さは、外周側凹部 6 b が形成された位置が最も小

50

い。つまり、内周側凹部 5 b は、スロット 1 8 において外周壁の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部である。また、外周側凹部 6 b は、スロット 1 8 において内周壁の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部である。

【 0 0 2 1 】

図 5 は、本実施の形態におけるステータの組み立て分解図である。図 5 に示すように、ステータ 1 は、外周側円環状鉄心部材 5 と内周側円環状鉄心部材 6 との間に軸方向からコイル 7 が巻かれたティース部材 4 が挿入されて組み立てられる。このとき、ティース部材 4 の両端の嵌合凹部 4 a が外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a にそれぞれ嵌合される。そのため、ティース部材 4 が周方向に正確に位置決めされると共に、外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 とティース部材 4 とが強固に締結される。

10

【 0 0 2 2 】

図 6 は、本実施の形態におけるステータの拡大断面図である。図 6 に示すように、ティース部材 4 の両端部の嵌合凹部 4 a は、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a にそれぞれ嵌合されている。スロット 1 8 の外周壁には、外周側円環状鉄心部材 5 の内周側凹部 5 b が配置されている。スロット 1 8 の内周壁には、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側凹部 6 b が配置されている。

【 0 0 2 3 】

図 7 は、本実施の形態における第 2 ステータ保持部材の拡大斜視図である。第 2 ステータ保持部材 1 2 は、例えばアルミニウム合金などの非磁性材料で構成されている。図 7 に示すように、円環状の第 2 ステータ保持部材 1 2 は、軸方向と平行な方向に突出した位置決め凸部 1 2 a を備えている。位置決め凸部 1 2 a は、第 2 ステータ保持部材 1 2 の径方向に二列になって周方向に並んで配置されている。外周側の位置決め凸部 1 2 a は、外周側円環状鉄心部材 5 が第 2 ステータ保持部材 1 2 に取り付けられたときに、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a の間に位置するように配置されている。また、内周側の位置決め凸部 1 2 a は、内周側円環状鉄心部材 6 が第 2 ステータ保持部材 1 2 に取り付けられたときに、内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a の間に位置するように配置されている。なお、第 2 ステータ保持部材 1 2 には、コイル 7 と電氣的に接続された接続コードを引き出すため、またはコイル 7 の端部を引き出すための引き出し口 1 2 b が形成されている。

20

【 0 0 2 4 】

図 8 は、外周側円環状鉄心部材が第 2 ステータ保持部材に取り付けられた状態を示す斜視図である。図 8 に示すように、第 2 ステータ保持部材 1 2 の外周側の位置決め凸部 1 2 a に外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a が嵌合されて固定される。また、図示はしていないが、第 2 ステータ保持部材 1 2 の内周側の位置決め凸部 1 2 a に内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a が嵌合されて固定される。このようにして、外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 が周方向に正確に位置決めされて第 2 ステータ保持部材 1 2 に固定される。

30

【 0 0 2 5 】

図 9 は、外周側円環状鉄心部材およびティース部材が第 2 ステータ保持部材に取り付けられた状態を示す斜視図である。図 9 に示すように、第 2 ステータ保持部材 1 2 に外周側円環状鉄心部材 5 が固定された後に、コイル 7 が巻かれたティース部材 4 が軸方向から挿入される。ティース部材 4 は、その端部が第 2 ステータ保持部材 1 2 の位置決め凸部 1 2 a に接触することで軸方向の位置が決定される。つまり、第 2 ステータ保持部材 1 2 に設けられた位置決め凸部 1 2 a は、外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の周方向の位置を規制すると共に、ティース部材 4 の軸方向の位置を規制する。

40

【 0 0 2 6 】

図 10 は、ステータに第 1 ステータ保持部材および第 2 ステータ保持部材が取り付けられた状態を示す組み立て分解図である。第 1 ステータ保持部材 1 1 は、例えばアルミニウム合金などの非磁性材料で構成されている。図 10 に示すように、第 1 ステータ保持部材 1 1 には、第 2 ステータ保持部材 1 2 と同様に、軸方向と平行な方向に突出した位置決め

50

凸部 11a を備えている。位置決め凸部 11a は、第 1 ステータ保持部材 11 の径方向に二列になって周方向に並んで配置されている。第 1 ステータ保持部材 11 に設けられた位置決め凸部 11a も、第 2 ステータ保持部材 12 に設けられた位置決め凸部 12a と同様に、外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の周方向の位置を規制すると共に、ティース部材 4 の軸方向の位置を規制する。図 10 に示すように、第 1 ステータ保持部材 11 と第 2 ステータ保持部材 12 とは、軸方向からステータ 1 に差し込まれる。なお、第 1 ステータ保持部材 11 の中心部には、軸受を介して回転軸を回転可能に支持するための軸受挿入孔 11b が形成されている。

【0027】

このように構成された回転電機 100 においては、内側ロータ磁石 16 が内側ロータ鉄心 8 に埋設されているので、ステータ 1 と内側ロータ 2 とのギャップの近傍で発生する空間高調波磁束が内側ロータ磁石 16 に鎖交することを防止できる。そのため、内側ロータ磁石 16 で発生する渦電流損失を低減することができる。また、内側ロータ磁石 16 は内側ロータ鉄心 8 に埋設されているので、遠心力による内側ロータ磁石 16 の脱落を防止することができる。

10

【0028】

また、本実施の形態の回転電機 100 においては、第 1 ステータ保持部材 11 および第 2 ステータ保持部材 12 に設けられた位置決め凸部で外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 の周方向の位置決め、およびティース部材 4 の軸方向の位置決めを行うことができる。さらに、外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 に設けられた嵌合凸部とティース部材に設けられた嵌合凹部とでティース部材 4 の周方向の位置決めを行うことができる。そのため、ステータ 1 の組み立て精度が向上すると共に、ステータ 1 の強度も向上する。

20

【0029】

さらに、本実施の形態の回転電機 100 においては、図 6 に示すように、外周側円環状鉄心部材 5 はスロット 18 の外周部に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、内周側円環状鉄心部材 6 はスロット 18 の内周部に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有している。円環状鉄心部材の径方向の厚さが小さい部分は少ない磁束量で磁気飽和し、透磁率が低下する。そのため、本実施の形態の回転電機 100 においては、円環状鉄心部材における漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。

30

【0030】

図 11 は、本実施の形態の回転電機 100 における外側ロータ磁石 17 から発生する磁束を示した説明図である。図 11 から、内周側円環状鉄心部材 6 が外側ロータ磁石 17 から発生する磁束の磁束経路として機能していることがわかる。同様に、本実施の形態の回転電機 100 においては、外周側円環状鉄心部材 5 が内側ロータ磁石 16 から発生する磁束の磁束経路として機能する。このように、本実施の形態の回転電機 100 においては、内周側円環状鉄心部材 6 が外側ロータ磁石 17 から発生する磁束の磁束経路として機能し、外周側円環状鉄心部材 5 が内側ロータ磁石 16 から発生する磁束の磁束経路として機能するので、コイル 7 と鎖交する磁束量が多くなり回転電機 100 の出力が向上する。

40

【0031】

内周側円環状鉄心部材 6 の内周側肉薄部の厚さを T_1 、外周側円環状鉄心部材 5 の外周側肉薄部の厚さを T_2 とし、 T_1 / T_2 を X とする。図 12 は、 X に対するステータ 1 のコイル 7 に鎖交する鎖交磁束の関係の一例を示す説明図である。図 12 において、鎖交磁束は、内側ロータ磁石 16 および外側ロータ磁石 17 による鎖交磁束である。また、図 12 の縦軸は、ステータ 1 が外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 を備えていないときにコイル 7 に鎖交する鎖交磁束を 1 としたときの相対値である。図 12 に示すように、 X が 1 以上、つまり内周側円環状鉄心部材 6 の内周側肉薄部の厚さ T_1 が外周側円環状鉄心部材 5 の外周側肉薄部の厚さ T_2 以上であれば、コイル 7 に鎖交する鎖交磁束が増加する。その結果、回転電機 100 の出力をさらに向上させることができる。

50

【 0 0 3 2 】

実施の形態 2 .

実施の形態 1 に係る回転電機においては、外側ロータ磁石が外側ロータ鉄心の内周面に固定されていた。実施の形態 2 に係る回転電機においては、外側ロータ磁石が外側ロータ鉄心に埋設されている。本実施の形態の回転電機の構成は、外側ロータの構成以外は実施の形態 1 の回転電機の構成と同様である。

【 0 0 3 3 】

図 1 3 は、本実施の形態に係る回転電機の断面模式図である。図 1 3 は、回転軸に直角な方向の断面模式図である。図 1 3 において、外側ロータカバーおよび回転電機カバーは省略されている。図 1 3 に示すように、外側ロータ 3 は、円環状の外側ロータ鉄心 9 と、外側ロータ鉄心 9 に埋設された 3 2 個の外側ロータ磁石 1 7 とを有している。本実施の形態の回転電機 1 0 0 においては、V 字状に配置された 2 つ一組の外側ロータ磁石 1 7 で 1 つの極を構成しており、その極が周方向に等ピッチに配置されている。2 つ一組の外側ロータ磁石 1 7 の配置は、内周側に向かって開いた V 字状である。

10

【 0 0 3 4 】

このように構成された回転電機 1 0 0 においては、外側ロータ磁石 1 7 が外側ロータ鉄心 9 に埋設されているので、ステータ 1 と外側ロータ 3 とのギャップの近傍で発生する空間高調波磁束が外側ロータ磁石 1 7 に鎖交することを防止できる。そのため、外側ロータ磁石 1 7 で発生する渦電流損失を低減することができる。また、外側ロータ磁石 1 7 は外側ロータ鉄心 9 に埋設されているので、遠心力による外側ロータ磁石 1 7 の脱落を防止することができる。

20

【 0 0 3 5 】

また、本実施の形態の回転電機 1 0 0 においては、実施の形態 1 と同様に、外周側円環状鉄心部材 5 の外周側肉薄部がスロットの外周側に位置すると共に、内周側円環状鉄心部材 6 の内周側肉薄部がスロットの内周側に位置している。そのため、円環状鉄心部材における漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。

【 0 0 3 6 】

実施の形態 3 .

実施の形態 3 に係る回転電機は、実施の形態 1 に示した回転電機においてティース部材、外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の形状を変更したものである。本実施の形態の回転電機の構成は、ティース部材、外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の構成以外は実施の形態 1 の回転電機の構成と同様である。

30

【 0 0 3 7 】

図 1 4 は、本実施の形態におけるティース部材の斜視図である。ティース部材 4 の径方向の両端部には、軸方向に平行な畝状の嵌合凸部 4 b が形成されている。嵌合凸部 4 b の断面形状は、外側に向かって幅が広がっている。

【 0 0 3 8 】

図 1 5 は、本実施の形態における外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の斜視図である。外周側円環状鉄心部材 5 の内周側には、軸方向に平行な溝状の嵌合凹部 5 c が形成されている。また、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側には、軸方向に平行な溝状の嵌合凹部 6 c が形成されている。嵌合凹部 5 c および嵌合凹部 6 c の断面形状は、外側に向かってテーパ状に開口幅が狭くなっている。嵌合凹部 5 c および嵌合凹部 6 c は、周方向に等ピッチでそれぞれ 2 4 個形成されている。外周側円環状鉄心部材 5 と内周側円環状鉄心部材 6 との間に軸方向からコイル 7 が巻かれたティース部材 4 が挿入されるときに、ティース部材 4 の両端の嵌合凸部 4 b が、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凹部 5 c および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凹部 6 c にそれぞれ嵌合される。

40

【 0 0 3 9 】

また、図 1 5 に示すように、外周側円環状鉄心部材 5 の内周側には、スロットの外周壁となる位置に軸方向に平行な溝状の内周側凹部 5 b が形成されている。さらに、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側には、スロットの内周壁となる位置に軸方向に平行な溝状の外周

50

側凹部 6 b が形成されている。内周側凹部 5 b および外周側凹部 6 b の断面形状は、矩形形状である。内周側凹部 5 b および外周側凹部 6 b は、周方向に等ピッチでそれぞれ 2 4 個形成されている。すなわち、内周側凹部 5 b は外周側円環状鉄心部材 5 の外周側肉薄部であり、外周側凹部 6 b は内周側円環状鉄心部材 6 の内周側肉薄部である。

【 0 0 4 0 】

図 1 6 は、本実施の形態におけるステータの組み立て分解図である。図 1 6 に示すように、ステータ 1 は、外周側円環状鉄心部材 5 と内周側円環状鉄心部材 6 との間に軸方向からコイル 7 が巻かれたティース部材 4 が挿入されて組み立てられる。このとき、ティース部材 4 の両端の嵌合凸部 4 b が、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凹部 5 c および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凹部 6 c にそれぞれ嵌合される。

10

【 0 0 4 1 】

このように構成されたステータ 1 においては、実施の形態 1 のステータと同様に、ティース部材 4 と外周側円環状鉄心部材 5 および内周側円環状鉄心部材 6 とが嵌合凸部と嵌合凹部との嵌合によって強固に締結される。

【 0 0 4 2 】

また、本実施の形態の回転電機 1 0 0 においては、実施の形態 1 と同様に、外周側円環状鉄心部材 5 の外側肉薄部がスロットの外周側に位置すると共に、内周側円環状鉄心部材 6 の内側肉薄部がスロットの内周側に位置している。そのため、円環状鉄心部材における漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。

【 0 0 4 3 】

実施の形態 4 .

実施の形態 4 に係る回転電機は、実施の形態 1 に示した回転電機において外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材にそれぞれ形成された内周側凹部および外周側凹部の形状を変更したものである。本実施の形態の回転電機の構成は、内周側凹部および外周側凹部の形状以外は実施の形態 1 の回転電機の構成と同様である。

20

【 0 0 4 4 】

図 1 7 は、本実施の形態におけるステータの拡大断面図である。図 1 7 に示すように、ティース部材 4 の両端部の嵌合凹部 4 a は、外周側円環状鉄心部材 5 の嵌合凸部 5 a および内周側円環状鉄心部材 6 の嵌合凸部 6 a にそれぞれ嵌合されている。スロット 1 8 の外周壁には、外周側円環状鉄心部材 5 の内周側凹部 5 b が配置されている。スロット 1 8 の内周壁には、内周側円環状鉄心部材 6 の外周側凹部 6 b が配置されている。実施の形態 1 の回転電機においては、内周側凹部および外周側凹部の断面形状は、矩形形状であった。本実施の形態の回転電機においては、図 1 7 に示すように、内周側凹部 5 b および外周側凹部 6 b の断面形状は、円弧形状である。スロット 1 8 の外周壁において外周側円環状鉄心部材 5 の径方向の厚さは、内周側凹部 5 b が形成された位置が最も小さい。また、スロット 1 8 の内周壁において内周側円環状鉄心部材 6 径方向の厚さは、外周側凹部 6 b が形成された位置が最も小さい。すなわち、内周側凹部 5 b は外周側円環状鉄心部材 5 の外周側肉薄部であり、外周側凹部 6 b は内周側円環状鉄心部材 6 の内周側肉薄部である。

30

【 0 0 4 5 】

このように構成された回転電機においては、実施の形態 1 と同様に、外周側円環状鉄心部材 5 の外側肉薄部がスロット 1 8 の外周側に位置すると共に、内周側円環状鉄心部材 6 の内側肉薄部がスロット 1 8 の内周側に位置している。そのため、円環状鉄心部材における漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。

40

【 0 0 4 6 】

実施の形態 5 .

図 1 8 は、実施の形態 5 に係る飛行機の説明図である。本実施の形態の飛行機 2 0 0 は、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機 1 0 0 を備えた固定翼航空機である。図 1 8 に示すように、本実施の形態の飛行機 2 0 0 は、エンジンケース 2 1 0 の内部に液体燃料で駆動されるエンジン 2 2 0 と、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機 1 0 0 とが設置されている。回転電機 1 0 0 は、図示していないが飛行機 2 0 0 に搭載されたバッテリーで

50

駆動される。エンジン 220 と回転電機 100 と推進ファン 230 とは、シャフトで連結されている。推進ファン 230 は、エンジン 220 と回転電機 100 とを駆動力源として回転する。なお、推進ファン 230 と回転電機 100 との間、およびエンジン 220 と回転電機 100 との間のどちらか一方もしくは両方に回転数を変換するギアが搭載されていてもよい。また、本実施の形態の飛行機 200 においては、エンジン 220 と回転電機 100 と推進ファン 230 とがシャフトで同軸状に配置されている。別の構成として、エンジン 220 と回転電機 100 と推進ファン 230 とがギアなどを介して別軸状に配置されていてもよい。

【0047】

この回転電機は、第 1 ステータ保持部材および第 2 ステータ保持部材に設けられた位置決め凸部で外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材の周方向の位置決め、およびティース部材の軸方向の位置決めを行うことができる。さらに、外周側円環状鉄心部材および内周側円環状鉄心部材とティース部材とにそれぞれ設けられた嵌合凸部と嵌合凹部とでティース部材の周方向の位置決めを行うことができる。そのため、ステータの組み立て精度が向上すると共に、ステータの強度も向上する。この回転電機を飛行機の推進装置の駆動力源に適用することで、信頼性の高い電動飛行機を実現することができる。

10

【0048】

また、この回転電機は、外周側円環状鉄心部材の外側肉薄部がスロットの外周側に位置すると共に、内周側円環状鉄心部材の内側肉薄部がスロットの内周側に位置している。そのため、円環状鉄心部材における漏れ磁束を低減して損失を抑制することができる。さらに、外周側円環状鉄心部材は内側ロータ磁石から発生する磁束の磁束経路として機能し、内周側円環状鉄心部材は外側ロータ磁石から発生する磁束の磁束経路として機能するので、出力に寄与する磁束量を増加させることができる。その結果、この回転電機は高いトルク出力を得ることができるので、この回転電機を搭載した飛行機の単位燃料当たりの航続距離を延ばすことができる。

20

【0049】

なお、本実施の形態の飛行機においては、推進ファンの駆動力源としてエンジンと回転電機との両方を備えているが、駆動力源として回転電機のみでもよい。

【0050】

実施の形態 6 .

30

図 19 は、実施の形態 6 に係るマルチコプターの説明図である。本実施の形態のマルチコプター 300 は、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機 100 を備えた回転翼航空機である。図 19 に示すように、本実施の形態のマルチコプター 300 は、4 つの推進ファン 310 と、4 つの推進ファン 310 をそれぞれ駆動する 4 つの回転電機 100 と、4 つの回転電機 100 をそれぞれ制御する 4 つのインバータ 320 と、インバータ 320 に電力を供給するバッテリー 330 とを備えている。

【0051】

このように構成されたマルチコプターにおいても、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機を推進装置の駆動力源に適用しているので、信頼性が高く航続距離の長いマルチコプターを実現することができる。

40

【0052】

図 20 は、本実施の形態に係る別のマルチコプターの説明図である。図 20 に示すマルチコプター 300 においては、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機を発電機 340 としても用いたものである。この発電機 340 は、エンジン 350 で駆動される。発電機 340 で発電された電力は、バッテリー 330 に蓄積される。

【0053】

このように構成されたマルチコプターにおいては、実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機を発電機に適用し、この発電機を用いてバッテリー 330 に電力を供給することができるので、さらに航続距離の長いマルチコプターを実現することができる。

【0054】

50

実施の形態 5 および 6 に示したように、固定翼航空機、回転翼航空機などの推進装置の駆動力源に実施の形態 1 から 4 で説明した回転電機を適用することで、信頼性が高く、航続距離の長い航空機を実現することができる。

【0055】

本願は、様々な例示的な実施の形態が記載されているが、1つまたは複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、および機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

したがって、例示されていない無数の変形例が、本願に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

10

【符号の説明】

【0056】

1 ステータ、2 内側ロータ、3 外側ロータ、4 ティース部材、4 a 嵌合凹部、4 b、5 a、6 a 嵌合凸部、5 外周側円環状鉄心部材、5 b 内周側凹部、5 c、6 c 嵌合凹部、6 内周側円環状鉄心部材、6 b 外周側凹部、7 コイル、8 内側ロータ鉄心、9 外側ロータ鉄心、10 外側ロータカバー、11 第1ステータ保持部材、11 a、12 a 位置決め凸部、11 b 軸受挿入孔、12 第2ステータ保持部材、13 軸受、14 回転軸、15 回転電機カバー、16 内側ロータ磁石、17 外側ロータ磁石、18 スロット、19 絶縁部材、100 回転電機、200 飛行機、210 エンジンケース、220、350 エンジン、230、310 推進ファン、300 マルチコプター、320 インバータ、330 バッテリー、340 発電機。

20

30

40

50

【要約】

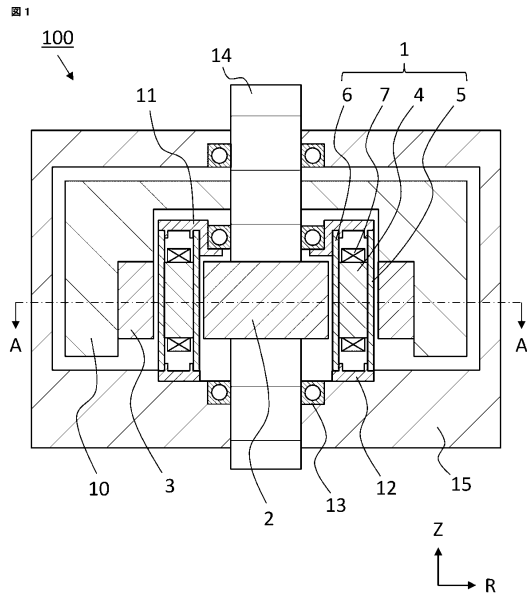
二重ロータ構造の回転電機において、ステータにおける漏れ磁束を低減して損失を抑制する。

円環状のステータと、内側ロータと、外側ロータとを有する回転電機であって、ステータ(1)は、円環状に離間して配置された複数のティース部材(4)と、複数のコイル(7)と、複数のティース部材の外周側および内周側にそれぞれ締結された外周側円環状鉄心部材(5)および内周側円環状鉄心部材(6)とを有し、外周側円環状鉄心部材はスロット(18)の外周部に径方向の厚さが他の部分よりも小さい外周側肉薄部を有すると共に、内周側円環状鉄心部材はスロットの内周部に径方向の厚さが他の部分よりも小さい内周側肉薄部を有する。

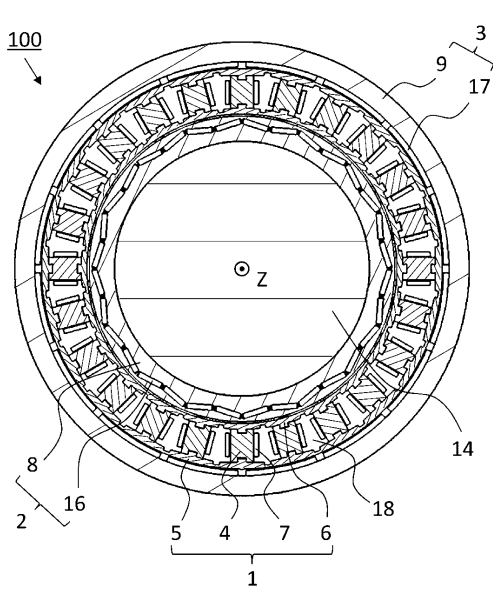
10

【図面】

【図1】



【図2】



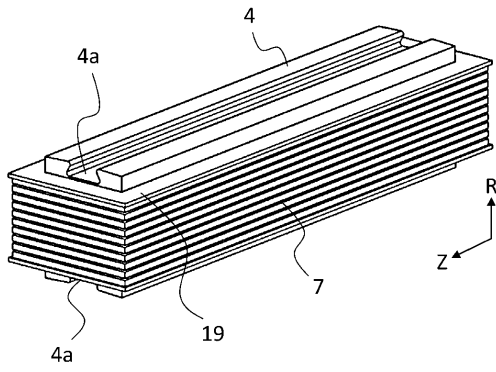
20

30

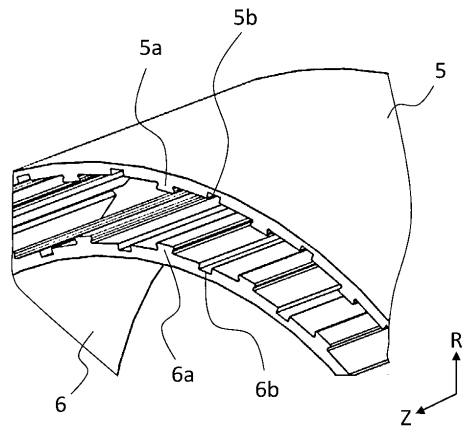
40

50

【 3 】
 3

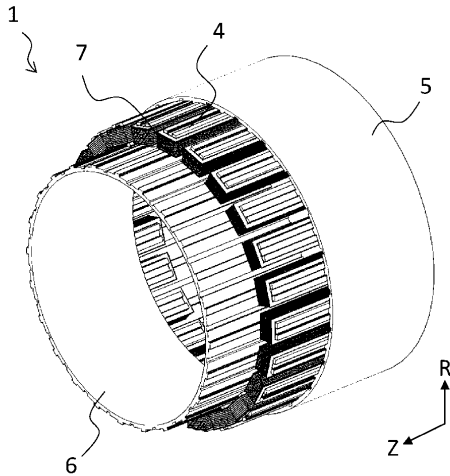


【 4 】
 4

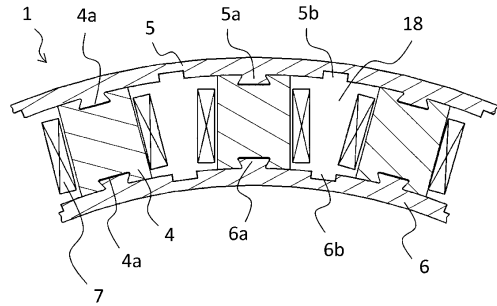


10

【 5 】
 5



【 6 】
 6



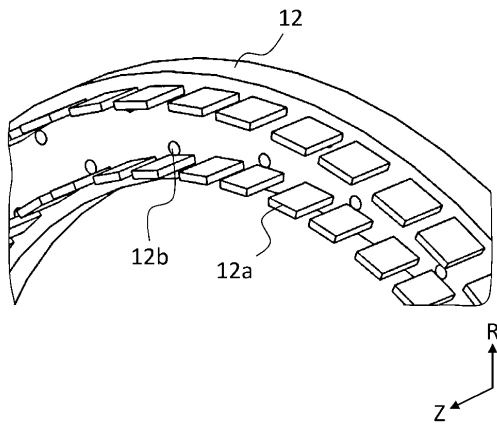
20

30

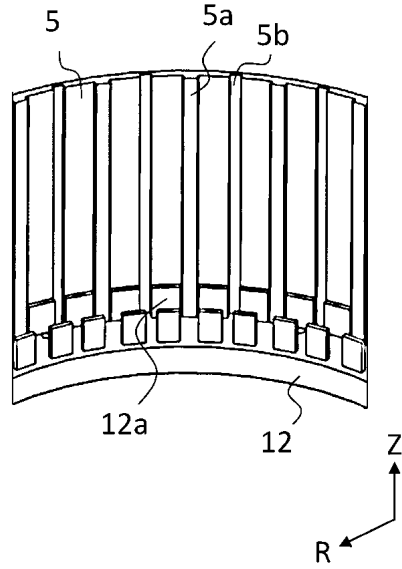
40

50

【図7】
図7

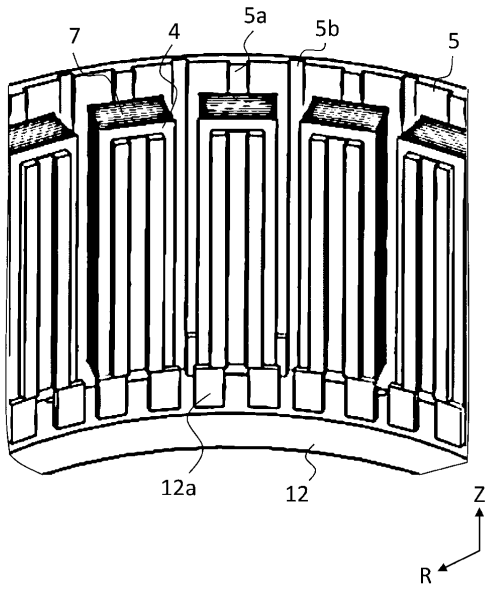


【図8】
図8



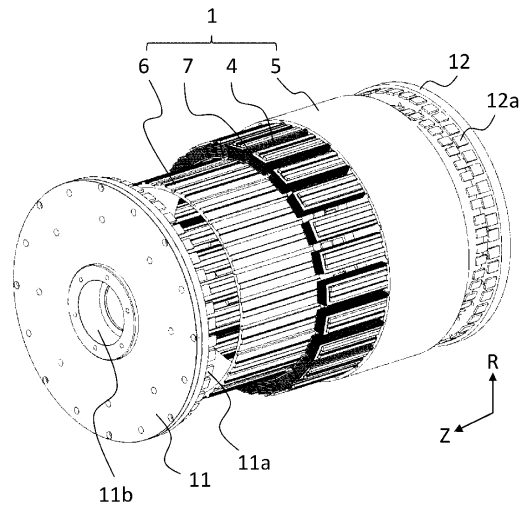
10

【図9】
図9



20

【図10】
図10



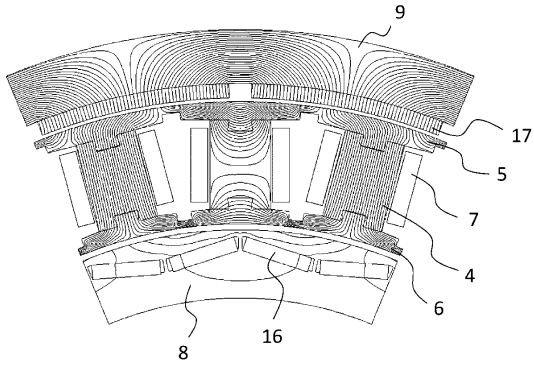
30

40

50

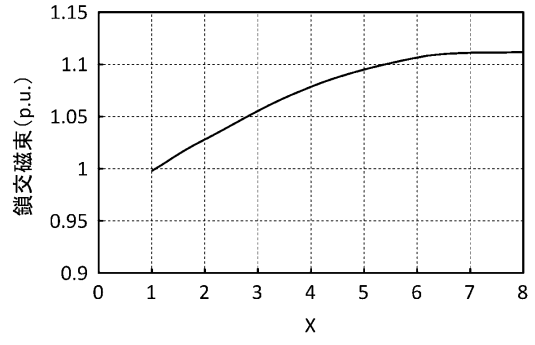
【 1 1 】

图 11



【 1 2 】

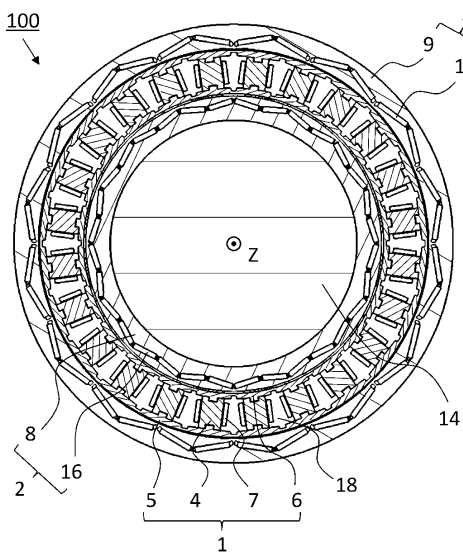
图 12



10

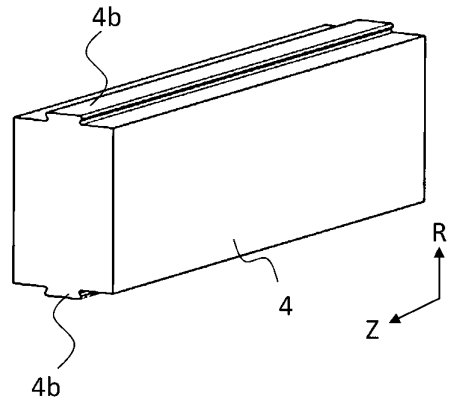
【 1 3 】

图 13



【 1 4 】

图 14




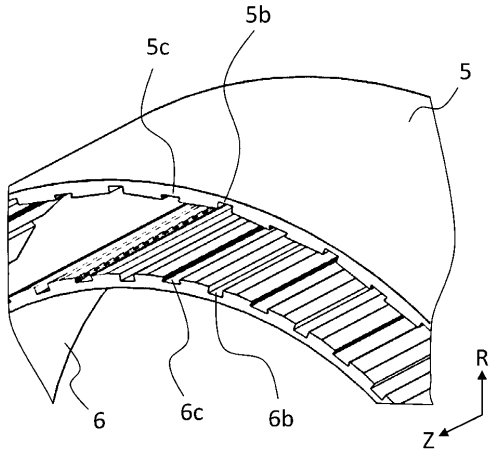
20

30

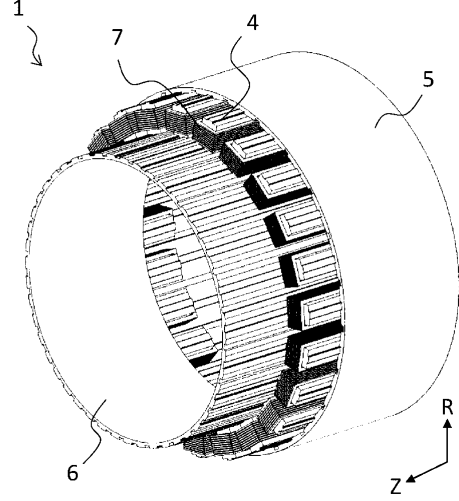
40

50

【 15】
図 15

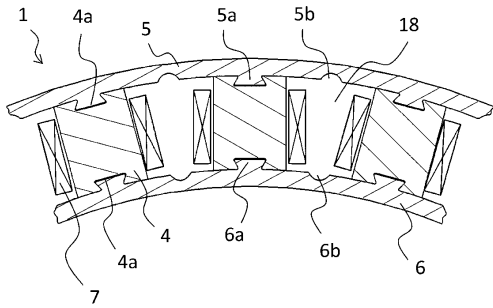


【 16】
図 16

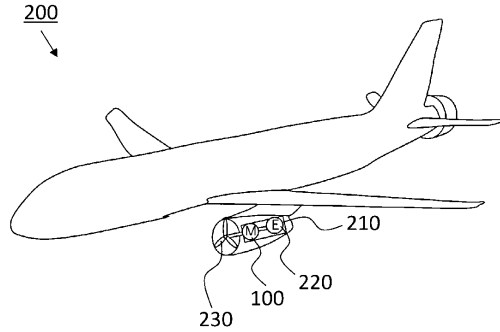


10

【 17】
図 17



【 18】
図 18



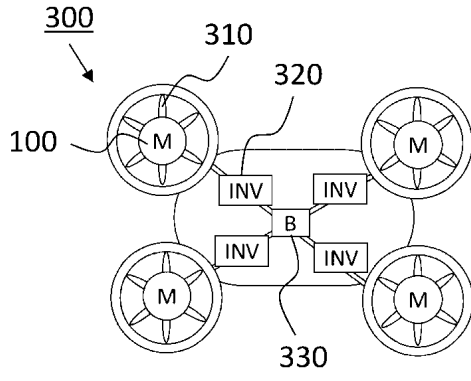
20

30

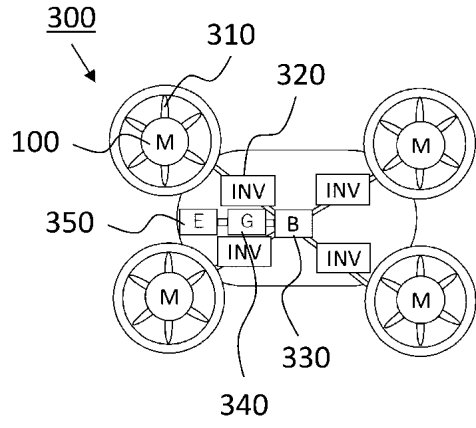
40

50

【図 19】
図 19



【図 20】
図 20



10

20

30

40

50

フロントページの続き

三菱電機株式会社内

審査官 中島 亮

- (56)参考文献 特開 2 0 0 5 - 2 3 7 1 9 1 (J P , A)
国際公開第 2 0 1 8 / 0 1 6 4 9 7 (W O , A 1)
米国特許出願公開第 2 0 0 9 / 0 1 4 0 5 2 6 (U S , A 1)
特開 2 0 0 3 - 2 9 9 2 7 2 (J P , A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl. , D B 名)
- H 0 2 K 1 / 0 0 - 1 / 1 6
H 0 2 K 1 / 1 8 - 1 / 2 6
H 0 2 K 1 / 2 8 - 1 / 3 4
H 0 2 K 2 1 / 0 0 - 2 1 / 4 8