

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2020年2月13日(13.02.2020)



(10) 国際公開番号

WO 2020/031610 A1

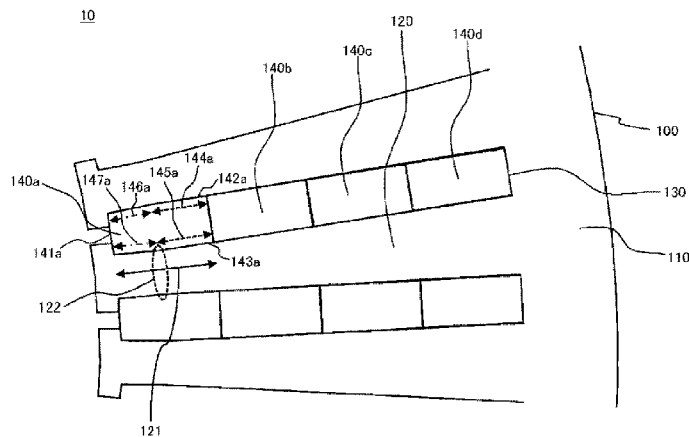
(51) 国際特許分類:
H02K 1/16 (2006.01) *H02K 3/04* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2019/027635
(22) 国際出願日: 2019年7月12日(12.07.2019)
(25) 国際出願の言語: 日本語
(26) 国際公開の言語: 日本語
(30) 優先権データ:
特願 2018-151281 2018年8月10日(10.08.2018) JP
(71) 出願人: 日立オートモティブシステムズ株式会社(HITACHI AUTOMOTIVE SYSTEMS, LTD.) [JP/JP]; 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 Ibaraki (JP).

(72) 発明者: 田子 一農(TAGO Kazutami); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 金澤 宏至(KANAZAWA Hiroshi); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 近岡 貴行(CHIKAOKA Takayuki); 〒3128503 茨城県ひたちなか市高場 2 5 2 0 番地 日立オートモティブシステムズ株式会社内 Ibaraki (JP). 郡 大祐(KORI Daisuke); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP). 辻 裕司(TSUJI Yuji); 〒1008280 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 6 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(54) Title: STATOR, DYNAMO-ELECTRIC MACHINE, ELECTRIC AUXILIARY SYSTEM FOR AUTOMOBILE

(54) 発明の名称: 固定子、回転電機、自動車用電動補機システム

図 2



(57) Abstract: The present invention addresses the problem of sufficiently reducing torque ripple and winding resistance in a dynamo-electric machine. This stator 10 has a stator core 100 provided with a plurality of teeth 120, and a plurality of segment coils 140a-140d inserted into slots 130 formed between the teeth 120. The teeth 120 have a portion 122 at which the tooth width is the smallest, the portion 122 being provided, in a region 121 facing an innermost circumference segment coil 140a located at the innermost circumference position in a slot 130 from among the plurality of segment coils



WO 2020/031610 A1

(74) 代理人: 戸田 裕二 (TODA Yuji); 〒1008220 東京都千代田区丸の内一丁目 6 番 1 号 株式会社日立製作所内 Tokyo (JP).

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

一 国際調査報告 (条約第21条(3))

140a-140d, on the outer circumference side of the inner-circumference-side end part 141a of the innermost circumference segment coil 140a. Two side surfaces 142a, 143a along the radial direction of the innermost circumference segment coil 140a have mutually parallel portions 144a, 145a, and portions 146a, 147a in which the spacing therebetween narrows on the inner circumference side.

(57) 要約: 本発明の課題は、回転電機における巻線抵抗とトルクリプルを十分に低減することである。本発明の固定子 10 は、複数のティース 120 が設けられた固定子コア 100 と、ティース 120 間に形成されるスロット 130 に挿入された複数のセグメントコイル 140a~140d とを有する。ティース 120 は、複数のセグメントコイル 140a~140d のうちスロット 130 内で最内周に配置された最内周セグメントコイル 140a と対向する領域 121 内で、かつ、最内周セグメントコイル 140a の内周側端部 141a よりも外周側に、ティース幅が最小となる部位 122 を有する。最内周セグメントコイル 140a の径方向に沿った両側面 142a、143a は、互いに平行な部位 144a、145a と、内周側で間隔が狭まる部位 146a、147a とを有する。

明 細 書

発明の名称： 固定子、回転電機、自動車用電動補機システム

技術分野

[0001] 本発明は、固定子と、これを用いた回転電機および自動車用電動補機システムとに関する。

背景技術

[0002] 近年の自動車は、油圧システムから電動システムへの移行や、ハイブリッド自動車、電気自動車の市場拡大の流れを受けて、電動パワーステアリング（以下、EPS）装置や電動ブレーキ装置の装着率が急速に増大している。また、アイドリングストップやブレーキなどの運転操作の一部を自動化した車の普及を背景に、運転快適性の向上とともに車室内の静音化が進展している。

[0003] 車室内の振動、騒音に繋がる電気モータ起因の加振源としては、電気モータのトルク変動成分（コギングトルクやトルクリプル）と、電気モータのステータと回転子の間に発生する電磁加振力がある。これらのうちトルク変動成分による振動エネルギーは、電気モータの出力軸を介して車室内へ伝搬し、また、電磁加振力による振動エネルギーは、EPS装置の機械部品などを介して車室内へ伝搬する。これらの振動エネルギーが車室内へ伝搬することで、車室内の振動、騒音に繋がっている。

[0004] 例えば、EPS装置では、電気モータがステアリングホイール操作をアシストすることから、運転者はステアリングホイールを介して、電気モータのコギングトルクやトルクリプルを手に感じることになる。これを抑制するため、EPS装置に用いる電気モータでは、一般にコギングトルクをアシストトルクの $1/1000$ 未満に、トルクリプルをアシストトルクの $1/100$ 未満に抑制することが求められる。また、電磁加振力の空間モードの最小次数が2以下でないことがよいとされる。

[0005] ここで、電気モータの出力は、（磁気回路に作用する電圧）×（電流）に

比例する。そのため、低電圧電源で駆動されるE P S装置においては、損失低減のために巻線の低抵抗化が求められる。サイズの制約上、モータ外径を変えずに巻線を低抵抗化する場合は、モータ軸長の低減による巻線長の低減と、巻線径（巻線断面積）の増加との少なくとも一つが必要となる。

[0006] E P S装置では、ハンドル急操作時には電気モータの回転数が増加し、磁石磁束による誘起電圧が増加することで、磁気回路に作用する電圧が小さくなる。このときにトルクが小さくなりすぎるのを防ぐ方法として、一般的には弱め界磁制御が用いられる。すなわち、高回転時には弱め界磁制御を行って磁石磁束を打ち消すことにより、磁気回路に作用する電圧を残して電気モータの出力を維持する。弱め界磁制御を行うためには、巻線が磁石磁束を打ち消すのに十分なd軸インダクタンスを有する必要があるが、インダクタンスは軸長×巻数²に比例するため、巻線長の低減のためにモータ軸長を低減すると、十分なd軸インダクタンスが得られなくなってしまう。したがって、E P S装置において巻線の低抵抗化を達成するには、巻線径（巻線断面積）の増加が必要となる。

[0007] 略矩形断面を有する電線を用いて分布巻線が構成された電気モータにおいては、巻線断面積は巻線の周方向幅×径方向幅にほぼ等しい。周方向幅を増加して巻線断面積を増加する場合、巻線の周方向幅を増加させた分だけティース幅を減少させる必要がある。すなわち、巻線断面積を増加すると、その分だけティース幅が減少する。ティース幅が減少すると磁気飽和が生じやすくなるため、トルクリプルが増加する傾向がある。したがってE P装置に用いられる電気モータでは、巻線を低抵抗化しつつ、トルクリプルの増加を抑制することが重要である。

[0008] 電気モータにおける巻線抵抗とトルクリプルの低減に関して、特許文献1の技術が知られている。特許文献1には、環状部と該環状部から径方向に延びる複数のティースとを有する電機子コアと、前記ティース間のスロットに軸方向に貫通するように設けられる複数のセグメント導体同士が電氣的に接続されて構成されるセグメント巻線とを備えたステータであって、前記ティ

ースは、前記スロットの径方向と直交する方向の幅を径方向内側ほど狭くする幅調整部を有したことを特徴とするステータが開示されている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開2013-5683号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 特許文献1に開示されたステータでは、巻線抵抗とトルクリプルの低減に関して改良の余地が多く残されている。

課題を解決するための手段

[0011] 本発明による固定子は、複数のティースが設けられた固定子コアと、前記ティース間に形成されるスロットに挿入された複数のセグメントコイルとを有するものであって、前記ティースは、前記複数のセグメントコイルのうち前記スロット内で最内周に配置された最内周セグメントコイルと対向する領域内で、かつ、前記最内周セグメントコイルの内周側端部よりも外周側に、ティース幅が最小となる部位を有し、前記最内周セグメントコイルの径方向に沿った両側面は、互いに平行な部位と、内周側で間隔が狭まる部位とを有する。

本発明による回転電機は、上記の固定子を用いたものである。

本発明による自動車用電動補機システムは、上記の回転電機を備え、前記回転電機を用いて、電動パワーステアリングまたは電動ブレーキを行う。

発明の効果

[0012] 本発明によれば、巻線抵抗とトルクリプルを十分に低減することができる。

図面の簡単な説明

[0013] [図1]本発明の一実施形態に係る永久磁石式回転電機の回転面内断面図

[図2]本発明の一実施形態に係る固定子の断面の拡大図

[図3]比較例 1 による固定子の断面の拡大図

[図4]比較例 2 による固定子の断面の拡大図

[図5]本発明の一実施形態に係るトルクリプルの低減効果を説明する図

[図6]本発明の一実施形態に係る固定子の外観斜視図

発明を実施するための形態

[0014] 本発明の実施例について、適宜図面を参照しながら詳細に説明する。なお、各図面において、同様の構成要素については、同一の符号を付して説明を省略する。

[0015] 図 1 と図 2 を用いて、本発明の一実施形態に係る回転子を備えた永久磁石式回転電機 1 の構成を説明する。図 1 は、一実施形態に係る永久磁石式回転電機 1 の回転面内断面図である。図 2 は、一実施形態に係る固定子 10 の断面の拡大図であり、図 1 の点線で囲った X 部を拡大して示した図である。

[0016] 図 1 に示すように、本実施形態の永久磁石式回転電機 1 は、外周側に略環状の固定子 10 を配置し、内周側に略円柱状の回転子 20 を配置した、10 極 60 スロット分布巻の永久磁石式回転電機である。固定子 10 と回転子 20 の間にはエアギャップ 30 が設けられている。固定子 10 は、固定子コア 100 およびコアバック 110 と、複数のティース 120、スロット 130 および巻線 140 とを有しており、エアギャップ 30 を介して回転子 20 と対向して配置されている。

[0017] 固定子 10 は、例えば次のようにして形成される。まず、電磁鋼板の一体打ち抜きコアを積層したステータコア積層体により、内周側に放射状のティース 120 を複数形成するとともに、各ティース 120 間にスロット 130 を形成する。次に、各スロット 130 に複数のセグメントコイルを挿入して巻線 140 を形成した後、図示しないハウジングに焼嵌めまたは圧入して一体化する。このようにして、固定子 10 が形成される。

[0018] また、図 1 に示すように、回転子 20 は、電磁鋼板を積層した鉄心である回転子コア 200 と、回転軸となるシャフト 300 とを有する。回転子コア 200 の外周には、周方向に 10 極の磁極部 220 が設けられている。磁極

部 2 2 0 の各々は、固定子 1 0 との対向面を形成する磁極外周面が設けられるとともに、永久磁石 2 1 0 が収納される V 字形の収納空間 2 1 2 が設けられている。収納空間 2 1 2 には、矩形の永久磁石 2 1 0 が各磁極部 2 2 0 について 2 個ずつ挿入されて配置されている。

[0019] 図 1 および図 2 に示すように、本実施形態の固定子 1 0 では、各スロット 1 3 0 内に 4 つのセグメントコイルが挿入されることで巻線 1 4 0 が形成される。図 2 では、内周側のセグメントコイルから順に、1 4 0 a、1 4 0 b、1 4 0 c、1 4 0 d の符号を付している。図 2 に示すように、本実施形態の固定子 1 0 において、ティース 1 2 0 は、スロット 1 3 0 内で最も内周側に配置されたセグメントコイル（以下では「最内周セグメントコイル」と称する）1 4 0 a と対向する領域 1 2 1（図中に実線矢印で示した領域）内で、かつ、最内周セグメントコイル 1 4 0 a の内周側端部 1 4 1 a よりも外周側に、ティース幅が最小となる部位 1 2 2（図中に破線で囲って示した範囲）が設けられている。また、このようなティース 1 2 0 の形状に対応して、最内周セグメントコイル 1 4 0 a は、他のセグメントコイル 1 4 0 b ~ 1 4 0 d とは異なる形状を有している。すなわち、セグメントコイル 1 4 0 b ~ 1 4 0 d は断面が矩形形状であるのに対して、最内周セグメントコイル 1 4 0 a は、径方向に沿った両側面 1 4 2 a、1 4 3 a が、互いに平行な部位 1 4 4 a、1 4 5 a（図中に破線矢印で示した部位）と、内周側で間隔が狭まる部位 1 4 6 a、1 4 7 a（図中に一点鎖線矢印で示した部位）とを有する形状となるように形成されている。このように、最内周セグメントコイル 1 4 0 a の両側面 1 4 2 a、1 4 3 a は、対向するティース 1 2 0 の側面にそれぞれ沿った形状を有している。

[0020] なお、各スロット 1 3 0 にセグメントコイル 1 4 0 a ~ 1 4 0 d を挿入して巻線 1 4 0 を形成する際には、最初にセグメントコイル 1 4 0 a、1 4 0 b を挿入する。そして、これらのセグメントコイル 1 4 0 a、1 4 0 b を内周側、すなわち各ティース 1 2 0 の先端側に向かって押し付けるようにする。これにより、最内周セグメントコイル 1 4 0 a の両側面 1 4 2 a、1 4 3

aにおける内周側の部位146a、147aは、図示しない絶縁紙を介してティース120の側面にそれぞれ密着される。したがって、残りのセグメントコイル140c、140dを各スロット130に挿入する際に必要な隙間を設けることができる。その後、残りのセグメントコイル140c、140dを各スロット130に挿入して、巻線140を形成する。このとき、最内周セグメントコイル140aとティース120との周方向の隙間は、スロット130内で最外周に配置されたセグメントコイル140dとティース120との周方向の隙間より小さくなる。

[0021] 本実施形態の固定子10では、上記のようにしてセグメントコイル140a～140dをスロット130に挿入して巻線140を形成することで、ティース120と巻線140との隙間を最小化し、スロット130内に占める巻線140の割合、すなわちセグメントコイル140a～140dの割合を増加することができる。その結果、巻線140の断面積を増加し、低抵抗化を図ることができる。

[0022] ここで、本実施形態の固定子10における巻線抵抗とトルクリプルの低減効果について、以下に比較例1、2と対比して説明する。比較例1は、セグメントコイル140a～140dの断面形状を全て同一の略矩形とした場合の例である。比較例2は、内周側の2つのセグメントコイル140a、140bの断面形状を台形とした場合の例である。なお、本実施形態および比較例1、2いずれの場合も、全てのセグメントコイル140a～140dの断面積は等しいものとする。

[0023] 図3は、比較例1による固定子10Aの断面の拡大図であり、図2に示した一実施形態に係る固定子10の断面の拡大図に対応する部分を示している。図3に示すように、比較例1では、セグメントコイル140a～140dの断面がいずれも同一の略矩形であり、これらを収容する各スロット130の周方向の幅は、径方向に沿ったどの位置でも同一である。そのため、ティース120の幅は径方向に沿って変化し、外周側から内周側に向かうほど減少する。すなわち、比較例1におけるティース幅は、最内周セグメントコイ

ル 140a の内周側端部 141a に接する位置において最小となる。

[0024] 図4は、比較例2による固定子10Bの断面の拡大図であり、図2に示した一実施形態に係る固定子10の断面の拡大図に対応する部分を示している。図4に示すように、比較例2では、内周側の2つのセグメントコイル140a、140bの断面形状が台形であり、外周側の2つのセグメントコイル140c、140dの断面形状が略矩形である。これらを収容する各スロット130の周方向の幅は、セグメントコイル140a、140bに対応する位置では、径方向に沿って内周側に向かうほど狭くなり、セグメントコイル140c、140dに対応する位置では、径方向に沿って一定である。そのため、ティース120の幅は、セグメントコイル140a、140bに沿った範囲では外周側から内周側に向かって増加し、セグメントコイル140c、140dに沿った範囲では外周側から内周側に向かって減少する。すなわち、比較例2におけるティース幅は、セグメントコイル140bとセグメントコイル140cの境界に接する位置において最小となる。

[0025] 図5は、本発明の一実施形態に係るトルクリプルの低減効果を説明する図である。図5では、本実施形態に係る固定子10と、比較例1に係る固定子10Aと、比較例2に係る固定子10Bとをそれぞれ用いた永久磁石式回転電機1におけるトルクおよびトルクリプルを磁場解析により計算した結果を、比較例1でのトルクおよびトルクリプルの大きさを1とした比でそれぞれ示している。

[0026] 図5に示されるように、本実施形態では、比較例1に対してトルクがほぼ変化せずに、トルクリプルを10%程度低減することができる。一方、比較例2ではトルクリプルをさらに低減することが可能であるが、本実施形態および比較例1に対してトルクが20%程度低減してしまう。このように、本実施形態によれば、比較例1、2と比べて、トルクを低下せずにトルクリプルを減少させることができるため、巻線抵抗とトルクリプルをともに低減させる上で好適である。

[0027] なお、本実施形態において比較例1よりもトルクリプルが低減するのは、

ティース 120 の幅が増加するためである。すなわち、本実施形態の場合は、図 2 で説明したように、最内周セグメントコイル 140 a と対向する領域 121 内で、かつ、最内周セグメントコイル 140 a の内周側端部 141 a よりも外周側に位置する部位 122 において、ティース幅が最小となる。このため、セグメントコイル 140 a ~ 140 d の断面積が同一であるとする、本実施形態の最小ティース幅は、比較例 1 の場合よりも増加する。比較例 1 における最小ティース幅の位置、すなわち内周側端部 141 a の回転中心からの半径を A とし、本実施形態における最小ティース幅の位置、すなわち部位 122 の回転中心からの半径を B とすると、比較例 1 に対する本実施形態の最小ティース幅の増加分は、 $(B - A) * 2\pi / N$ で表される。ここで、N はスロット数を表している。

[0028] 本実施形態では、前述のようにスロット数が $N = 60$ である。そのため、上記で計算される最小ティース幅の増加分は、 $(B - A)$ の約 10% になる。このように、本実施形態では比較例 1 と比べて最小ティース幅を増加させることができるため、トルクリプルの低減が可能である。

[0029] また、本実施形態では、最内周セグメントコイル 140 a の径方向の長さが比較例 1 と比べて増加するが、この長さの増加分は、 $(B - A) * \pi / N * (B - A) / W$ で近似できる。ここで、W はスロット幅を表している。この長さの増加分を回転子 20 の半径の減少分に換算すると、これは 1% に満たない程度の値である。したがって、本実施形態での比較例 1 に対するトルク低下分は、上記の最小ティース幅の増加によるトルク増加分と相殺され、無視できる程度になると考えられる。

[0030] 一方、比較例 2 ではティース 120 の幅が本実施形態よりも増加するため、前述のようにトルクリプルがさらに低下する。しかしながら、比較例 2 では比較例 1 と比べて、最内周セグメントコイル 140 a の径方向の長さが大きく増加する。そのため、回転子 20 の半径が大きく減少し、前述のようなトルクの低下につながる。

[0031] また、比較例 2 の場合は、セグメントコイル 140 a および 140 b の断

面が径方向に細長い台形形状であるため、加工時に被膜健全性が損なわれやすいという問題もある。さらに、スロット 130 への挿入後に行われる末端部の捻り加工時には、内周側により大きな力を加える必要があるため、断面が矩形形状のセグメントコイル 140c、140d とは同様の加工工程を採用できないという問題もある。これらの問題は、特に最内周セグメントコイル 140a について顕著に生じる。したがって、比較例 2 におけるセグメントコイル 140a および 140b のように、断面が径方向に細長い台形形状の巻線を採用するのは、巻線抵抗の低減に関して好ましくない。なお、図 4 では比較例 2 として、セグメントコイル 140b とセグメントコイル 140c の境界に接する位置を最小ティース幅とした例を示したが、セグメントコイル 140a とセグメントコイル 140b の境界に接する位置や、セグメントコイル 140c とセグメントコイル 140d の境界に接する位置を最小ティース幅とした場合でも、同様の問題が生じる。

[0032] 一方、本実施形態の場合は、最内周セグメントコイル 140a を除いたセグメントコイル 140b ~ 140d の断面を、比較例 1 と同様に略矩形とすることができるとともに、最内周セグメントコイル 140a についても、その断面形状を矩形に近いものとすることができる。したがって、セグメントコイル 140a ~ 140d に対して、比較例 1 と同様の加工が可能となる。

[0033] 以上説明したように、本実施形態に係る固定子 10 の構成を採用した永久磁石式回転電機 1 によれば、巻線抵抗とトルクリプルを十分に小さくできることが分かる。

[0034] また、本実施形態においては、比較例 2 と比べて、最内周セグメントコイル 140a の断面の径方向長さの増加を抑えることができる。本実施形態では、スロット数が $N = 60$ であるため、最内周セグメントコイル 140a の断面が矩形である比較例 1 の場合と比べて、径方向長さの増加を 10% 未満に留めることができる。なお、スロット数が異なる場合でも、最大で 20% 程度の増加に留めることができる。このため、前述のような加工時における被膜健全性の問題や、末端部の捻り加工性の問題が生じにくく、比較例 1 と

同様の加工が可能である。さらに、末端部の捻り加工後に行われるセグメントコイル同士の溶接工程においても、断面が矩形形状のセグメントコイルと同様の作業性を確保できるため、比較例１と同様の製造のしやすさとすることができる。

[0035] さらに、本実施形態においては、最内周セグメントコイル１４０aのうち、スロット１３０内に配置される部分の断面のみを図２のような形状に成形し、スロット１３０の外に配置される部分については他のセグメントコイル１４０b～１４０dと同様に、断面形状を略矩形とすることもできる。このようにすれば、捻り加工を行う末端部の断面を略矩形とすることができるため、比較例１と同様の加工が可能となる。

[0036] なお、本実施形態における巻線１４０の低抵抗化は、低電圧電源で大電流を使用できるようにするためのものであるため、セグメントコイル１４０a～１４０dにおける渦電流損は考慮しなくてもよい。そのため、スロット１２０内においてセグメントコイル１４０a～１４０dとティース１２０の間には、製造上必要な隙間以外を設ける必要がない。むしろ、スロット１２０内に無駄な隙間を設けることは、巻線１４０の低抵抗化の障害となるため好ましくない。したがって、本実施形態では前述のように、最内周セグメントコイル１４０aの両側面１４２a、１４３aにおける内周側の部位１４６a、１４７aをティース１２０の側面にそれぞれ密着させることで、スロット１３０内の余分な隙間を削減し、巻線抵抗を可能な限り低減している。

[0037] 次に、本実施形態の固定子１０における立体的な巻線構造について、図６を参照して説明する。図６は、本発明の一実施形態に係る固定子１０の外観斜視図である。

[0038] 本実施形態の固定子１０は、円環状の固定子コア１００と、図２で説明したセグメントコイル１４０a～１４０dを用いて構成された波巻状の巻線１４０とを有している。この巻線１４０は、図６で示すように、第１系統巻線１４１および第２系統巻線１４２で構成される。第１系統巻線１４１および第２系統巻線１４２は、セグメントコイル１４０a～１４０dに相当して略

U字形状を有する複数のセグメントコイルの末端側を、接続部160で電氣的に相互に接続することにより構成されている。接続部160の接続方式としては、半田やT i g溶接、レーザー溶接等が用いられる。

[0039] 図2で説明したように、固定子コア100に形成された各スロット130内には、セグメントコイル140a~140dとして4本の導体が設置されている。第1系統巻線141は、固定子コア100の内周側に配置された2本の導体、すなわちセグメントコイル140aおよび140bで構成されている。また、第2系統巻線142は、第1系統巻線141の外周側に配置された残りの2本の導体、すなわちセグメントコイル140cおよび140dで構成されている。これら2つの系統巻線141、142の間には、機械的および電氣的な相互の接触を避けるため、絶縁部材170が設けられている。また、第1系統巻線141および第2系統巻線142には、必要に応じて渡り線161がそれぞれ接続されている。

[0040] 第1系統巻線141と第2系統巻線142には、不図示のインバータに接続される第1系統口出し線151と第2系統巻線口出し線153がそれぞれ設けられている。本実施形態では、第1系統巻線141と第2系統巻線142の機械的な接触を避けるために、第1系統口出し線151は図6の右側に、第2系統巻線口出し線153は図6の左側に、それぞれまとめて配置されている。第1系統口出し線151および第2系統巻線142は、3相分の巻線のそれぞれについて巻始め側と巻終わり側を有しており、そのどちらも固定子コア100において軸方向で同じ側に配置されている。本実施形態の固定子10を用いて永久磁石式回転電機1を構成する場合には、不図示のリレーにより、第1系統口出し線151および第2系統巻線142における巻終わり側の3相分を互いに電氣的に接続して中性点を設けることが好ましい。これにより、永久磁石式回転電機1の内部で電氣的な短絡が発生した場合には、中性点のリレーを切り離して電氣的な短絡によるブレーキトルクの発生を防止することができる。

[0041] 以上説明したように、本実施形態の構成によれば、巻線抵抗とトルクリブ

ルを十分に低減可能な固定子 10 およびこれを用いた永久磁石式回転電機 1 を実現することができる。

[0042] なお、本実施形態の永久磁石式回転電機 1 を EPS 装置に用いることで、巻線抵抗の低減により電源電力を有効利用するとともに、車室内に伝搬する振動や騒音を抑制できる。また、その他の自動車用電動補機装置、たとえば電動ブレーキを行う自動車用電動補機装置に適用することでも、低抵抗化とともに、振動や騒音を抑制することが可能である。さらには、本実施形態の永久磁石式回転電機 1 の採用は自動車分野に限定されず、低抵抗化や低振動化が好ましい産業用の永久磁石式回転電機全般にも適用可能である。

[0043] 以上説明した本発明の実施形態によれば、以下の作用効果を奏する。

[0044] (1) 固定子 10 は、複数のティース 120 が設けられた固定子コア 100 と、ティース 120 間に形成されるスロット 130 に挿入された複数のセグメントコイル 140a~140d とを有する。ティース 120 は、複数のセグメントコイル 140a~140d のうちスロット 130 内で最内周に配置された最内周セグメントコイル 140a と対向する領域 121 内で、かつ、最内周セグメントコイル 140a の内周側端部 141a よりも外周側に、ティース幅が最小となる部位 122 を有する。最内周セグメントコイル 140a の径方向に沿った両側面 142a、143a は、互いに平行な部位 144a、145a と、内周側で間隔が狭まる部位 146a、147a とを有する。このようにしたので、巻線抵抗とトルクリプルを十分に低減することができる。

[0045] (2) 最内周セグメントコイル 140a の側面 142a、143a は、対向するティース 120 の側面に沿った形状をそれぞれ有する。最内周セグメントコイル 140a の径方向に沿った両側面 142a、143a の内周側で間隔が狭まる部位 146a、147a は、絶縁紙を介してティース 120 の側面にそれぞれ密着している。このようにしたので、スロット 130 内に占める巻線 140 の割合を可能な限り大きくして、巻線抵抗を十分に低減することができる。

- [0046] (3) 最内周セグメントコイル140aとティース120との周方向の隙間は、複数のセグメントコイル140a～140dのうちスロット130内で最外周に配置された最外周セグメントコイル140dとティース120との周方向の隙間より小さい。このようにしたので、内周側に配置されるセグメントコイル140a、140bを各スロット130に挿入後、残りのセグメントコイル140c、140dを各スロット130に挿入して、巻線140を形成することができる。
- [0047] (4) 固定子10は、複数のセグメントコイル140a～140dの断面積が互いに等しい。このようにしたので、各相の巻線抵抗を均一にすることができる。
- [0048] (5) 永久磁石式回転電機1は、上記の固定子10を用いて構成される。このようにしたので、巻線抵抗とトルクリプルを十分に低減した回転電機を実現できる。
- [0049] (6) 上記のような永久磁石式回転電機1を備え、この永久磁石式回転電機1を用いて、電動パワーステアリングまたは電動ブレーキを行う自動車用電動補機システムを構成してもよい。このようにすれば、電源電力を有効利用するとともに、振動や騒音を抑制した自動車用電動補機システムを実現できる。
- [0050] なお、本実施形態では10極60スロット分布巻の永久磁石式回転電機1を例として説明したが、他の極数やスロット数の分布巻の回転電機においても、本発明を適用可能である。すなわち、任意の極数およびスロット数の回転電機について、本実施形態で説明した固定子の構成にしたがって、巻線抵抗とトルクリプルを十分に低減可能である。
- [0051] 以上説明した実施形態や各種変形例はあくまで一例であり、発明の特徴が損なわれない限り、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。また、上記では種々の実施形態や変形例を説明したが、本発明はこれらの内容に限定されるものではない。本発明の技術的思想の範囲内で考えられるその他の態様も本発明の範囲内に含まれる。

符号の説明

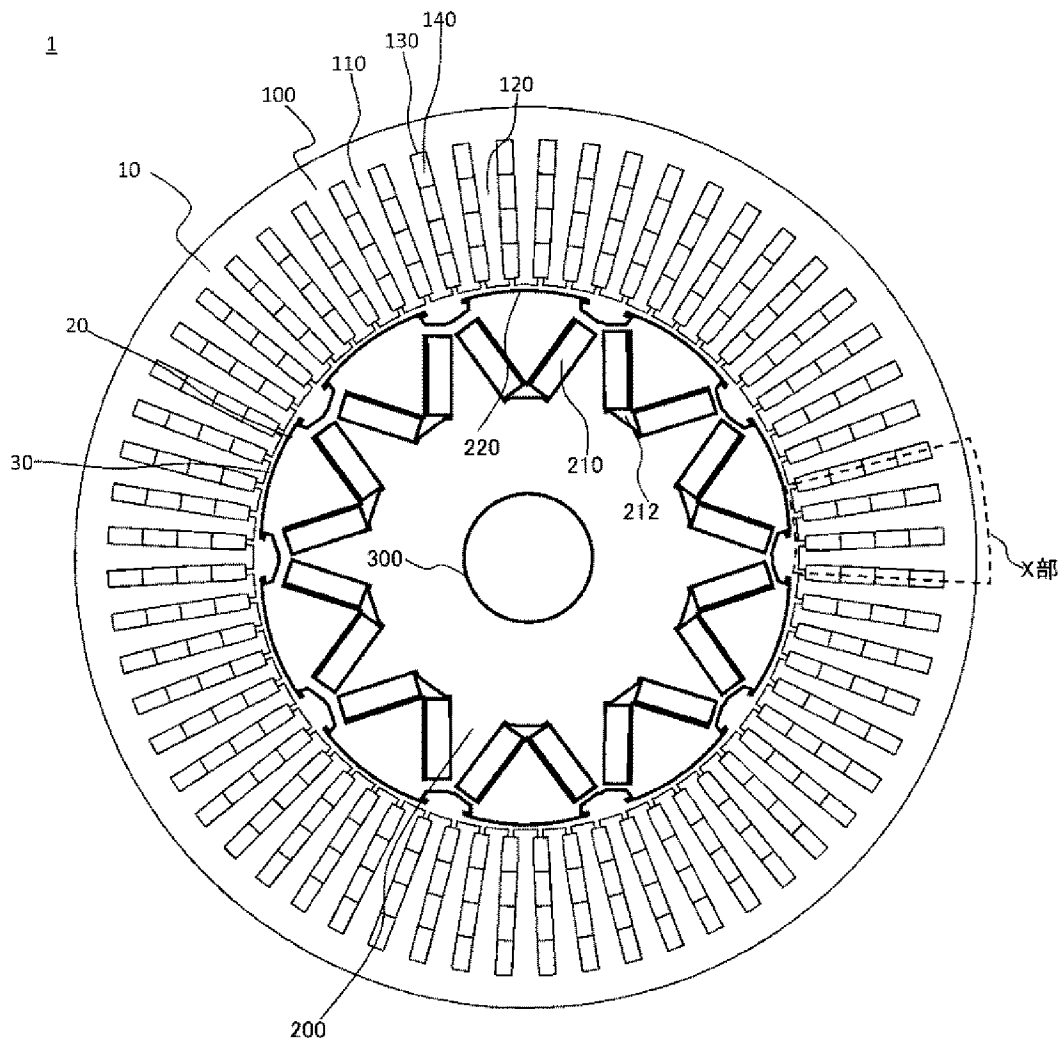
- [0052] 1 永久磁石式回転電機
- 1 0 固定子
- 2 0 回転子
- 3 0 エアギャップ
- 1 0 0 固定子コア
- 1 1 0 コアバック
- 1 2 0 ティース
- 1 3 0 スロット
- 1 4 0 巻線
- 1 4 0 a, 1 4 0 b, 1 4 0 c, 1 4 0 d セグメントコイル
- 2 0 0 回転子コア
- 2 1 0 永久磁石
- 2 1 2 収納空間
- 2 2 0 磁極部
- 3 0 0 シャフト

請求の範囲

- [請求項1] 複数のティースが設けられた固定子コアと、前記ティース間に形成されるスロットに挿入された複数のセグメントコイルとを有する固定子であって、
- 前記ティースは、前記複数のセグメントコイルのうち前記スロット内で最内周に配置された最内周セグメントコイルと対向する領域内で、かつ、前記最内周セグメントコイルの内周側端部よりも外周側に、ティース幅が最小となる部位を有し、
- 前記最内周セグメントコイルの径方向に沿った両側面は、互いに平行な部位と、内周側で間隔が狭まる部位とを有する固定子。
- [請求項2] 請求項1に記載の固定子において、
- 前記最内周セグメントコイルの側面は、対向する前記ティースの側面に沿った形状をそれぞれ有し、
- 前記最内周セグメントコイルの径方向に沿った両側面の前記内周側で間隔が狭まる部位は、絶縁紙を介して前記ティースの側面にそれぞれ密着している固定子。
- [請求項3] 請求項2に記載の固定子において、
- 前記最内周セグメントコイルと前記ティースとの周方向の間隔は、前記複数のセグメントコイルのうち前記スロット内で最外周に配置された最外周セグメントコイルと前記ティースとの周方向の間隔より小さい固定子。
- [請求項4] 請求項1から請求項3のいずれか一項に記載の固定子において、
- 前記複数のセグメントコイルの断面積が互いに等しい固定子。
- [請求項5] 請求項1から請求項4のいずれか一項に記載の固定子を用いた回転電機。
- [請求項6] 請求項5に記載の回転電機を備え、
- 前記回転電機を用いて、電動パワーステアリングまたは電動ブレーキを行う自動車用電動補機システム。

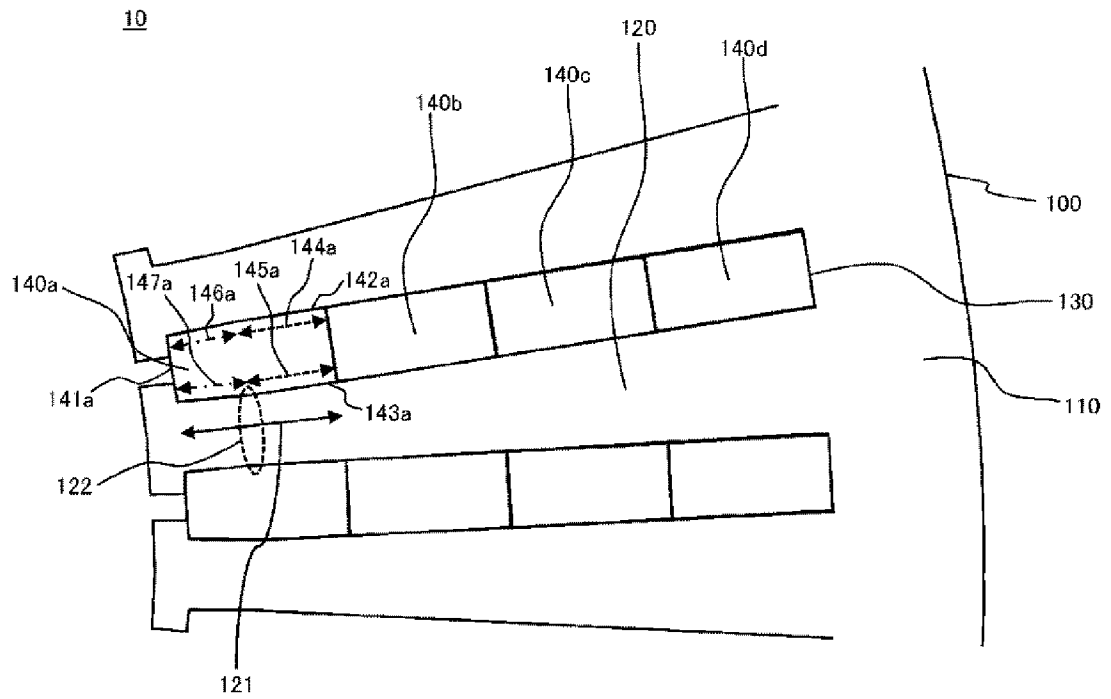
[図1]

図 1



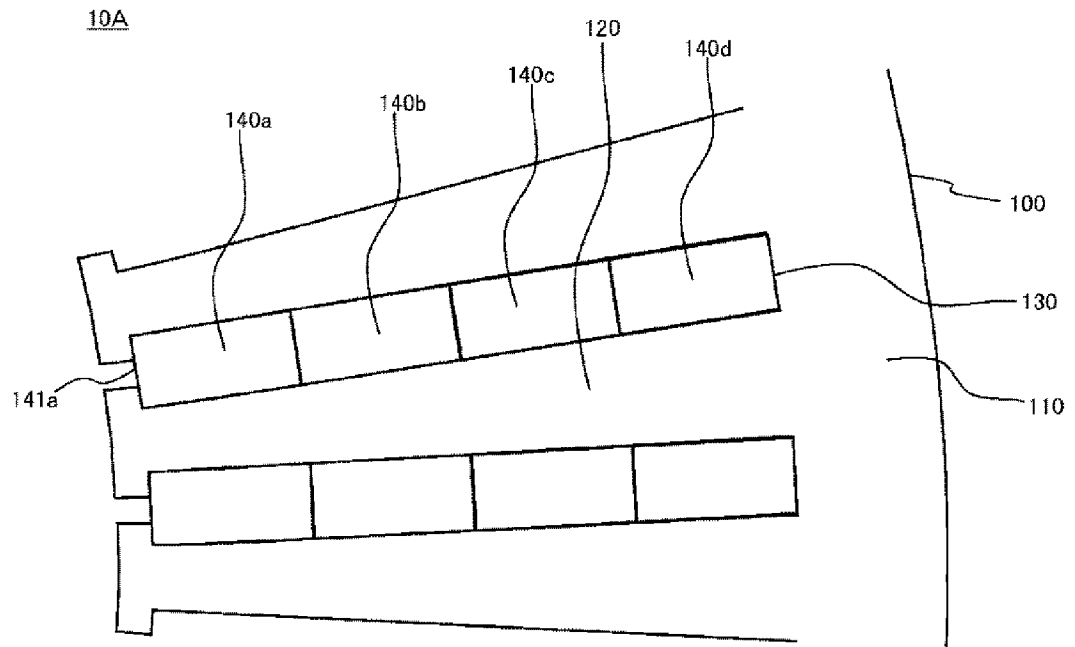
[図2]

図 2



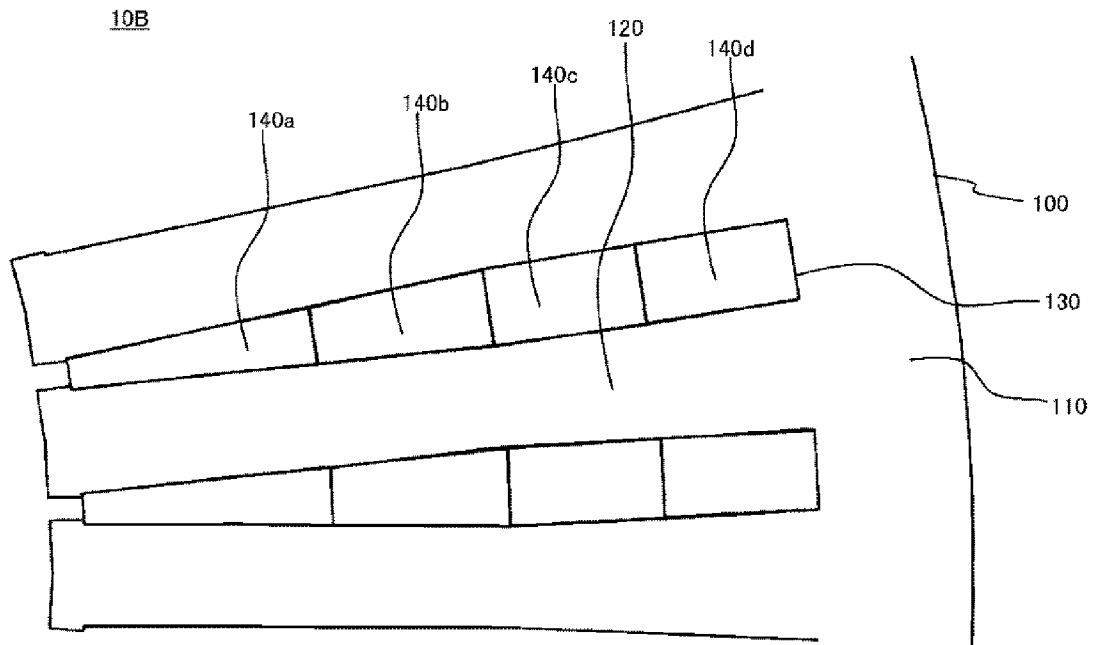
[図3]

図 3



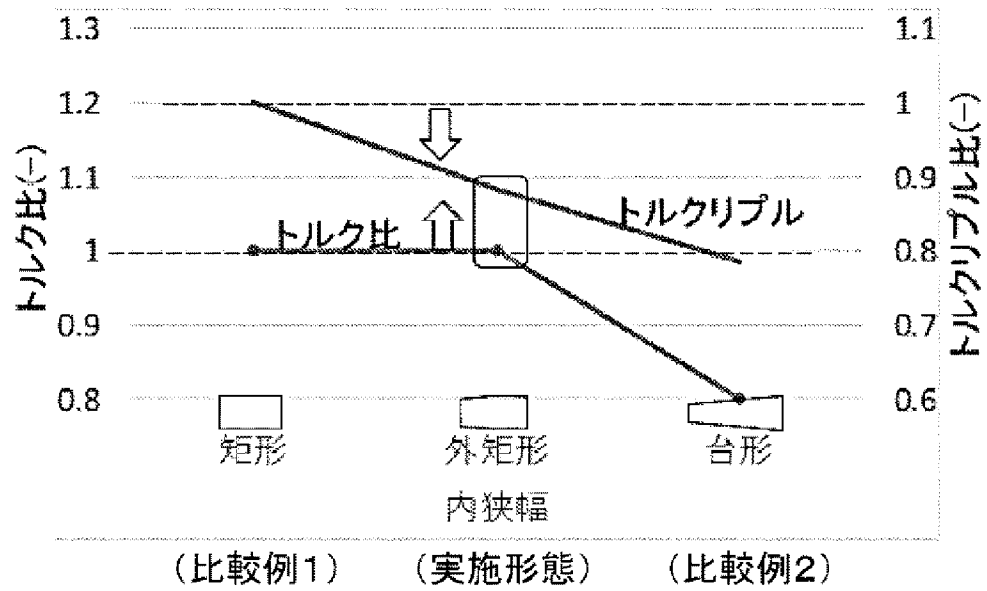
[図4]

図 4



[図5]

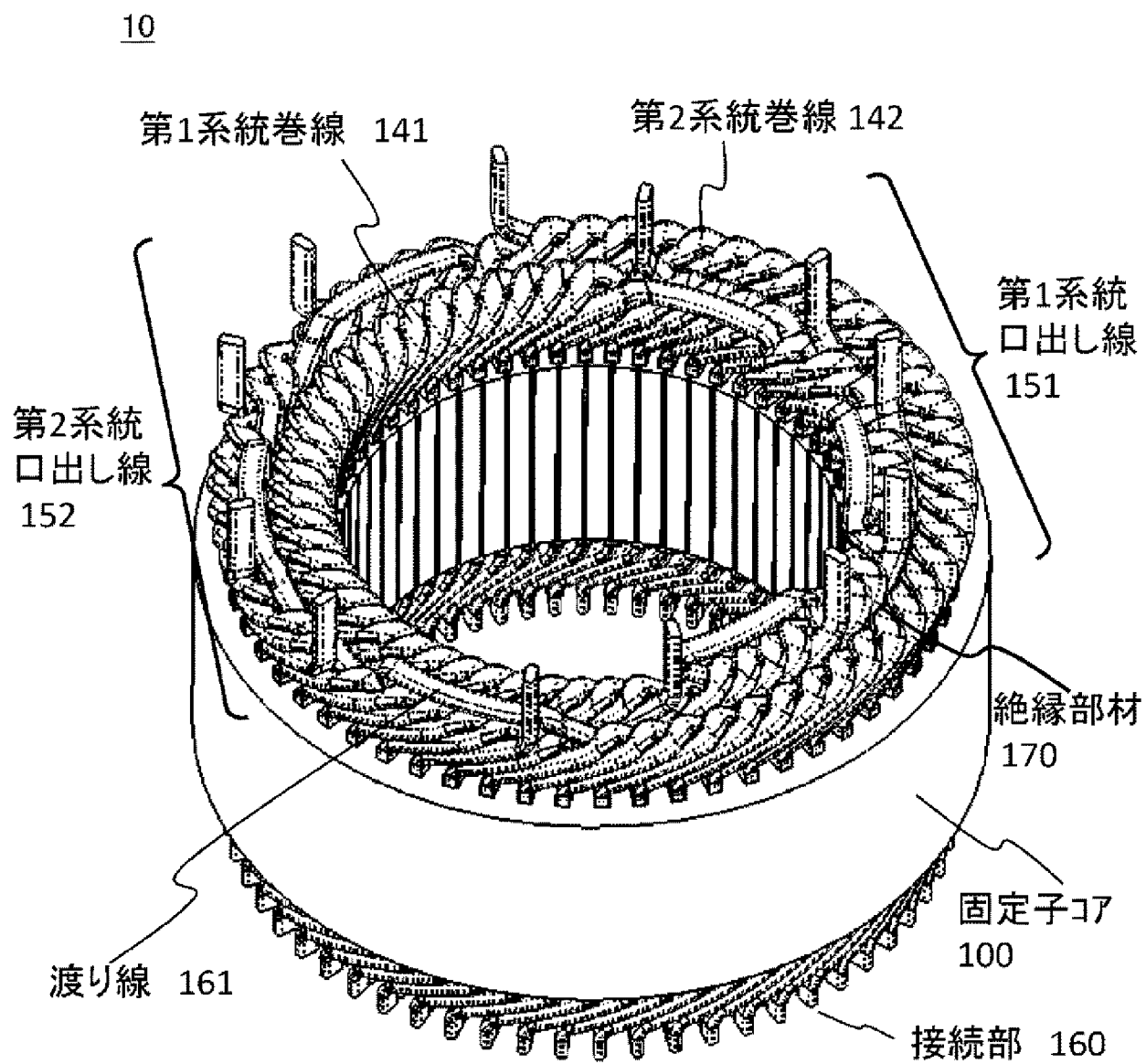
図 5



最内周のコイルセグメントの断面形状

[図6]

図 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2019/027635

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl. H02K1/16 (2006.01) i, H02K3/04 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl. H02K1/16, H02K3/04

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2019
Registered utility model specifications of Japan	1996-2019
Published registered utility model applications of Japan	1994-2019

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2013-158105 A (DENSO CORP.) 15 August 2013, paragraphs [0028]-[0034], [0044], fig. 3 (Family: none)	1-6
A	JP 2012-16140 A (DENSO CORP.) 19 January 2012, paragraphs [0027]-[0031], fig. 4 & US 2012/0001516 A1, paragraphs [0033]-[0043], fig. 4	1-6

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
09 October 2019 (09.10.2019)

Date of mailing of the international search report
21 October 2019 (21.10.2019)

Name and mailing address of the ISA/
Japan Patent Office
3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku,
Tokyo 100-8915, Japan

Authorized officer

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K1/16(2006.01)i, H02K3/04(2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC））

Int.Cl. H02K1/16, H02K3/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2019年
日本国実用新案登録公報	1996-2019年
日本国登録実用新案公報	1994-2019年

国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2013-158105 A（株式会社デンソー）2013.08.15, 段落 0028-0034, 0044, 図3（ファミリーなし）	1-6
A	JP 2012-16140 A（株式会社デンソー）2012.01.19, 段落 0027-0031, 図4 & US 2012/0001516 A1, 段落 0033-0043, 図4	1-6

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

09.10.2019

国際調査報告の発送日

21.10.2019

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（ISA/J P）

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官（権限のある職員）

宮崎 賢司

3V

7866

電話番号 03-3581-1101 内線 3357