

(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
2014年1月23日(23.01.2014)



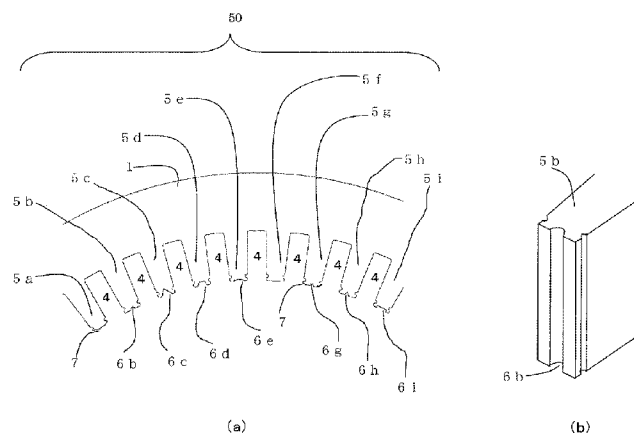
(10) 国際公開番号
WO 2014/013830 A1

- (51) 国際特許分類:
H02K 1/16 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/066777
- (22) 国際出願日: 2013年6月19日(19.06.2013)
- (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 2012-158790 2012年7月17日(17.07.2012) 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2520番地 Ibaraki (JP).
- (72) 発明者: 根本 佳奈子 (NEMOTO Kanako); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP). 江夏 秀俊 (KOKA Hidetoshi); 〒3191292 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作所 日立研究所内 Ibaraki (JP).
- (74) 代理人: 井上 学, 外 (INOUE Manabu et al.); 〒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, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, 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, 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, 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:
— 国際調査報告 (条約第21条(3))

(54) Title: ROTARY ELECTRIC MACHINE AND ELECTRIC VEHICLE

(54) 発明の名称: 回転電機および電動車両

図4



(57) Abstract: Provided is a rotary electric machine having a structure that is compatible with rotary electric machines comprising a rotor with various numbers of poles and slots and a stator and is capable of reducing vibrations and noises. This rotary electric machine is equipped with a stator that has multiple teeth, namely, S teeth, and a rotor that is spaced away from the stator. The multiple teeth of the stator are grouped into multiple teeth groups of m teeth or d teeth, where m is the result of dividing the number of stator slots (S) by the greatest common divisor (N) between the number of poles (P) and the number of stator slots (S), and d is a divisor of m. In each teeth group, at least one tooth has a different tip shape from the other teeth in the teeth group. The multiple teeth groups have the same configuration.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2014/013830 A1



様々な極数とスロット数の回転子および固定子を備えた回転電機に対応し、振動・騒音を低減できる構成の回転電機を提供する。本発明による回転電機は、 S 個の複数のティースを有する固定子と、固定子に空隙を介して配置された回転子とを備え、固定子の複数のティースは、極数 P と前記固定子のスロット数 S の最大公約数 N で固定子スロット数 S を割った値 m 、または m の約数 d の個数を単位にグループ化された複数のティースグループからなり、ティースグループにおいて、少なくとも1つのティースは、当該ティースグループの他のティースと異なる先端形状を有し、複数のティースグループはそれぞれが同じ構成とする。

明 細 書

発明の名称： 回転電機および電動車両

技術分野

[0001] 本発明は回転電機、および、回転電機が搭載された電動車両に関する。

背景技術

[0002] 本発明はH E V・E V等の電動車両の走行駆動に用いられる回転電機に関する。

回転電機は家電製品、各種O A機器に搭載されており、また、近年ハイブリッド自動車（H E V）や電気自動車（E V）などの電動車両に搭載されている。

とりわけH E VやE Vなどの電動車両用の回転電機は出力が大きいものが要求される。これらの電動車両用の回転電機は、使用回転数範囲が広く、電磁加振力の加振周波数が広い範囲で変化し、特定の回転数で回転電機の構造の固有振動数と加振周波数が一致するため、共振による振動・騒音の発生が不可避である。

[0003] 一方、車室内の快適環境の追求により振動・騒音低減の要求が高まっており、回転電機本体からの振動・騒音を低減する技術も多数開発されている。

回転電機本体から発生する振動・騒音の原因となる電磁加振力の向きは径方向、接線方向、軸方向の3方向である。特に可聴帯域の騒音を低減するには、これら電磁加振力の高調波振幅を低減する必要がある。

[0004] 特許文献1は、 n 極、 s 相の回転電機を開示している。この固定子コアには、2個のスロットに互いに同相のコイルがそれぞれ挿入される同相間ティースと、回転子の回転軸方向に沿って両脇に形成される2個のスロットに互いに異相のコイルがそれぞれ挿入される異相間ティースとが設けられている。この回転電機では、 $n \times s$ 個のコイルに交流電流が供給されたときに同相間ティースおよび異相間ティースにそれぞれ形成される磁気回路について、通過する磁束数が互いに均衡するように、磁気回路の磁気抵抗に差を設けて

いる。

- [0005] 特許文献1に記載の回転電機は、 n 極の回転子を備えるIPM構造であり、固定子コアのティースの数は $2n \times s$ 個に限定されている。この固定子コアの形状により、 $6f$ （6次）の電磁加振力が低減され、これにより電磁騒音が低減されると記載されている。この回転電機の固定子コアの構造は、スロット数が $2n \times s$ 個（ n 極、 s 相）に限定されており、それ以外のスロット数のものに適用するには、更なる工夫が必要である。

先行技術文献

特許文献

- [0006] 特許文献1：特開2007-166710号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0007] 従来の電磁振動音対策は主としてトルクリプル（トルク脈動）に対して行われており、径方向の電磁加振力高調波による振動・騒音への対策はあまり考慮されていなかった。また、従来の電磁振動音対策で固定子側のティースの形状やピッチを変更する方法は、様々な極数と固定子のティース（スロット）の数の組み合わせに対し、フレキシブルに適用できなかった。

課題を解決するための手段

- [0008] 上記の課題を解決するために、本発明による回転電機は、 S 個の複数のティースを有する固定子と、固定子に空隙を介して配置される回転子とを備え、当該固定子の複数のティースは、極数 P と固定子のスロット数 S の最大公約数 N で固定子スロット数 S を割った値 m 、または m の約数 d の個数を単位にグループ化され、1つのティースグループにおいて、少なくとも1つのティースは、当該ティースグループの他のティースと異なる先端形状を有し、複数のティースグループはそれぞれが同じ構成であることを特徴とする。

発明の効果

- [0009] 本発明により、周期境界条件を変えことなく振動・騒音に影響する径方

向電磁加振力高調波の振幅を低減でき、その結果、回転電機の振動・騒音を低減できる。

図面の簡単な説明

[0010] [図1]本発明の一実施の形態の回転電機を搭載したハイブリッド型電気自動車の概略構成を示す図である。

[図2]電力変換装置600の回路図を示す図である。

[図3]本発明による回転電機を永久磁石回転電機に適用した実施形態の例であり、スロット数72の固定子コアと極数8の永久磁石回転電機の構造を示す図である。

[図4]本発明による回転電機の第1実施形態、第5実施形態に共通な固定子構成を示す図である。(a)は9個のティースがそれぞれ異なる形状の先端部を有する固定子の1グループ(電気角180°分)を形成するティース形状の例(第1実施形態、第5実施形態)を示す。(b)は(a)に示すティースの軸方向の形状を、ティース5bの場合を例にして示す図である。

[図5]本発明による回転電機の第2実施形態、第6実施形態に共通な固定子構成を示す図である。

[図6]本発明による回転電機の第3実施形態、第7実施形態に共通な固定子構成を示す図である。

[図7]本発明による回転電機の第4実施形態、第8実施形態に共通な固定子構成を示す図である。

[図8]本発明と比較するために、従来技術での一般的な固定子のティース形状例を図4に対応して示した図である。各ティースの先端部の形状は同一となっている。

[図9]回転電機を永久磁石回転電機とした場合に、本発明による第1～4実施形態と、従来技術、比較例1のティース形状を持つ回転電機の径方向空間0次の電磁加振力高調波の計算結果を示した図である。

[図10]図9に示す回転72次における計算結果を、従来技術の場合(◆)を基準としてdB表示した図である。

[図11]回転電機を永久磁石回転電機とした場合に、本発明による回転電機の第1～4実施形態と従来技術、比較例1のティース形状を持つ回転電機の径方向空間4次の電磁加振力高調波の計算結果を示した図である。

[図12]本発明による回転電機をシンクロナスリラクタンスモータに適用した実施形態の例であり、スロット数72の固定子コアと極数8のシンクロナスリラクタンスモータの構造を示す図である。

[図13]本発明による回転電機の固定子構造（実施形態1～4）を図12のシンクロナスリラクタンスモータに適用した場合である、第5～8の実施形態と、従来技術、比較例2のティース形状を持つ回転電機の径方向空間0次の電磁加振力高調波の計算結果を示した図である。

[図14]図13の計算結果の一部（従来技術、比較例2、本発明の第5～8実施形態の回転60次以上の電磁加振力高調波の最大振幅）を、従来技術の場合（◆）を基準としてdB表示した図である。

[図15]回転電機をシンクロナスリラクタンスモータとした場合に、本発明による回転電機の第5～8実施形態、従来技術、比較例2のティース形状を持つ回転電機の径方向空間4次の電磁加振力高調波の計算結果を示した図である。

[図16]本発明による回転電機を誘導電動機に適用した実施形態の例であり、スロット数72の固定子コアとスロット数52の回転子コアとからなる、極数8の誘導電動機の構造を示す図である。

[図17]図16に示す誘導電動機で用いられる、本発明による回転電機の第9実施形態の固定子の1グループを形成するティース形状を示す図である。

[図18]従来技術で一般的に用いられる固定子のティース形状例を示す図である。

[図19]図16に示す誘導電動機で、本発明による第9実施形態、従来技術、比較例3のティース形状を持つ回転電機の径方向空間0次の電磁加振力高調波の計算結果を示した図である。

[図20]図19に示す回転216次の計算結果を、従来技術の場合（◇）を基

準としてdB表示した図である。

発明を実施するための形態

[0011] 図1は、本発明の一実施の形態の回転電機を搭載したハイブリッド型電気自動車の概略構成を示す図である。車両100には、エンジン120と第1の回転電機200と第2の回転電機202とバッテリー180とが搭載されている。バッテリー180は、回転電機200、202による駆動力が必要な場合には回転電機200、202を駆動するための電力変換装置（インバータ装置）600に直流電力を供給し、電力変換装置600は直流電力を交流電力に変換して回転電機200、202にそれぞれ供給する。一方回生走行時には回転電機200、202が車両の運動エネルギーに基づいて交流電力を発生し、前記電力変換装置600に供給する。前記電力変換装置600は交流電力を直流電力に変換し、バッテリー180に供給する。また、図示していないが、車両には低電圧電力（例えば、14ボルト系電力）を供給するバッテリーが搭載されており、以下に説明する制御回路に定電圧の直流電力を供給する。

[0012] エンジン120および回転電機200、202による回転トルクは、変速機130とディファレンシャルギア132を介して前輪110に伝達される。変速機130は変速機制御装置134により制御され、エンジン120はエンジン制御装置124により制御される。バッテリー180は、バッテリー制御装置184により制御される。変速機制御装置134、エンジン制御装置124、バッテリー制御装置184、電力変換装置600および統合制御装置170は、通信回線174によって接続されている。

[0013] 統合制御装置170は、統合制御装置170より下位の制御装置である、変速機制御装置134、エンジン制御装置124、電力変換装置600およびバッテリー制御装置184から、それぞれの状態を表す情報を、通信回線174を介して受け取る。統合制御装置170は、これらの情報に基づき各制御装置の制御指令を演算する。演算された制御指令は通信回線174を介してそれぞれの制御装置へ送信される。

- [0014] 高電圧のバッテリー 180 はリチウムイオン電池あるいはニッケル水素電池などの 2 次電池で構成され、250 ボルトから 600 ボルト、あるいはそれ以上の高電圧の直流電力を出力する。バッテリー制御装置 184 は、バッテリー 180 の放電状況やバッテリー 180 を構成する各单位セル電池の状態を、通信回線 174 を介して統合制御装置 170 に出力する。
- [0015] 統合制御装置 170 は、バッテリー制御装置 184 からの情報に基づいてバッテリー 180 の充電が必要と判断すると、電力変換装置 600 に発電運転の指示を出す。また、統合制御装置 170 は、主に、エンジン 120 および回転電機 200、202 の出力トルクの管理、エンジン 120 の出力トルクと回転電機 200、202 の出力トルクとの総合トルクやトルク分配比の演算処理、その演算処理結果に基づく変速機制御装置 134、エンジン制御装置 124 および電力変換装置 600 への制御指令の送信を行う。電力変換装置 600 は、統合制御装置 170 からのトルク指令に基づき、指令通りのトルク出力あるいは発電電力が発生するように回転電機 200、202 を制御する。
- [0016] 電力変換装置 600 には回転電機 200、202 を運転するためにインバータを構成するパワー半導体が設けられている。電力変換装置 600 は、統合制御装置 170 からの指令に基づきパワー半導体のスイッチング動作を制御する。このようなパワー半導体のスイッチング動作により、回転電機 200、202 が電動機としてあるいは発電機として運転される。
- [0017] 回転電機 200、202 を電動機として運転する場合は、高電圧のバッテリー 180 からの直流電力が電力変換装置 600 のインバータの直流端子に供給される。電力変換装置 600 は、パワー半導体のスイッチング動作を制御することにより、供給された直流電力を 3 相交流電力に変換し回転電機 200、202 に供給する。一方、回転電機 200、202 を発電機として運転する場合には、回転電機 200、202 の回転子が外部から加えられる回転トルクで回転駆動され、回転電機 200、202 の固定子巻線に 3 相交流電力が発生する。発生した 3 相交流電力は電力変換装置 600 で直流電力に変

換され、その直流電力が高電圧のバッテリー 180 に供給されることにより充電が行われる。

[0018] なお、回転電機 200 と回転電機 202 はそれぞれ独立して制御される。例えば回転電機 200 が電動機として運転される場合に、回転電機 202 は電動機として運転できるし、発電機としても運転できる。また運転停止状態とすることも可能である。当然ではあるがこの逆も可能である。回転電機 200 と回転電機 202 をどのようなモードで運転するかは統合制御装置 170 が決定し、電力変換装置 600 に指令する。この指令に基づき電力変換装置 600 は電動機の運転モードあるいは発電機の運転モードあるいは運転休止モードの状態となる。

[0019] 図 2 は、図 1 の電力変換装置 600 の回路図を概念的に示す。電力変換装置 600 には、回転電機 200 のための第 1 のインバータ装置と、回転電機 202 のための第 2 のインバータ装置とが設けられている。第 1 のインバータ装置は、パワーモジュール 610 と、パワーモジュール 610 の各パワー半導体 21 のスイッチング動作を制御する第 1 の駆動回路 652 と、回転電機 200 の電流を検知する電流センサ 660 とを備えている。駆動回路 652 は駆動回路基板 650 に設けられている。一方、第 2 のインバータ装置は、パワーモジュール 620 と、パワーモジュール 620 における各パワー半導体 21 のスイッチング動作を制御する第 2 の駆動回路 656 と、回転電機 202 の電流を検知する電流センサ 662 とを備えている。駆動回路 656 は駆動回路基板 654 に設けられている。制御回路基板 646 に設けられた制御回路 648、コンデンサモジュール 630 およびコネクタ基板 642 に実装された送受信回路 644 は、第 1 のインバータ装置と第 2 のインバータ装置とで共通に使用される。

[0020] パワーモジュール 610、620 は、それぞれ対応する駆動回路 652、656 から出力された駆動信号によって動作する。パワーモジュール 610、620 は、それぞれバッテリー 180 から供給された直流電力を三相交流電力に変換し、その電力を対応する回転電機 200、202 の電機子巻線であ

る固定子巻線に供給する。また、パワーモジュール610、620は、回転電機200、202の固定子巻線に誘起された交流電力を直流に変換し、高電圧バッテリー180に供給する。

[0021] パワーモジュール610、620は図2に記載のごとく3相ブリッジ回路を備えており、3相に対応した直列回路が、それぞれバッテリー180の正極側と負極側との間に電氣的に並列に接続されている。各直列回路は上アームを構成するパワー半導体21と下アームを構成するパワー半導体21とを備え、それらのパワー半導体21は直列に接続されている。パワーモジュール610とパワーモジュール620とは、図2に示す如く回路構成がほぼ同じであり、ここではパワーモジュール610で代表して説明する。

[0022] 本実施の形態では、スイッチング用パワー半導体素子としてIGBT（絶縁ゲート型バイポーラトランジスタ）21を用いている。IGBT21は、コレクタ電極、エミッタ電極及びゲート電極の3つの電極を備えている。IGBT21のコレクタ電極とエミッタ電極との間にはダイオード38が電氣的に接続されている。ダイオード38は、カソード電極及びアノード電極の2つの電極を備えており、IGBT21のエミッタ電極からコレクタ電極に向かう方向が順方向となるように、カソード電極がIGBT21のコレクタ電極に、アノード電極がIGBT21のエミッタ電極にそれぞれ電氣的に接続されている。

[0023] なお、スイッチング用パワー半導体素子として、MOSFET（金属酸化物半導体型電界効果トランジスタ）を用いてもよい。MOSFETは、ドレイン電極、ソース電極及びゲート電極の3つの電極を備えている。MOSFETの場合には、ソース電極とドレイン電極との間に、ドレイン電極からソース電極に向かう方向が順方向となる寄生ダイオードを備えているので、図2のダイオード38を設ける必要がない。

[0024] 各相のアームは、IGBT21のソース電極とIGBT21のドレイン電極とが電氣的に直列に接続されて構成されている。尚、本実施の形態では、各相の各上下アームのIGBTを1つしか図示していないが、制御する電流

容量が大きいので、実際には複数の IGBT が電氣的に並列に接続されて構成されている。以下では、説明を簡単にするため、1 個のパワー半導体として説明する。

[0025] 図 2 に示す例では、各相の各上下アームはそれぞれ 3 個の IGBT によって構成されている。各相の各上アームの IGBT 21 のドレイン電極はバッテリー 180 の正極側に、各相の各下アームの IGBT 21 のソース電極はバッテリー 180 の負極側にそれぞれ電氣的に接続されている。各相の各アームの midpoint (上アーム側 IGBT のソース電極と下アーム側の IGBT のドレイン電極との接続部分) は、対応する回転電機 200、202 の対応する相の電機子巻線 (固定子巻線) に電氣的に接続されている。

[0026] 駆動回路 652、656 は、対応するインバータ装置 610、620 を制御するための駆動部を構成しており、制御回路 648 から出力された制御信号に基づいて、IGBT 21 を駆動させるための駆動信号を発生する。それぞれの駆動回路 652、656 で発生した駆動信号は、対応するパワーモジュール 610、620 の各パワー半導体素子のゲートにそれぞれ出力される。駆動回路 652、656 には、各相の各上下アームのゲートに供給する駆動信号を発生する集積回路がそれぞれ 6 個設けられており、6 個の集積回路を 1 ブロックとして構成されている。

[0027] 制御回路 648 は各インバータ装置 610、620 の制御部を構成しており、複数のスイッチング用パワー半導体素子を動作 (オン・オフ) させるための制御信号 (制御値) を演算するマイクロコンピュータによって構成されている。制御回路 648 には、上位制御装置からのトルク指令信号 (トルク指令値)、電流センサ 660、662 のセンサ出力、回転電機 200、202 に搭載された回転センサのセンサ出力が入力される。制御回路 648 はそれらの入力信号に基づいて制御値を演算し、駆動回路 652、656 にスイッチングタイミングを制御するための制御信号を出力する。

[0028] コネクタ基板 642 に実装された送受信回路 644 は、電力変換装置 600 と外部の制御装置との間を電氣的に接続するためのもので、図 1 の通信回

線 174 を介して他の装置と情報の送受信を行う。コンデンサモジュール 630 は、IGBT 21 のスイッチング動作によって生じる直流電圧の変動を抑制するための平滑回路を構成するもので、第 1 のパワーモジュール 610 や第 2 のパワーモジュール 620 における直流側の端子に電氣的に並列に接続されている。

[0029] 図 3 は本発明による回転電機の一例の永久磁石回転電機 10 の断面概略図である。この永久磁石回転電機 10 は上記で説明したハイブリッド自動車（図 1、図 2 参照）の回転電機 200 あるいは回転電機 202 として用いられる。なお、以下で説明するように、本発明による回転電機の構成は永久磁石回転電機だけでなくシンクロナスリラクタンスモータや誘導電動機にも用いることができる。

[0030] 以下、図 3～図 20 を参照して本発明の特徴的構成について実施形態に基づいて説明する。

（第 1 の実施形態）

図 3 は本発明による回転電機の第 1 の実施形態を示す。図 3 に示す回転電機は、本発明を三相の永久磁石回転電機に適用した場合の例であり、8 極 72 スロットの構成となっている。極数 P と固定子スロット数 S の最大公約数 $N (= 8)$ で固定子スロット数 $S (= 72)$ を除算した商 $m (= 9)$ 、または m の約数 $d (= 3)$ の個数のティースを 1 グループとし、この 1 グループの各々のティースが異なる先端形状を持っている。図 4 は、図 3 に示す三相の永久磁石回転電機のティースグループの例であり、図 4 (a) は 1 つのティースグループ 50 を構成する 9 個のティース 5 の先端形状の一実施例を示す図である。また、図 4 (b) は、図 4 (a) に示すティースの軸方向の形状を、ティース 5 b の場合を例にして示す図である。なお図 3 では、簡略化のため、固定子ティースを全て参照番号 5 で示している。また永久磁石 8 が示されている。

[0031] 図 3 に示すティース 5 は、図 4 に示すように各々異なる先端形状のティース 5 a～5 i となっている。図 3 に示す固定子コア 1 は、図 4 に示す 1 グル

ープ50を構成する9個のティース5a～5iを周方向に周期的に8グループ並べることにより形成される。また、これらのティースの先端に形成された溝を6b～6e、6g～6iとしている。これらの異なる先端形状は図3では省略され、すべてティース5として示されている。さらに、回転電機10を構成する固定子コア1のスロット4に捲回される固定子コイルは省略されている。

[0032] 図4では、1グループ50を構成するティース5a～5iの9個のうち、6個のティース5b～5eと5h～5iには溝6b～6eと6h～6iが設けられている。1個のティース5aにはテーパ7が、1個のティース5gには溝6gとテーパ7が設けられている。これらの溝、テーパは、ティースの回転子に対向する面に設けられている。ティース5fには溝6、テーパ7がともに設けられていない。

ティースに溝やテーパが存在することにより、固定子のティース先端と回転子表面の磁気的な平均距離を広げ、径方向の電磁加振力高調波の振幅を変更することができる。この構成による計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図9～図11に示す。

[0033] (第2の実施形態)

図5は本発明による回転電機の第2の実施形態を示す。3個の固定子ティース5j～5lで1つのティースグループ51を構成する。図5の例では、ティース5jの先端に溝6jが形成されており、ティース5lの先端にテーパ7が形成されている。なお、3個のティースで1グループとするのは、3が固定子スロット数Sを最大公約数Nで割った個数mの約数dであるからである。3つのティースから構成される1グループ51を周方向に周期的に24グループ並べることにより、固定子の全ティースを形成することができる。このような構成のティースグループを採用した回転電機の固定子においても、径方向の電磁加振力高調波の低減効果がある。この構成による計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図9～図11に示す。

[0034] (第3の実施形態)

図6は本発明による回転電機の第3の実施形態を示す。3個の固定子ティース5j～5lで1つのティースグループ51を構成する。図6の例では、ティース5jの先端に溝6jが形成されており、ティース5kと5lの先端は平坦な形状となっている。なお、本発明でティース先端の「平坦」な形状とは、このティース先端と回転電機の回転軸中心との距離を半径とした円の曲率半径を有する円筒面の一部を有する形状であることを意味する。したがって、このティース先端の「平坦」な形状は厳密な意味での平坦を意味しない。

[0035] また、3個のティースで1グループとするのは、3が固定子スロット数Sを最大公約数Nで割った個数mの約数dであるからである。3つのティースから構成される1グループ51を周方向に周期的に24グループ並べることにより、固定子の全ティースを形成することができる。

このような構成のティースグループを採用した回転電機の固定子においても、径方向の電磁加振力高調波の低減効果がある。この構成による計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図9～図11に示す。

[0036] (第4の実施形態)

図7は本発明による回転電機の第4の実施形態を示す。3個の固定子ティース5j～5lで1つのティースグループ51を構成する。図7の例では、ティース5j、5kの先端に同じ形状の溝6j、6kが形成されている。なお、3個のティースで1グループとするのは、3が固定子スロット数Sを最大公約数Nで割った個数mの約数dであるからである。3つのティースから構成される1グループ51を周方向に周期的に24グループ並べることにより、固定子の全ティースを形成することができる。

このような構成のティースグループを採用した回転電機の固定子においても、径方向の電磁加振力高調波の低減効果がある。この構成による計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図9～図11に示す。

[0037] 本発明の実施形態1～4による回転電機では、図4あるいは図5～図7に示すように、固定子ティースの1つのグループ50あるいは51を構成する

少なくとも1つのティース5の先端形状を他のティースから異なった形状としている。

図8は、従来の一般的な形状のティースであり、全てのティース15の先端が平坦な形状となっている。

本発明の実施形態1～4による回転電機の固定子構成は、図8に示した従来技術の回転電機の固定子構成と同様に、ティース5、回転子コア2、磁石8と組み合わせた幾何学的形状が $1/8$ という周期境界条件を変更せずに電磁加振力高調波の振幅を変更することができる。

[0038] (本発明による回転電機での電磁加振力高調波低減効果)

図9～図11に、本発明の第1～4の実施形態、図8に示す従来技術、比較例1のそれぞれの固定子構成で電磁加振力高調波を計算した結果を対比して示す。

[0039] なお、比較例1の固定子構成は、特許文献1に示す回転電機の構成の条件のうち、1グループが2個のティース5から構成され、1個おきに図4の溝6eと同等の溝を設ける構造のみを採用する。

特許文献1に記載の回転電機は、 n 極、 s 相における固定子コアのスロット数が $2n \times s$ 個の永久磁石回転電機であり、8極機の場合、ティース5、回転子コア2、磁石8と組み合わせた幾何学的形状の周期境界条件は $1/8$ である。図3の回転電機は固定子コア1のスロット数が $3n \times s$ 個の永久磁石回転電機であり、比較例1の固定子構成を用いると、ティース5、回転子コア2、磁石8と組み合わせた幾何学的形状の周期境界条件が $1/4$ となり、周期境界条件が異なる。

本発明の実施形態1～4による回転電機の構成は、特許文献1に開示された極数と固定子コアのスロット数の組み合わせの条件から外れる場合でも効果があることを、比較例1により説明する。

[0040] 径方向空間0次の電磁加振力高調波の加振周波数が固定子の円環0次モードの固有振動数と一致すると、固定子が共振して振動・騒音が発生することが知られている。この固有振動数は、回転電機の体格や構成（種類、構造）

により異なるが、小型の回転電機では高い周波数となる。永久磁石回転電機の固定子が、円環0次モードで変形する固有振動数が約7.5 kHzであるとして、以下に説明する。

[0041] 第1～第4の実施形態と、従来技術、比較例1について、径方向空間0次の電磁加振力高調波振幅を解析により求めた結果を図9に示す。図9では電磁加振力高調波振幅を、従来技術の回転72次高調波振幅を基準に無次元化している。

回転電機の回転数を R_N (r/min)、電磁加振力高調波の回転次数を k とすると、加振周波数 f (Hz)は式(1)で表わされる。

$$f = (R_N / 60) \times k \quad \dots (1)$$

[0042] したがって、たとえば回転数の上限が7500 r/minであるとする、回転60次以上 ($k \geq 60$) の径方向空間0次の電磁加振力高調波成分と、固定子の円環0次モードとの共振により振動・騒音が発生する。

この条件を考慮すると、図9に示す計算結果からは、回転72次、径方向空間0次の電磁加振力高調波と固定子の円環0次モードの共振により、最大振幅の振動・騒音ピークが発生することとなる。

[0043] 図10に、図9に示す電磁加振力高調波の回転72次成分の振幅を、従来技術の固定子構成の高調波振幅を基準としてdB表示したものを示す。

比較例1で-1.7 dB、実施形態1で-2.7 dB、実施形態2で-3.7 dB、実施形態3で-2.1 dB、実施形態4で-3.8 dBとなっている。これより、本発明の実施形態1～4による回転電機の固定子構成を用いることにより、従来技術の一般的なティース形状を備えた固定子あるいは比較例1の固定子構成よりも電磁加振力高調波振幅を低減できることが分かる。したがって、本発明の実施形態1～4による回転電機では、従来技術、比較例1による回転電機よりも径方向空間0次の電磁加振力高調波に起因する振動・騒音を低減できることになる。

[0044] 比較例1が本来適用される回転電機のスロット数は、8極機の場合、48である。それを無視してティース先端に1個おきに溝6を設けたため、他の

固定子構成では存在しない径方向空間 4 次（機械角）の電磁加振力高調波が、比較例 1 で発生する。一方、実施形態 1 ～ 4 の構成および従来技術である同一の先端形状のティースを備えた一般的な回転電機（図 8）では、径方向空間 4 次の電磁加振力高調波が発生しない。

[0045] 図 1 1 に径方向空間 4 次の電磁加振力高調波の計算結果を示す。図 1 1 では電磁加振力高調波振幅を、比較例 1 の回転 3 2 次高調波振幅を基準に無次元化している。図 1 1 では比較例 1 にのみ径方向空間 4 次の電磁加振力高調波が存在する。したがって、比較例 1 では固定子の円環 4 次モードとの共振による振動・騒音ピークが発生する可能性がある。

[0046] 本発明の実施形態 1 ～ 4 による回転電機では、従来技術である同一の先端形状の固定子ティースを備えた一般的な回転電機（図 8）と同様に径方向空間 4 次の高調波が発生せず、かつ、径方向空間 0 次の電磁加振力高調波振幅を従来技術の回転電機に比べ低減することができ、振動・騒音を低減することができる。

[0047] 以上では本発明による回転電機の固定子構造（第 1 ～ 4 実施形態）を、図 3 に示すような永久磁石回転電機に適用した場合について説明した。次に第 1 ～ 4 の実施形態の回転電機の固定子構造を、三相のシンクロナスリラクタンスモータに適用した場合（第 5 ～ 8 実施形態）について説明する。

[0048] （第 5 の実施形態）

図 1 2 は、本発明による回転電機の第 5 の実施形態を示す。図 1 2 に示す回転電機は、本発明を三相のシンクロナスリラクタンスモータに適用したもので、極数 $P = 8$ 、固定子スロット数 $S = 72$ 、最大公約数 $N = 8$ である。図 1 2 の回転電機でも、固定子および固定子ティースは、図 3 に示す永久磁石回転電機と同様の構成であり、実施形態 1 ～ 4 のいずれかの構成を備える。なお、図 1 2 では、簡略化のため、固定子ティースを全て参照番号 5 で示している。また固定子コイル 3 が示されている。

[0049] 第 5 の実施形態でも第 1 の実施形態と同様に、固定子ティースの 1 グループ 50 を構成するティース 5 の個数を、固定子スロット数 S を最大公約数 N

で割った個数 m である9個とし、図4に示すような溝6b～6e、6g～6iやテーパー7を設ける。図12に示す固定子コア1は、図4に示す1グループ50を構成するティース5a～5iを周方向に周期的に8グループ並べることにより形成される。この固定子構成による電磁加振力高調波の計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図13～図15に示す。

[0050] (第6の実施形態)

第6の実施形態では、第2の実施形態のように、固定子ティースの1グループ51を構成するティース5の個数を、固定子スロット数 S を最大公約数 N で割った個数 m の約数 d である3個(5j～5l)とし、図5に示すように溝6jやテーパー7を設ける。図12に示す固定子コア1は、図5に示す1グループ51を構成するティース5を周方向に周期的に24グループ並べることにより形成される。この固定子構成による電磁加振力高調波の計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図13～図15に示す。

[0051] (第7の実施形態)

第7の実施形態では、第3の実施形態のように、固定子ティースの1グループ51を構成するティース5の個数を、固定子スロット数 S を最大公約数 N で割った個数 m の約数 d である3個(5j～5l)とし、図6に示すようにティース5jの先端に溝6jを設ける。図12に示す固定子コア1は、図6に示す1グループ51を構成するティース5を周方向に周期的に24グループ並べることにより形成される。この固定子構成による電磁加振力高調波の計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図13～図15に示す。

[0052] (第8の実施形態)

第8の実施形態では、第4の実施形態のように、固定子ティースの1グループ51を構成するティース5の個数を、固定子スロット数 S を最大公約数 N で割った個数 m の約数 d である3個(5j～5l)とし、図7に示すようにティース5j、5kの先端に同じ形状の溝6j、6kを設ける。図12に示す固定子コア1は、図7に示す1グループ51を構成するティース5を周方向に周期的に24グループ並べることにより形成される。この固定子構成

による電磁加振力高調波の計算結果を、他の実施形態での計算結果とともに図 13～図 15 に示す。

- [0053] 第 5～第 8 の実施形態の回転電機では、第 1～第 4 の実施形態と同様に、固定子ティースの 1 グループ 50（実施形態 5）または 51（実施形態 6、7、8）を構成するティース 5 の先端形状を、ティースグループ 50 あるいは 51 内の少なくとも 1 つのティースの先端形状を他のティースから異なった形状としている。

これにより、本発明の実施形態 5～8 による回転電機の固定子構成は、図 8 に示す従来技術の回転電機の固定子構成と同じく、ティース 5、回転子コア 2 と組み合わせた幾何学的形状が $1/8$ という周期境界条件を変更せずに、電磁加振力高調波の振幅を変更することができる。

- [0054] 図 13～図 15 には、第 5～8 の実施形態、図 8 に示す従来技術、比較例 2 のそれぞれの固定子構成で電磁加振力高調波を計算した結果を対比して示す。

なお、比較例 2 の固定子構成は、特許文献 1 に示す回転電機の構成の条件のうち、1 グループが 2 個のティース 5 から構成され、1 個おきに図 4 の溝 6e と同等の溝を設ける構造のみを採用する。

図 12 の回転電機に対して比較例 2 を適用すると、ティース 5、回転子コア 2 と組み合わせた幾何学的形状の周期境界条件が $1/4$ となる。本発明の実施形態 5～8 による回転電機の固定子の構成は、特許文献 1 に開示された極数と固定子コアのスロット数の組み合わせの条件から外れる場合でも効果があることを、比較例 2 により説明する。

- [0055] 実施形態 5～8 と、従来技術、比較例 2 の、それぞれの径方向空間 0 次の電磁加振力高調波を解析により求めた結果を図 13 に示す。図 9 の場合と同様に、図 13 では電磁加振力高調波振幅を、従来技術の固定子構成での回転 72 次高調波振幅を基準に無次元化している。

上記で説明したように、径方向空間 0 次の電磁加振力高調波の加振周波数が固定子の円環 0 次モードの固有振動数と一致すると、共振による振動・騒

音ピークが発生する。このシンクロナスリラクタンスモータの固定子が円環 0 次モードで変形する固有振動数を約 7.5 kHz であるとし、回転数の上限を 7500 r/min であるとする、回転 60 次以上の径方向空間 0 次電磁加振力高調波と固定子の円環 0 次モードの共振により、振動・騒音ピークが発生する。

[0056] 図 14 に、図 13 に示す回転 60 次以上の電磁加振力高調波成分の最大振幅を dB 表示したものを示す。

図 14 より、比較例 2 は回転 72 次が -2.5 dB、実施形態 5 は回転 144 次が -4.0 dB、実施形態 6 は回転 96 次が -3.3 dB、実施形態 7 は回転 96 次が -3.3 dB、実施形態 8 は回転 96 次が -2.9 dB と、従来技術の回転 72 次より最大振幅を低減できることがわかる。したがって、シンクロナスリラクタンスモータに本発明の実施形態 5～8 による回転電機の固定子構成を適用すると、従来技術、比較例 2 の固定子構成よりも径方向空間 0 次の電磁加振力高調波に起因する振動・騒音を低減できることになる。

[0057] 図 15 に径方向空間 4 次の電磁加振力高調波の計算結果を示す。図 15 では電磁加振力高調波振幅を、比較例 2 の回転 -32 次高調波振幅を基準に無次元化している。

比較例 2 が本来適用される回転電機のスロット数は、8 極機の場合、48 である。それを無視してティース先端に 1 個おきに溝 6 を設けたため、他の固定子構成では存在しない径方向空間 4 次高調波が比較例 2 で発生する。したがって比較例 2 では、固定子の円環 4 次モードとの共振による振動・騒音ピークが発生する可能性がある。

[0058] 一方、実施形態 5～8 では、従来技術である同一の先端形状の固定子ティースを備えた一般的な回転電機（図 8）と同様に径方向空間 4 次の高調波が発生せず、かつ、従来技術の回転電機に比べ径方向空間 0 次の電磁加振力高調波振幅を低減でき、振動・騒音を低減できることがわかる。

[0059] （第 9 の実施形態）

図 16 は、本発明による回転電機の第 9 の実施形態であり、本発明による回転電機を三相交流誘導電動機に適用した例を示している。回転子 2 には、誘導電動機の回転子に設けられる導電体 9 が示されている。なお図 16 では、簡略化のため、固定子ティースを全て参照番号 5 で示している。

この三相の誘導電動機は、極数 $P = 8$ 、固定子スロット数 $S = 72$ 、回転子スロット数 $R = 52$ 、最大公約数 $N = 4$ である。誘導電動機の場合は、最大公約数 N は、極数 P 、固定子スロット数 S 、回転子スロット数 R の最大公約数となる。固定子スロット数 S を最大公約数 N で割った個数 m は 18 である。

[0060] 固定子ティースの 1 グループ 52 を構成するティース 5 の個数を 18 の約数 d である 6 個とする。図 17 に示すように、各ティース $5m \sim 5s$ にはそれぞれテーパ 7 や溝 $6n \sim 6q$ 、 $6s$ を設ける。図 16 に示す固定子コア 1 は、図 17 に示す固定子ティースの 1 グループ 52 を構成するティース $5m \sim 5s$ を周方向に周期的に 12 グループ並べることにより形成される。

この固定子構成による電磁加振力高調波の計算結果を、従来技術の固定子構成（図 18 参照）および比較例 3 の固定子構成での計算結果とともに、図 19、図 20 に示す。

なお、比較例 3 として、比較例 1、2 と同様に特許文献 1 に示す、固定子ティースの 1 グループを構成するティースの個数を 2 個とし、1 個おきに溝 $6e$ と同等の溝を設けた形状を採用する。

[0061] 固定子ティースの 1 グループ 52 を構成するティース $5m \sim 5s$ の先端形状を 1 グループ 52 内の各々のティース 5 で異なった形状とすることにより、図 18 に示す従来技術の回転電機の固定子ティース 15 と同様に、ティース 5、回転子コア 2 と組み合わせた幾何学的形状が $1/4$ という周期境界条件を変更せずに、電磁加振力高調波の振幅を変更することができる。

[0062] 図 19～図 20 には、第 9 の実施形態と、図 18 の従来技術と、比較例 3 とを対比した結果を示す。

実施形態 9、従来技術、比較例 3 の、それぞれの固定子構成での径方向空

間0次の電磁加振力高調波を、解析により求めた結果を図19、図20に示す。図19、図20では電磁加振力高調波振幅を、従来技術の固定子構成での回転216次高調波振幅を基準に無次元化している。

[0063] 従来技術の誘導電動機の一般的な固定子は、同一の先端形状のティースから構成されており、回転試験による騒音測定により、回転216次の高調波成分が卓越していることが分かっている。そこで、まず、回転216次の電磁加振力高調波振幅を比較した。図19、図20より回転216次高調波振幅は、比較例3で-1.0 dB、実施形態9では-4.6 dB、従来技術の固定子構成の場合より低減される結果となっている。したがって、実施形態9では従来技術、比較例3よりも振動・騒音を低減できることになる。また、図19より他の回転次数の電磁加振力高調波振幅についても、実施形態9では従来技術、比較例3よりも低減傾向となっている。

[0064] 以上より、特許文献1に記載の適用条件（ n 極、 s 相における固定子コアのロット数は $2n \times s$ 個）から外れる構成でも、本発明により径方向電磁加振力高調波を低減し、振動・騒音を低減できることがわかる。

また、誘導電動機に対しても、本発明は適用可能であることがわかる。

[0065] 以上の説明は本発明の一例であり、本発明はこれらの実施形態に限定されない。すなわち、本発明は、上記の実施形態の回転電機の相数、極数、固定子ロット数、回転子ロット数に限定されるものではない。

[0066] 第1、5の実施形態では9個のティースを1グループとし、第2～4、および第6～8の実施形態では3個のティースを1グループとした。

これらの実施形態では、8極72ロットの構成の永久磁石回転電機あるいはシンクロナスリラクタンスモータを例として説明したが、本発明は、8極72ロットの構成に限定されない。すなわち本発明による回転電機は極数が P 個で、 S 個のティースを備えた固定子と、固定子に空隙を介して配置された回転子とを有する回転電機であって、その固定子のティースが、極数 P と固定子ロット数 S の最大公約数 N で固定子ロット数 S を割った値 m 、または m の約数 d の個数を単位にグループ化されており、このグループ化

された複数の固定子ティースの少なくとも1つの先端形状が異なった形状とされている種々の回転電機に適用することができる。

[0067] また、誘導電動機の第9の実施形態では6個のティースを1グループとした。

第9の実施形態でも8極72スロットの構成を例にして説明したが、本発明はこの構成に限定されない。すなわち本発明は、極数がP個で、S個のティースを備えた固定子と、固定子に空隙を介して配置されR個のスロットを備えた回転子とを有する誘導電動機であって、その固定子のティースが、極数Pと固定子スロット数Sと回転子スロット数Rの最大公約数Nで固定子スロット数Sを割った値m、またはmの約数dの個数を単位にグループ化されており、このグループ化された複数の固定子ティースの先端形状がそれぞれ異なった形状とされている種々の誘導電動機に適用することができる。

[0068] 以上説明したように、本発明による回転電機では、グループ化された複数の固定子ティースの内、このグループの少なくとも1つのティースの先端形状が、このグループの他のティースと異なる形状となるようにしている。この異なる形状となっているティース先端の形状は、先端に溝が設けられているか、あるいはテーパーが設けられているか、あるいは溝とテーパーの両方が設けられているか、あるいは溝のない平坦な形状のいずれかとなっている。

また固定子ティースの先端に形成される溝は平型溝、V状溝、皿状溝のいずれかであり、その溝幅および深さは、平坦な先端形状からなる固定子ティース先端と回転子表面の磁気的な平均距離で定義されるギャップ長を考慮して設定される。

なお、ここでの説明で「溝」とは、図4(b)の参照番号6bで示すような、固定子ティース先端に回転軸方向に連続して凹設された種々の凹部、窪みを含む形状を意味する。

[0069] なお、各実施形態および比較例での解析で用いた溝は上記のギャップ長を基準として、径方向の深さの平均が1.0以下、溝開口部の周方向長さ（溝

幅)は0.5以上となるように設けられている。また、溝開口部の周方向長さの上限は、平坦な先端形状のティース先端周方向長さを基準として $1/3$ 以下としている。

[0070] 以上の説明は本発明の実施形態および変形実施の例であり、本発明はこれらの実施形態や変形実施例に限定されない。当業者であれば、本発明の特徴を損なわずに様々な変形実施が可能である。とりわけ本発明では、実施形態1から9で説明した様々な固定子ティース先端の形状を組み合わせたティースグループから構成された固定子を備える種々の回転電機を実現することができる。

符号の説明

- [0071]
- 1 : 固定子コア
 - 2 : 回転子コア
 - 3 : 固定子コイル
 - 4 : 固定子スロット
 - 5、5 a～5 l、15 : 固定子ティース
 - 6 b～6 e、6 g～6 j : ティース溝
 - 7 : ティーステーパー
 - 8 : 永久磁石
 - 9 : 導電体
 - 15 : 従来の一般的な固定子ティース
 - 21 : パワー半導体
 - 38 : ダイオード
 - 50、51、52 : 固定子ティースの1グループ
 - 100 : 車両
 - 110 : 前輪
 - 120 : エンジン
 - 124 : エンジン制御装置
 - 130 : 変速機

- 1 3 4 : 変速機制御装置
- 1 3 2 : ディファレンシャルギア
- 1 7 0 : 統合制御装置
- 1 7 4 : 通信回線
- 1 8 0 : バッテリ
- 1 8 4 : バッテリ制御装置
- 2 0 0、2 0 2 : 回転電機
- 6 0 0 : 電力変換装置
- 6 1 0、6 2 0 : パワーモジュール
- 6 3 0 : コンデンサモジュール
- 6 4 2 : コネクタ基板
- 6 4 4 : 送受信回路
- 6 4 6 : 駆動回路基板
- 6 4 8 : 制御回路
- 6 5 2 : 第 1 の駆動回路
- 6 5 0 : 駆動回路基板
- 6 5 4 : 駆動回路基板
- 6 5 6 : 第 2 の駆動回路
- 6 6 0 : 電流センサ
- 6 6 2 : 電流センサ

請求の範囲

[請求項1]

S 個の複数のティースを有する固定子と、
前記固定子に空隙を介して配置された回転子とを備え、
前記固定子の複数のティースは、極数 P と前記固定子のスロット数 S の最大公約数 N で固定子スロット数 S を割った値 m、または前記 m の約数 d の個数を単位にグループ化された複数のティースグループからなり、
前記ティースグループにおいて、少なくとも 1 つのティースは、当該ティースグループの他のティースと異なる先端形状を有し、前記複数のティースグループはそれぞれが同じ構成であることを特徴とする回転電機。

[請求項2]

請求項 1 に記載の回転電機において
前記ティースグループの少なくとも 1 つのティースの先端に形成された、前記他のティースと異なる先端形状は、溝あるいはテーパが形成された先端形状かあるいは平坦な先端形状からなることを特徴とする回転電機。

[請求項3]

請求項 2 に記載の回転電機において
前記溝の形状は平型溝、V 状溝、皿状溝のいずれかであり、
前記溝の深さの平均は平坦な先端形状のティースの先端部と前記回転子表面の磁気的な平均距離で定義されるギャップ長以下であり、
前記溝の幅は前記ギャップ長の $1/2$ 以上であり、かつ平坦な先端形状のティースの先端周方向長さの $1/3$ 以下であることを特徴とする回転電機。

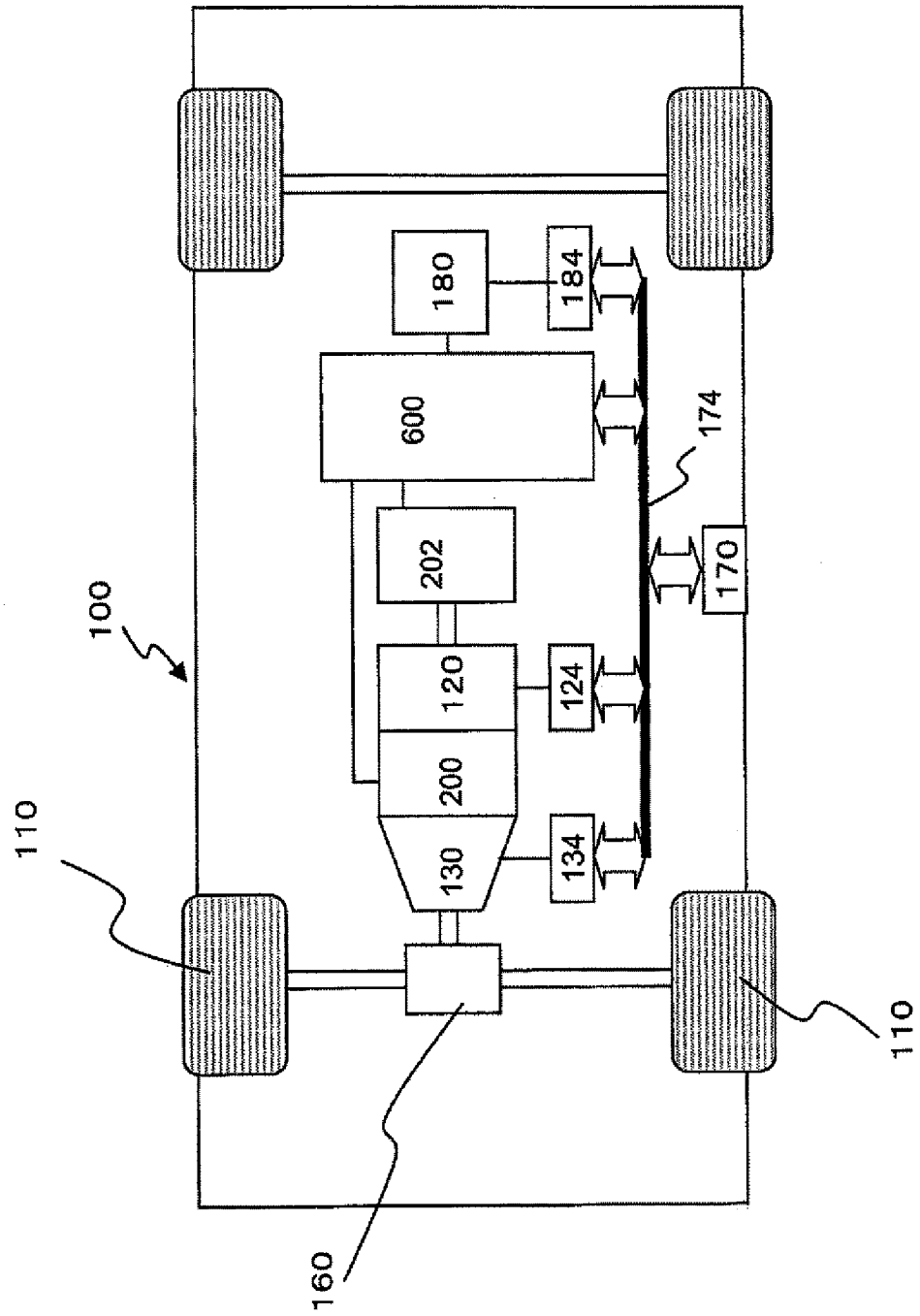
[請求項4]

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機において、
前記回転電機が誘導電動機であり、前記固定子の S 個のティースは、極数 P、固定子スロット数 S、回転子スロット数 R の最大公約数 N で固定子スロット数 S を割った値 m、または、m の約数 d の個数を単位に、グループ化されることを特徴とする回転電機。

[請求項5] 請求項 1 乃至 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機を備えることを特徴とする電動車両。

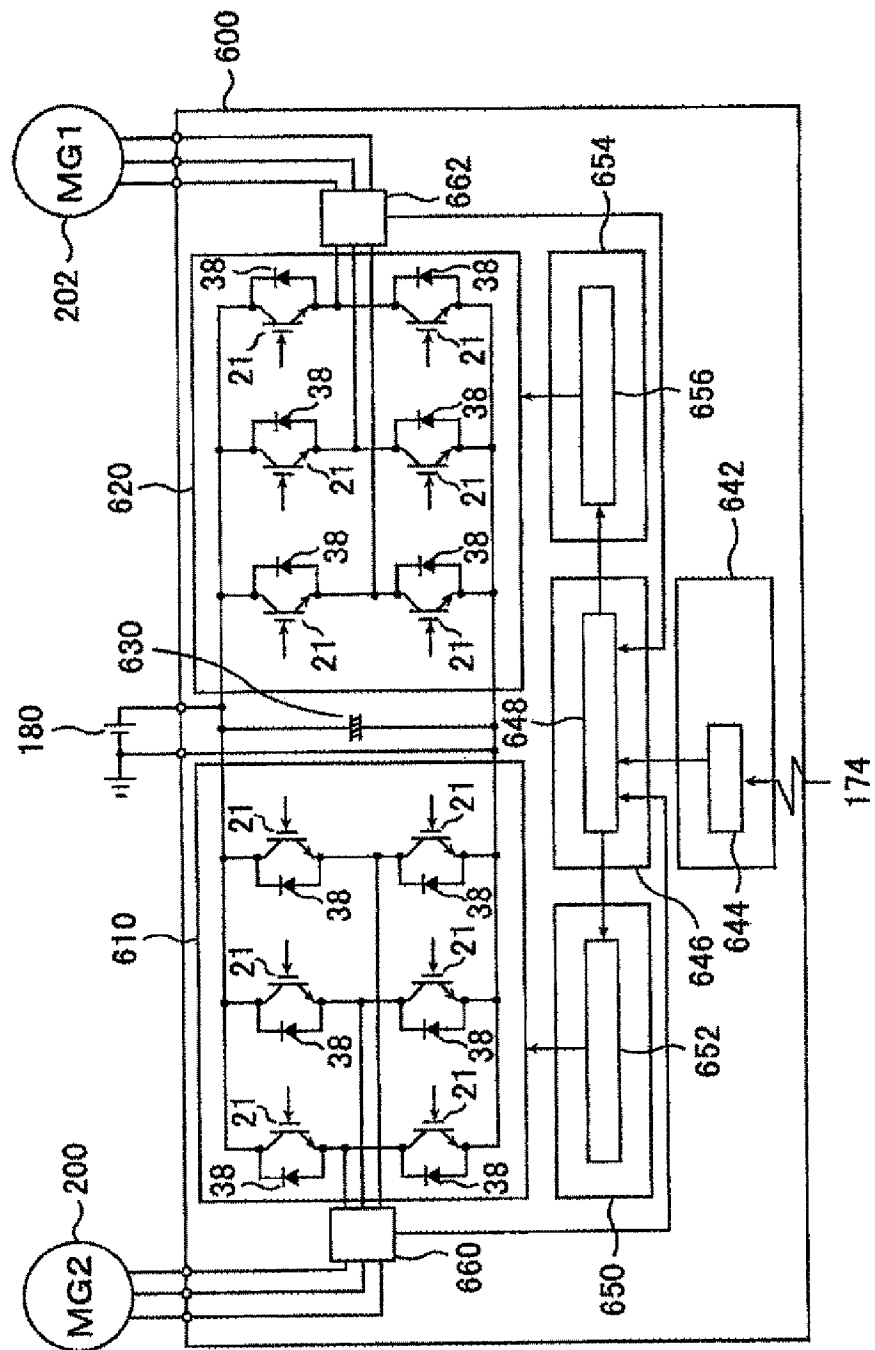
[図1]

図1

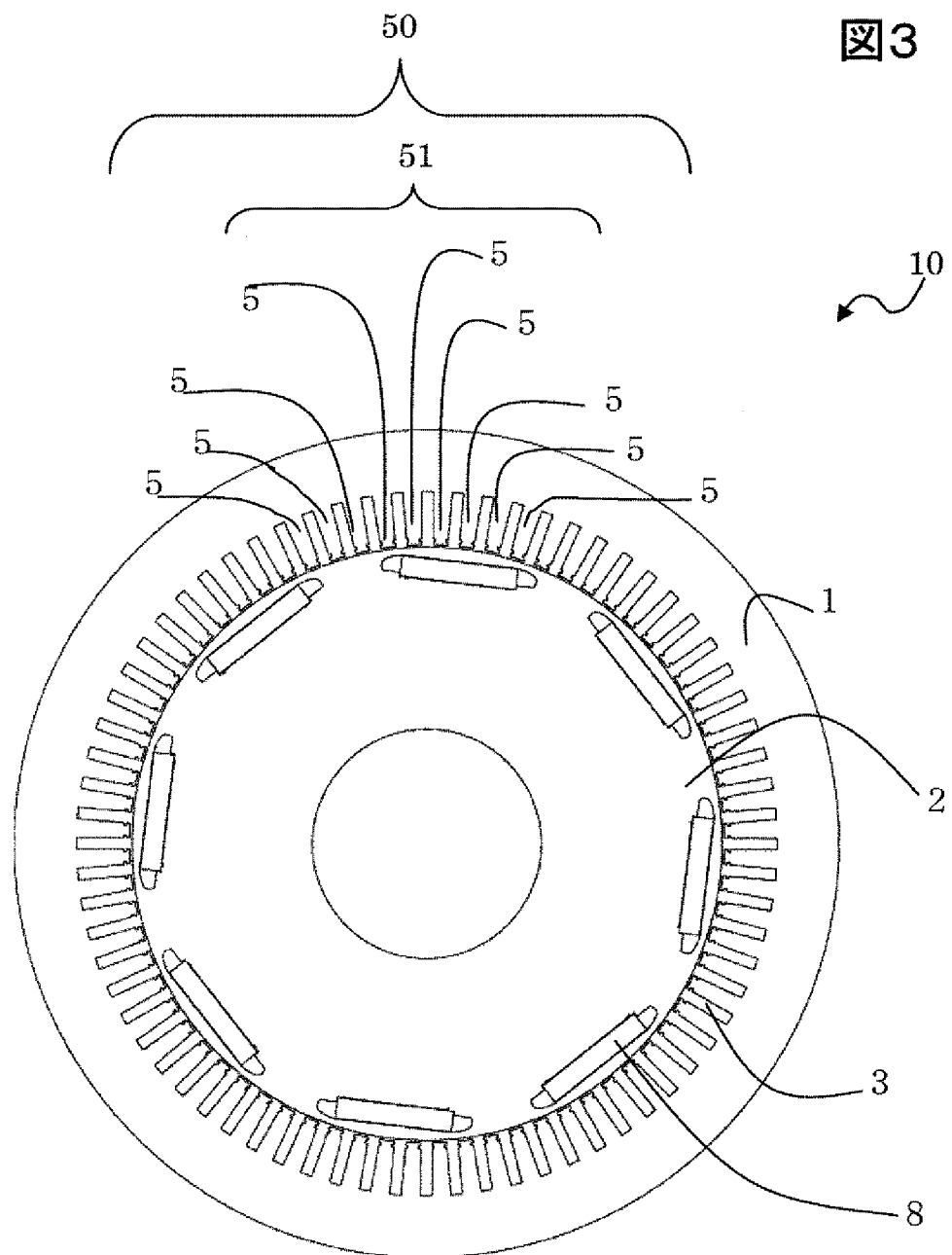


[図2]

図2

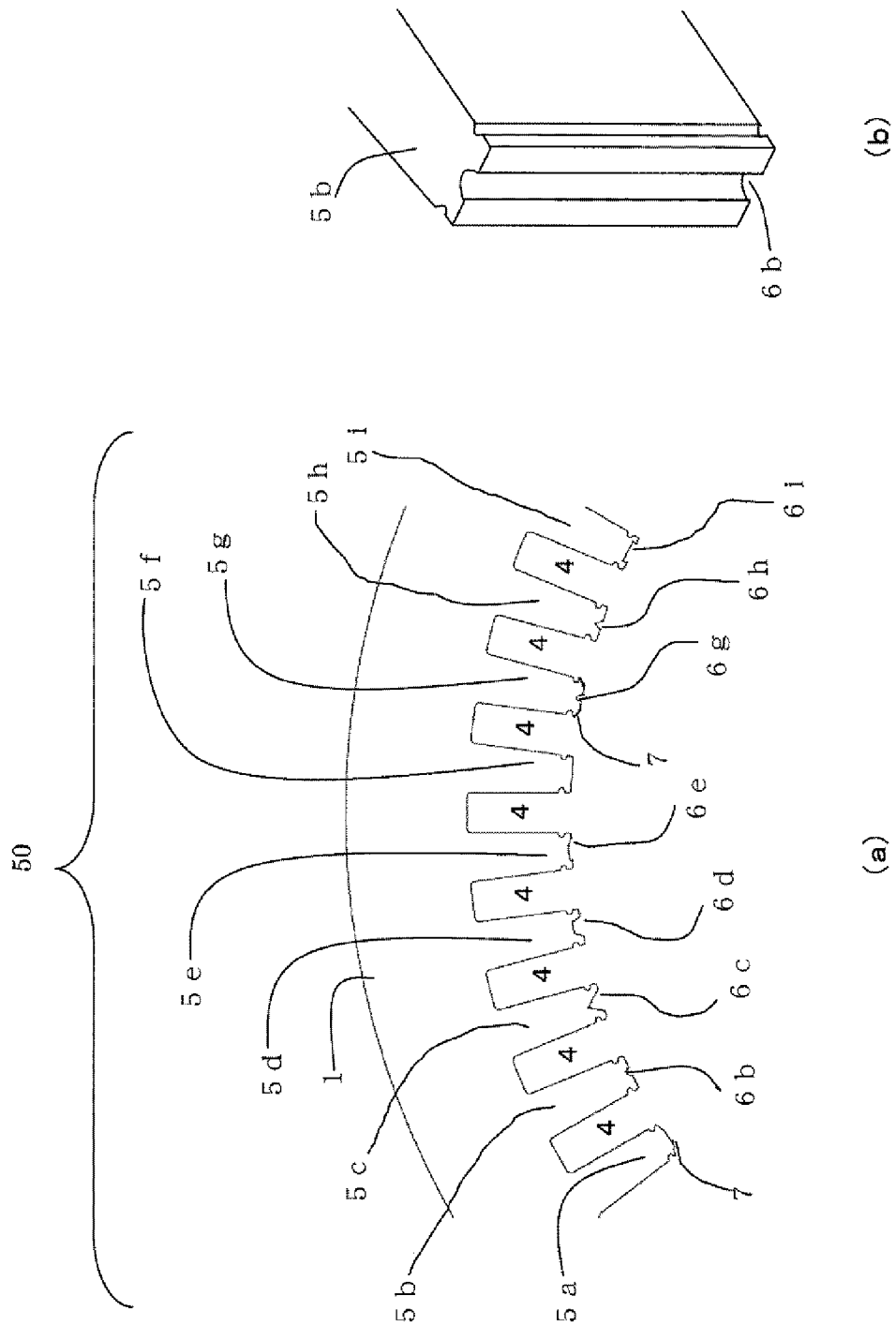


[図3]



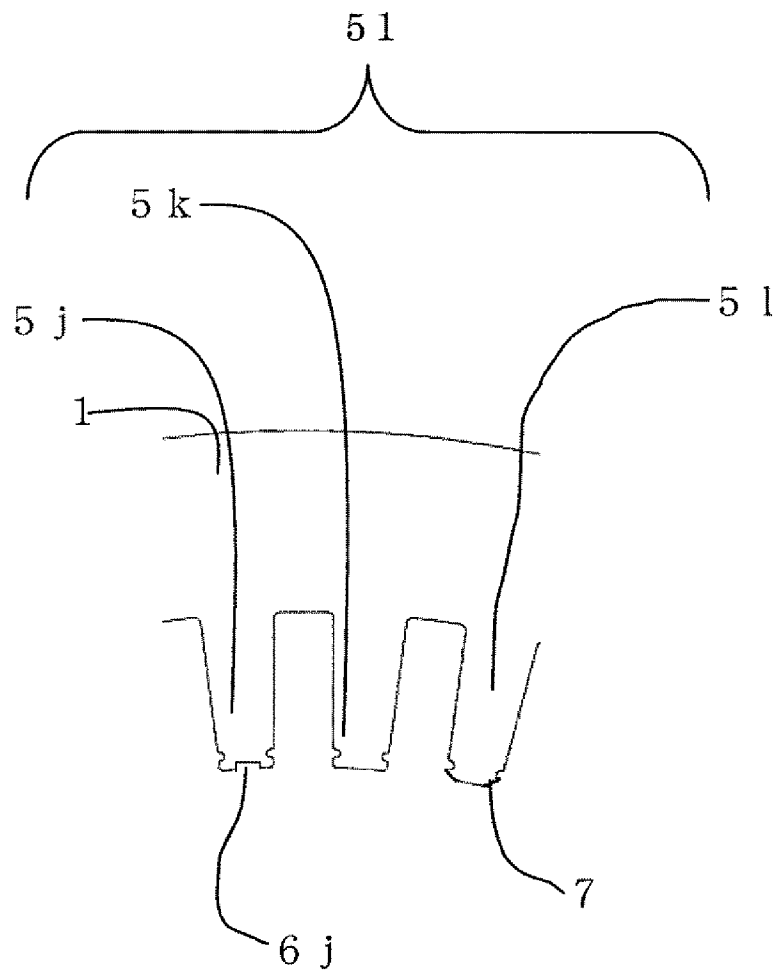
[図4]

図4



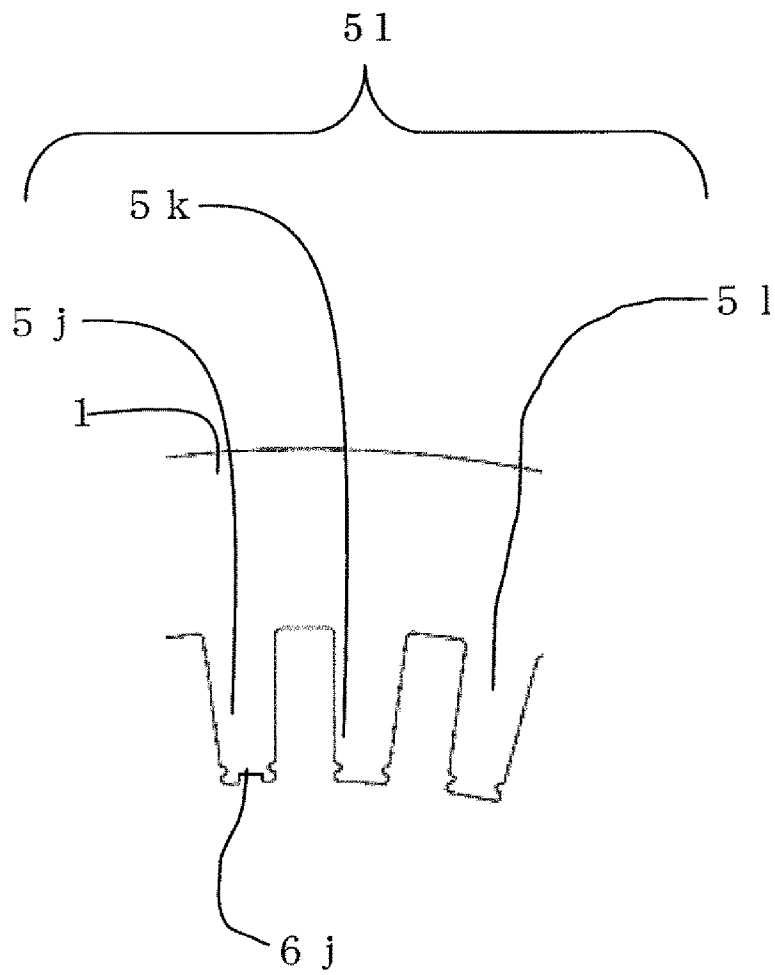
[図5]

図5



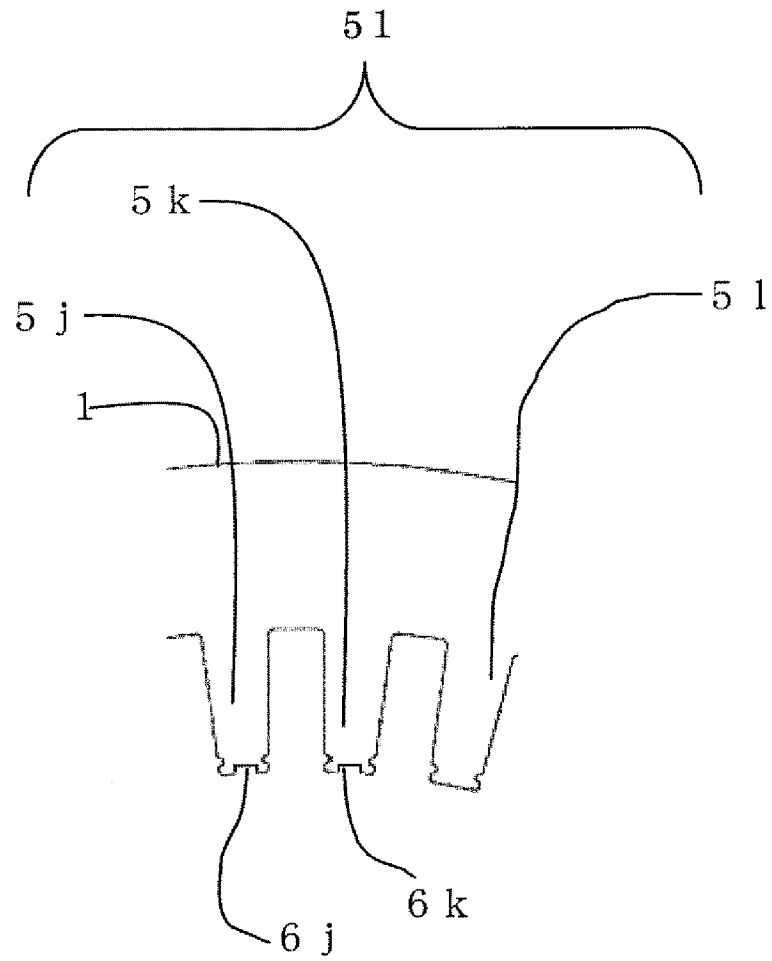
[図6]

図6



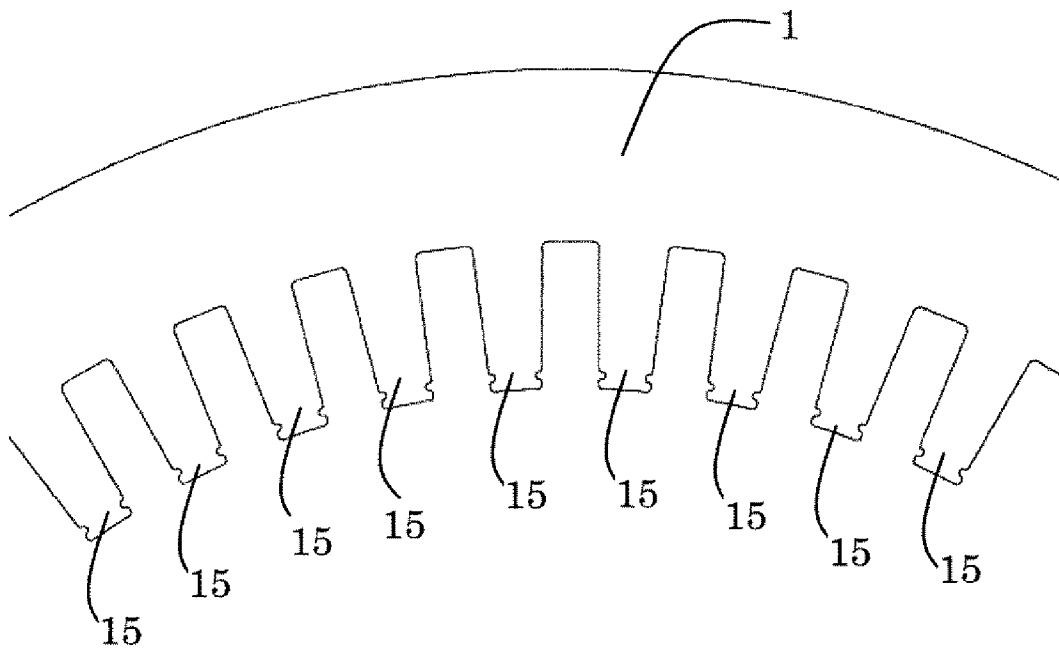
[図7]

図7



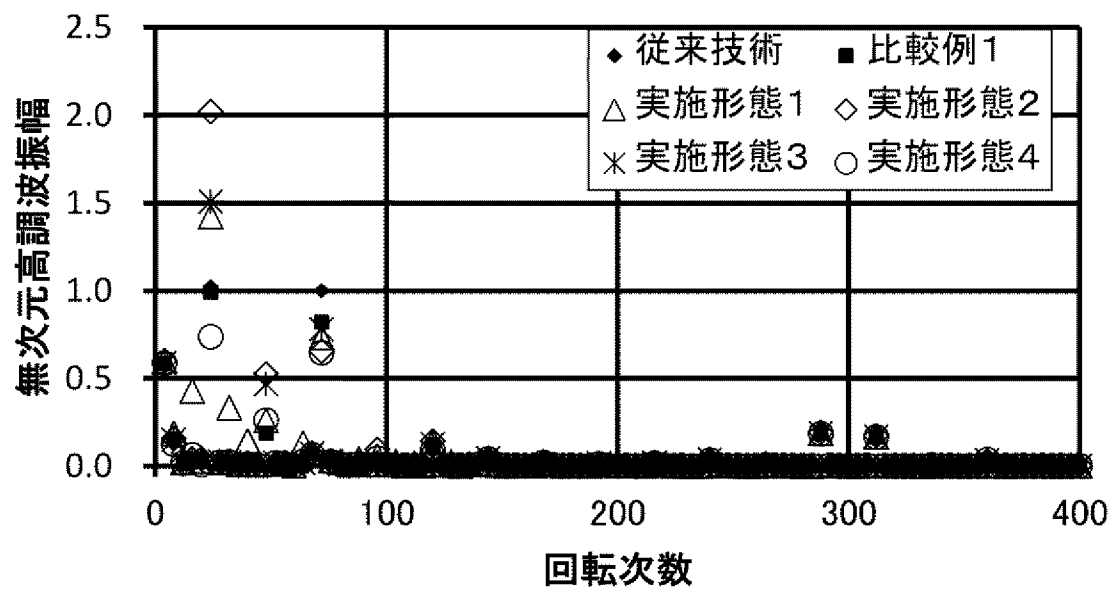
[図8]

図8



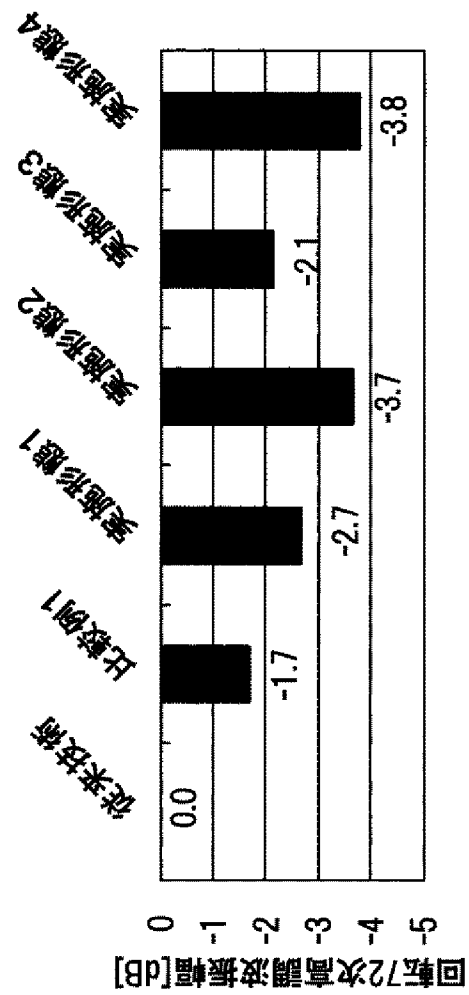
[図9]

図9



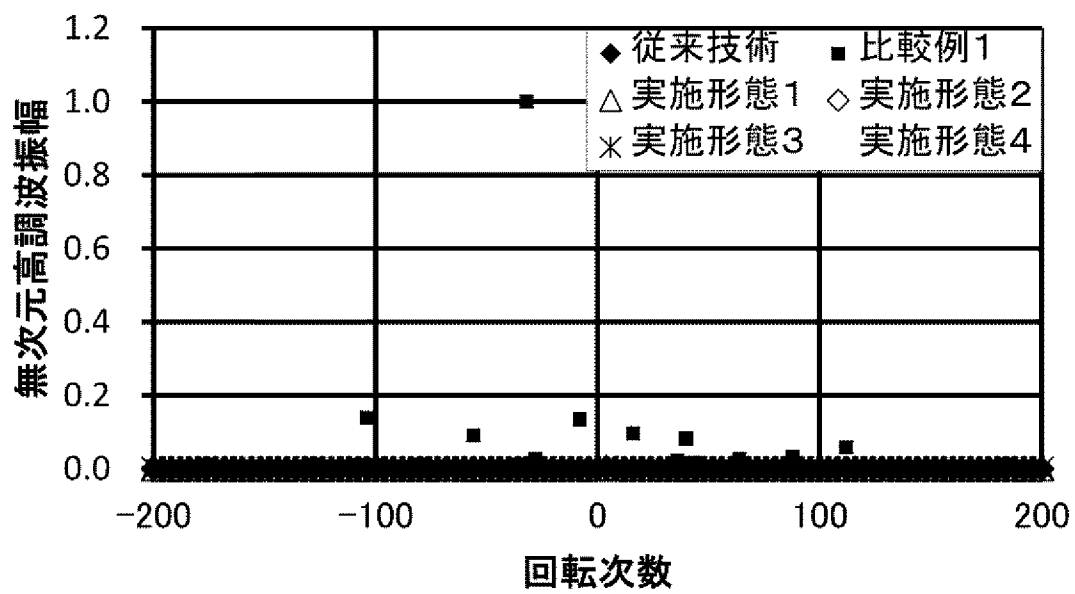
[図10]

図10

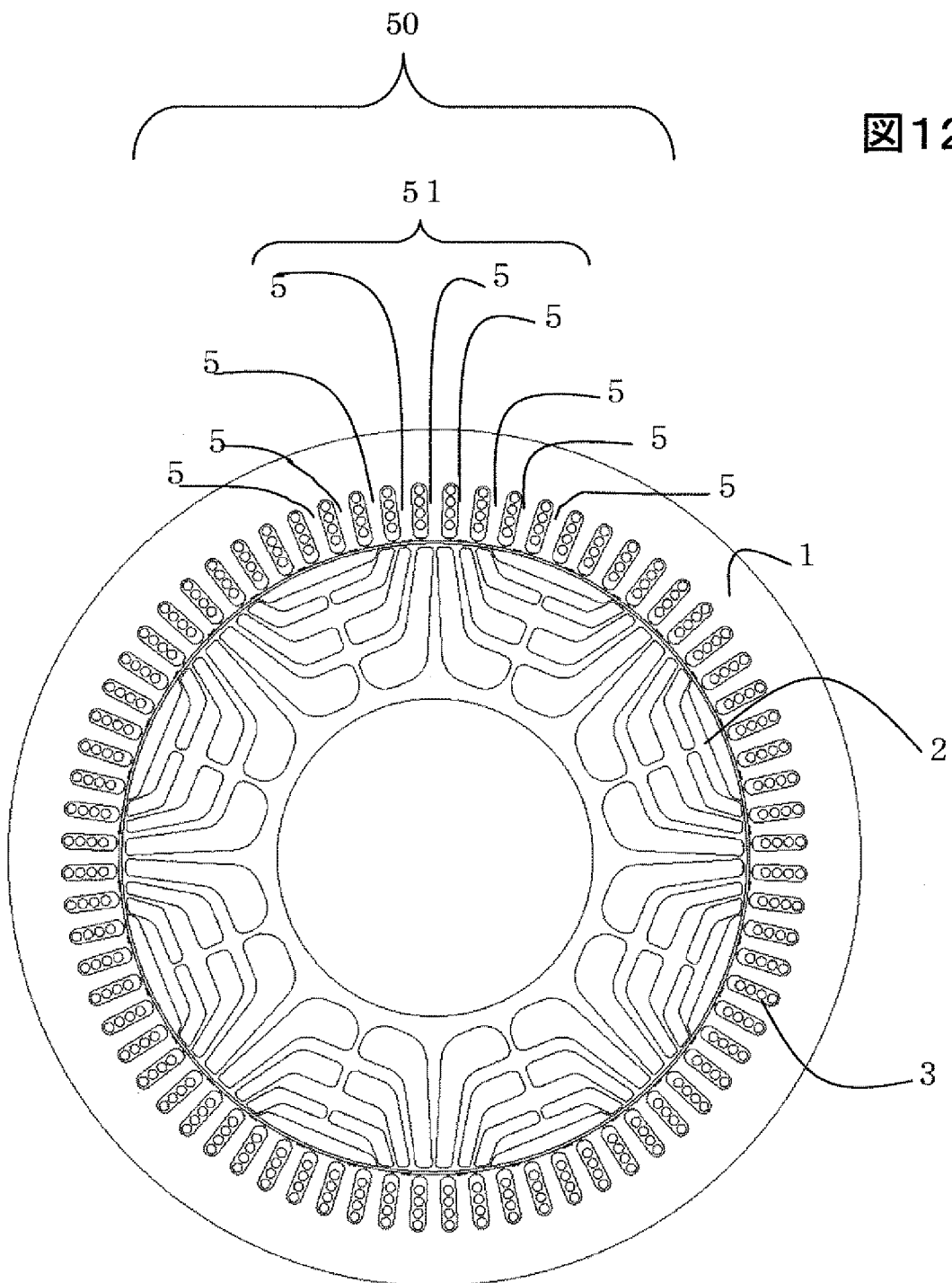


[図11]

図11

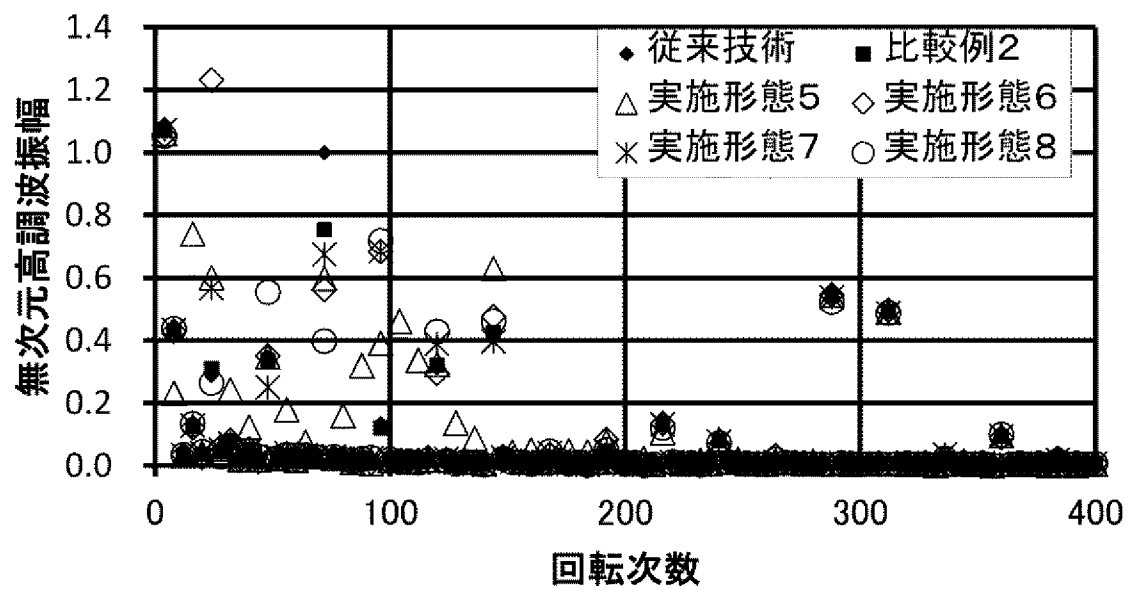


[図12]



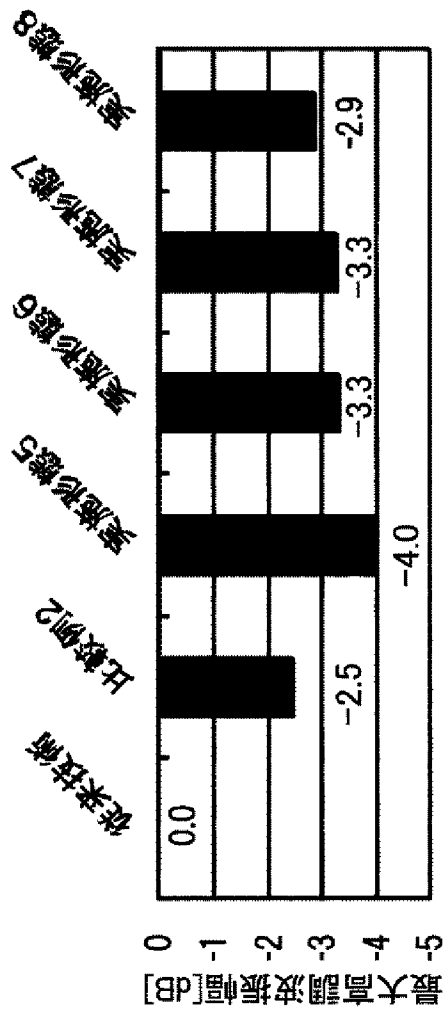
[図13]

図13



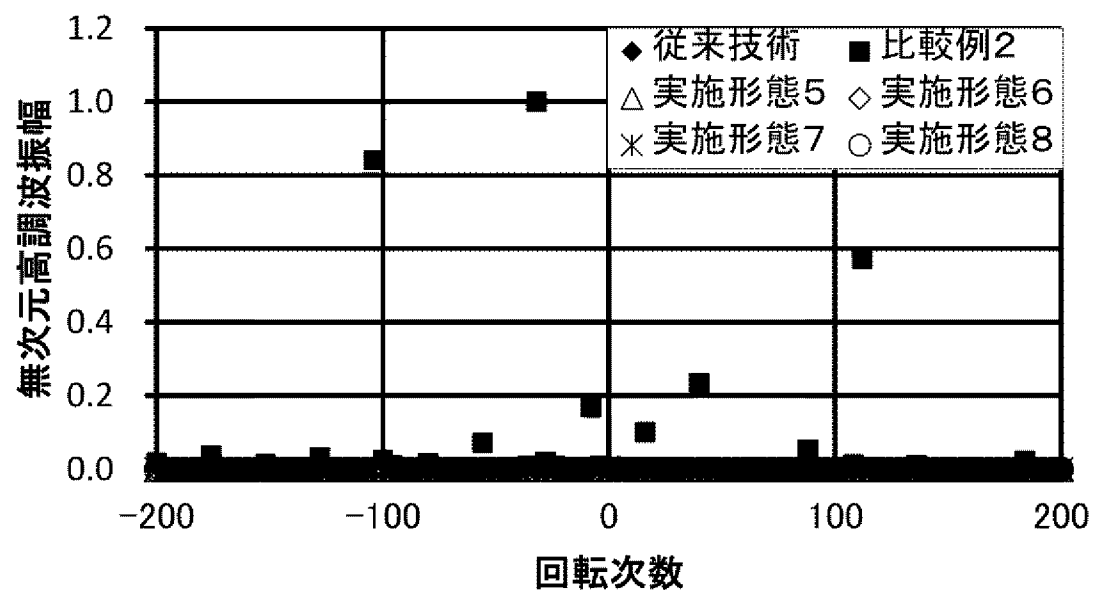
[図14]

図14



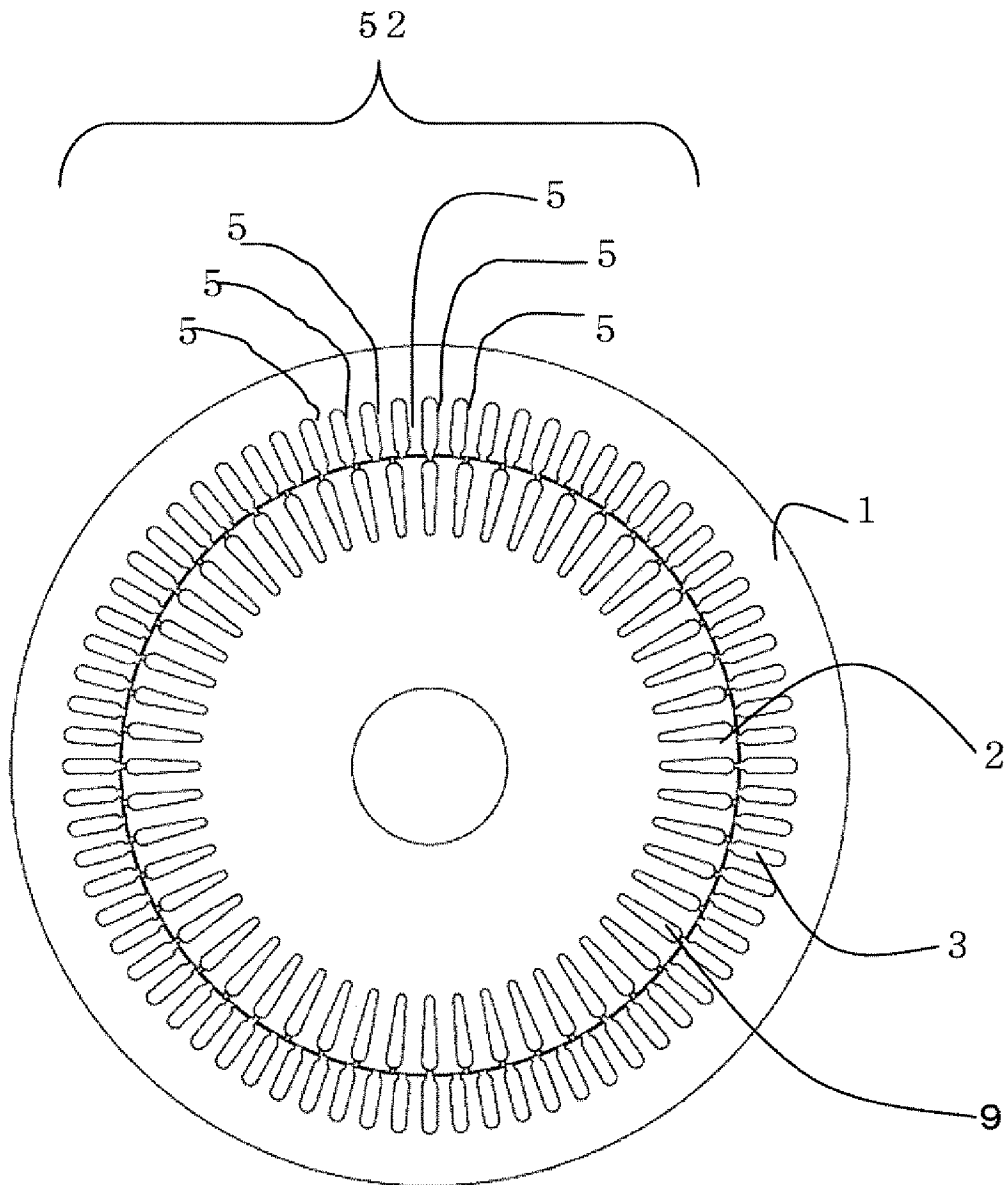
[図15]

図15



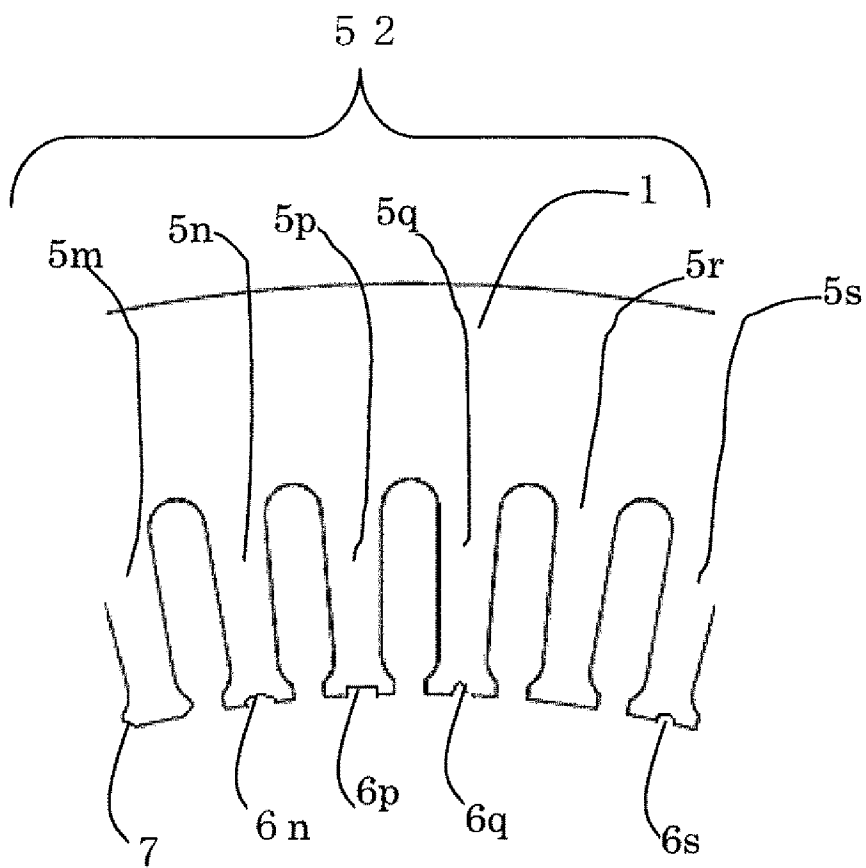
[図16]

図16



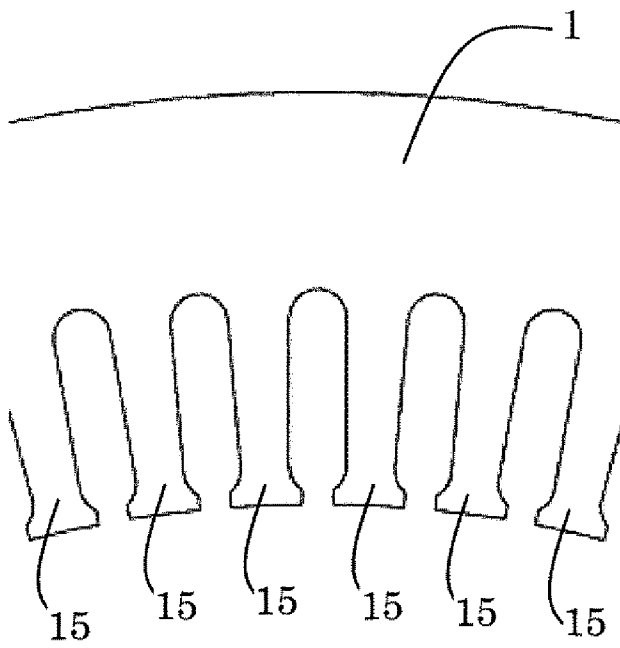
[図17]

図17



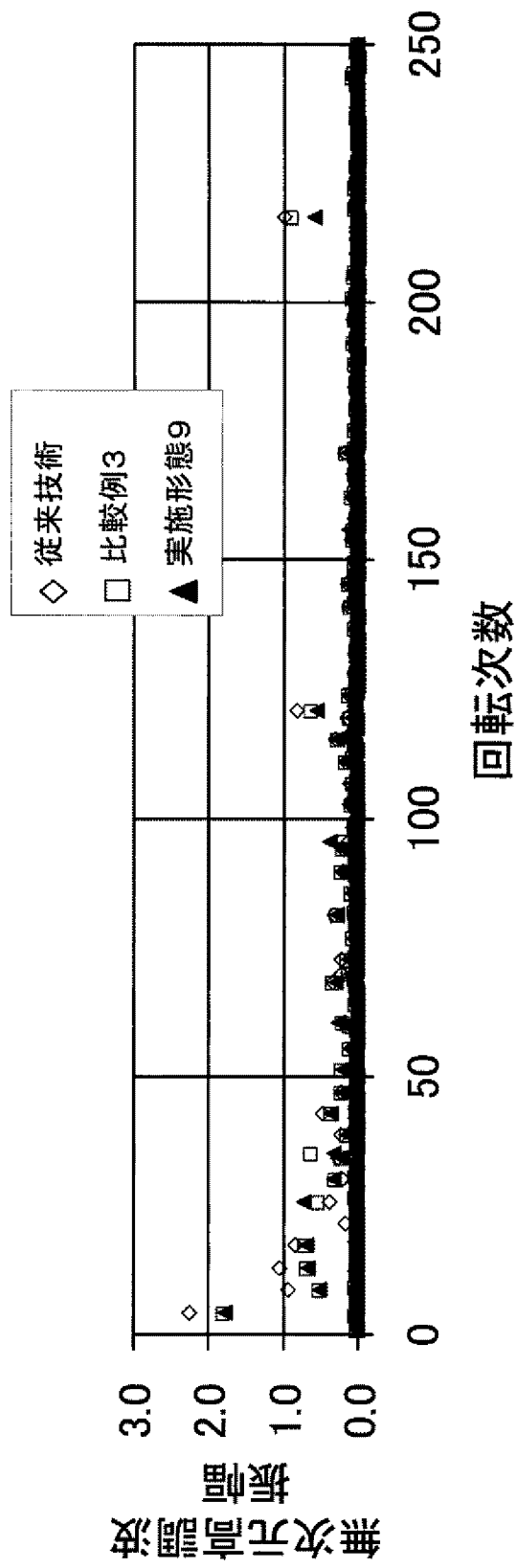
[図18]

図18



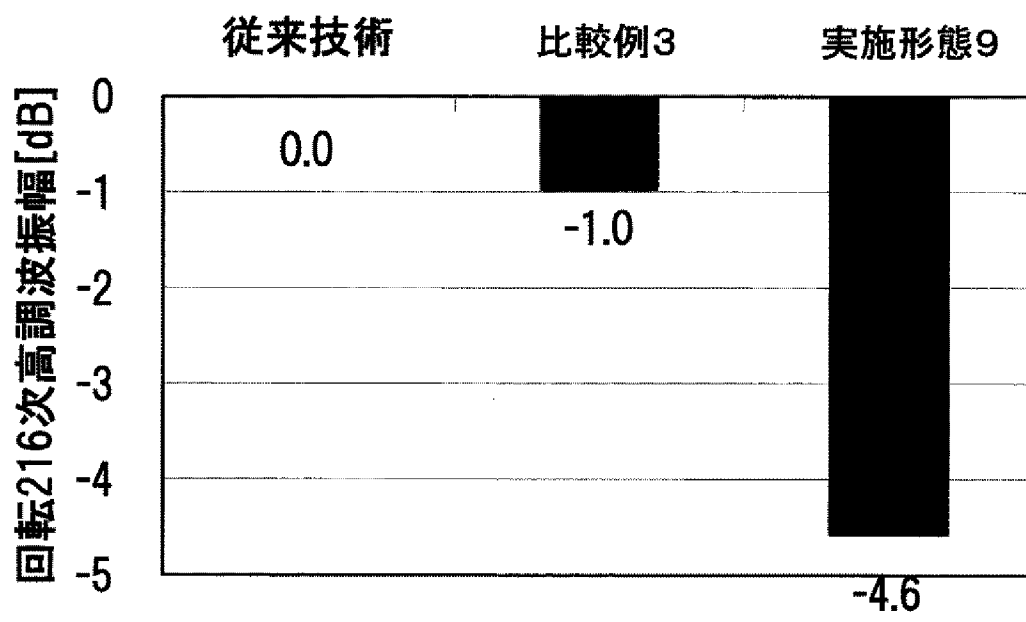
[図19]

図19



[図20]

図20



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/066777

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H02K1/16(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)

H02K1/16

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2013
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2013	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2013

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.
X	JP 2007-166710 A (Toyota Motor Corp.), 28 June 2007 (28.06.2007), paragraphs [0002] to [0007], [0024] to [0064]; fig. 1 to 8 & US 2009/0243423 A1 & EP 1978619 A1 & WO 2007/066829 A1 & KR 10-2008-0077262 A & CN 101326697 A	1-3, 5
X	JP 6-113512 A (Hitachi, Ltd.), 22 April 1994 (22.04.1994), paragraphs [0001], [0024] to [0029]; fig. 5 to 6 (Family: none)	1-5

☐ 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

"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
19 August, 2013 (19.08.13)

Date of mailing of the international search report
27 August, 2013 (27.08.13)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H02K1/16(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（I P C））

Int.Cl. H02K1/16

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	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 3 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 3 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 3 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
X	JP 2007-166710 A（トヨタ自動車株式会社）2007.06.28, 段落【0002】 －【0007】、【0024】－【0064】、図1－8 & US 2009/0243423 A1 & EP 1978619 A1 & WO 2007/066829 A1 & KR 10-2008-0077262 A & CN 101326697 A	1-3, 5
X	JP 6-113512 A（株式会社日立製作所）1994.04.22, 段落【0001】、 【0024】－【0029】、図5－6（ファミリーなし）	1-5

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
「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

1 9 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査報告の発送日

2 7 . 0 8 . 2 0 1 3

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁（I S A / 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）

安池 一貴

3 V

9 1 5 0

電話番号 03-3581-1101 内線 3358