

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4713348号
(P4713348)

(45) 発行日 平成23年6月29日(2011.6.29)

(24) 登録日 平成23年4月1日(2011.4.1)

(51) Int.Cl.

F 1

HO2K 1/18 (2006.01)
HO2K 21/14 (2006.01)HO2K 1/18
HO2K 21/14C
M

請求項の数 6 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2006-5707 (P2006-5707)
 (22) 出願日 平成18年1月13日 (2006.1.13)
 (65) 公開番号 特開2007-189830 (P2007-189830A)
 (43) 公開日 平成19年7月26日 (2007.7.26)
 審査請求日 平成20年3月31日 (2008.3.31)

(73) 特許権者 000002233
 日本電産サンキヨー株式会社
 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地
 (74) 代理人 100090170
 弁理士 横沢 志郎
 (72) 発明者 高橋 昌志
 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 日本
 電産サンキヨー株式会社内
 (72) 発明者 龍本 巍
 長野県諏訪郡下諏訪町5329番地 日本
 電産サンキヨー株式会社内
 審査官 杉浦 貴之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】永久磁石型同期モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半径方向に突出する複数の極歯が間にスロットを挟んで等角度間隔に配置されたステータコア、および前記極歯に巻回されたコイルを備えたステータと、前記極歯の先端面に所定の空隙を介して対向する周面上にS極およびN極が周方向で交互に配置された永久磁石を備えたロータとを有する永久磁石型同期モータにおいて、

前記ステータコアは、前記極歯を備えた複数の分割コアが周方向に配置されてなり、

前記複数の極歯は、先端側で周方向に広がる先端部を備え、

当該極歯の先端面には、当該先端面を周方向に等角度に分割する補助溝が形成されており、

前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の周方向の開口幅と、前記補助溝の周方向の開口幅とが略等しく、

前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の開口面積と、前記補助溝の開口面積とが略等しく、

前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間において、前記先端部の周方向の端部における半径方向の寸法で規定される奥行き寸法と、前記補助溝の半径方向の奥行き寸法とが略等しく、

前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の内容積と、前記補助溝の内容積とが略等しいことを特徴とする永久磁石型同期モータ。

【請求項 2】

請求項 1において、前記永久磁石は、周方向に配置された複数の分割永久磁石からなることを特徴とする永久磁石型同期モータ。

【請求項 3】

請求項 2において、前記複数の分割永久磁石は、周方向で隣り合う分割永久磁石同士が離れた状態に配置されていることを特徴とする永久磁石型同期モータ。

【請求項 4】

請求項 2において、前記複数の分割永久磁石は、周方向で隣り合う分割永久磁石同士が接する状態に配置されていることを特徴とする永久磁石型同期モータ。

【請求項 5】

請求項 2ないし 3のいずれかにおいて、前記分割永久磁石は、前記極歯の先端面と対向する面が、前記空隙の寸法が周方向の中央で狭く、周方向の両側で広くなる曲率の円弧面からなることを特徴とする永久磁石型同期モータ。 10

【請求項 6】

請求項 1ないし 5のいずれかにおいて、前記ロータは、前記ステータの内側に配置されていることを特徴とする永久磁石型同期モータ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、永久磁石型同期モータ（以下、モータという）に関するものである。さらに詳しく述べては、永久磁石型同期モータにおけるコギングトルク低減構造に関するものである。 20

【背景技術】

【0002】

永久磁石型同期モータは、一般に、半径方向に突出する複数の極歯が間にスロットを挟んで等角度間隔に配置されたステータコア、および極歯に巻回されたコイルを備えたステータと、極歯の先端面に所定の空隙を介して対向する周面上にS極およびN極が周方向で交互に配置された永久磁石を備えたロータとを有している。

【0003】

このようなモータでは、ステータコアと永久磁石との間に作用する磁気吸引力によりコギングトルクが発生し、かかるコギングトルクは、回転むらや信号の原因となるため、好ましくない。そこで、極歯の先端面にダミースロットと称せられる補助溝を形成することにより、モータ全体でのコギングトルクを低減することが提案されている（例えば、特許文献 1 参照）。 30

【特許文献 1】特開平 11-18326 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0004】

しかしながら、特許文献 1 に記載されているような一体型のステータコアを用いた場合には、コイルを巻回するためのノズルが極歯の間に形成されたスロット内に進入できるように、隣り合う極歯の先端部同士の隙間を広くせざるを得ない。このため、隣り合う極歯の先端部同士の隙間で発生するコギングトルクが大きいので、それを相殺するには、補助溝も大きくする必要がある。その結果、ステータコアの集磁力が低下するという問題点がある。 40

【0005】

以上の問題点に鑑みて、本発明の課題は、ステータコアの集磁力の低下を抑えながら、コギングトルクを低減可能なモータを提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0006】

上記課題を解決するために、本発明では、半径方向に突出する複数の極歯が間にスロットを挟んで等角度間隔に配置されたステータコア、および前記極歯に巻回されたコイルを備えたステータと、前記極歯の先端面に所定の空隙を介して対向する周面上にS極およびN 50

極が周方向で交互に配置された永久磁石を備えたロータとを有する永久磁石型同期モータにおいて、前記ステータコアは、前記極歯を備えた複数の分割コアが周方向に配置されたり、前記複数の極歯は、先端側で周方向に広がる先端部を備え、当該極歯の先端面には、当該先端面を周方向に等角度に分割する補助溝が形成されており、前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の周方向の開口幅と、前記補助溝の周方向の開口幅とが略等しく、前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の開口面積と、前記補助溝の開口面積とが略等しく、前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間において、前記先端部の周方向の端部における半径方向の寸法で規定される奥行き寸法と、前記補助溝の半径方向の奥行き寸法とが略等しく、前記複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間の内容積と、前記補助溝の内容積とが略等しいことを特徴とする。

10

【0007】

本発明では、分割コアを用いたため、分割コアにコイルを巻回した後、分割コアを周方向に配置してステータを構成することができる。このため、コイルを巻回するためのノズルを極歯の先端部同士の隙間に通す必要がないので、極歯の先端部同士の隙間を狭くできる。このため、隣り合う極歯の先端部同士の隙間で発生するコギングトルクを小さくできる。また、極歯の先端面には、この先端面を周方向に等角度に分割する補助溝が形成されているため、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。しかも、極歯の先端部同士の隙間が狭い分、補助溝も狭くてよいので、補助溝の形成に起因するステータコアの集磁力の低下を抑えることができる。また、極歯の先端面に補助溝を形成すると、渦電流の発生を抑えることができる。さらに、複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間と、補助溝とは上記の寸法に形成されているので、隣り合う極歯の先端部同士の隙間で発生するコギングトルクと、補助溝で発生するコギングトルクとを同等にすることができる、それ故、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。

20

【0008】

本発明において、前記永久磁石は、周方向に配置された複数の分割永久磁石からなることが好ましい。このように構成すると、一体型の永久磁石を用いた場合に比較して、コストの低減を図ることができる。また、分割永久磁石であれば、磁石を着磁する際、ラジアル方向の着磁に限らず、平行着磁などといった異方着磁も容易に行うことができる。それ故、誘起電圧の波形を正弦波に近づけることも容易である。

30

【0009】

本発明において、前記複数の分割永久磁石は、周方向で隣り合う分割永久磁石同士が離れた状態に配置されていることが好ましい。このように構成すると、分割永久磁石同士を接することができない場合、または意図的に接しない場合において、分割永久磁石間の間隔を一定の間隔にすることで、磁極が変化する部分を一定にすることができます。

【0010】

本発明において、前記複数の分割永久磁石は、周方向で隣り合う分割永久磁石同士が接する状態に配置されていることが好ましい。このように構成すると、分割永久磁石を周方向に配置する際の作業を容易かつ効率よく行うことができる。また、分割永久磁石同士を接する状態で配置することで、磁極が変化する部分を一定にすることができます。

40

【0011】

本発明において、前記分割永久磁石は、前記極歯の先端面と対向する面が、前記空隙の寸法が周方向の中央で狭く、周方向の両側で広くなる曲率の円弧面からなることが好ましい。前記極歯の先端面と永久磁石との空隙は狭くした方が集磁力や誘起電圧が大きくなる一方、コギングトルクも大きくなるが、このような形状を採用すれば、集磁力や誘起電圧を低減せずにコギングトルクを小さくすることができる。

【0015】

本発明は、前記ロータが前記ステータの内側に配置されたインナーロータ型のモータに適用できる。なお、本発明は、前記ロータが前記ステータの外側に配置されたアウターロータ型のモータに適用してもよい。

50

【発明の効果】

【0016】

本発明では、ステータに分割コアを用いたため、分割コアにコイルを巻回した後、分割コアを周方向に配置してステータを構成することができる。このため、コイルを巻回するためのノズルを極歯の先端部同士の隙間に通す必要がないので、極歯の先端部同士の隙間を狭くできる。このため、隣り合う極歯の先端部同士の隙間で発生するコギングトルクを小さくできる。また、極歯の先端面には、この先端面を周方向に等角度に分割する補助溝が形成されているため、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。しかも、極歯の先端部同士の隙間が狭い分、補助溝も狭くてよいので、補助溝の形成に起因するステータコアの集磁力の低下を抑えることができる。また、極歯の先端面に補助溝を形成すると、渦電流の発生を抑えることができる。さらに、複数の極歯において隣り合う極歯の先端部の間に形成された隙間と、補助溝とは上記の寸法に形成されているので、隣り合う極歯の先端部同士の隙間で発生するコギングトルクと、補助溝で発生するコギングトルクとを同等にすることができ、それ故、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。

10

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

以下に、図面を参照して、本発明を適用したモータについて説明する。なお、本発明は、インナーロータ型およびアウターロータ型のいずれにも適用できるが、以下、インナーロータ型のモータに本発明を適用した例を説明する。

【0018】

20

[実施の形態1]

図1は、本発明を適用したモータの構成を示す断面図である。図2(a)、(b)は、本発明を適用したステータコアの構成を示す断面図、および補助溝の構成を示す説明図である。

【0019】

(全体構成)

図1に示すように、本形態のモータ1は、筒状のモータケース22と、このモータケース22内に配置されたステータ3と、このステータ3の内側に配置されたロータ4とを有している。モータケース22は、モータ中心軸線M方向における両端側が開口しており、そのうちの一方の開口部を覆うように軸受保持部材21がモータケース22に取り付けられ、他方の開口部を覆うように軸受保持部材23がモータケース22に取り付けられている。従って、軸受保持部材21および軸受保持部材23は、ケース部材としても用いられている。ロータ4は、回転軸41の外周面に永久磁石42を備えており、回転軸41の両端部には、軸受保持部材21、23に保持された軸受43、44が取り付けられている。

30

【0020】

図1および図2(a)に示すように、ステータ3は、半径方向内側に突出する複数の極歯311が間にスロット35を挟んで等角度間隔に配置されたステータコア31と、極歯311に対してインシュレータ33を介して巻回されたコイル32とを備えており、極歯311の先端面313は、所定の空隙を介して永久磁石42の外周面に対向している。ここで、コイル32は、ラジアル方向の内周側で薄く外周側で厚く巻回されている。

40

【0021】

(ステータコアの構成)

このように構成したモータ1において、ステータコア31は、極歯311を備えた複数の分割コア310が周方向において等角度間隔に円環状に配置された構成を備えている。本形態において、ステータ3は9極であり、9個の分割コア310が40°間隔に配置されている。これらの複数の分割コア310において、各々の極歯311は先端側で周方向の両側に延びた先端部312を備えており、隣り合う極歯311の先端部312同士の間には隙間38が形成されている。但し、本形態では、ステータコア31に分割コア310を用いたため、分割コア310にコイル32を巻回した後、分割コア310を周方向に配置してステータ3を構成することができるので、コイル32を巻回するためのノズルを極

50

歯 3 1 1 の先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 に通す必要がない。それ故、先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 の開口幅を狭くできる。例えば、本形態において、先端部 3 1 2 同士が形成する隙間 3 8 の開口幅 d_1 は、0 . 5 mm であり、奥行き寸法 d_2 が0 . 8 mm である。

【 0 0 2 2 】

但し、先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 は、狭くてもコギングトルクを発生させるため、本形態では、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 には、この先端面 3 1 3 を周方向に等角度に分割するスリット状の補助溝 3 9 が形成されている。このような補助溝 3 9 の数は、分割コア 3 1 0 のサイズなどに応じて最適な値に設定すればよいが、本形態では、分割コア 3 1 0 が 40° の角度 c を占めているため、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 では、2 本の補助溝 3 9 が $13 . 3^\circ$ の角度間隔で形成されており、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 において 3 つの領域の角度範囲 a 、 b はいずれも、 $13 . 33^\circ$ である。 10

【 0 0 2 3 】

(永久磁石の構成)

本形態において、ロータ 4 では、回転軸 4 1 の周りに配置された永久磁石 4 2 は、等角度間隔に配置された複数の分割永久磁石 4 2 0 から構成されている。本形態において、永久磁石 4 2 は、6 つの分割永久磁石 4 2 0 によって構成されている。

【 0 0 2 4 】

ここで、6 つの分割永久磁石 4 2 0 は、周方向で隣り合う分割永久磁石 4 2 0 同士が接する状態に配置されている。

【 0 0 2 5 】

また、6 つの分割永久磁石 4 2 0 は、内周面はモータ中心軸線 M を中心とする円弧面になっているが、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 と対向する外周面は、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 との間に形成される空隙の寸法が周方向の中央で狭く、周方向の両側で広くなる曲率の円弧面で構成されている。 20

【 0 0 2 6 】

(本形態の主な効果)

以上説明したように、本形態では、ステータコア 3 1 に分割コア 3 1 0 を用いたため、分割コア 3 1 0 にコイル 3 2 を巻回した後、分割コア 3 1 0 を周方向に配置してステータ 3 を構成することができる。このため、コイル 3 2 を巻回するためのノズルを極歯 3 1 1 の先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 に通す必要がないので、先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 を狭くできる。このため、極歯 3 1 1 の先端部 3 1 2 同士の隙間 3 8 で発生するコギングトルクが小さい。 30

【 0 0 2 7 】

また、極歯 3 1 1 の先端面 3 1 3 には、この先端面 3 1 3 を周方向に等角度に分割する補助溝 3 9 が形成されているため、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。

【 0 0 2 8 】

例えば、図 3 (a) に示すように補助溝 3 9 を等角度間隔に形成した場合と、図 3 (b) に示すように補助溝 3 9 を形成しない場合、図 3 (c) に示すように補助溝 3 9 を等角度間隔からずれた位置に形成した場合について、コギングトルクおよび誘起電圧をシミュレーションすると、図 3 (d)、(e) に示す結果が得られる。図 3 (d) は、コギングトルクのシミュレーション結果を比較して示すグラフであり、図 3 (e) は、誘起電圧のシミュレーション結果を比較して示すグラフである。なお、図 3 (d)、(e) において、図 3 (a) に示すように補助溝 3 9 を等角度間隔に形成した場合の計測結果を実線 L_a で示し、図 3 (b) に示すように補助溝 3 9 を形成しない場合の計測結果を実線 L_b で示し、図 3 (c) に示すように補助溝 3 9 を等角度間隔からずれた位置に形成した場合の計測結果を実線 L_c で示してある。 40

【 0 0 2 9 】

図 3 (d) から分かるように、図 3 (a) に示した本発明に係る構成では、補助溝 3 9 を形成しない場合 (図 3 (b) に示す形状) や補助溝 3 9 を等角度間隔からずれた位置に形成した場合 (図 3 (c) に示す形状) と比較して、コギングトルクを大幅に低減するこ 50

とができる。また、図3(e)に示すように、図3(a)に示した構成を採用した場合でも、補助溝39を形成しない構成(図3(b)に示す形状)や補助溝39を等角度間隔からずれた位置に形成した構成(図3(c)に示す形状)を採用した場合と比較して誘起電圧が低下することはない。

【0030】

しかも、本形態によれば、ステータコア31に分割コア310を用いたため、極歯311の先端部312同士の隙間38を狭くできる分、補助溝39も狭くてよいので、補助溝39の形成に起因するステータコア31の集磁力の低下を抑えることができる。

【0031】

さらに、極歯311の先端面313に補助溝39を形成すると、集磁する先端面313に形成された凹凸により磁気回路中の空隙が大きくなり、集磁される磁束が局所的に少なくなる。これにより、集磁する先端面313の表面で発生する過電流を低減できるため、渦電流の発生を抑えることができる。

【0032】

ここで、補助溝39の周方向の開口幅は、隣り合う極歯311の先端部312の間に形成された隙間38の周方向の開口幅d1と等しいことが好ましい。また、補助溝39の径方向の奥行き寸法は、隣り合う極歯311の先端部312の間に形成された隙間38の径方向の奥行き寸法d2と等しいことが好ましい。また、補助溝39の1つ当たりの開口面積は、隣り合う極歯311の先端部312の間に形成された隙間38の開口面積と等しいことが好ましく、さらに、補助溝39の1つ当たりの内容積は、隣り合う極歯311の先端部312の間に形成された隙間38の内容積と等しいことが好ましい。このように構成すると、極歯311の先端部312同士の隙間38で発生するコギングトルクと、補助溝39で発生するコギングトルクとを同等にすることができるので、モータ全体でのコギングトルクを低減できる。

【0033】

また、本形態においては、永久磁石42として分割永久磁石420を用いているため、一体型の永久磁石を用いた場合に比較して、コストの低減を図ることができる。また、分割永久磁石420であれば、磁石を着磁する際、ラジアル方向の着磁に限らず、平行着磁などといった異方着磁も容易に行うことができる。それ故、誘起電圧の波形を正弦波に近づけることも容易である。

【0034】

さらに、本形態において、複数の分割永久磁石420は、周方向で隣り合う分割永久磁石420同士が接する状態に配置されているので、分割永久磁石420を周方向に配置する際の作業を容易かつ効率よく行うことができる。また、分割永久磁石420同士を接する状態で配置することで、磁極が変化する部分を一定にすることができる。また、分割永久磁石420が接しない場合は、分割永久磁石間の間隔を一定の間隔にすることで、磁極が変化する部分を一定にすることができる。

【0035】

さらにまた、分割永久磁石420は、極歯311の先端面313と対向する外周面が、極歯311の先端面313との間に形成する空隙の寸法が周方向の中央で狭く、周方向の両側で広くなる曲率の円弧面からなる。ここで、極歯311の先端面313と永久磁石42との空隙は狭くした方が集磁力や誘起電圧が大きくなる一方、コギングトルクも大きくなるが、このような形状を採用すれば、集磁力や誘起電圧を低減せずにコギングトルクを小さくすることができる。

【0036】

すなわち、極歯311の先端面313が構成する仮想円の半径を20mmに固定した場合において、永久磁石42の外周面が構成する仮想円の半径(ロータ4の半径)を15.9mmに設定して、分割永久磁石420の曲率を以下に示すように変化させた場合における、誘起電圧 $e_{mf} [V_p - p]$ とコギングトルク $T [mNm_p - p]$ の値は、以下に示す通りであるが、

10

20

30

40

50

分割永久磁石の曲率	誘起電圧	コギングトルク
1 4	1 3 2 . 2	0 . 9 0 5
1 3	1 3 0 . 9	0 . 6 7 2
1 2	1 2 9 . 3	0 . 4 8 0
1 1	1 2 7 . 3	0 . 3 1 5
1 0	1 2 4 . 6	0 . 1 8 3
9	1 2 0 . 9	0 . 1 0 0
8	1 1 5 . 8	0 . 0 6 3

誘起電圧 e_{mf} [v p - p] を低減させないために、永久磁石 4 2 の外周面が構成する仮想円の半径 r [mm] (ロータ 4 の半径) を以下に示すように変化させると、以下の結果

ロータの半径	誘起電圧	コギングトルク
1 5 . 9	1 1 5 . 8	0 . 0 6 3
1 6 . 0	1 2 1 . 4	0 . 0 9 2
1 6 . 1	1 2 7 . 3	0 . 1 3 9
1 6 . 2	1 3 1 . 5	0 . 2 0 9

となる。このように、永久磁石 4 2 の外周面が構成する仮想円の半径 (ロータ 4 の半径) を大きくすれば、誘起電圧の低下を抑えることができるが、永久磁石 4 2 の外周面が構成する仮想円の半径 (ロータ 4 の半径) が大きくなるに伴い、コギングトルクも大きくなる。従って、補助溝 3 9 を設けることにより、誘起電圧の低下を抑え、かつコギングトルクの低減を図ることができる。

【0037】

[その他の実施の形態]

上記形態においては、極歯 3 1 1 に補助溝 3 9 を 2 つずつ形成する構成を採用したが、分割コア 3 1 0 の内径が大きい場合であれば補助溝 3 9 を 3 つずつ設け、分割コア 3 1 0 の内径が小さい場合には、補助溝 3 9 を 1 つずつ設けてもよい。

【0038】

また、上記形態においては、隙間 3 8 の幅寸法 d_1 が 0 . 5 mm、奥行き寸法 d_2 が 0 . 8 mm であったが、隙間 3 8 の幅寸法 d_1 は、例えば $0 . 4 \sim 1 . 6 mm$ に設定され、隙間 3 8 の奥行き寸法 d_2 は、例えば $0 . 3 \sim 1 . 2 mm$ に設定されるので、補助溝 3 9 のサイズについては、隙間 3 8 と開口面積あるいは奥行き寸法が等しくなるように、さらに好ましくは内容積が等しく構成すればよい。

【0039】

また、上記形態において、分割永久磁石 4 2 0 は、相互に連結された状態で回転軸 4 1 に固着した構成を採用したが、分割永久磁石 4 2 0 を各々が離れた状態で回転軸 4 1 に固着した構成を採用してもよい。

【図面の簡単な説明】

【0040】

【図 1】本発明を適用したモータの構成を示す断面図である。

【図 2】(a)、(b)は、本発明を適用したステータコアの構成を示す断面図、および補助溝の構成を示す説明図である。

【図 3】分割コアの構成と、コギングトルクおよび誘起電圧との関係を示す説明図である。

【符号の説明】

【0041】

1 モータ

3 ステータ

4 ロータ

3 1 ステアコア

3 1 0 分割コア

3 1 1 極歯

10

20

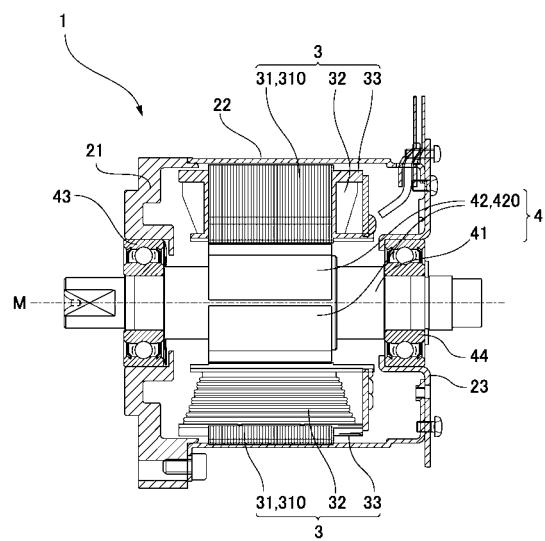
30

40

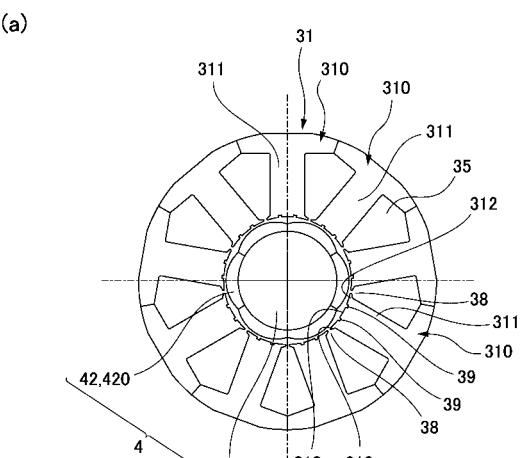
50

- 3 1 2 先端部
 3 1 3 先端面
 3 8 先端部同土の隙間
 3 9 補助溝
 4 1 回転軸
 4 2 永久磁石
 4 2 0 分割永久磁石

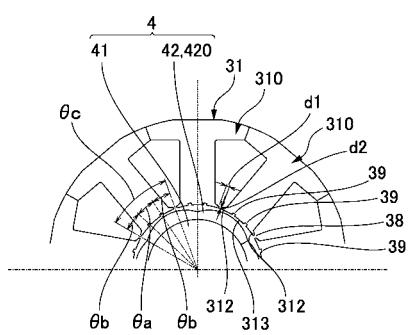
【図1】



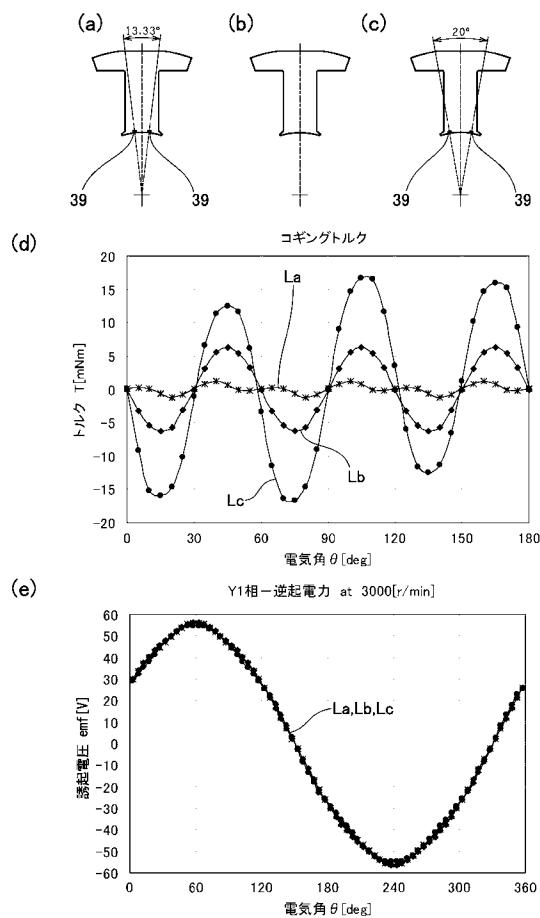
【図2】



(b)



【図3】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-061272(JP, A)
特開平10-042531(JP, A)
実開平03-106853(JP, U)
特開2005-269693(JP, A)
特開平11-018326(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/18
H02K 21/14