

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6241668号
(P6241668)

(45) 発行日 平成29年12月6日(2017.12.6)

(24) 登録日 平成29年11月17日(2017.11.17)

(51) Int.Cl. F I
H O 2 K 16/04 (2006.01) H O 2 K 16/04

請求項の数 10 (全 20 頁)

(21) 出願番号	特願2014-148997 (P2014-148997)	(73) 特許権者	000004260 株式会社デンソー
(22) 出願日	平成26年7月22日(2014.7.22)		愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(65) 公開番号	特開2016-25773 (P2016-25773A)	(74) 代理人	110000604 特許業務法人 共立
(43) 公開日	平成28年2月8日(2016.2.8)	(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
審査請求日	平成28年7月27日(2016.7.27)	(72) 発明者	近藤 啓次 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内
		(72) 発明者	前川 武雄 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会 社デンソー内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ダブルステータ型回転電機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1多相巻線(13a)が巻回される外側ステータ(13)と、第2多相巻線(14a)が巻回される内側ステータ(14)と、前記外側ステータと前記内側ステータとの相互間にギャップ(G)を介して配置されるロータ(15)とを有するダブルステータ型回転電機(10)において、

前記外側ステータと前記内側ステータとは、径方向に磁束()が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられるとともに、前記第1多相巻線に通電して生じる磁極(13p)と、前記第2多相巻線に通電して生じる磁極(14p)とは、前記同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、

前記ロータは、前記外側ステータと前記内側ステータとを前記径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部(15a)を有し、

前記第1多相巻線の一相と前記第2多相巻線の一相との巻線は、共通となる少なくとも一本の導体線(11)からなり、

前記導体線は、前記外側ステータと前記内側ステータとの間であって、軸方向の一端側で径方向と周方向を組み合わせた斜め方向に渡される渡り部(11a)を含むことを特徴とするダブルステータ型回転電機。

【請求項2】

前記ロータは、周方向に隣り合う前記ラジアルヨーク部を連結し、径方向に沿った断面の断面積が前記ラジアルヨーク部よりも小さく成形される複数のリング状ヨーク部(15

d)を有し、

前記リング状ヨーク部の外側面(15o)と内側面(15i)とは、それぞれ前記径方向に着磁した永久磁石(M1, M2)を配置することを特徴とする請求項1に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項3】

前記ラジアルヨーク部の周方向幅(Wa, Wc)は、前記リング状ヨーク部の径方向幅(Wd)よりも大きく設定することを特徴とする請求項2に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項4】

前記リング状ヨーク部の周方向両側に配置される前記ラジアルヨーク部の外縁部(15ae)どうしを架橋されるとともに、前記リング状ヨーク部の外側面に配置される前記永久磁石(M1)を覆う橋梁部(15b)を有することを特徴とする請求項2または3に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項5】

前記リング状ヨーク部の外側面と内側面とに配置される前記永久磁石は、同一の前記径方向に着磁することを特徴とする請求項2から4のいずれか一項に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項6】

前記リング状ヨーク部の外側面に配置する永久磁石(M1)の周方向幅(Wf1)と、前記リング状ヨーク部の内側面に配置する永久磁石(M2)の周方向幅(We1)との比率である周方向幅比(We1/Wf1)は、0.2以上かつ0.6以下の範囲内に設定することを特徴とする請求項2から5のいずれか一項に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項7】

前記リング状ヨーク部の内側面に配置する永久磁石(M2)は、前記リング状ヨーク部の外側面に配置する永久磁石(M1)よりも、個数を少なく設定し、かつ、合計した周方向幅を小さく設定することを特徴とする請求項2から6のいずれか一項に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項8】

前記ラジアルヨーク部の周方向幅(Wa, Wc)は、前記外側ステータを構成する外側ティース(13t)および前記内側ステータを構成する内側ティース(14t)の周方向幅よりも広く設定されることを特徴とする請求項1から7のいずれか一項に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項9】

前記ロータは、複数の電磁鋼板(15e)を積層して成形されることを特徴とする請求項1から8のいずれか一項に記載のダブルステータ型回転電機。

【請求項10】

第1多相巻線(13a)が巻回される外側ステータ(13)と、第2多相巻線(14a)が巻回される内側ステータ(14)と、前記外側ステータと前記内側ステータとの相互間にギャップ(G)を介して配置されるロータ(15)とを有するダブルステータ型回転電機(10)において、

前記外側ステータと前記内側ステータとは、径方向に磁束()が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられるとともに、前記第1多相巻線に通電して生じる磁極(13p)と、前記第2多相巻線に通電して生じる磁極(14p)とは、前記同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、

前記ロータは、前記外側ステータと前記内側ステータとを前記径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部(15a)と、周方向に隣り合う前記ラジアルヨーク部を連結する複数のリング状ヨーク部(15d)とを有し、

前記リング状ヨーク部の外側面と内側面とにそれぞれ配置される永久磁石(M1, M2)は、同一の前記径方向に着磁され、かつ、前記ラジアルヨーク部を挟んで着磁方向が交互に変わっており、

10

20

30

40

50

前記リング状ヨーク部の内側面に配置される永久磁石（M2）は、前記リング状ヨーク部の外側面に配置される永久磁石（M1）よりも、個数を少なく設定し、かつ、合計した周方向幅を小さく設定することを特徴とするダブルステータ型回転電機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、外側ステータと内側ステータの間にロータを介在させて構成されるダブルステータ型回転電機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来では、小型で高出力、振動騒音を少なくすることを目的とするインホイールモータに関する技術の一例が開示されている（例えば特許文献1を参照）。このインホイールモータは、ホイールシャフトと一体回転するようにホイールシャフトに連結されたロータと、ロータに対してその回転半径方向外側に位置するようにハウジングに固定したアウトステータと、ロータに対してその回転半径方向内側に位置するようにハウジングに固定したインナーステータとを備える。すなわち、二つのステータと間に挟まれる一つのロータとからなる二重空隙ダブルステータ型のモータである。

【0003】

アウトステータとインナーステータは、それぞれ複数個の鉄心と、各鉄心に巻回されるコイルを有する。ロータは、リング状の薄鋼板の積層体から成るロータコアと、ロータコアの外周面に周方向に沿って形成された複数の嵌合穴に嵌着される外側永久磁石と、ロータコアの内周面に周方向に沿って外側永久磁石に対向する位置に貼り着けられる内側永久磁石とを有する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】特開2007-261342号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

特許文献1に開示されたロータは、マグネットトルクを発生する複数の磁石をもち大きなマグネットトルクを發揮できる。しかし、磁石極と隣の磁石極とをそれらの背面でつなぐリング状のヨーク部をもつため、ステータから見たときの界磁磁束通路の磁気抵抗はリング状ヨーク部をもたない場合に比べて小さく、すなわち直軸インダクタンスは大きい特徴をもつ。一方でロータ表面は磁石の極となっていて横軸磁束の通れる余地もなく、横軸インダクタンスは大きくなる。このため、直軸インダクタンスが小さく横軸インダクタンスが大きいときに大きくなるリラクタンストルクは小さく留まり、その結果マグネットトルクとリラクタンストルクの総合トルクは小さく、体格の割にはトルクが低いという問題点があった。

【0006】

リラクタンストルクを改善するために上記リング状ヨーク部をなくすことが考えられ、そうしても作動は出来る。ただし、アウトステータとインナーステータの磁束は直列に貫通することになり、幾何学的必然性として、インナーステータの磁束通路はアウトステータの磁束通路よりも狭くなってしまふ。また、体格的に大きいアウトステータを貫く磁束の量は、通路の狭いインナーステータの通過磁束にまで絞られてしまふため、体格の割に大きな出力を出せないという問題点がある。さらに外側永久磁石は、ロータコアの外周面に形成された複数の嵌合穴に嵌着されるだけであるので、高速回転に伴って生じる遠心力に対して弱いという問題点もある。

【0007】

本発明はこのような点に鑑みてなしたものであり、第1の目的は、同一体格の場合には

10

20

30

40

50

リラクタンストルクや出力を従来よりも大きくできるダブルステータ型回転電機を提供することである。第2の目的は、遠心力に耐え得る遠心耐力を従来よりも向上できるダブルステータ型回転電機を提供することである。

【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、第1多相巻線(13a)が巻回される外側ステータ(13)と、第2多相巻線(14a)が巻回される内側ステータ(14)と、前記外側ステータと前記内側ステータとの相互間にギャップ(G)を介して配置されるロータ(15)とを有するダブルステータ型回転電機(MG)において、前記外側ステータと前記内側ステータとは、径方向に磁束()が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられるとともに、前記第1多相巻線に通電して生じる磁極(13p)と、前記第2多相巻線に通電して生じる磁極(14p)とは、前記同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、前記ロータは、前記外側ステータと前記内側ステータとを前記径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部(15a)を有し、前記第1多相巻線の一相と前記第2多相巻線の一相との巻線は、共通となる少なくとも一本の導体線(11)からなり、前記導体線は、前記外側ステータと前記内側ステータとの間であって、軸方向の一端側で径方向と周方向を組み合わせた斜め方向に渡される渡り部(11a)を含むことを特徴とする。

10

【0009】

この構成によれば、ラジアルヨーク部は外側ステータと内側ステータとを径方向に磁束通路として継ぐので、リラクタンストルクを大きくすることができる。よって、同一規格で従来よりも出力を大きく確保することができる。また、外側ステータと前記内側ステータとの間に渡されるコイルエンドは、一端側で内外かつ周方向斜めに成形される。よって、一端側のコイルエンドを低く成形できるので小型化できる。

20

【0010】

第2の発明は、前記ロータは、周方向に隣り合う前記ラジアルヨーク部を連結し、径方向に沿った断面の断面積が前記ラジアルヨーク部よりも小さく成形される複数のリング状ヨーク部(15d)を有し、前記リング状ヨーク部の外側面(15o)と内側面(15i)とは、それぞれ前記径方向に着磁した永久磁石(M1, M2)を配置することを特徴とする。

30

【0011】

この構成によれば、磁束が外側ステータと内側ステータを全て直列に通ることがなくなり、外側ステータと内側ステータとの大きさの違いによる内外の通路の差をロータのリング状ヨーク部で吸収できる。したがって、同一規格の場合は出力を高めることができ、同一出力の場合は規格を小型化することができる。

【0012】

第3の発明は、前記ラジアルヨーク部の周方向幅(Wa, Wc)は、前記外側ステータを構成する外側ティース(13t)および前記内側ステータを構成する内側ティース(14t)の周方向幅よりも広く設定されることを特徴とする。

【0013】

この構成によれば、磁束(特に横軸磁束)が遮られることなく通過するため、リラクタンストルクが大きくなり、出力を高めることができる。

40

【0014】

第4の発明は、第1多相巻線(13a)が巻回される外側ステータ(13)と、第2多相巻線(14a)が巻回される内側ステータ(14)と、前記外側ステータと前記内側ステータとの相互間にギャップ(G)を介して配置されるロータ(15)とを有するダブルステータ型回転電機(10)において、前記外側ステータと前記内側ステータとは、径方向に磁束()が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられるとともに、前記第1多相巻線に通電して生じる磁極(13p)と、前記第2多相巻線に通電して生じる磁極(14p)とは、前記同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、前記

50

ロータは、前記外側ステータと前記内側ステータとを前記径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部(15a)と、周方向に隣り合う前記ラジアルヨーク部を連結する複数のリング状ヨーク部(15d)とを有し、前記リング状ヨーク部の外側面と内側面にそれぞれ配置される永久磁石(M1, M2)は、同一の前記径方向に着磁され、かつ、前記ラジアルヨーク部を挟んで着磁方向が交互に変わっており、前記リング状ヨーク部の内側面に配置される永久磁石(M2)は、前記リング状ヨーク部の外側面に配置される永久磁石(M1)よりも、個数を少なく設定し、かつ、合計した周方向幅を小さく設定することを特徴とする。

【0015】

この構成によれば、ラジアルヨーク部は外側ステータと内側ステータとを径方向に磁束通路として継ぐので、リラクタンストルクを大きくすることができる。よって、同一規格で従来よりも出力を大きく確保することができる。また、ロータを介して外側ステータと内側ステータとの間で磁束を径方向により確実に流すことができるため、トルクを高められる。さらに、リラクタンストルクが向上し、出力するトルクを高めることができる。

【0016】

なお、「第1多相巻線」と「第2多相巻線」は、個別の巻線(導体線)でもよく、一本の巻線(導体線)でもよい。多相の相数は、三相以上であれば問わない。「一本の巻線」には、複数の導体線を電氣的に接続して一本状にしたものを含む。「外側ステータ」は内側ステータよりも外側(外径側や外周側とも呼ぶ。以下同じである。)に位置し、「内側ステータ」は外側ステータよりも内側(内径側や内周側とも呼ぶ。以下同じである。)に位置する。「ロータ」は、ラジアルヨーク部とリング状ヨーク部とを交互に配置して円状(円環状や円筒状等を含む)に成形される。「ラジアルヨーク部」と「リング状ヨーク部」は、一体成形してもよく、それぞれ別個に成形した後に固定(一体化)してもよい。「架橋部」は、永久磁石の少なくとも一面にかかる一部または全部を覆えば任意の形状で成形してもよい。「ダブルステータ型回転電機」は、回転する部材(例えば軸やシャフト等)を有する機器であれば任意である。例えば、発電機、電動機、電動発電機等が該当する。「巻回」は巻き回すことを意味し、巻いて装う「巻装」と同義に用いる。

【図面の簡単な説明】

【0017】

【図1】ダブルステータ型回転電機の第1構成例を模式的に示す断面図である。

【図2】図1に示すII方向から見たロータの構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図3】電磁鋼板の第1構成例を模式的に示す平面図である。

【図4】図2に示すIV方向から見たロータの側面図である。

【図5】永久磁石の着磁方向と通電によって生じる磁束の方向を説明する図である。

【図6】トルク/磁石量と第1比率の関係例を示すグラフ図である。

【図7】トルク/磁石量と第2比率の関係例を示すグラフ図である。

【図8】トルク/磁石量と第3比率の関係例を示すグラフ図である。

【図9】ロータの第1構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図10】ロータの第1構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

【図11】ロータの第2構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図12】ロータの第2構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

【図13】ロータの第3構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図14】ロータの第3構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

【図15】ロータの第4構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図16】ロータの第4構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

【図17】ロータの第5構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図18】ロータの第5構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

【図19】ロータの第6構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図20】ロータの第6構成例にかかる磁束の流れを示す模式図である。

10

20

30

40

50

【図 2 1】ダブルステータ型回転電機の第 2 構成例を模式的に示す断面図である。

【図 2 2】導体線の第 1 構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【図 2 3】導体線の第 2 構成例を部分的に拡大して模式的に示す平面図である。

【発明を実施するための形態】

【0018】

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、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。見易くするためにハッチングを行うため、ハッチングされた要素が必ずしも断面とは限らない。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。許容誤差範囲は、製造許容誤差、設計許容誤差、実用上支障がない誤差などを含む範囲である。以下では、「ダブルステータ型回転電機」を単に「回転電機」と呼ぶことにする。

10

【0019】

〔実施の形態 1〕

実施の形態 1 は図 1 ~ 図 1 4 を参照しながら説明する。図 1 に示す回転電機 10 A は、回転電機 10 の一例であって、ダブルステータ型の電動発電機である。当該回転電機 10 A は、外側ステータ 13 (固定子)、内側ステータ 14 (固定子)、ロータ 15 (回転子)、ディスク 16、回転軸 18 (シャフト)などをハウジング 12 内に有する。

【0020】

ハウジング 12 は、ハウジング本体部 12 a やカバー部 12 b などを有する。ハウジング本体部 12 a は、外側ステータ 13、内側ステータ 14、ロータ 15 などを収容可能であれば形状を問わない。カバー部 12 b は、ハウジング本体部 12 a を塞ぐ部材であり、ハウジング本体部 12 a に対して着脱可能に構成するとよい。例えば、ハウジング本体部 12 a は開口部位を有するカップ状に成形し、カバー部 12 b はハウジング本体部 12 a の開口部位を塞ぐ円板状に成形する。ハウジング本体部 12 a およびカバー部 12 b と、回転軸 18 との間には軸受 17 (ベアリング)が介在されることで、回転軸 18 は回転自在に支持される。回転軸 18 は回転する限りにおいて任意の形状で成形してよい。

20

【0021】

外側ステータ 13 と内側ステータ 14 は、ロータ 15 を介して対向配置されるとともに、それぞれハウジング 12 の内壁面に固定される。各ステータの固定方法は問わない。外側ステータ 13 には第 1 多相巻線 13 a が巻回され、内側ステータ 14 には第 2 多相巻線 14 a が巻回される。具体的には、外側ステータ 13 のステータコア (「ステータ鉄心」とも呼ぶ。以下同じである。)に第 1 多相巻線 13 a が巻回され、内側ステータ 14 のステータコアに内側ステータ 14 が巻回される。

30

【0022】

ロータ 15 はディスク 16 に固定され、ディスク 16 は回転軸 18 に固定される。これらの固定方法は問わない。すなわち、ディスク 16 を介してロータ 15 と回転軸 18 とが固定される。ロータ 15 を最適化した構成例については後述する (図 6 ~ 図 1 3 を参照)。ディスク 16 は任意の形状で成形してよく、例えば図 1 に示すように断面が径方向と軸方向に沿った L 字状に成形される。

【0023】

外側ステータ 13 とロータ 15 との間や、ロータ 15 と内側ステータ 14 との間にはそれぞれギャップ G が設けられる (図 5 を参照)。ギャップ G は、小さく (狭く) なるにつれて、磁束 が流れ易くなりトルクが増える。その反面、衝突等のように大きな外力を受ける場合にはステータとロータ 15 とが接触し易くなる。よって磁束 の流れ易さと接触防止とを考慮してギャップ G を設定するとよい。

40

【0024】

図 2 ~ 図 4 に示すロータ 15 は、周方向にラジアルヨーク部 15 a とリング状ヨーク部 15 d とを交互に配置して円筒状 (円環状を含む。以下同じである。)に成形される。すなわちロータ 15 は、複数のラジアルヨーク部 15 a と、複数のリング状ヨーク部 15 d とを有する。図 2 と図 3 ではラジアルヨーク部 15 a とリング状ヨーク部 15 d を各々破

50

線で示す。ラジアルヨーク部 15 a の数とリング状ヨーク部 15 d の数は各々任意に設定してよい。

【0025】

図 2, 図 3 に示す構成例のラジアルヨーク部 15 a は、外側の周方向幅 W_a と、内側の周方向幅 W_c とを異ならせて成形する ($W_a < W_c$)。ただし、周方向幅 W_a , W_c は、図 5 に示す外側ステータ 13 のティース幅 W_t よりも広く (大きく) 設定する ($W_a > W_t$, $W_c > W_t$)。リング状ヨーク部 15 d は径方向幅 W_d で成形し、ラジアルヨーク部 15 a の径方向幅 W_b よりも小さい ($W_d < W_b$)。言い換えると、リング状ヨーク部 15 d の断面積 (すなわち図 2 に径方向幅 W_d で示すように径方向に沿った断面の断面積) は、ラジアルヨーク部 15 a の断面積 (すなわち図 2 に径方向幅 W_b で示すように径方向に沿った断面の断面積) よりも小さい。

10

【0026】

ラジアルヨーク部 15 a とリング状ヨーク部 15 d は、図示するように一体成形してもよく、それぞれ別体に成形してから固定してもよい。またラジアルヨーク部 15 a とリング状ヨーク部 15 d は、いずれも単体や積層体等の形態を問わない。本形態では、図 3 に示すように磁性体の一つである電磁鋼板 (鉄鋼材料) を複数枚用い、図 4 に示すように積層して成形する。以下では、複数のラジアルヨーク部 15 a と複数のリング状ヨーク部 15 d からなる構造体を単に「ロータコア」と呼ぶことにする。

【0027】

リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o には永久磁石 M_1 が配置されて固定される。リング状ヨーク部 15 d の内側面 15 i には永久磁石 M_2 が配置されて固定される。永久磁石 M_1 , M_2 の固定方法は問わない。永久磁石 M_1 , M_2 の数は、各々任意に設定してよい。例えば相数に対応する極対数でもよく、分割して数を増やしてもよい。図 2 では、複数の分割磁石 $M_1 a$, $M_1 b$ で永久磁石 M_1 を構成し、区別のために永久磁石ごとに異なるハッチ線を示す。永久磁石 M_1 , M_2 は、いずれも径方向に同一方向に磁化される。図 2 では磁化方向を太線矢印で示す。図 2 では、中央側の永久磁石 M_1 , M_2 を外側 (図面上側) に向けて着磁し、左右両側の永久磁石 M_1 , M_2 を内側 (図面下側) に向けて着磁している。このように、ラジアルヨーク部 15 d を挟んでリング状ヨーク部 15 d の内外側面に固定される永久磁石 M_1 , M_2 の着磁方向が交互に変わっている。

20

【0028】

リング状ヨーク部 15 d の周方向両側 (図 2 では左側と右側) にはラジアルヨーク部 15 a が配置される。これらのラジアルヨーク部 15 a の外縁部 15 a e どうしを架橋する部位が橋梁部 15 b である。橋梁部 15 b は、リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o に配置される永久磁石 M_1 , M_2 の一部または全部を覆う。この橋梁部 15 b は、ロータコアの表面 (外側面; 図面上側) に凹凸が生じないように、外縁部 15 a e と連続するように成形するとよい。橋梁部 15 b の厚さ (径方向幅) 任意に設定してよい。

30

【0029】

橋梁部 15 b は磁気回路の一部となり得るので、外側ステータ 13 とのギャップ G が小さくなり、磁束がより流れ易くなる。橋梁部 15 b の厚さは、磁束が流れ易くするには小さく (薄く) するのがよく、橋梁部 15 b の剛性を高めるには大きく (厚く) するのがよいので、双方を考慮して設定するとよい。

40

【0030】

橋梁部 15 b とリング状ヨーク部 15 d との間には、分割磁石 $M_1 a$ と分割磁石 $M_1 b$ を区画する区画部 15 c を設けてもよい。区画部 15 c を設ける場合は、橋梁部 15 b と区画部 15 c は結合されて T 字状の形状になる。

【0031】

図 3 には、上述したロータ 15 A の構成例となるように加工された電磁鋼板の一例を示す。磁石用穴部 $H a$, $H b$ は、いずれもラジアルヨーク部 15 a, 橋梁部 15 b, 区画部 15 c, リング状ヨーク部 15 d で囲まれる穴部である。これらの穴部は永久磁石を収容できれば、貫通穴でもよく、非貫通穴 (凹状部位) でもよい。磁石用凹部 $H c$ は、ラジ

50

ルヨーク部 15 a とリング状ヨーク部 15 d で囲まれる凹部（あるいは切欠部）である。図 2 に示すように、磁石用穴部 H a には分割磁石 M 1 a を収容する。磁石用穴部 H b には分割磁石 M 1 a を収容する。磁石用凹部 H c には永久磁石 M 2 を収容する。

【 0 0 3 2 】

図 5 には、内側ステータ 1 4 , ロータ 1 5 A , 外側ステータ 1 3 の構成例（一部分）を示す。内側ステータ 1 4 は、内側ティース 1 4 t 、スロット 1 3 s に巻回して収容された第 2 多相巻線 1 4 a などをも有する。外側ステータ 1 3 は、外側ティース 1 3 t 、スロット 1 4 s に巻回して収容された第 1 多相巻線 1 3 a などをも有する。スロット 1 3 s , 1 4 s は、いずれも隣り合うティース（内側ティース 1 4 t や外側ティース 1 3 t ）の相互間に形成される空間である。

10

【 0 0 3 3 】

図 5 は、凡例で示す向きに電流を流した場合において、第 1 多相巻線 1 3 a に通電して生じる磁極 1 3 p と、第 2 多相巻線 1 4 a に通電して生じる磁極 1 4 p の一例を矢印（白抜き図形）で示す。磁極 1 3 p , 1 4 p は、各ステータに生じる磁界の向き（すなわち電磁石の向き）を示す。磁極 1 3 p は、外側ステータ 1 3 の内周面側（ロータ 1 5 の対向面側）が S 極となる例である。磁極 1 4 p は、内側ステータ 1 4 の外周面側（ロータ 1 5 の対向面側）が N 極となる例である。すなわち、内側ステータ 1 4 と外側ステータ 1 3 とは、同一の周方向位置（同一の角度位置）について磁極 1 3 p と磁極 1 4 p とが異なる極性（N 極または S 極）となるように構成される。磁極 1 3 p , 1 4 p は、周方向に磁極範囲 M P（例えば電気角で 1 8 0 度）ごとに変わる。分割磁石 M 1 a , M 1 b および永久磁石 M 2 にかかる各々の着磁方向は、図 2 と同様に太線矢印で示す。第 1 多相巻線 1 3 a と第 2 多相巻線 1 4 a には、各々任意の種類（直線、曲線）の線を用いてよい。図 5 には断面が四角形状の角線を用いた例を示す。その他には、断面が長方形の平角線、断面が円形状（楕円形状を含む）の丸線、複数の細線を縫って成形されたリッツ線などを用いてもよい。

20

【 0 0 3 4 】

ここで、図 2 に示すラジアルヨーク部 1 5 a の周方向幅 W a（あるいは周方向幅 W c）、リング状ヨーク部 1 5 d の径方向幅 W d、分割磁石 M 1 a , M 1 b および永久磁石 M 2 にかかる磁石量（磁石容積とも呼ぶ。）、図 5 に示す外側ティース 1 3 t のティース幅 W t について様々な値を適用して、回転電機 1 0 A から出力されるトルクを計測した。その計測結果を図 6 ~ 図 8 に示す。なお、周方向幅 W a と周方向幅 W c はどちらを適用してもよいので、以下では周方向幅 W a を適用した計測結果を示す。

30

【 0 0 3 5 】

図 6 には、トルク / 磁石量を縦軸とし、周方向幅 W a と径方向幅 W d との第 1 比率 R a（ $= W d / W a$ ）を横軸とした場合の計測結果を示す。各計測点を丸点や菱形で示す。菱形で示す計測点は、後述するモデル（第 1 モデル ~ 第 6 モデル）である。また、周方向幅 W a , 径方向幅 W d , 磁石量に対して高いトルクが得られるように最適化した特性線 L 1 を太破線で示す。特性線 L 1 に対応する周方向幅 W a , 径方向幅 W d , 磁石量を設定すれば、第 1 比率 R a の広い範囲で高いトルクが得られる。

【 0 0 3 6 】

図 7 には、トルク / 磁石量を縦軸とし、径方向幅 W d とティース幅 W t の第 2 比率 R b（ $= W d / W t$ ）を横軸とした場合の計測結果を示す。図 6 と同様に各計測点を丸点や菱形で示す。周方向幅 W a , 径方向幅 W d , 磁石量に対して高いトルクが得られるように最適化した特性線 L 2 を太破線で示す。特性線 L 2 に対応する周方向幅 W a , 径方向幅 W d , 磁石量を設定すれば、第 2 比率 R b の広い範囲で高いトルクが得られる。

40

【 0 0 3 7 】

図 8 には、トルク / 磁石量を縦軸とし、周方向幅 W a とティース幅 W t の第 3 比率 R c（ $= W a / W t$ ）を横軸とした場合の計測結果を示す。図 6 , 図 7 と同様に各計測点を丸点や菱形で示す。

【 0 0 3 8 】

以下では、図 6 ~ 図 8 に菱形で示す計測点にかかる 6 つのモデルについて、図 9 ~ 図 2

50

0を参照しながら説明する。計測に用いた回転電機10Aは、外側ステータ13の直径を290[mm]とし、軸方向の長さを50[mm]とし、外側ステータ13と内側ステータ14に各々生じる磁極数を20とする。

【0039】

なお図9～図20において、外側ステータ13A～13Fは外側ステータ13の一例である。ロータ15A～15Fはロータ15の一例である。内側ステータ14A～14Fは内側ステータ14の一例である。第1比率 $R_{a1} \sim R_{a5}$ は第1比率 R_a に含まれる。第2比率 $R_{b1} \sim R_{b4}$ は第2比率 R_b に含まれる。第3比率 $R_{c1} \sim R_{c4}$ は第3比率 R_c に含まれる。図10, 図12, 図14, 図16, 図18, 図20には、磁束の流れを等高線状の模様で示し、さらに横軸磁束領域A1と直軸磁束領域A2を示す。横軸磁束領域A1は、周方向成分が径方向成分よりも大きな横軸の磁束が流れる領域であり、リラクタンストルクの発生する領域である。直軸磁束領域A2は、径方向成分が周方向成分よりも大きな直軸の磁束が流れる領域であり、マグネットトルクの発生する領域である。横軸磁束領域A1と直軸磁束領域A2によって、磁束が外側ステータ13と内側ステータ14を全て直列に通ることがなくなる。

10

【0040】

(第1モデル)

第1モデルの構成を図9に示し、磁束の流れを図10に示す。この第1モデルは、第1比率 $R_{a4} = W_d / W_a = 0.36$ とし、第2比率 $R_{b2} = W_d / W_t = 0.95$ とし、第3比率 $R_{c5} = W_a / W_t = 2.6$ とし、磁石量を $8.1[\text{cc}/\text{極}]$ とした。第1モデルの回転電機10Aは、例えば $437.3[\text{Nm}]$ のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.053 になった。トルク/磁石量については、図6に計測値 D_{a5} で示し、図7に計測値 D_{b4} で示し、図8に計測値 D_{c4} で示す。図10に示すように、内側ステータ14Aからロータ15Aを介して外側ステータ13Aに向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ15Aは、破線で囲んで示す横軸磁束領域A1(端側領域)と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域A2(中央側領域)とで生じる磁束の流れが異なる。

20

【0041】

(第2モデル)

第2モデルの構成を図11に示し、磁束の流れを図12に示す。この第2モデルは、第1比率 $R_{a1} = W_d / W_a = 0.17$ とし、第2比率 $R_{b1} = W_d / W_t = 0.45$ とし、第3比率 $R_{c3} = W_a / W_t = 2.6$ とし、磁石量を $9.6[\text{cc}/\text{極}]$ とした。第2モデルの回転電機10Aは、例えば $468.4[\text{Nm}]$ のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.048 になった。トルク/磁石量については、図6に計測値 D_{a4} で示し、図7に計測値 D_{b3} で示し、図8に計測値 D_{c4} で示す。図12に示すように、内側ステータ14Bからロータ15Bを介して外側ステータ13Bに向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ15Bは、破線で囲んで示す横軸磁束領域A1と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域A2とで生じる磁束の流れが異なる。

30

【0042】

(第3モデル)

第3モデルの構成を図13に示し、磁束の流れを図14に示す。この第3モデルは、第1比率 $R_{a2} = W_d / W_a = 0.2$ とし、第2比率 $R_{b1} = W_d / W_t = 0.3$ とし、磁石量を $12.6[\text{cc}/\text{極}]$ とした。第3モデルの回転電機10Aは、例えば $483.9[\text{Nm}]$ のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.045 になった。図6では計測値 D_{a2} で示す。図14に示すように、内側ステータ14Cからロータ15Cを介して外側ステータ13Cに向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ15Cは、破線で囲んで示す横軸磁束領域A1と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域A2とで生じる磁束の流れが異なる。

40

【0043】

(第4モデル)

第4モデルの構成を図15に示し、磁束の流れを図16に示す。この第4モデルは、第1比率 $R_{a3} = W_d / W_a = 0.34$ とし、第2比率 $R_{b1} = W_d / W_t = 0.38$ とし

50

、第3比率 $R_{c1} = W_a / W_t = 1.05$ とし、磁石量を 13.7 [cc/極] とした。第4モデルの回転電機 $10A$ は、例えば 406.9 [Nm] のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.03 になった。トルク/磁石量については、図6に計測値 D_{a1} で示し、図8に計測値 D_{c1} で示す。図16に示すように、内側ステータ $14D$ からロータ $15D$ を介して外側ステータ $13D$ に向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ $15D$ は、破線で囲んで示す横軸磁束領域 $A1$ と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域 $A2$ とで生じる磁束の流れが異なる。

【0044】

(第5モデル)

第5モデルの構成を図17に示し、磁束の流れを図18に示す。この第5モデルは、第1比率 $R_{a5} = W_d / W_a = 0.77$ とし、第2比率 $R_{b4} = W_d / W_t = 1.5$ とし、第3比率 $R_{c2} = W_a / W_t = 1.9$ とし、磁石量を 6.9 [cc/極] とした。第5モデルの回転電機 $10A$ は、例えば 330.4 [Nm] のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.047 になった。トルク/磁石量については、図6に計測値 D_{a3} で示し、図7に計測値 D_{b2} で示し、図8に計測値 D_{c3} で示す。図18に示すように、内側ステータ $14E$ からロータ $15E$ を介して外側ステータ $13E$ に向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ $15E$ は、破線で囲んで示す横軸磁束領域 $A1$ と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域 $A2$ とで生じる磁束の流れが異なる。

【0045】

(第6モデル)

第6モデルの構成を図19に示し、磁束の流れを図20に示す。この第6モデルは、第1比率 $R_{a5} = W_d / W_a = 0.6$ とし、第2比率 $R_{b4} = W_d / W_t = 1.6$ とし、第3比率 $R_{c4} = W_a / W_t = 2.6$ とし、磁石量を 12.3 [cc/極] とした。第6モデルの回転電機 $10A$ は、例えば 393.5 [Nm] のトルクが得られ、トルク/磁石量が 0.031 になった。トルク/磁石量については、図8に計測値 D_{c2} で示す。図20に示すように、内側ステータ $14F$ からロータ $15F$ を介して外側ステータ $13F$ に向かって径方向に流れる磁束が生じる。ロータ $15F$ は、破線で囲んで示す横軸磁束領域 $A1$ と、一点鎖線で囲んで示す直軸磁束領域 $A2$ とで生じる磁束の流れが異なる。

【0046】

上述した第1モデルから第6モデルまでの回転電機 $10A$ を考慮し、高いトルクを得るために周方向幅 W_a 、径方向幅 W_d 、磁石量、ティース幅 W_t を最適化するための設定例(第1設定例～第3設定例)を以下に述べる。

【0047】

(第1設定例)

図6に示す特性線 $L1$ によれば、第1比率 $R_a = 0.4$ 付近でトルク/磁石量の値が最大になる。このことは、リング状ヨーク部 $15d$ の径方向幅 W_d が小さ過ぎたり大き過ぎたりすると、高いトルクは得られないことを示す。図6に示すように、第2モデルのロータ $15B$ と第5モデルのロータ $15E$ は、第1モデルのロータ $15A$ よりもトルク/磁石量の値が小さい。そこで、トルク/磁石量の閾値を第1モデルで得られた計測値 D_{a5} とし、当該閾値以上となる範囲(図6では下限値 R_{L1} から上限値 R_{U1} までの設定範囲 R_{S1}) 内で径方向幅 W_d を設定するのが望ましい。

【0048】

(第2設定例)

図7に示す特性線 $L2$ によれば、第2比率 $R_b = 1$ 付近でトルク/磁石量の値が最大になる。このことは、リング状ヨーク部 $15d$ の径方向幅 W_d と、外側ステータ 13 のティース幅 W_t との差分値が大きくなると、高いトルクは得られないことを示す。図7に示すように、第2モデルのロータ $15B$ と第5モデルのロータ $15E$ は、第1モデルのロータ $15A$ よりもトルク/磁石量の値が小さい。そこで、トルク/磁石量の閾値 D_{bth} (例えば第1モデルで得られた計測値 D_{b4} よりも低い値) を設定し、当該閾値 D_{bth} 以上となる範囲(図7では下限値 R_{L2} から上限値 R_{U2} までの設定範囲 R_{S2}) 内で径方向

10

20

30

40

50

幅 W_d とティース幅 W_t とを設定するのが望ましい。

【0049】

(第3設定例)

図8に示すロータ15A(第1モデル)、ロータ15B(第2モデル)およびロータ15F(第6モデル)は、第3比率 R_c が同程度(2.6前後)であるのに対して、トルク/磁石量が大きく異なる。そこで、ロータ15A(第1モデル)とロータ15F(第6モデル)と比較してみる。

【0050】

図10、図11に示すロータ15Aは、永久磁石 M_1 (M_{1a} , M_{1b}) が周方向幅 W_{f1} であり、永久磁石 M_2 が周方向幅 W_{e1} であり、周方向幅比 (W_{e1}/W_{f1}) は0.45である。図19、図20に示すロータ15Fは、永久磁石 M_1 (M_{1a} , M_{1b}) が周方向幅 W_{f2} であり、永久磁石 M_2 が周方向幅 W_{e2} であり、周方向幅比 (W_{e2}/W_{f2}) は0.75である。周方向幅 W_{f1} と周方向幅 W_{e1} に様々の数値を設定して回転電機10Aのトルクを計測してみた結果、永久磁石の周方向幅比が大きくなるにつれて、トルク/磁石量も大きくなることが分かった。このことは、図10(第1モデル)と図20(第6モデル)に示す横軸磁束領域 A_1 を比較してみると、明らかに図10(第1モデル)で多くの磁束が流れ、多くのリラクタンストルクを得ている。

【0051】

よって永久磁石 M_2 は、永久磁石 M_1 よりも、個数を少なくしたり、永久磁石 M_2 の周方向幅を小さく(例えば0.6以下に)したりして設定するのが望ましい。ただし、永久磁石 M_2 の周方向幅をあまりにも小さく設定すると径方向への磁束が流れにくくなるので、適切な周方向幅比 (W_{e1}/W_{f1}) の範囲内(例えば0.2~0.6; 望ましくは0.3~0.5)で設定するとよい。また、全ての永久磁石 M_2 の合計した周方向幅 (W_{e1}) は、全ての永久磁石 M_1 の合計した周方向幅 (W_{f1}) よりも小さく設定するとよい。なお、記号「 Σ 」は総和を意味するものとする。

【0052】

〔実施の形態2〕

実施の形態2は図21~図23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。

【0053】

図21に示す回転電機10Bは、回転電機10の一例であって、ダブルステータ型の電動発電機である。当該回転電機10Bは、外側ステータ13、内側ステータ14、ロータ15、回転軸18などをハウジング12内に有する。図1に示す回転電機10Aと相違するのは、巻線である。すなわち、回転電機10Aは第1多相巻線13aと第2多相巻線14aを個別に有するのに対して、回転電機10Bは多相巻線11を有する。

【0054】

多相巻線11は、第1多相巻線13aと第2多相巻線14aのほかに、第1多相巻線13aと第2多相巻線14aとを接続する渡り部11aを有する。多相巻線11は、第1多相巻線13aの一相と第2多相巻線14aの一相との巻線は、共通となる少なくとも一本の導体線で構成してもよい。この場合は、第1多相巻線13a、渡り部11a、第2多相巻線14aを一本の導体線で構成する。多相巻線11は、第1多相巻線13aの一部、渡り部11a、第2多相巻線14aの一部をU字状に一体成形したU字状導体を含めてもよい。多相巻線11は、複数のU字状導体を接続して構成してもよい。要するに、渡り部11aを備えていればよい。

【0055】

渡り部11aの構成例について、図22と図23を参照しながら説明する。図22は、第1多相巻線13aと第2多相巻線14aに角線を用いた例を示す。この場合は、渡り部11aも角線になる。実線で示す渡り部11aは、第1多相巻線13aを収容するスロット13sと第2多相巻線14aを収容するスロット14sとを異ならせ、径方向と周方向

10

20

30

40

50

を組み合わせた斜め方向に渡される。図 2 2 の例では、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 とで対応するスロットを 1 磁極ピッチ（例えば電気角で 1 8 0 度）だけ異ならせている。二点鎖線で示す渡り部 1 1 b は、第 1 多相巻線 1 3 a と第 2 多相巻線 1 4 a を収容するスロット 1 3 s , 1 4 s を同じ位置（角度）にする。渡り部 1 1 a , 1 1 b は、ステータコアから突出する部位である「コイルエンド」に含まれる。

【 0 0 5 6 】

図 2 3 には、第 1 多相巻線 1 3 a と第 2 多相巻線 1 4 a に平角線を用いた例を示す。第 1 多相巻線 1 3 a は平角線の長辺を径方向に沿ってスロット 1 3 s に収容し、第 2 多相巻線 1 4 a は平角線の長辺を周方向に沿ってスロット 1 4 s に収容する。このように構成することで、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 のコア（特に外側ティース 1 3 t や内側ティース 1 4 t ）を大きく確保することができる。コアを大きく確保することで、磁束を流し易くなる。渡り部 1 1 a は平角線になり、図 2 2 と同様に斜め方向に（すなわち 1 磁極ピッチずらして）渡される。ただし、第 1 多相巻線 1 3 a と第 2 多相巻線 1 4 a の収容方向が異なるので、渡り部 1 1 a の途中に捻り部位 1 1 c を有する。

【 0 0 5 7 】

外側ステータ 1 3 、内側ステータ 1 4 、ロータ 1 5 については、実施の形態 1 と同様に構成することができる（図 2 ~ 図 2 0 を参照）。そのため、実施の形態 1 と同様の作用効果が得られる。

【 0 0 5 8 】

〔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 , 2 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。言い換えると、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。

【 0 0 5 9 】

上述した実施の形態 1 , 2 では、永久磁石 M 1 は 2 つの分割磁石 M 1 a , M 1 b で構成した（図 2 , 図 5 等を参照）。この形態に代えて、永久磁石 M 1 は 3 つ以上の分割磁石で構成してもよい。また、永久磁石 M 2 を 2 つ以上の分割磁石で構成してもよい。永久磁石 M 2 を分割磁石で構成する場合は、永久磁石 M 1 を構成する分割磁石の個数よりも少なく設定するとよい。図 2 に示す区画部 1 5 c と同様に、分割磁石どうしを区画する区画部を必要に応じて設けてもよい。永久磁石を分割するか否かの相違に過ぎないので、実施の形態 1 , 2 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 0 】

上述した実施の形態 1 , 2 では、回転電機 1 0 (1 0 A , 1 0 B) は、ダブルステータ型の電動発電機として構成した（図 1 , 図 2 1 を参照）。この形態に代えて、ダブルステータ型の発電機として構成してもよく、ダブルステータ型の電動機として構成してもよい。回転電機 1 0 の使用目的に応じて構成すればよい。単に機能が相違するに過ぎないので、実施の形態 1 , 2 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 1 】

上述した実施の形態 1 , 2 では、ラジアルヨーク部 1 5 a は、外側の周方向幅 W a と、内側の周方向幅 W c とを異ならせて成形する構成とした（図 2 , 図 3 を参照）。この形態に代えて、周方向幅 W a と周方向幅 W c とを同じにして成形する構成としてもよい。このように成形しても、磁束 は実施の形態 1 , 2 と同様に流れる。よって、実施の形態 1 , 2 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 2 】

上述した実施の形態 1 , 2 では、磁石用穴部 H a , H b は、永久磁石 M 1 (M 1 a , M 1 b) よりも大きく成形し、区画部 1 5 c とリング状ヨーク部 1 5 d の間に空隙が生じるように構成した（図 2 , 図 3 を参照）。この形態に代えて、磁石用穴部 H a , H b は、永久磁石 M 1 (M 1 a , M 1 b) と同等（製造誤差範囲内）に成形し、区画部 1 5 c とリング状ヨーク部 1 5 d の間に空隙が生じないように構成してもよい。図 1 0 に示す永久磁石

10

20

30

40

50

M 1 の周方向幅 $W f 1$ を大きく確保し、トルクを高めることができる。

【 0 0 6 3 】

上述した実施の形態 1, 2 では、永久磁石 M 2 をリング状ヨーク部 1 5 d の内側面 1 5 i に固定する構成とした（図 2, 図 5 等を参照）。この形態に代えて、図 2 に示す橋梁部 1 5 b と同様にして、ラジアルヨーク部 1 5 a の内縁部どうしを架橋する内側橋梁部を設け、当該内側橋梁部とリング状ヨーク部 1 5 d との間に永久磁石 M 2 を収容して固定する構成としてもよい。内側橋梁部が永久磁石 M 2 を保持する機能を担うので、永久磁石 M 2 をより強固に固定することができる。内側橋梁部は磁気回路の一部となり得るので、内側ステータ 1 4 とのギャップ G が小さくなり、磁束 がより流れ易くなる。

【 0 0 6 4 】

上述した実施の形態 1, 2 では、ハウジング 1 2 は、コップ状のハウジング本体部 1 2 a と、円板状のカバー部 1 2 b で構成した（図 1 を参照）。この形態に代えて、ハウジング本体部 1 2 a をコップ状以外の形状で成形してもよく、カバー部 1 2 b を円板状以外の形状で成形してもよい。要するに、ハウジング本体部 1 2 a とカバー部 1 2 b は、外側ステータ 1 3, 内側ステータ 1 4, ロータ 1 5, 回転軸 1 8 などを収容できれば、どのような形状で構成してもよい。ハウジング 1 2 の構造が相違するに過ぎないので、実施の形態 1, 2 と同様の作用効果を得ることができる。

【 0 0 6 5 】

〔作用効果〕

上述した実施の形態 1, 2 および他の実施の形態によれば、以下に示す各効果を得ることができる。

【 0 0 6 6 】

(1) 第 1 多相巻線 1 3 a が巻回される外側ステータ 1 3 と、第 2 多相巻線 1 4 a が巻回される内側ステータ 1 4 と、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 との相互間にギャップを介して配置されるロータ 1 5 とを有する回転電機 1 0 において、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 とは、径方向に磁束 が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられ、第 1 多相巻線 1 3 a に通電して生じる磁極 1 3 p と、第 2 多相巻線 1 4 a に通電して生じる磁極 1 4 p とは、同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、ロータ 1 5 は、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 とを径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部 1 5 a を有する構成とした（図 1, 図 5, 図 2 1 を参照）。さらに、第 1 多相巻線 1 3 a と第 2 多相巻線 1 4 a は一本の導体線（多相巻線 1 1）からなり、多相巻線 1 1 は、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 との間であって、軸方向の一端側で径方向と周方向を組み合わせた斜め方向に渡される渡り部 1 1 a を含む構成とした（図 2 1 ~ 図 2 3 を参照）。この構成によれば、ラジアルヨーク部 1 5 a は外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 とを径方向に磁束通路として継ぐので、リラクタンストルクを大きく確保することができる。そのためリラクタンストルクを高められて、マグネットトルクとあわせた総合トルクを高めることができる。また、渡り部 1 1 a は一端側で内外かつ周方向斜めに成形される。よって、一端側の渡り部 1 1 a（コイルエンド）を低く成形できるので回転電機 1 0 を小型化することができる。

【 0 0 6 7 】

(2) ロータ 1 5 は、隣り合うラジアルヨーク部 1 5 a を連結し、径方向に沿った断面の断面積がラジアルヨーク部 1 5 a よりも小さく成形される複数のリング状ヨーク部 1 5 d を有し、リング状ヨーク部 1 5 d の外側面 1 5 o と内側面 1 5 i とには、それぞれ径方向に着磁した永久磁石 M 1, M 2 を配置する構成とした（図 2 を参照）。この構成によれば、横軸磁束領域 A 1 と直軸磁束領域 A 2 によって磁束 が外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 を全て直列に通ることがなくなり（図 1 0, 図 1 2, 図 1 4, 図 1 6, 図 1 8, 図 2 0 を参照）、外側ステータ 1 3 と内側ステータ 1 4 との大きさの違いによる内外の通路の差をロータ 1 5 のリング状ヨーク部 1 5 d で吸収できる。したがって、同一体格の場合は出力を高めることができ、同一出力の場合は体格を小型化することができる。

【 0 0 6 8 】

10

20

30

40

50

(3) ラジアルヨーク部 15 a の周方向幅 W_a は、外側ステータ 13 を構成する外側ティース 13 t のティース幅 W_t よりも広く (大きく) 設定される構成とした (図 2, 図 5 を参照)。内側ステータ 14 を構成する内側ティース 14 t の周方向幅よりも広く設定してもよい。これらの構成によれば、磁束 (特に横軸磁束領域 A1 の磁束) が遮られることなく通過するため、リラクタンストルクが大きくなり、出力を高めることができる。

【0069】

(4) 回転電機 10 において、外側ステータ 13 と内側ステータ 14 とは、径方向に磁束が流れるように、同一の極数かつ同一の周方向位置に設けられ、第 1 多相巻線 13 a に通電して生じる磁極 13 p と、第 2 多相巻線 14 a に通電して生じる磁極 14 p とは、同一の周方向位置で異なる極性となるように構成し、ロータ 15 は、外側ステータ 13 と内側ステータ 14 とを径方向に磁束通路として継ぐ複数のラジアルヨーク部 15 a と、周方向に隣り合うラジアルヨーク部 15 a を連結する複数のリング状ヨーク部 15 d とを有する構成とした (図 1, 図 5, 図 21 を参照)。さらに、リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o と内側面 15 i とにそれぞれ配置される永久磁石 M1, M2 は、同一の径方向に着磁され、かつ、ラジアルヨーク部 15 a を挟んで着磁方向が交互に変わっており、リング状ヨーク部 15 d の内側面 15 i に配置される永久磁石 M1, M2 は、リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o に配置される永久磁石 M1, M2 よりも、個数を少なく設定し、かつ、合計した周方向幅を小さく設定する構成とした (図 2, 図 5 を参照)。この構成によれば、ラジアルヨーク部 15 a は外側ステータ 13 と内側ステータ 14 とを径方向に磁束通路として継ぐので、リラクタンストルクを大きく確保することができる。そのためリラクタンストルクを高められて、マグネットトルクとあわせた総合トルクを高めることができる。また、ロータ 15 を介して外側ステータ 13 と内側ステータ 14 との間で磁束を径方向により確実に流すことができるため、トルクを高められる。さらに、リラクタンストルクが向上し、出力するトルクを高めることができる。

【0070】

(5) ラジアルヨーク部 15 a の周方向幅 W_a は、リング状ヨーク部 15 d の径方向幅 W_d よりも大きく設定する構成とした (図 6 を参照)。具体的には図 6 に示す設定範囲 RS1 内の値で設定する。周方向幅 W_c についても径方向幅 W_d よりも大きく設定する構成としてもよい。これらの構成によれば、永久磁石 M1, M2 の磁石量に対して高いトルクを得ることができる。

【0071】

(6) リング状ヨーク部 15 d の周方向両側に配置されるラジアルヨーク部 15 a の外縁部 15 a e どうしを架橋されるとともに、リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o に配置される永久磁石 M1 を覆う橋梁部 15 b を有する構成とした (図 2, 図 3 を参照)。この構成によれば、永久磁石 M1 がロータ 15 の回転に伴って生じる遠心力を受けても、橋梁部 15 b が永久磁石 M1 を保持することができる。

【0072】

(7) リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o と内側面 15 i とに配置される永久磁石 M1, M2 は、同一の径方向に着磁する構成とした (図 2, 図 5 に示す太線矢印を参照)。この構成によれば、ロータ 15 を介して外側ステータ 13 と内側ステータ 14 との間で磁束を径方向により確実に流すことができる。そのため、トルクを高められる。

【0073】

(8) リング状ヨーク部 15 d の外側面 15 o に配置する永久磁石 M1 の周方向幅 W_f1 と、リング状ヨーク部 15 d の内側面 15 i に配置する永久磁石 M2 の周方向幅 W_e1 との比率である周方向幅比 (W_e1 / W_f1) は、0.2 以上かつ 0.6 以下の範囲内に設定する構成とした (図 10 を参照)。この構成によれば、リラクタンストルクが向上し、出力するトルクを高めることができる。

【0074】

(9) リング状ヨーク部 15 d の内側面 15 i に配置する永久磁石 M2 は、リング状ヨ

10

20

30

40

50

ーク部 15 d の外側面 15 o に配置する永久磁石 M 1 よりも、個数を少なく設定し、かつ、合計した周方向幅を小さく設定する構成とした（図 2，図 5 を参照）。この構成によれば、リラクタンストルクが向上し、出力するトルクを高めることができる。また、永久磁石 M 1 の厚み（径方向幅）を抑制することで、橋梁部 15 b の厚みが増やせて耐遠心力を向上させることができる。

【 0 0 7 5 】

（ 1 0 ）ロータ 1 5 は、複数の電磁鋼板 1 5 e を積層して成形される構成とした（図 4 を参照）。この構成によれば、電磁鋼板 1 5 e の厚みや、積層する枚数に応じてロータ 1 5 の厚みを適切かつ容易に設定することができる。また、加工（特にプレス加工）によって永久磁石 M 1，M 2 を収容可能な形状を容易に成形することができる。

10

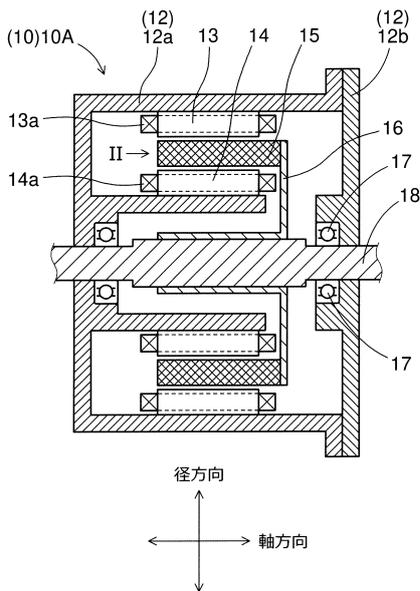
【 符号の説明 】

【 0 0 7 6 】

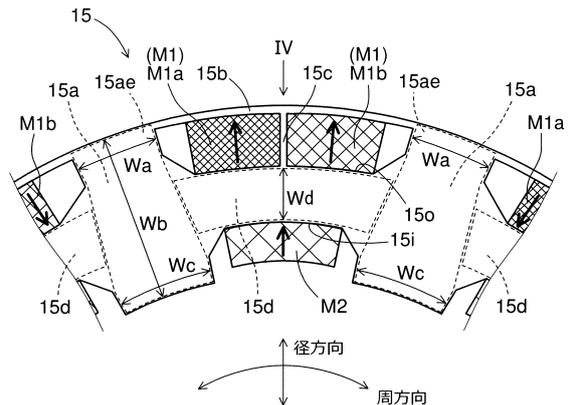
- 1 0 (1 0 A , 1 0 B) ダブルステータ型回転電機
- 1 3 外側ステータ（固定子）
- 1 3 a 第 1 多相巻線
- 1 4 内側ステータ（固定子）
- 1 4 a 第 2 多相巻線
- 1 5 ロータ（回転子）
- 1 5 a ラジアルヨーク部
- 1 5 d リング状ヨーク部
- M 1 (M 1 a , M 1 b) , M 2 永久磁石

20

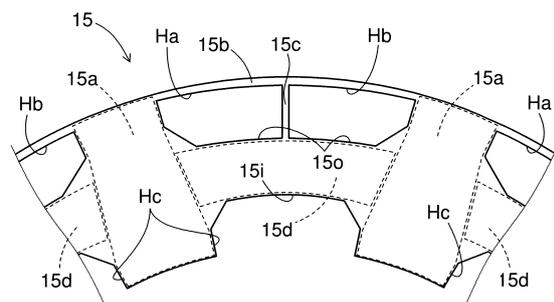
【 図 1 】



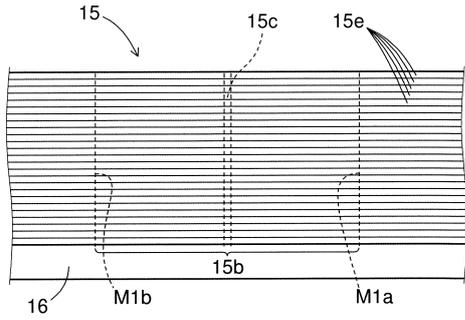
【 図 2 】



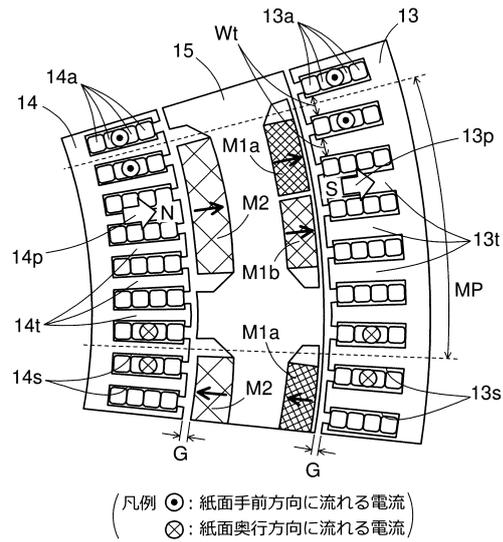
【 図 3 】



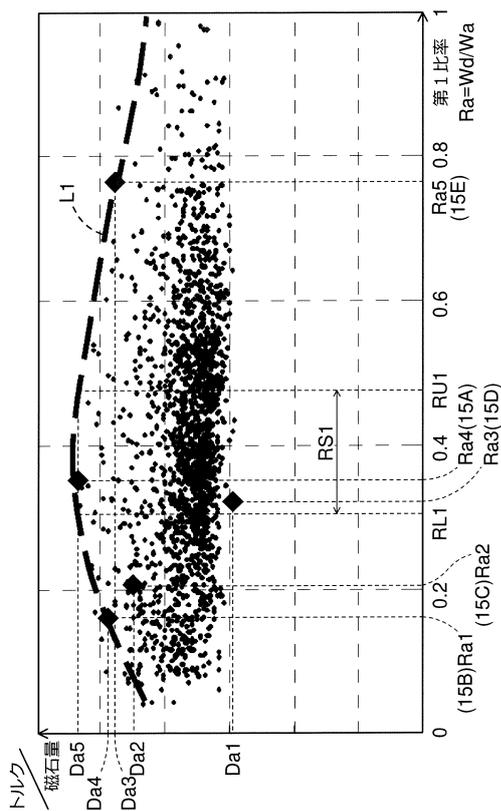
【図4】



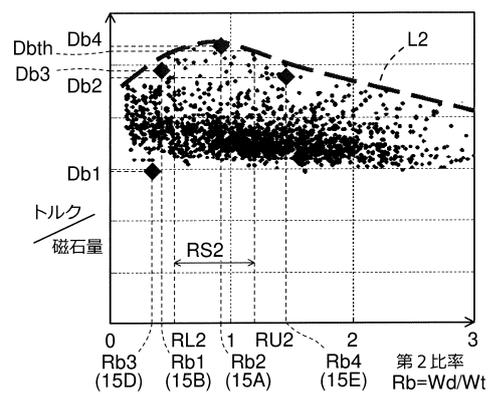
【図5】



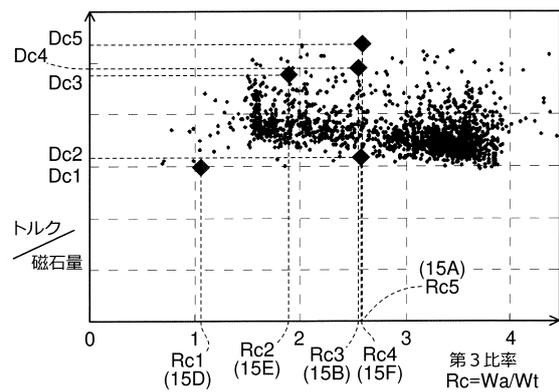
【図6】



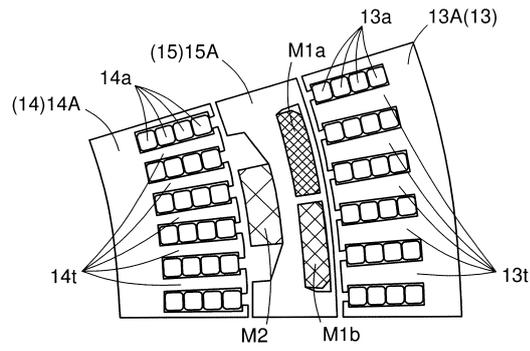
【図7】



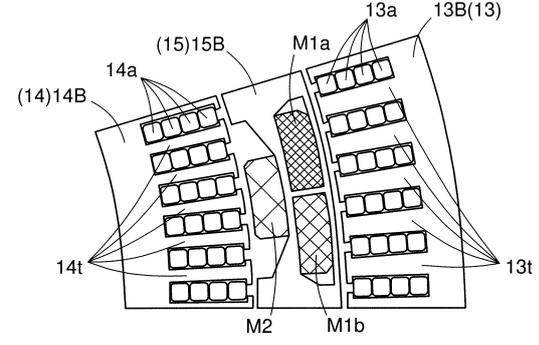
【図8】



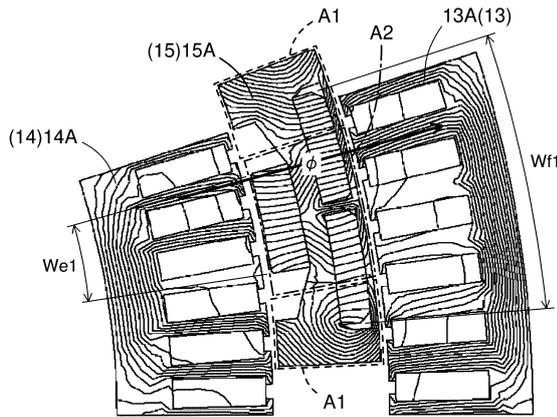
【図9】



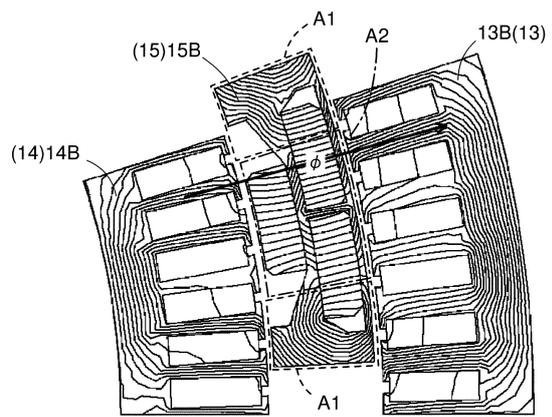
【図11】



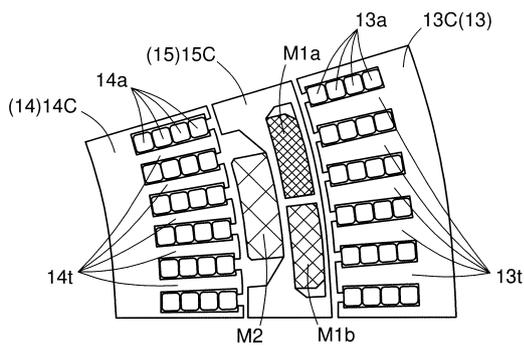
【図10】



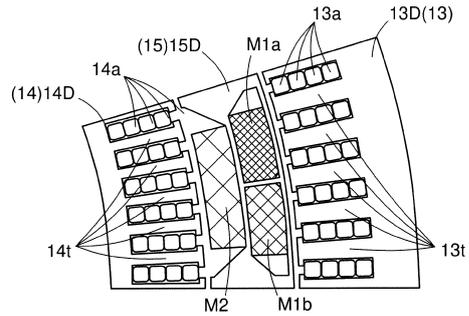
【図12】



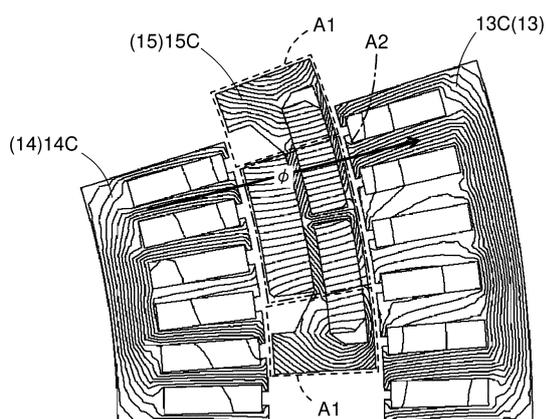
【図13】



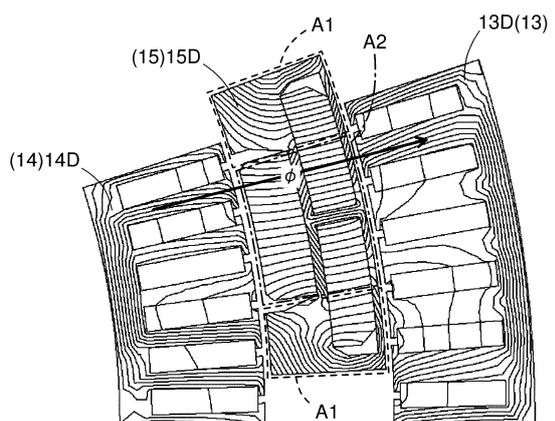
【図15】



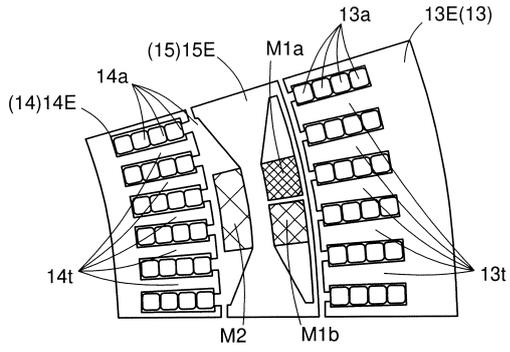
【図14】



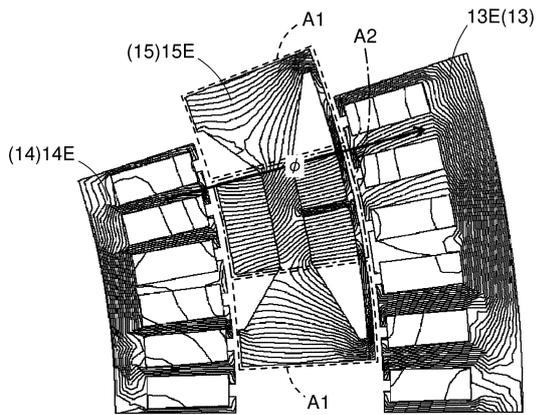
【図16】



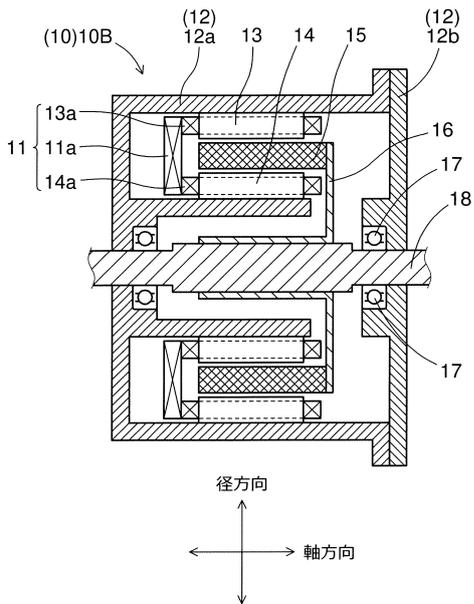
【 図 1 7 】



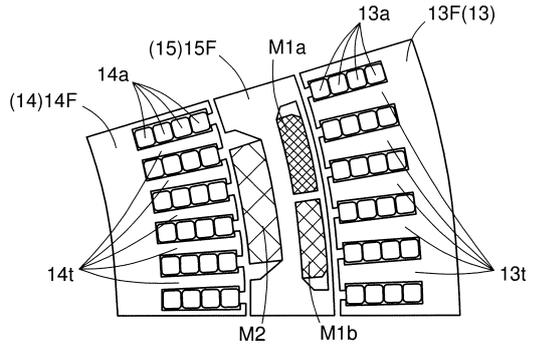
【 図 1 8 】



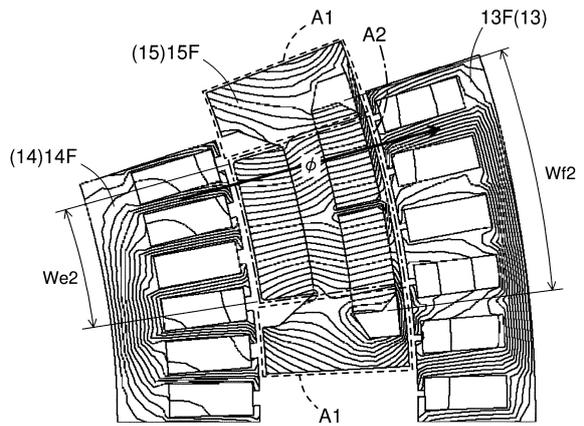
【 図 2 1 】



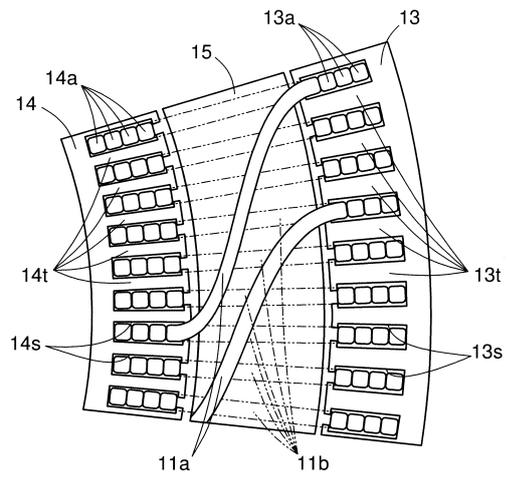
【 図 1 9 】



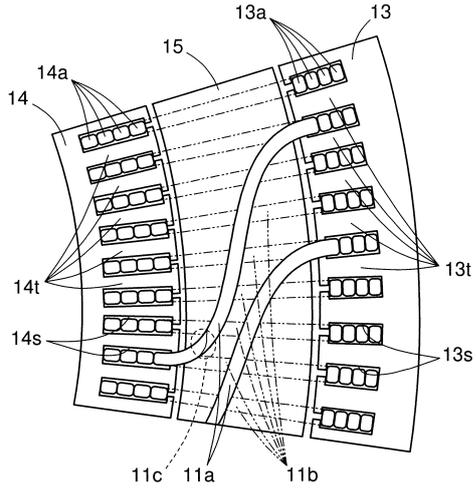
【 図 2 0 】



【 図 2 2 】



【 図 2 3 】



フロントページの続き

審査官 津久井 道夫

- (56)参考文献 特開平07-213044(JP,A)
特開2014-132817(JP,A)
中国特許出願公開第102290937(CN,A)
特開2006-333544(JP,A)
特許第4737193(JP,B2)
米国特許出願公開第2008/0169720(US,A1)
米国特許出願公開第2009/0212652(US,A1)
特開2014-007957(JP,A)
特開2012-080692(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl.,DB名)
H02K16/00-16/04