

(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
2025年1月23日(23.01.2025)



(10) 国際公開番号

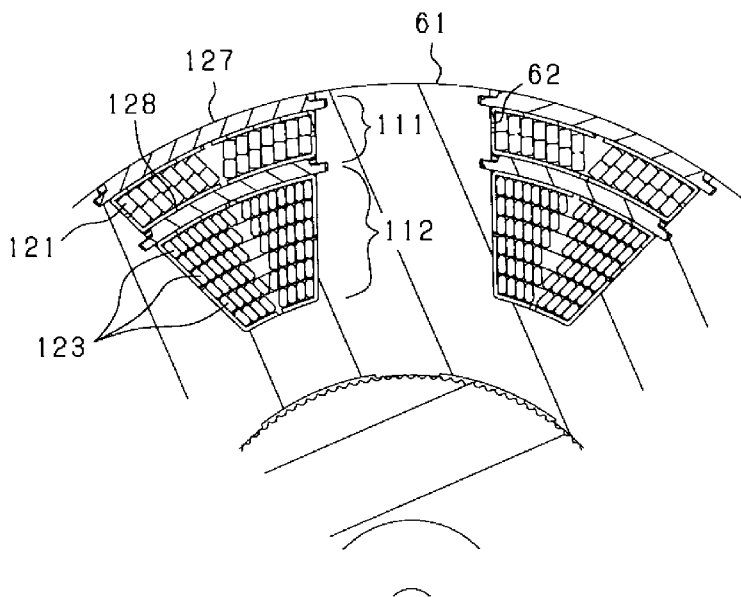
WO 2025/018153 A1

(51) 国際特許分類:
H02K 19/36 (2006.01) *H02K 19/26* (2006.01)
(21) 国際出願番号: PCT/JP2024/024093
(22) 国際出願日: 2024年7月3日(03.07.2024)
(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 2023-118125 2023年7月20日(20.07.2023) JP
(71) 出願人: 株式会社デンソー (DENSO CORPORATION) [JP/JP]; 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 Aichi (JP).

(72) 発明者: 吉村 雅貴 (YOSHIMURA, Masataka); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 松田 匡史 (MATSUDA, Masashi); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 金田 吉正 (KANEDA, Yoshimasa); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP). 土屋 裕之 (TSUCHIYA, Hiroyuki); 〒4488661 愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内 Aichi (JP).
(74) 代理人: 山田 強 (YAMADA, Tsuyoshi); 〒4500002 愛知県名古屋市中村区名駅三丁

(54) Title: FIELD-WINDING ROTATING ELECTRICAL MACHINE

(54) 発明の名称: 巻線界磁型回転電機



(57) Abstract: In a field-winding rotating electrical machine, a rotor (60) has: a rotor core (61) having a main pole part (62) which is provided for each magnetic pole, the magnetic poles being arranged in the circumferential direction, and which projects in the radial direction; and a field winding wound around the main pole part. The field winding has a series connection body of a first winding part (first coil module 111) and a second winding part (second coil module 112). In the radial direction, the first winding part is positioned on the side closer to the stator and the second winding is positioned on the side farther from the stator, and each of these winding parts is wound around each main pole part. The first winding part constitutes a series resonance circuit by being connected in series to a capacitor, and the second winding part constitutes a parallel resonance circuit by being connected in parallel to a capacitor. The volume resistivity of a conductor material

目 1 3 番 2 4 号 第一はせ川ビル 6 階 あ
いざ特許事務所 Aichi (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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))

of the first winding part is larger than the volume resistivity of a conductor material of the second winding part.

(57) 要約: 巻線界磁型回転電機において、ロータ (60) は、周方向に並ぶ磁極ごとに設けられ径方向に突出する主極部 (62) を有するロータコア (61) と、主極部に巻回された界磁巻線とを有する。界磁巻線は、第1巻線部 (第1コイルモジュール111) 及び第2巻線部 (第2コイルモジュール112) の直列接続体を有し、径方向において第1巻線部をステータに近い側、第2巻線部をステータから遠い側にして、これら各巻線部が各主極部に巻回されている。第1巻線部は、コンデンサに直列接続されることにより直列共振回路を構成し、第2巻線部は、コンデンサに並列接続されることにより並列共振回路を構成するものであり、第1巻線部の導体材料の体積抵抗率が、第2巻線部の導体材料の体積抵抗率よりも大きい。

明 細 書

発明の名称：巻線界磁型回転電機

関連出願の相互参照

[0001] 本出願は、2023年7月20日に出願された日本出願番号2023-118125号に基づくもので、ここにその記載内容を援用する。

技術分野

[0002] この明細書における開示は、巻線界磁型回転電機に関する。

背景技術

[0003] この種の巻線界磁型回転電機として、例えば特許文献1に記載の回転電機が知られている。この回転電機では、ロータにおいて、周方向に並ぶ磁極ごとの主極部（磁気突極部）に界磁巻線が巻回されており、ロータに対向配置されたステータの巻線（ステータ巻線）に流れる高調波電流により、界磁巻線に界磁電流が誘起されるものとなっている。また、界磁巻線は、第1巻線部及び第2巻線部の直列接続体を有し、径方向において第1巻線部をステータに近い側、第2巻線部をステータから遠い側にしてこれら各巻線部が主極部に巻回されるとともに、第1巻線部とコンデンサとにより直列共振回路が構成され、第2巻線部とコンデンサとにより並列共振回路が構成されている。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：特開2020-54064号公報

発明の概要

[0005] 上記構成の巻線界磁型回転電機では、第1巻線部がステータに近い側、第2巻線部がステータから遠い側に配置されているため、第1巻線部において、ステータからの高周波励磁磁束の漏れ磁束が鎖交することで渦電流損が発生することが懸念される。第1巻線部で渦電流損が生じると、第1巻線部の温度が相対的に高くなる。そのため、第1巻線部に流れる通電電流が制限さ

れる等の不都合が生じることが懸念される。

[0006] 本開示は、上記事情に鑑みてなされたものであり、界磁巻線を構成する第1巻線部及び第2巻線部のうちステータ側となる第1巻線部での渦電流損を低減することができる巻線界磁型回転電機を提供することを目的とする。

[0007] 本開示は、
ステータ巻線を有するステータと、
周方向に並ぶ磁極ごとに設けられ径方向に突出する主極部を有するロータコアと、前記主極部に巻回された界磁巻線とを有するロータと、を備え、
前記界磁巻線に界磁電流を誘起させるための高周波電流が前記ステータ巻線に流れる巻線界磁型回転電機であって、
前記界磁巻線は、第1巻線部及び第2巻線部の直列接続体を有し、径方向において前記第1巻線部を前記ステータに近い側、前記第2巻線部を前記ステータから遠い側にして、これら各巻線部が前記各主極部に巻回されており、
前記第1巻線部は、コンデンサに直列接続されることにより直列共振回路を構成し、前記第2巻線部は、前記コンデンサに並列接続されることにより並列共振回路を構成するものであり、
前記第1巻線部の導体材料の体積抵抗率が、前記第2巻線部の導体材料の体積抵抗率よりも大きい。

[0008] 巻線界磁型回転電機のロータにおいて、界磁巻線として第1巻線部及び第2巻線部の直列接続体を有し、これら各巻線部とコンデンサとにより直列共振回路と並列共振回路とを形成するとともに、径方向において第1巻線部をステータに近い側、第2巻線部をステータから遠い側に配置する構成が考えられる。この場合、ステータに近い側である第1巻線部では、ステータからの高周波励磁磁束の漏れ磁束が鎖交することで渦電流損が発生することが懸念される。この点を鑑み、第1巻線部の導体材料の体積抵抗率を、第2巻線部の導体材料の体積抵抗率よりも大きくした。これにより、第1巻線部において漏れ磁束の影響を軽減できる。その結果、界磁巻線を構成する第1巻線

部及び第2巻線部のうちステータ側となる第1巻線部での渦電流損を低減することができる。

図面の簡単な説明

- [0009] 本開示についての上記目的およびその他の目的、特徴や利点は、添付の図面を参照しながら下記の詳細な記述により、より明確になる。その図面は、
- [図1]図1は、回転電機の制御システムの全体構成図であり、
- [図2]図2は、インバータ及びその周辺構成を示す図であり、
- [図3]図3は、ロータ及びステータの横断面図であり、
- [図4]図4は、ロータが備える電気回路を示す図であり、
- [図5]図5は、ロータの全体の構成を示す斜視図であり、
- [図6]図6は、ロータの分解斜視図であり、
- [図7]図7は、ロータの縦断面図であり、
- [図8]図8は、ロータ主部において、巻線ユニットを分解して示す斜視図であり、
- [図9]図9は、ロータ主部の横断面図であり、
- [図10]図10は、第1巻線部及び第2巻線部の各導線材を模式的に示す断面図であり、
- [図11]図11は、ロータコアの各主極部に巻線部が巻装された状態を示す概略図であり、
- [図12]図12は、各巻線部におけるコイル体の接続に関する構成を示す斜視図であり、
- [図13]図13は、ロータの電気回路図であり、
- [図14]図14は、導線材の断面図であり、
- [図15]図15は、部品ホルダにおいてコイル体の導線端部どうしが接合された状態を示す縦断面図であり、
- [図16]図16は、第1巻線部及び第2巻線部の各導線材を模式的に示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0010] 以下、本開示に係る回転電機を具体化した一実施形態について、図面を参照しつつ説明する。回転電機は、例えば、電気自動車やハイブリッド自動車等の電動車両において走行動力源として用いられる。

[0011] まず、図1を用いて、回転電機を備える制御システムについて説明する。制御システムは、直流電源10、インバータ20、制御装置30及び回転電機40を備えている。回転電機40は、巻線界磁型の同期機である。例えば、回転電機40、インバータ20及び制御装置30は機電一体型駆動装置として構成されていてもよいし、回転電機40、インバータ20及び制御装置30それぞれが各コンポーネントで構成されていてもよい。

[0012] 回転電機40は、ハウジング41と、ハウジング41内に収容されるステータ50及びロータ60とを備えている。本実施形態の回転電機40は、ロータ60がステータ50の径方向内側に配置されたインナロータ型の回転電機である。ステータ50は、ステータコア51と、ステータ巻線52とを備えている。ステータ巻線52は、例えば銅線で構成されており、電気角で互いに120°ずれた状態で配置されたU、V、W相巻線52U、52V、52Wを含む。ロータ60は、ロータコア61と、界磁巻線70とを備えている。ロータコア61の中心孔には、回転軸32が組み付けられている。回転軸32は、軸受42、43によりハウジング41に回転可能に支持されている。

[0013] 図2に示すように、インバータ20は、U、V、W相の上アームスイッチ S_{Up} 、 S_{Vp} 、 S_{Wp} と、U、V、W相の下アームスイッチ S_{Un} 、 S_{Vn} 、 S_{Wn} との直列接続体を備えている。各相において上アームスイッチ S_{Up} 、 S_{Vp} 、 S_{Wp} と下アームスイッチ S_{Un} 、 S_{Vn} 、 S_{Wn} との接続点には、U、V、W相巻線52U、52V、52Wの第1端が接続されている。U、V、W相巻線52U、52V、52Wの第2端は、中性点で接続されている。すなわち、本実施形態において、ステータ巻線52は星形結線されている。ただし、ステータ巻線52は△結線されていてもよい。本実施形態において、各スイッチ $S_{Up} \sim S_{Wn}$ は、IGBTである。各スイッチS

Up～SWnには、フリーホイールダイオードが逆並列に接続されている。

[0014] 各相の上アームスイッチSUP, SVp, SWpのコレクタには、直流電源10の正極端子が接続されている。各相の下アームスイッチSun, SVn, SWnのエミッタには、直流電源10の負極端子が接続されている。なお、直流電源10には、平滑コンデンサ11が並列接続されている。

[0015] 続いて、図3を用いて、ステータ50及びロータ60について説明する。

[0016] ステータ50及びロータ60は、いずれも回転軸32と共に同軸上に配置されている。以下の記載では、回転軸32が延びる方向を軸方向とし、回転軸32の中心から放射状に延びる方向を径方向とし、回転軸32を中心として円周状に延びる方向を周方向としている。

[0017] ステータコア51は、軟磁性体からなる積層鋼板により構成されており、円環状のバックヨーク51aと、バックヨーク51aから径方向内側に向かって突出する複数のティース51bとを有している。隣り合うティース51bの間に、周方向並ぶ複数のスロット54が形成されている。これら各スロット54に各相の相巻線が所定順序で収容されることにより、ステータ巻線52が構成されている。例えば、ステータ50において、複数の導体セグメントを用いたセグメントコイル構造が採用されているとよい。ただし、ステータ巻線52の構造は任意である。

[0018] ロータコア61は、軟磁性体からなり、例えば積層鋼板により構成されている。ロータコア61は、円筒状の円筒部61aと、円筒部61aから径方向外側に向かって突出する複数の主極部62とを有している。主極部62には集中巻により界磁巻線70が巻回されている。本実施形態において、主極部62は、周方向に等間隔で8個設けられている。

[0019] 界磁巻線70は、第1巻線部71a及び第2巻線部71bを備えている。各主極部62には、径方向外側に第1巻線部71aが巻回され、第1巻線部71aよりも径方向内側に第2巻線部71bが巻回されている。ステータ50との関係で言えば、径方向において第1巻線部71aはステータ50に近い側に、第2巻線部71bはステータ50から遠い側に巻回されている。各

主極部 6 2 において、第 1 巻線部 7 1 a 及び第 2 巻線部 7 1 b の巻方向は互いに同じになっている。また、周方向に隣り合う主極部 6 2 のうち、一方に巻回された各巻線部 7 1 a, 7 1 b の巻方向と、他方に巻回された各巻線部 7 1 a, 7 1 b の巻方向とは逆になっている。このため、周方向に隣り合う主極部 6 2 どうしで互いに磁化方向が逆になる。ロータ 6 0 では、ロータコア 6 1 における各主極部 6 2 と、その各主極部 6 2 に巻装された界磁巻線 7 0 とにより、周方向に並ぶ複数の磁極（界磁極）が形成されている。

[0020] 図 4 に、主極部 6 2 に巻回された各巻線部 7 1 a, 7 1 b を備えるロータ 6 0 側の電気回路を示す。第 1 巻線部 7 1 a 及び第 2 巻線部 7 1 b は直列接続されており、第 2 巻線部 7 1 b には、複数の第 1 コンデンサ 9 1 により構成されるコンデンサ部 C C が並列接続されている。コンデンサ部 C C は、複数の第 1 コンデンサ 9 1 の並列接続体として構成されている。また、第 1 巻線部 7 1 a 及び第 2 巻線部 7 1 b の直列接続体には、第 2 コンデンサ 9 2 が並列接続されている。第 2 コンデンサ 9 2 は、ノイズ抑制用に設けられている。第 1 コンデンサ 9 1 及び第 2 コンデンサ 9 2 は、例えば積層セラミックコンデンサであり、互いに同じ構成のものとしている。

[0021] 各巻線部 7 1 a, 7 1 b からなる直列接続体の両端間には整流素子としてのダイオード 9 3 が接続されている。つまり、ダイオード 9 3 のカソードには、第 1 巻線部 7 1 a の第 1 端が接続され、第 1 巻線部 7 1 a の第 2 端には、第 2 巻線部 7 1 b の第 1 端が接続されている。第 2 巻線部 7 1 b の第 2 端には、ダイオード 9 3 のアノードが接続されている。

[0022] 本実施形態では、第 1 巻線部 7 1 a、第 1 コンデンサ 9 1 及びダイオード 9 3 により直列共振回路が構成され、第 2 巻線部 7 1 b 及び第 1 コンデンサ 9 1 により並列共振回路が構成されている。この場合、第 1 巻線部 7 1 a は第 1 コンデンサ 9 1 に直列接続され、第 2 巻線部 7 1 b は第 1 コンデンサ 9 1 に並列接続されている。直列共振回路の共振周波数である第 1 共振周波数を f_1 、並列共振回路の共振周波数である第 2 共振周波数を f_2 とすると、これら各共振周波数 f_1 , f_2 は、下式 (1), (2) で表される。 L_1 は

第1巻線部71aのインダクタンスであり、L2は第2巻線部71bのインダクタンスであり、Cは第1コンデンサ91の静電容量である。

$$f_1 = 1 / (2\pi\sqrt{L_1 \times C}) \quad \dots (1)$$

$$f_2 = 1 / (2\pi\sqrt{L_2 \times C}) \quad \dots (2)$$

ステータ巻線52に高周波励磁電流が流れると、ステータコア51及びロータコア61を含む磁気回路に主磁束の高周波成分による変動が発生する。主磁束の変動が起きることにより、各巻線部71a, 71bにそれぞれ誘起電圧が発生し、各巻線部71a, 71bに電流が誘起される。この際、各巻線部71a, 71bにそれぞれ極性の同じ誘起電圧が発生する場合、各巻線部71a, 71bの誘起電流が相殺されないため、誘起電流が増加する。ダイオード93により、各巻線部71a, 71bに流れる電流が一方向に整流される。これにより、ダイオード93により整流された方向に界磁巻線70に界磁電流が流れ、界磁巻線70が励磁される。

[0023] 図2の説明に戻り、制御装置30は、マイコン（コンピュータに相当）を主体として構成され、マイコンはCPUを備えている。制御装置30は、インバータ20を構成する各スイッチSU_p～SW_nをオンオフする駆動信号を生成する。詳しくは、制御装置30は、直流電源10から出力された直流電力を交流電力に変換してU, V, W相巻線52U, 52V, 52Wに供給すべく、各スイッチSU_p～SW_nをオンオフする駆動信号を生成し、生成した駆動信号を各スイッチSU_p～SW_nのゲートに供給する。

[0024] 制御装置30は、各相巻線52U, 52V, 52Wに基本波電流及び高周波励磁電流の合成電流を流すように各スイッチSU_p～SW_nをオンオフする。基本波電流は、回転電機40にトルクを発生させることを主とする電流である。高周波励磁電流は、基本波電流よりも周波数の高い高周波電流であり、界磁巻線70を励磁することを主とする電流である。高周波電流として高調波電流を用いることも可能である。各相巻線52U, 52V, 52Wに流れる相電流は、電気角で120°ずつずれている。

[0025] 次に、ロータ60の構成をより詳細に説明する。図5は、ロータ60の全

体の構成を示す斜視図であり、図6は、ロータ60の分解斜視図であり、図7は、ロータ60の縦断面図である。

[0026] ロータ60は大別して、ロータ主部101と、ロータ主部101の軸方向両側のうち一端側に設けられた回路モジュール102と、ロータ主部101の軸方向一端側及び他端側に取り付けられた円環部材としてのコイルエンドカバー103、104とを有している。ロータ主部101は、図3で説明したとおりロータコア61と界磁巻線70とを備えており、ロータコア61の中心孔には回転軸32が組み付けられている。界磁巻線70は、周方向に並べて配置された複数の巻線ユニット110よりなる。

[0027] 回路モジュール102は、中空部に回転軸32が挿通された状態で、回転軸32に固定されている。回路モジュール102は、界磁巻線70のコイルエンド部に軸方向に対向する位置に設けられている。回路モジュール102は、図4で説明した各コンデンサ91、92、ダイオード93や、これら各素子を電氣的に接続するバスバー等を備える電気回路部である。

[0028] 図8は、ロータ主部101において、巻線ユニット110を分解して示す斜視図であり、図9は、ロータ主部101の一部について断面構造を示す横断面図である。ロータ主部101は、ロータ60の磁極ごとに設けられた複数の巻線ユニット110を有している。各巻線ユニット110は、軸方向を長手方向とする環状に形成され、その中空部分にロータコア61の主極部62が挿通された状態でロータコア61に組み付けられている。

[0029] 巻線ユニット110は、主極部62への装着状態で径方向外側となる第1コイルモジュール111と、径方向内側となる第2コイルモジュール112とを有している。第1コイルモジュール111は、第1巻線部71aに相当するコイルモジュールであり、第2コイルモジュール112は、第2巻線部71bに相当するコイルモジュールである。

[0030] 第1コイルモジュール111は、平角線からなる導線材がロータ60の周方向及び径方向に多重に巻回されてなる環状のコイル体121と、そのコイル体121に一体に設けられた薄板状の絶縁体122とを有している。絶縁

体 1 2 2 は、周方向に延びかつコイル体 1 2 1 の径方向外側及び径方向内側を覆う部分と、径方向に延びかつコイル体 1 2 1 の中空部を覆う部分とを有している。つまり、コイル体 1 2 1 は、径方向内外になる部位と、主極部 6 2 に対向する内周側の部位とが絶縁体 1 2 2 により絶縁被覆されている。

[0031] 第 2 コイルモジュール 1 1 2 は、平角線からなる導線材がロータ 6 0 の周方向及び径方向に多重に巻回されてなる環状のコイル体 1 2 3 と、そのコイル体 1 2 3 に一体に設けられた薄板状の絶縁体 1 2 4 とを有している。絶縁体 1 2 4 は、周方向に延びかつコイル体 1 2 3 の径方向外側及び径方向内側を覆う部分と、径方向に延びかつコイル体 1 2 3 の中空部を覆う部分とを有している。つまり、コイル体 1 2 3 は、径方向内外になる部位と、主極部 6 2 に対向する内周側の部位とが絶縁体 1 2 4 により絶縁被覆されている。

[0032] コイル体 1 2 1, 1 2 3 は、例えば α 巻きコイルとして構成され、周回の重なり方向（ロータ周方向）に多重となり、かつ中空部の延びる方向（ロータ径方向）に 2 層となるように導線材が巻回された空芯コイルである。本実施形態では、コイル体 1 2 1, 1 2 3 の導線材として、導体断面が長辺及び短辺を有する矩形状の平角導線を用いることとしている。コイル体 1 2 1, 1 2 3 は、導線材の周回により長辺部が多重に重なる向きで巻回されている。平角線は、アルミニウム等からなる導体と、導体を覆う絶縁層とからなる。

[0033] 第 1 コイルモジュール 1 1 1 では、1 つのコイル体 1 2 1 から軸方向に 2 本の導線端部 1 2 5 が引き出されている。第 2 コイルモジュール 1 1 2 では、径方向に並ぶ 3 つのコイル体 1 2 3 から軸方向に計 6 本の導線端部 1 2 6 が引き出されている。

[0034] 図 9 に示すように、第 1 コイルモジュール 1 1 1 では、導線材が径方向に 2 層に巻装され、第 2 コイルモジュール 1 1 2 では、導線材が径方向に 6 層に巻装されている。コイル体 1 2 1, 1 2 3 で言えば、第 1 コイルモジュール 1 1 1 では、コイル体 1 2 1 が径方向に 1 つ設けられ、第 2 コイルモジュール 1 1 2 では、コイル体 1 2 3 が径方向に 3 つ並べて設けられている。こ

の場合、各主極部 6 2 における第 2 巻線部 7 1 b の巻き数が、第 1 巻線部 7 1 a の巻き数よりも多くなっている。なお、各コイルモジュール 1 1 1, 1 1 2 では、周方向の巻き線数（換言すれば周方向の導線材の並び数）が相違しており、径方向外側では径方向内側に比べて巻き線数が多くなっている。これにより、界磁巻線 7 0 における占積率の向上が図られている。

[0035] また、ロータ主部 1 0 1 においてロータコア 6 1 の主極部 6 2 どうしの間には、各主極部 6 2 に第 1 コイルモジュール 1 1 1 及び第 2 コイルモジュール 1 1 2 を組み付けた状態で、これら各コイルモジュール 1 1 1, 1 1 2 の組み付け状態を保持する保持板 1 2 7, 1 2 8 が設けられている。保持板 1 2 7 は、第 1 コイルモジュール 1 1 1 の径方向外側に取り付けられ、保持板 1 2 8 は、第 1 コイルモジュール 1 1 1 と第 2 コイルモジュール 1 1 2 との間に取り付けられている。

[0036] なお、図 6 に示すように、ロータ 6 0 は、巻線ユニット 1 1 0 の軸方向端部に組み付けられるコイルエンドリング 8 1 を有している。コイルエンドリング 8 1 は、図 7 に示すように、径方向において第 1 コイルモジュール 1 1 1 のコイルエンド部と第 2 コイルモジュール 1 1 2 のコイルエンド部との間であって、かつ軸方向において保持板 1 2 8 とコイルエンドカバー 1 0 3 との間に挟まれた状態で設けられている。

[0037] ところで、本実施形態では、巻線界磁型のロータ 6 0 において、界磁巻線 7 0 である各巻線部 7 1 a, 7 1 b と第 1 コンデンサ 9 1 とにより直列共振回路と並列共振回路とを形成するとともに、径方向内側の第 2 巻線部 7 1 b の巻き数を、径方向外側の第 1 巻線部 7 1 a の巻き数よりも多くした構成としている。この場合、第 2 巻線部 7 1 b の巻き数を第 1 巻線部 7 1 a よりも多くすることで、第 2 巻線部 7 1 b のインダクタンスが大きくなり界磁電流の増加が可能となる。ここで、第 2 巻線部 7 1 b の巻き数を第 1 巻線部 7 1 a よりも多くした構成では、第 2 巻線部 7 1 b の電流値（電流実効値）が第 1 巻線部 7 1 a の電流値よりも小さくなり、換言すれば、第 2 巻線部 7 1 b で通電可能とする電流は第 1 巻線部 7 1 a よりも小電流であればよいことと

なる。

[0038] この点を鑑み、本実施形態では、第2巻線部71bに用いられる導線材の導体断面積を、第1巻線部71aに用いられる導線材の導体断面積よりも小さくしている。以下に、界磁巻線70の巻線構造に関する特徴点を説明する。

[0039] 図10は、第1巻線部71a及び第2巻線部71bの各導線材C1、C2を模式的に示す断面図である。図10では、主極部62に巻回された状態で第1巻線部71aのコイル体121と第2巻線部71bのコイル体123とが1つずつ示されており、図の上下方向が径方向、図の左右方向が周方向である。

[0040] 図10に示すように、コイル体121（第1巻線部71a）の導線材C1と、コイル体123（第2巻線部71b）の導線材C2とは横断面の面積、すなわち導体断面積が相違しており、導線材C2では、導線材C1に比べて導体断面積が小さくなっている。より具体的には、導線材C1の長辺及び短辺の長さ寸法をD1、D2、導線材C2の長辺及び短辺の長さ寸法をD3、D4とする場合に、これら各長さ寸法は、 $D1 = D3$ 、 $D2 > D4$ の関係になっている。つまり、導線材C2は、導線材C1と比べて長辺の長さ寸法が同じであり、かつ短辺の長さ寸法が小さいものとなっている。この場合、第1巻線部71a及び第2巻線部71bにおいて同じ導体断面積の導線材を用いる場合と比べて、第2巻線部71bにおける巻き数を増やすことが可能になっている。

[0041] また、図9に示すように、ロータコア61では、周方向に隣り合う主極部62の間が導線材の巻回スペースとなっており、径方向で見ると、径方向内側では相対的に巻回スペースが狭くなっている。この点、第2巻線部71bの導線材C2の導体断面積が、第1巻線部71aの導線材C1の導体断面積よりも小さいため、相対的に狭小な巻回スペースであっても導線材C2の巻き数を確保できるものとなっている。

[0042] 図11は、ロータコア61の各主極部62に各巻線部71a、71bが巻

装された状態を示す概略図である。図 11 では、径方向外側の導体 2 層分を第 1 巻線部 71a とし、その径方向内側の導体 4 層分を第 2 巻線部 71b としている。第 1 巻線部 71a は、周方向に並ぶ各主極部 62 にコイル体 121 が各々組み付けられ、かつそのコイル体 121 が直列接続されることにより構成されている。ここでは、第 1 巻線部 71a を構成する各コイル体 121 を、時計回り方向で順に C11, C12, C13, …C18 としており、それら各コイル体 C11 ~ C18 が周方向に隣り合うものどうしで直列に接続されることにより、第 1 巻線部 71a が構成されている。

[0043] また、第 2 巻線部 71b は、周方向に並ぶ各主極部 62 にコイル体 123 が各々 2 つずつ組み付けられ、かつそのコイル体 123 が直列接続されることにより構成されている。ここでは、第 2 巻線部 71b のうち第 1 巻線部 71a の隣の各コイル体 123 を、順に C21, C22, C23, …C28 とし、その径方向内側の各コイル体 123 を、順に C31, C32, C33, …C38 としている。第 2 巻線部 71b は、各コイル体 C21 ~ C28 の直列接続体の一端と、各コイル体 C31 ~ C38 の直列接続体の一端とが接続されることにより構成されている。図 11 では、説明の便宜上、各主極部 62 に組み付けられるコイル体 123 を 2 個ずつとしたが、これを 3 個以上とする場合も同様である。

[0044] 図 12 は、ロータ 60 において、各巻線部 71a, 71b におけるコイル体 121, 123 の接続に関する構成を示す斜視図である。図 12 には、ロータ主部 101 の軸方向片側に回路モジュール 102 が組み付けられた状態が示されている。

[0045] 回路モジュール 102 は、上述した各コンデンサ 91, 92 やダイオード 93 を保持する部品ホルダ 130 を備えている。部品ホルダ 130 は、合成樹脂等の電氣的絶縁性を有する材料にて構成されている。部品ホルダ 130 は、円環状をなす本体部 131 と、本体部 131 から径方向外側に向けて放射状に延びる複数の導線固定部 132 とを備えている。図 12 では樹脂モールド部 105 により覆われて不図示となっているが、本体部 131 には、回

転軸 3 2 を囲む円環状となる位置に、各コンデンサ 9 1, 9 2 やダイオード 9 3 が並べて設けられている。

[0046] 部品ホルダ 1 3 0 には、主極部 6 2 と同数（8つ）の導線固定部 1 3 2 が設けられている。各導線固定部 1 3 2 には、軸方向に貫通する複数の挿通孔 1 3 3 が形成されている。これら各挿通孔 1 3 3 には、各巻線部 7 1 a, 7 1 b のコイル体 1 2 1, 1 2 3 から延びる導線端部 1 2 5, 1 2 6 が挿通され、導線端部 1 2 5, 1 2 6 に挿通された導線端部 1 2 5, 1 2 6 どうしが溶接等により接合されている。

[0047] 8つの導線固定部 1 3 2 のうち、図 1 2 に示した3つの導線固定部 1 3 2 A, 1 3 2 B, 1 3 2 Cについて詳しく説明する。

[0048] 導線固定部 1 3 2 A では、径方向に4列に並ぶ各コイル体 1 2 1, 1 2 3 について同列のコイル体どうしが接続されている。具体的には、導線固定部 1 3 2 A において、接続部 X 1 では、周方向に隣り合う各コイル体 1 2 1 の導線端部 1 2 5 が1つずつ挿通孔 1 3 3 に挿通され、その導線端部 1 2 5 どうしが接続されている。また、接続部 X 2 ~ X 4 ではそれぞれ、周方向に隣り合う各コイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 が1つずつ挿通孔 1 3 3 に挿通され、その導線端部 1 2 6 どうしが接続されている。接続部 X 5 では、第 1 コンデンサ 9 1 との接続のためのバスバー 1 4 1, 1 4 2 が接続されている。

[0049] 接続部 X 1 ~ X 4、すなわち各コイル体 1 2 1, 1 2 3 の導線端部 1 2 5 どうし又は導線端部 1 2 6 どうしが接続される部位では、平角線である導線材の長辺どうしが互いに接合された状態で溶接等により各コイル体 1 2 1, 1 2 3 が接続されている。この場合、導線材の短辺どうしが互いに接合される構成に比べて大きい接合面が確保できる。そのため、強度面及び導通性のいずれにおいても適正な接続が可能となっている。

[0050] 導線固定部 1 3 2 A では、3箇所の接続部 X 2 ~ X 4 においてコイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 どうしが接続されている。つまり、第 2 巻線部 7 1 b では、周方向に並ぶコイル体 1 2 3 と同数の箇所で導線端部 1 2 6 どうしが接続されている。ここで、コイル体 1 2 3 の導線材 C 2 の導体断面積をコイ

ル体 1 2 1 の導線材 C 1 よりも小さくする構成として、仮に第 2 巻線部 7 1 b において導線材 C 2 の径方向の幅寸法を導線材 C 1 よりも小さくすると、径方向に並ぶコイル体 1 2 3 の数が増え、コイル体 1 2 3 どうしを接続する接続箇所が増える。この点、本実施形態では、導線材 C 2 の断面積縮小のための構成として、導線材 C 2 の周方向の幅寸法を導線材 C 1 よりも小さくしたため、径方向に並ぶコイル体 1 2 3 の数が増えることはない。これにより、コイル体 1 2 3 どうしの接続箇所の増えることによる作業性の低下が抑制されている。

[0051] 一方、導線固定部 1 3 2 B では、各列のコイル体 1 2 1, 1 2 3 において異なる列のものどうしの接続（レーンチェンジ接続）や、バスバーを介しての各コンデンサ 9 1, 9 2 やダイオード 9 3 との接続が行われている。具体的には、導線固定部 1 3 2 B において、接続部 Y 1 では、第 1 巻線部 7 1 a のコイル体 1 2 1 の導線端部 1 2 5 と、第 2 コンデンサ 9 2 用のバスバー 1 4 3 の一方の端部と、ダイオード 9 3 のカソード接続用のバスバー 1 4 4 の端部とが接続されている。この接続部 Y 1 の接続は、図 1 3 の回路図において接続点 A 1 の接続に相当する。また、接続部 Y 2 では、第 1 巻線部 7 1 a のコイル体 1 2 1 の導線端部 1 2 5 と、第 2 巻線部 7 1 b のコイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 と、第 1 コンデンサ 9 1 用のバスバー 1 4 2 の端部とが接続されている。この接続部 Y 2 の接続は、図 1 3 の回路図において接続点 A 2 の接続に相当する。

[0052] 接続部 Y 2 においてコイル体 1 2 1, 1 2 3 の導線端部 1 2 5, 1 2 6 の接続は、導体断面積が相違する導線材 C 1, C 2（図 1 0 参照）が接合された状態で行われる。具体的には、コイル体 1 2 1, 1 2 3 の導線材 C 1, C 2 は、長辺どうしが互いに接合された状態で溶接等により接続されている。この場合、コイル体 1 2 1, 1 2 3 の各導線材 C 1, C 2 は、導体断面積が相違しているものの、コイル体 1 2 3 の導線材 C 2 は、コイル体 1 2 1 の導線材 C 1 と比べて長辺の長さ寸法が同じであるため、互いの接合面が十分に確保できるものとなっている。

- [0053] 接続部 Y 3, Y 4 ではそれぞれ、異なる列の各コイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 どうしが接続されている。接続部 Y 5 では、第 2 コンデンサ 9 2 との接続のためのバスバー 1 4 3, 1 4 5 が接続されている。
- [0054] また、導線固定部 1 3 2 C において、接続部 Z 1 では、第 2 巻線部 7 1 b のコイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 と、各コンデンサ 9 1, 9 2 共通のバスバー 1 4 6 の端部と、ダイオード 9 3 のアノード接続用のバスバー 1 4 7 の端部とが接続されている。この接続部 Z 1 の接続は、図 1 3 の回路図において接続点 A 3 の接続に相当する。
- [0055] 第 1 巻線部 7 1 a 及び第 2 巻線部 7 1 b の少なくともいずれかの導線材 C 1, C 2 は、複数の素線を束ねた束線（分割線）であるとよい。
- [0056] 具体的には、図 1 4 (a) に示すように、導線材 C 1 は、複数の素線 1 5 1 とそれら各素線 1 5 1 を外周側から覆う外周被覆部 1 5 2 とにより構成されている。また、図 1 4 (b) に示すように、導線材 C 2 は、同じく複数の素線 1 5 1 とそれら各素線 1 5 1 を外周側から覆う外周被覆部 1 5 2 とにより構成されている。導線材 C 1, C 2 は、いずれも同じ素線 1 5 1 を用いて構成されているが、素線 1 5 1 の数の違いにより横断面が異なるものとなっている。素線 1 5 1 は、導体とその導体を覆う絶縁被膜とを有する被覆導線であるとよい。なお、各導線材 C 1, C 2 において互いに異なる素線 1 5 1 を用いる構成としてもよく、例えば導線材 C 1 の素線 1 5 1 の断面積を、導線材 C 2 の素線 1 5 1 の断面積よりも大きくしてもよい。素線 1 5 1 は、横断面が矩形状の角線としているが、丸線であってもよい。導線材 C 1, C 2 は、複数の素線 1 5 1 が撚られている撚り線であってもよい。
- [0057] 回転電機 4 0 において、ロータ 6 0 の界磁巻線 7 0 には励磁周波数に対応した高周波電流が流れるため、各巻線部 7 1 a, 7 1 b では表皮効果の影響を受けることが考えられる。この点、各巻線部 7 1 a, 7 1 b の導線材 C 1, C 2 を、複数の素線 1 5 1 を束ねた束線、すなわち導体断面を複数に分割した分割線とすることにより、各巻線部 7 1 a, 7 1 b における表皮効果の影響が低減される。

[0058] また、界磁巻線 70 では、径方向外側の第 1 巻線部 71 a がステータ 50 に近い側、径方向内側の第 2 巻線部 71 b がステータ 50 から遠い側となっており、第 1 巻線部 71 a では、ステータ 50 からの高周波励磁磁束の漏れ磁束が鎖交することで渦電流損が発生することが懸念される。その対策として、第 1 巻線部 71 a の導体材料の体積抵抗率を、第 2 巻線部 71 b の導体材料の体積抵抗率よりも大きくするとよい。

[0059] 具体的には、例えば第 1 巻線部 71 a（コイル体 121）の導体材料をアルミニウムとし、第 2 巻線部 71 b（コイル体 123）の導体材料を銅とする。第 1 巻線部 71 a の導体材料を CNT（カーボンナノチューブ）とし、第 2 巻線部 71 b の導体材料を銅とすることも可能である。これにより、第 1 巻線部 71 a において漏れ磁束の影響が軽減され、渦電流損の低減が可能となる。また、各巻線部 71 a, 71 b の線材を互いに異なるものとし、漏れ磁束の影響が比較的小さい第 2 巻線部 71 b については電気抵抗の小さい材質にしたため、第 2 巻線部 71 b での電流減少が抑制されるものとなっている。

[0060] 第 1 巻線部 71 a をアルミ線、第 2 巻線部 71 b を銅線とする場合、第 1 巻線部 71 a の導体材料が、第 2 巻線部 71 b の導体材料に比べて体積抵抗率が大きくかつ比重が小さいものとなる。これにより、径方向外側（ステータ 50 側）の第 1 巻線部 71 a において、ステータ 50 から漏れ磁束に起因する渦電流損の低減に加え、ロータ回転時の遠心力の低減が可能となっている。

[0061] 第 1 巻線部 71 a と第 2 巻線部 71 b とが互いに異なる材料である場合には、その接合部分への水分の付着によりガルバニック腐食が発生することが懸念される。この点を鑑み、第 1 巻線部 71 a 及び第 2 巻線部 71 b における導線材どうしの接合部分が絶縁材により覆われているとよい。

[0062] 図 15 は、回路モジュール 102 の部品ホルダ 130 において、コイル体 121 の導線端部 125 とコイル体 123 の導線端部 126 とが接合された状態を示す縦断面図である。図 15 では、コイル体 121, 123 の導線端

部 1 2 5, 1 2 6 が、部品ホルダ 1 3 0 の導線固定部 1 3 2 において挿通孔 1 3 3 に挿通され、その先端側において溶接等により接合されている。そして、導線端部 1 2 5, 1 2 6 の接合部分を覆うようにして、エポキシ樹脂等の樹脂材よりなる樹脂被覆部 1 6 1 が形成されている。樹脂被覆部 1 6 1 は、導線端部 1 2 5, 1 2 6 の接合部分の全体を覆い、かつその一部が導線固定部 1 3 2 の挿通孔 1 3 3 内に入り込む状態で設けられているとよい。樹脂被覆部 1 6 1 により、第 1 巻線部 7 1 a と第 2 巻線部 7 1 b とを異なる材料としてもその接合部分のガルバニック腐食が抑制される。

[0063] なお、樹脂被覆部 1 6 1 は、コイル体 1 2 1 の導線端部 1 2 5 とコイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 との接合部分だけでなく、他の接合部分、すなわちコイル体 1 2 1 の導線端部 1 2 5 どうしの接合部分や、コイル体 1 2 3 の導線端部 1 2 6 どうしの接合部分にも設けられているとよい。

[0064] 以上詳述した本実施形態によれば、以下の優れた効果が得られる。

[0065] 界磁巻線 7 0 において、第 1 巻線部 7 1 a の導体材料の体積抵抗率を、第 2 巻線部 7 1 b の導体材料の体積抵抗率よりも大きくした。これにより、第 1 巻線部 7 1 a において漏れ磁束の影響を軽減できる。その結果、界磁巻線 7 0 を構成する各巻線部 7 1 a, 7 1 b のうちステータ 5 0 側となる第 1 巻線部 7 1 a での渦電流損を低減することができる。

[0066] また、界磁巻線 7 0 において、第 1 巻線部 7 1 a の導体材料を、第 2 巻線部 7 1 b の導体材料に比べて、体積抵抗率が大きく、かつ比重が小さいものとした。つまり、径方向外側の第 1 巻線部 7 1 a の導線材として、相対的に高抵抗かつ軽量となる高抵抗軽量材を用いる構成とした。これにより、第 1 巻線部 7 1 a において渦電流損の低減に加え、ロータ回転時の遠心力の低減を図ることができる。

[0067] 回転電機 4 0 では、ロータ 6 0 の界磁巻線 7 0 に励磁周波数に対応した高周波電流が流れるため、各巻線部 7 1 a, 7 1 b において表皮効果の影響を受けることが考えられる。この点、各巻線部 7 1 a, 7 1 b の導線材として束線を用いることで、各巻線部 7 1 a, 7 1 b における表皮効果の影響を低

減し、更なる損失抑制を図ることができる。

[0068] 界磁巻線 70 の第 1 巻線部 71 a と第 2 巻線部 71 b とが互いに異なる材料である場合には、その接合部分への水分の付着によりガルバニック腐食が発生することが懸念される。この点を鑑み、第 1 巻線部 71 a 及び第 2 巻線部 71 b における導線材どうしの接合部分を絶縁材により覆う構成とした。これにより、第 1 巻線部 71 a と第 2 巻線部 71 b とを異なる材料としてもその接合部分のガルバニック腐食を抑制することができる。

[0069] (他の実施形態)

上記実施形態を例えば次のように変更してもよい。

[0070] ・各巻線部 71 a, 71 b の導線材 C1, C2 は、いずれか一方のみが束線である構成、又は導線材 C1, C2 の両方が束線でない構成であってもよい。

[0071] 図 16 には、第 1 巻線部 71 a の導線材 C1 を束線とし、第 2 巻線部 71 b の導線材 C2 を束線でなく単線とした構成を示す。この場合、ステータ 50 からの高周波励磁磁束の漏れ磁束を受けやすい第 1 巻線部 71 a において過電流損の低減効果を高めることができる。一方、束線は単線に比べて外径寸法のばらつきが生じやすく、主極部 62 の径方向内側となる部位に巻回される第 2 巻線部 71 b を束線にすると、相対的に狭小となるスペースにおいて寸法ばらつきに起因して導線材の巻回に支障が生じることが懸念される。この点、第 2 巻線部 71 b を束線とせず単線にすることで、導線材の巻回に支障が生じることを抑制できる。

[0072] ・上記実施形態では、第 2 巻線部 71 b の導線材 C2 の導体断面積を第 1 巻線部 71 a の導線材 C1 の導体断面積よりも小さくする構成として、導線材 C2 において導線材 C1 と比べて長辺の長さ寸法を同じとし、かつ短辺の長さ寸法を小さくしたが（図 10 参照）、これを変更してもよい。例えば、導線材 C2 は、導線材 C1 と比べて短辺の長さ寸法が同じであり、かつ長辺の長さ寸法が小さい構成であってもよい。又は、導線材 C2 は、導線材 C1 と比べて長辺及び短辺の長さ寸法が小さい構成であってもよい。

- [0073] ・上記実施形態では、各巻線部 7 1 a, 7 1 b の導線材をいずれも平角線としたが、これを変更してもよい。例えば、各巻線部 7 1 a, 7 1 b のうち一方の導線材を平角線とし、他方の導線材を丸線としてもよい。又は、両方の導線材を丸線とすることも可能である。
- [0074] ・上記実施形態では、各巻線部 7 1 a, 7 1 b においてコイル体 1 2 1, 1 2 3 の導線端部どうしを溶接により接合する構成としたが、これを変更し、導線端部どうしをカシメやボルト締結などにより接合する構成としてもよい。
- [0075] ・各巻線部 7 1 a, 7 1 b の導体材料を同じものにすることも可能である。具体的には、各巻線部 7 1 a, 7 1 b の導体材料を、例えばアルミニウム、銅、C N T のいずれかにすることが可能である。
- [0076] ・回転電機は、インナロータ型の回転電機に限らず、アウトロータ型の回転電機であってもよい。アウトロータ型の回転電機では、ステータ 5 0 が径方向内側、ロータ 6 0 が径方向外側に配置される。この場合、主極部 6 2 は、ロータコアの環状ヨーク部から径方向内側に突出している。界磁巻線 7 0 において、第 1 巻線部 7 1 a は、径方向内側（ステータ 5 0 側）に配置され、第 2 巻線部 7 1 b は、径方向外側（反ステータ側）に配置されるとよい。
- [0077] ・ステータ 5 0 において、ステータコアは、ティースが設けられていないティースレスコアであってもよい。
- [0078] ・回転電機としては、車載主機として用いられる回転電機に限らず、例えば、電動機兼発電機である I S G (Integrated Starter Generator) として用いられる回転電機であってもよい。
- [0079] ・回転電機システムが搭載される移動体としては、車両に限らず、例えば、航空機又は船舶であってもよい。また、回転電機システムは、移動体に搭載されるシステムに限らず、定置式のシステムであってもよい。
- [0080] 上述の実施形態から抽出される技術思想を以下に記載する。

[構成 1]

ステータ巻線 (5 2) を有するステータ (5 0) と、

周方向に並ぶ磁極ごとに設けられ径方向に突出する主極部（６２）を有するロータコア（６１）と、前記主極部に巻回された界磁巻線（７０）とを有するロータ（６０）と、を備え、

前記界磁巻線に界磁電流を誘起させるための高周波電流が前記ステータ巻線に流れる巻線界磁型回転電機（４０）であって、

前記界磁巻線は、第１巻線部（７１ａ）及び第２巻線部（７１ｂ）の直列接続体を有し、径方向において前記第１巻線部を前記ステータに近い側、前記第２巻線部を前記ステータから遠い側にして、これら各巻線部が前記各主極部に巻回されており、

前記第１巻線部は、コンデンサ（９１）に直列接続されることにより直列共振回路を構成し、前記第２巻線部は、前記コンデンサに並列接続されることにより並列共振回路を構成するものであり、

前記第１巻線部の導体材料の体積抵抗率が、前記第２巻線部の導体材料の体積抵抗率よりも大きい、巻線界磁型回転電機。

[構成２]

前記ステータを径方向外側、前記ロータを径方向内側に配置したインナロータ構造の巻線界磁型回転電機であり、

前記第１巻線部の導体材料は、前記第２巻線部の導体材料よりも比重が小さい、構成１に記載の巻線界磁型回転電機。

[構成３]

前記第１巻線部及び前記第２巻線部の少なくともいずれかの導線材は、複数の素線を束ねた束線である、構成１又は２に記載の巻線界磁型回転電機。

[構成４]

前記ステータを径方向外側、前記ロータを径方向内側に配置したインナロータ構造の巻線界磁型回転電機であり、

前記第１巻線部の導線材は、複数の素線を束ねた束線であり、前記第２巻線部の導線材は前記束線でない、構成１又２に記載の巻線界磁型回転電機。

[構成５]

前記第 1 巻線部及び前記第 2 巻線部は、各々の導線材が互いに接合されることで電氣的に接続されるものであり、

前記第 1 巻線部及び前記第 2 巻線部における導線材どうしの接合部分は絶縁材により覆われている、構成 1 ～ 4 のいずれかに記載の巻線界磁型回転電機。

[0081] 本開示は、実施例に準拠して記述されたが、本開示は当該実施例や構造に限定されるものではないと理解される。本開示は、様々な変形例や均等範囲内の変形をも包含する。加えて、様々な組み合わせや形態、さらには、それらに一要素のみ、それ以上、あるいはそれ以下、を含む他の組み合わせや形態をも、本開示の範疇や思想範囲に入るものである。

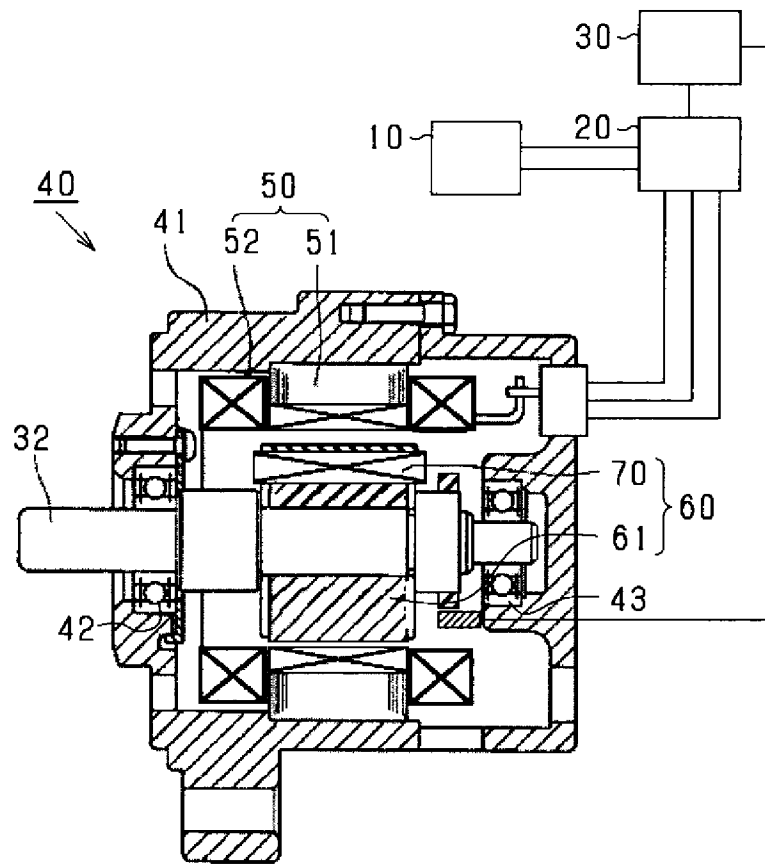
請求の範囲

- [請求項1] ステータ巻線（５２）を有するステータ（５０）と、
 周方向に並ぶ磁極ごとに設けられ径方向に突出する主極部（６２）
 を有するロータコア（６１）と、前記主極部に巻回された界磁巻線（
 ７０）とを有するロータ（６０）と、を備え、
 前記界磁巻線に界磁電流を誘起させるための高周波電流が前記ステ
 ータ巻線に流れる巻線界磁型回転電機（４０）であって、
 前記界磁巻線は、第１巻線部（７１ａ）及び第２巻線部（７１ｂ）
 の直列接続体を有し、径方向において前記第１巻線部を前記ステータ
 に近い側、前記第２巻線部を前記ステータから遠い側にして、これら
 各巻線部が前記各主極部に巻回されており、
 前記第１巻線部は、コンデンサ（９１）に直列接続されることによ
 り直列共振回路を構成し、前記第２巻線部は、前記コンデンサに並列
 接続されることにより並列共振回路を構成するものであり、
 前記第１巻線部の導体材料の体積抵抗率が、前記第２巻線部の導体
 材料の体積抵抗率よりも大きい、巻線界磁型回転電機。
- [請求項2] 前記ステータを径方向外側、前記ロータを径方向内側に配置したイン
 ナロータ構造の巻線界磁型回転電機であり、
 前記第１巻線部の導体材料は、前記第２巻線部の導体材料よりも比
 重が小さい、請求項１に記載の巻線界磁型回転電機。
- [請求項3] 前記第１巻線部及び前記第２巻線部の少なくともいずれかの導線材
 は、複数の素線を束ねた束線である、請求項１又は２に記載の巻線界
 磁型回転電機。
- [請求項4] 前記ステータを径方向外側、前記ロータを径方向内側に配置したイン
 ナロータ構造の巻線界磁型回転電機であり、
 前記第１巻線部の導線材は、複数の素線を束ねた束線であり、前記
 第２巻線部の導線材は前記束線でない、請求項１又２に記載の巻線界
 磁型回転電機。

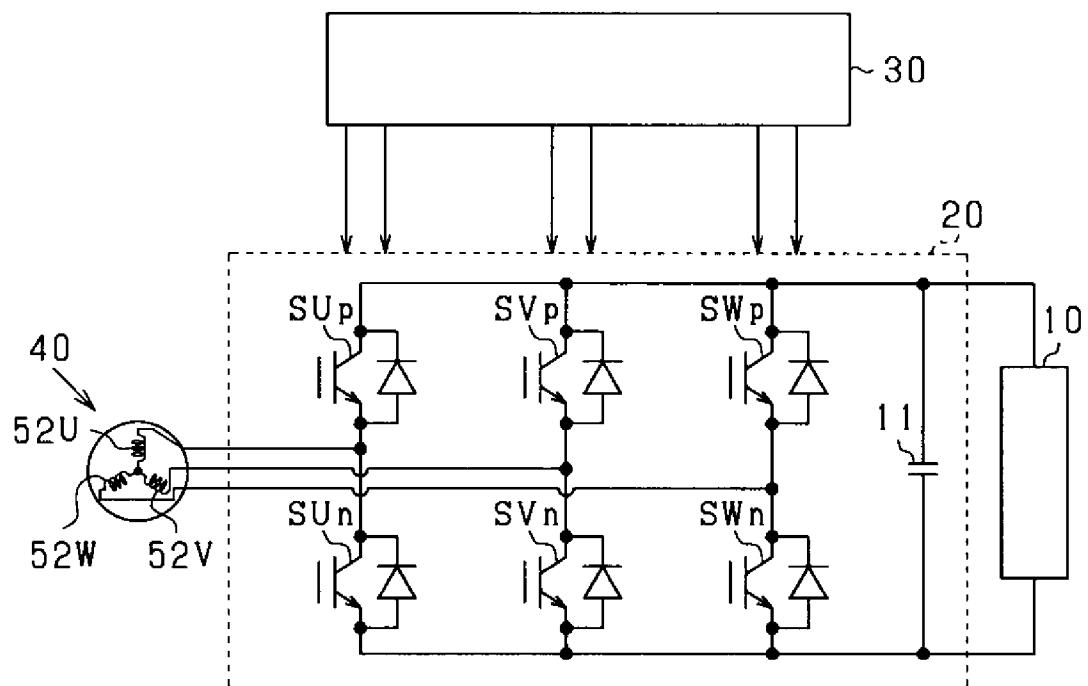
[請求項5] 前記第 1 巻線部及び前記第 2 巻線部は、各々の導線材が互いに接合されることで電氣的に接続されるものであり、

前記第 1 巻線部及び前記第 2 巻線部における導線材どうしの接合部分は絶縁材により覆われている、請求項 1 又は 2 に記載の巻線界磁型回転電機。

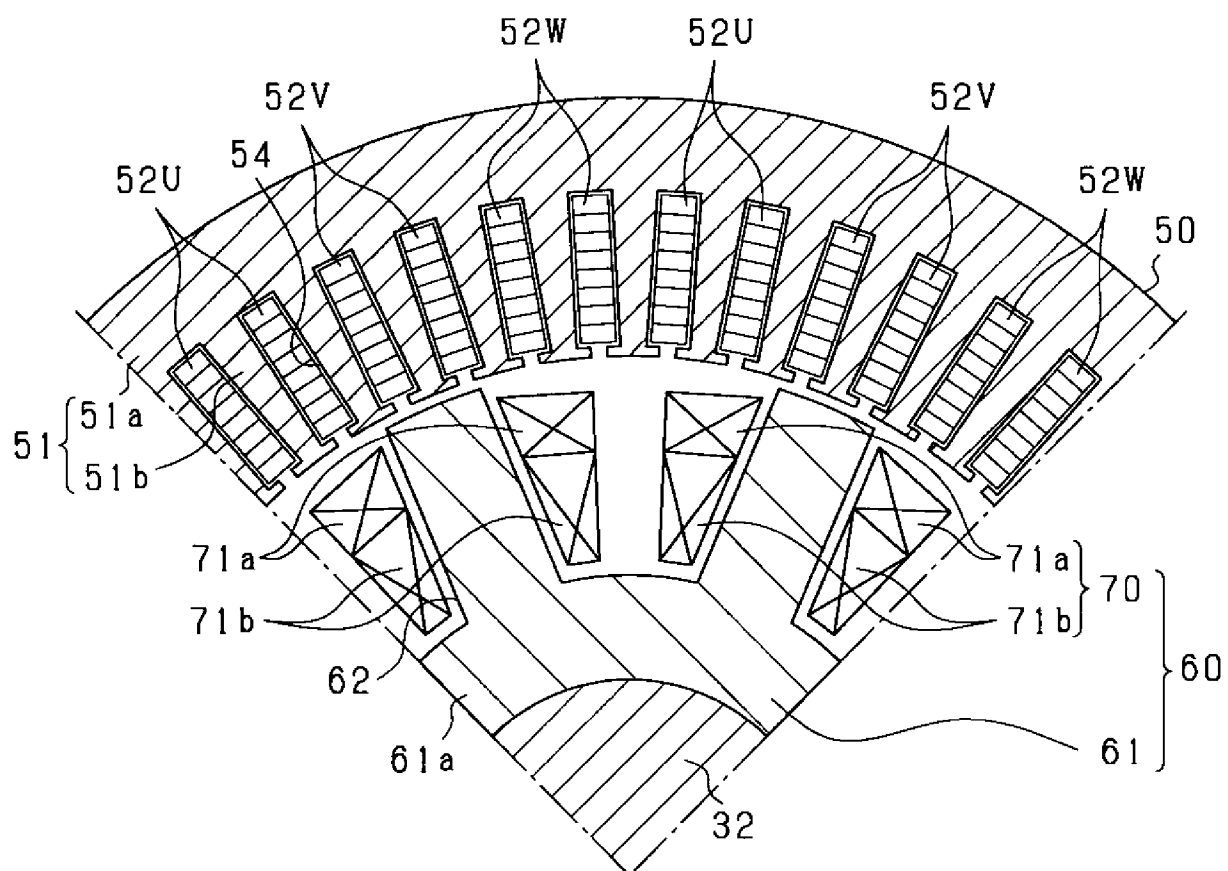
[図1]



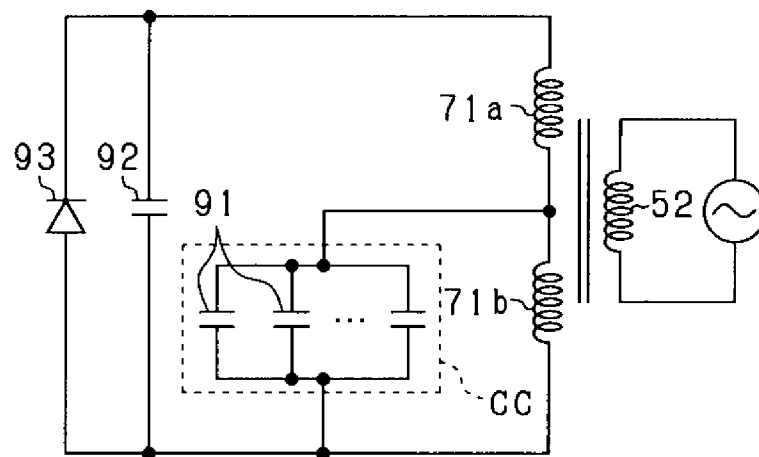
[図2]



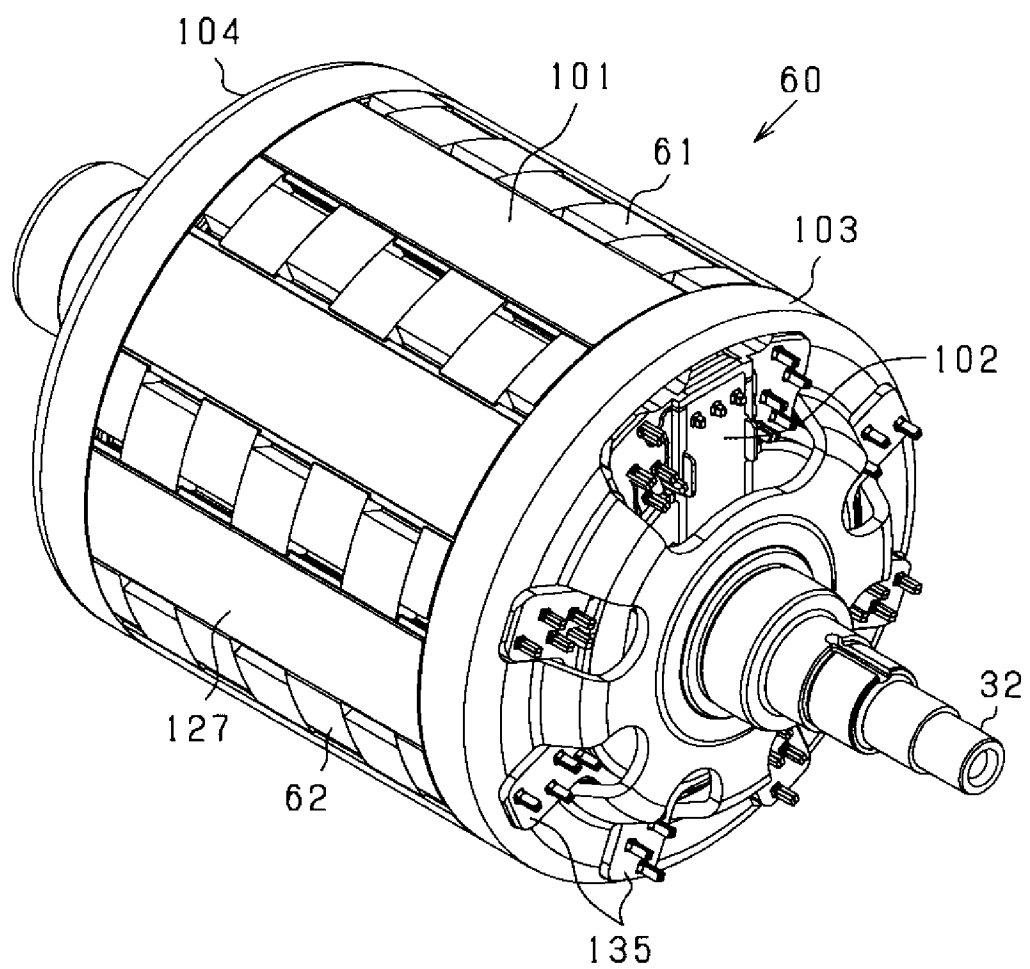
[図3]



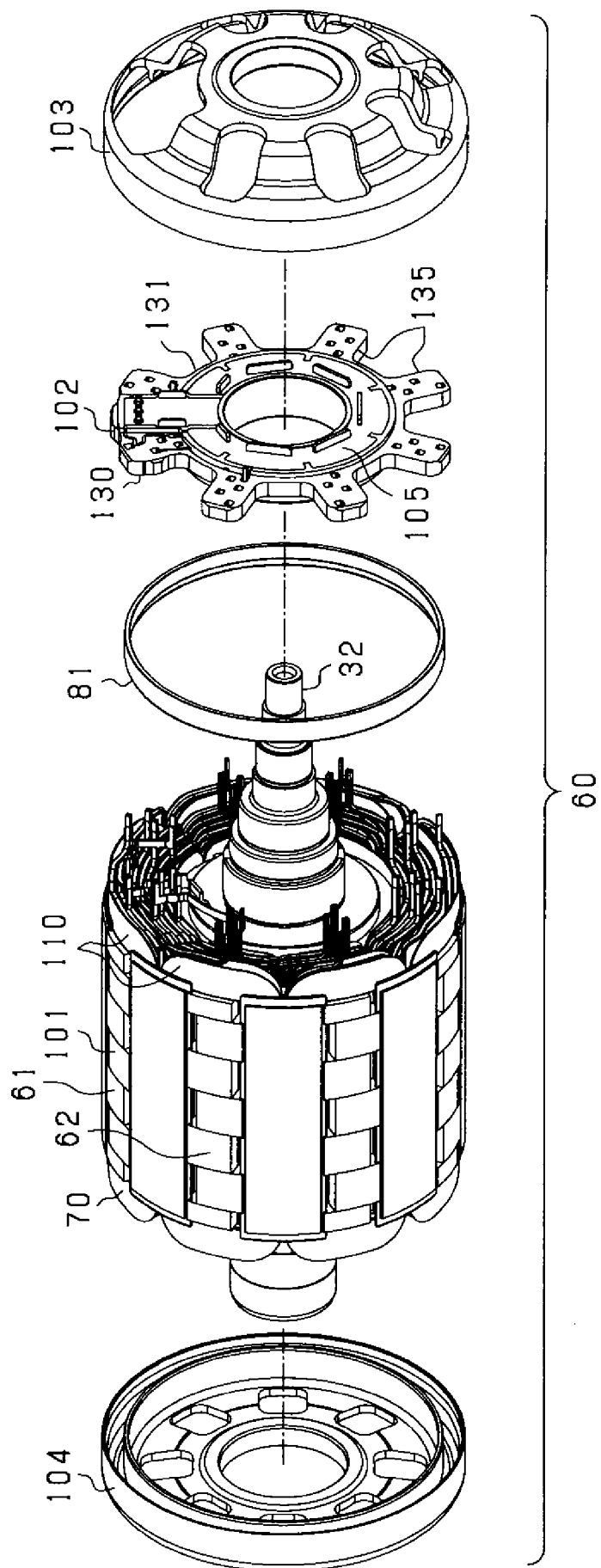
[図4]



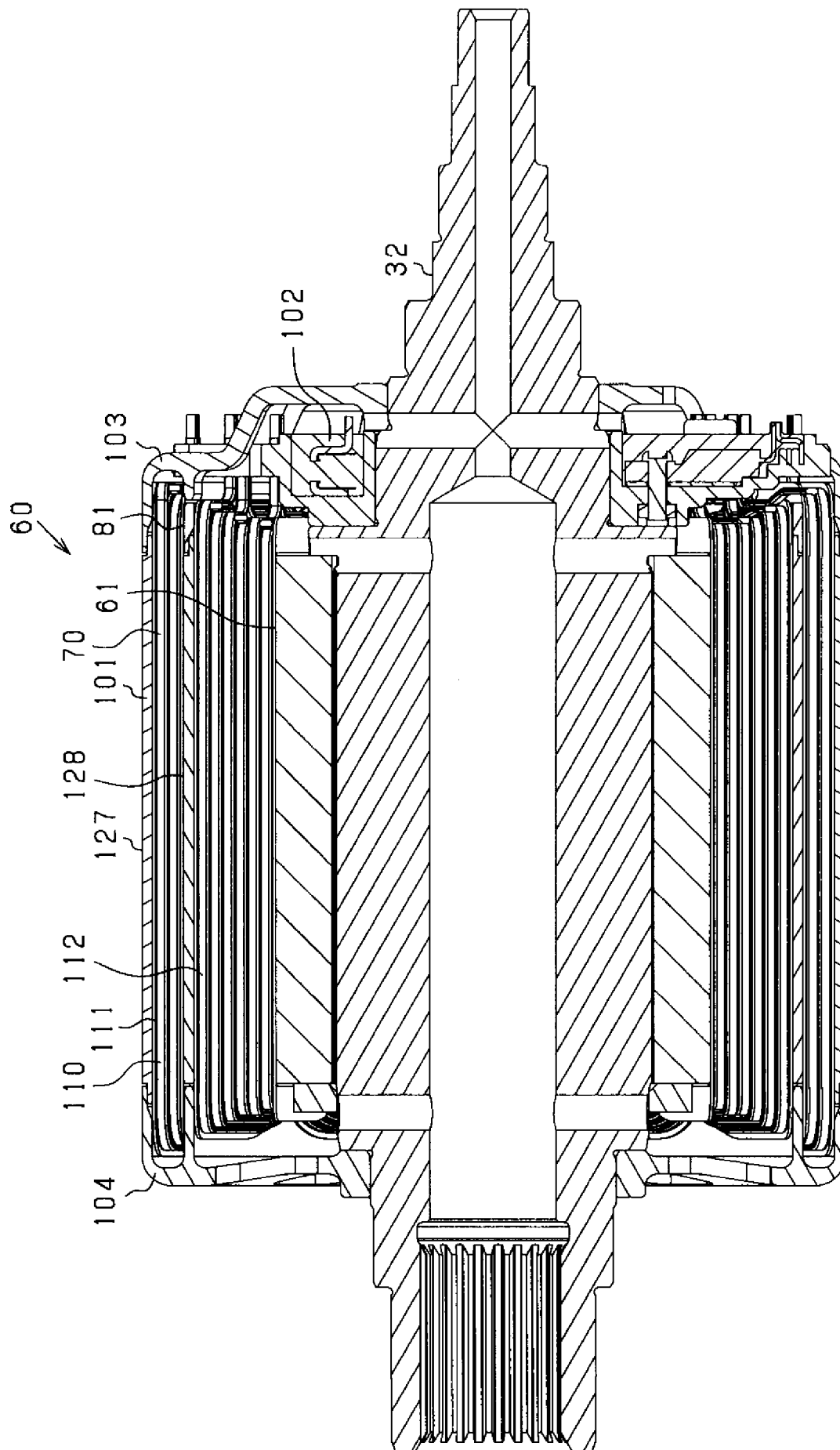
[図5]



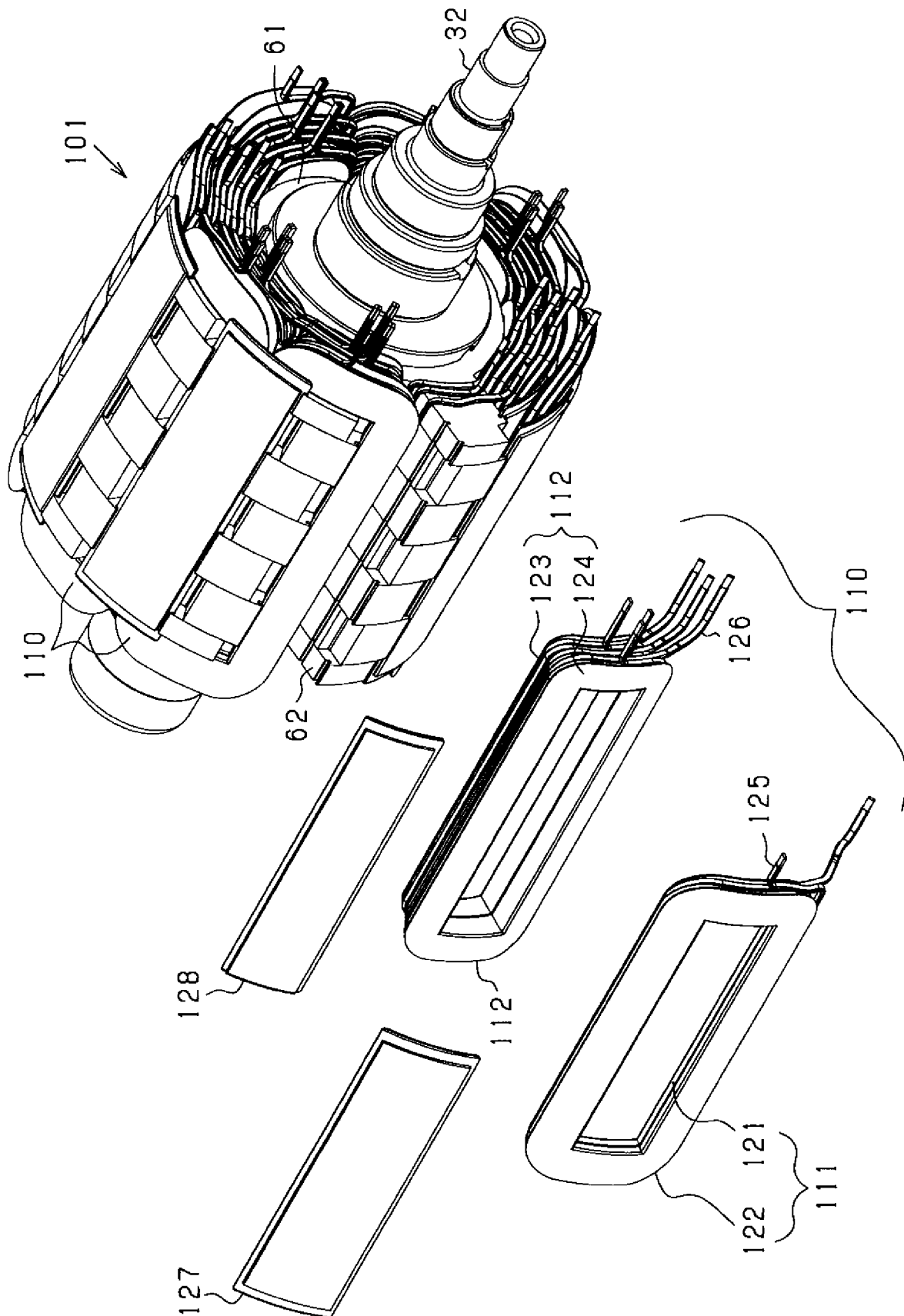
[図6]



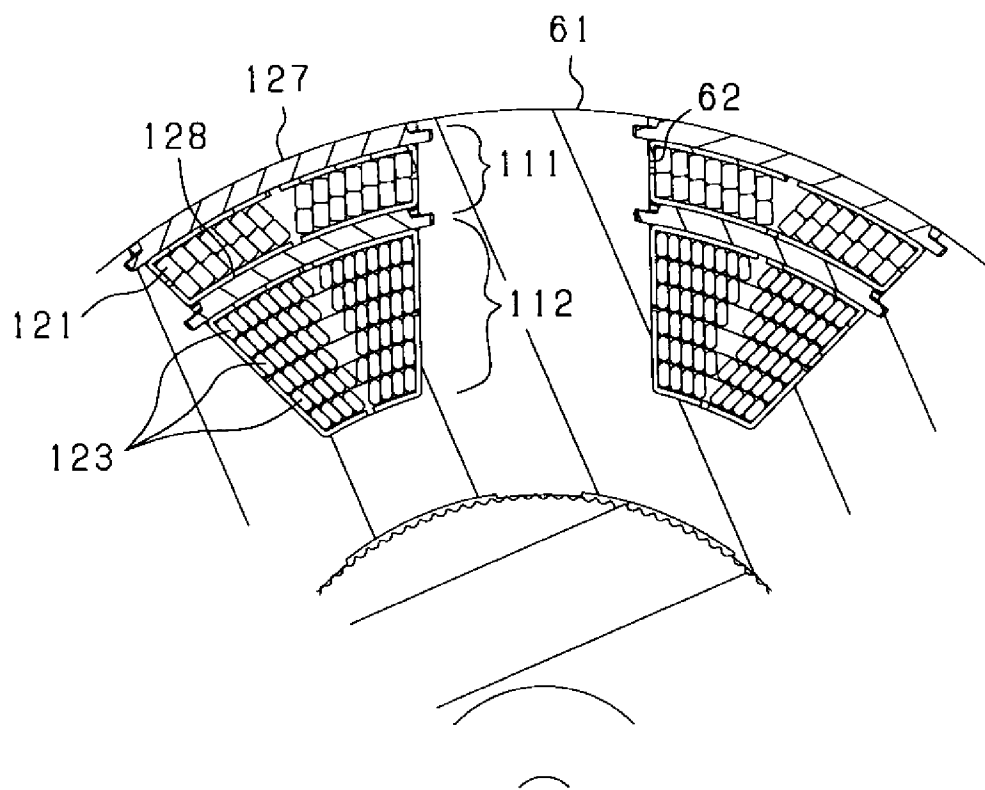
[図7]



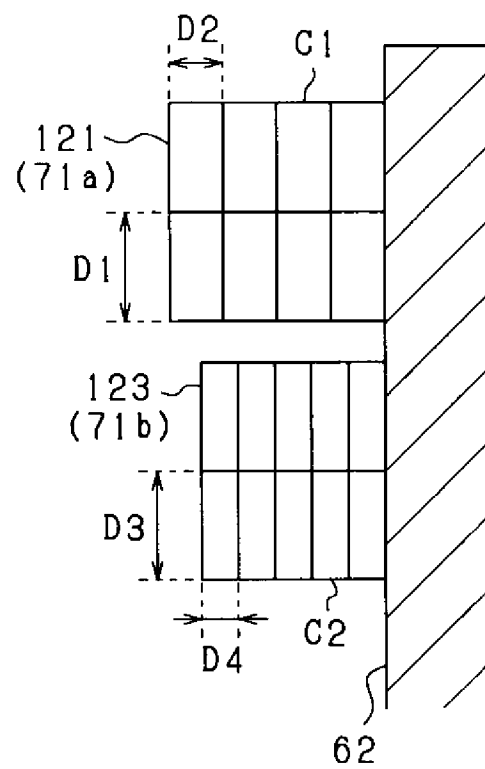
[図8]



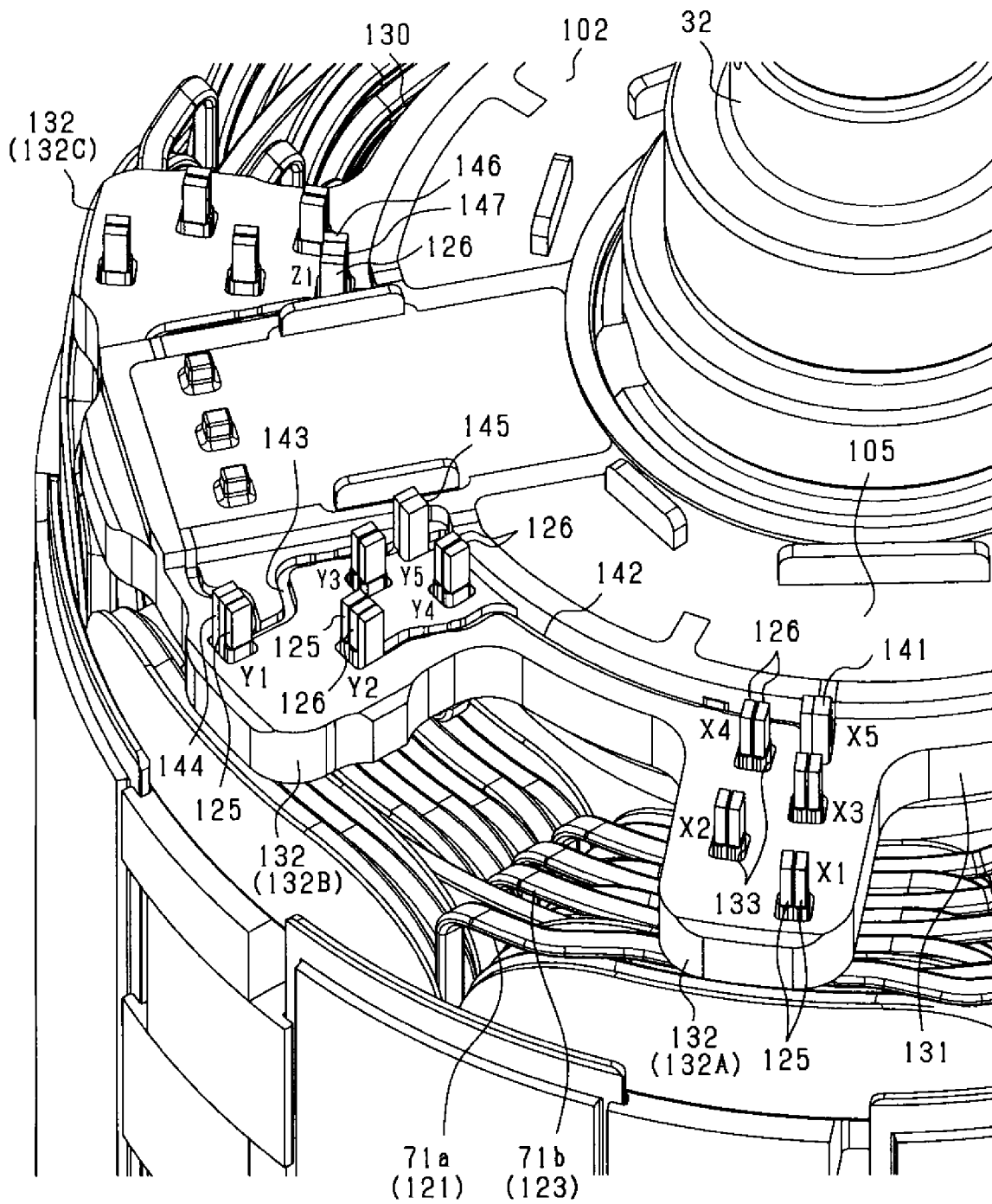
[図9]



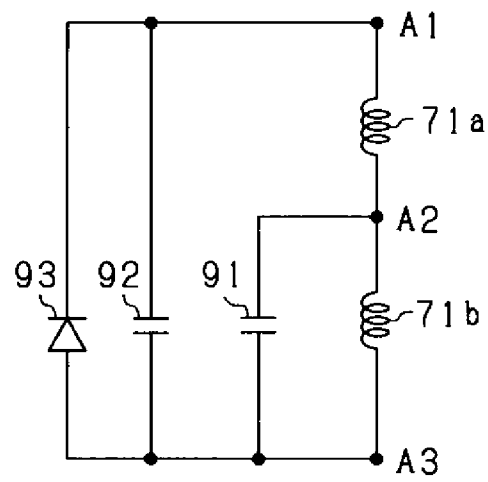
[図10]



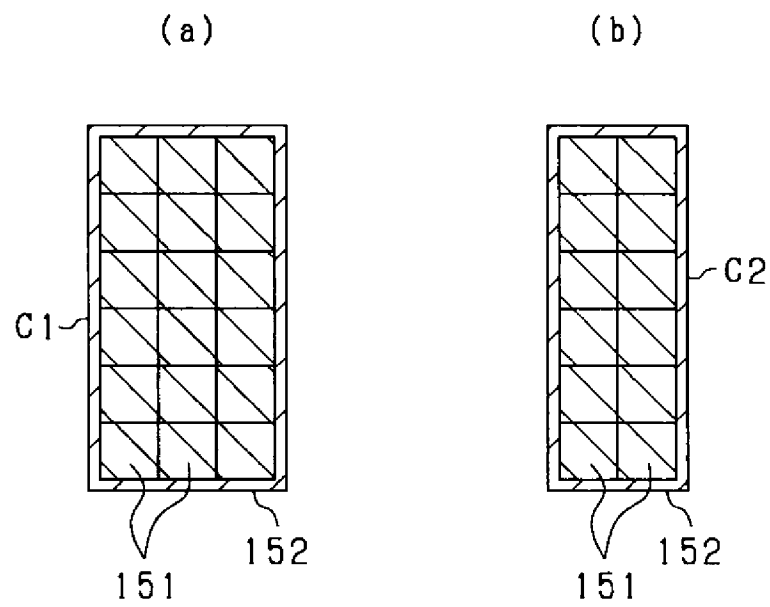
[図12]



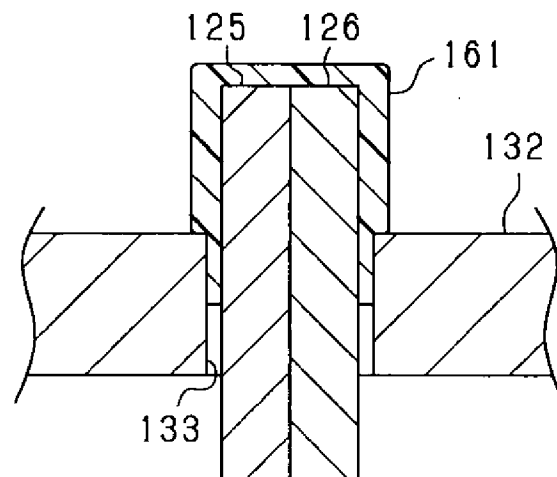
[図13]



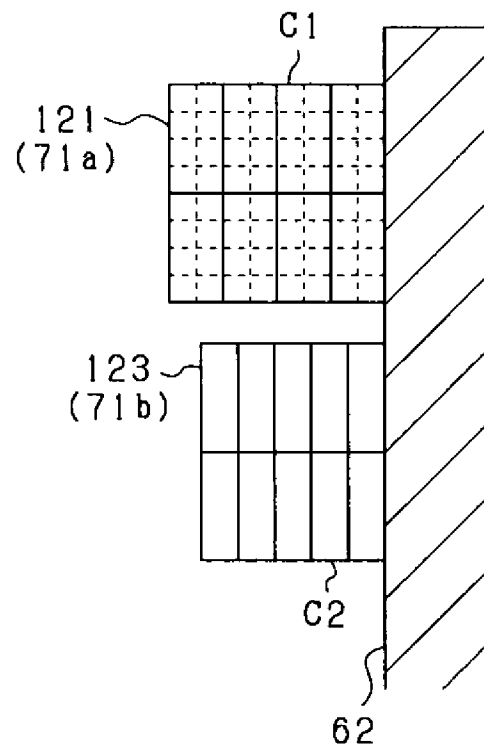
[図14]



[図15]



[図16]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2024/024093

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER H02K 19/36 (2006.01)i; H02K 19/26 (2006.01)i FI: H02K19/36 Z; H02K19/26 Z 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) H02K19/36; H02K19/26 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 1971-2024 Registered utility model specifications of Japan 1996-2024 Published registered utility model applications of Japan 1994-2024 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.
Y	JP 2020-191743 A (DENSO CORPORATION) 26 November 2020 (2020-11-26) paragraphs [0022]-[0033], fig. 1-3	1-5
Y	JP 2013-038918 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 21 February 2013 (2013-02-21) paragraphs [0018], [0041], fig. 3	1-5
Y	JP 2006-019155 A (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) 19 January 2006 (2006-01-19) paragraphs [009]-[0027], fig. 1-4	5
☐ 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 “D” document cited by the applicant in the international application “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 “T” 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 13 September 2024		Date of mailing of the international search report 24 September 2024
Name and mailing address of the ISA/JP Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan		Authorized officer Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2024/024093

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP	2020-191743	A	26 November 2020	US 2020/0373823 A1 paragraphs [0041]-[0055], fig. 1-3 CN 111987832 A	
JP	2013-038918	A	21 February 2013	(Family: none)	
JP	2006-019155	A	19 January 2006	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC））

H02K 19/36(2006.01)i; H02K 19/26(2006.01)i
FI: H02K19/36 Z; H02K19/26 Z

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））

H02K19/36; H02K19/26

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1971-2024年
日本国実用新案登録公報1996-2024年
日本国登録実用新案公報1994-2024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
Y	JP 2020-191743 A（株式会社デンソー）26.11.2020（2020 - 11 - 26） 段落22-33，図1-3	1-5
Y	JP 2013-038918 A（トヨタ自動車株式会社）21.02.2013（2013 - 02 - 21） 段落18，41，図3	1-5
Y	JP 2006-019155 A（トヨタ自動車株式会社）19.01.2006（2006 - 01 - 19） 段落9-27，図1-4	5

☐ 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

“D” 国際出願で出願人が先行技術文献として記載した文献

“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抵触するものではなく、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
13. 09. 2024

国際調査報告の発送日
24. 09. 2024

名称及びあて先
日本国特許庁(ISA/JP)
〒100-8915
日本国
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

権限のある職員（特許庁審査官）

若林 治男 3V 4190

電話番号 03-3581-1101 内線 3357

国際調査報告
パテントファミリーに関する情報

国際出願番号
PCT/JP2024/024093

引用文献			公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP	2020-191743	A	26.11.2020	US 2020/0373823 A1 段落 4 1 - 5 5, 図 1 - 3 CN 111987832 A	
JP	2013-038918	A	21.02.2013	(ファミリーなし)	
JP	2006-019155	A	19.01.2006	(ファミリーなし)	