

(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  
2024年10月17日(17.10.2024)

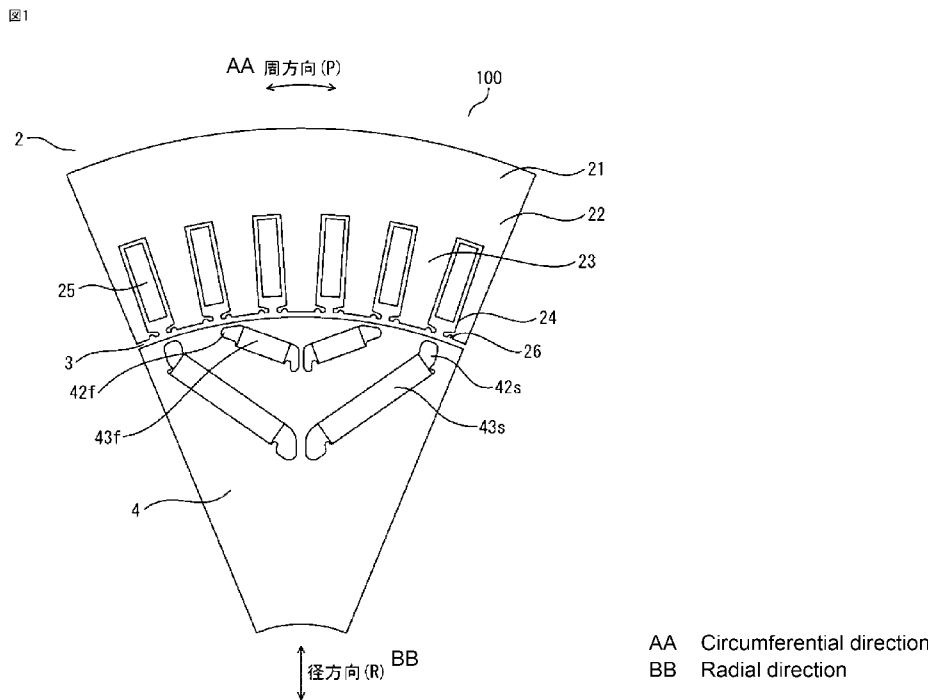


(10) 国際公開番号  
**WO 2024/214203 A1**

- (51) 国際特許分類:  
*H02K 1/16* (2006.01)      *H02K 21/16* (2006.01)
- (21) 国際出願番号:                      PCT/JP2023/014826
- (22) 国際出願日:                      2023年4月12日(12.04.2023)
- (25) 国際出願の言語:                      日本語
- (26) 国際公開の言語:                      日本語
- (71) 出願人:三菱電機株式会社(MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者:飯田 貴之(IIDA Takayuki); 〒1008310 東京都千代田区丸の内二丁目7番3号 三菱電機株式会社内 Tokyo (JP). 茅野 慎介
- (74) 代理人:弁理士法人ぱるも特許事務所(PALMO PATENT FIRM, P.C.); 〒6610033 兵庫県尼崎市南武庫之荘3丁目35番8号 Hyogo (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, JP, KE, KG,

(54) Title: ROTARY ELECTRIC MACHINE, ROTARY ELECTRIC MACHINE SYSTEM IN WHICH SAID ROTARY ELECTRIC MACHINE AND ELECTRIC POWER DRIVE DEVICE ARE COMBINED, AND ELECTRIC VEHICLE EQUIPPED WITH SAID ROTARY ELECTRIC MACHINE SYSTEM

(54) 発明の名称: 回転電機、その回転電機と電力駆動装置とを組み合わせた回転電機システム、およびその回転電機システムを搭載した電動車



(57) Abstract: A rotary electric machine (100) is provided with: a rotor (4) having magnetic poles of a plurality of permanent magnets (43); an annular core back (22); and a stator (2) formed by stacking, in an axial direction of the rotor (4), a stator core (21) having a plurality of teeth (23) facing a circumferential surface of the rotor (4), wherein a winding



WO 2024/214203 A1

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))

slot (24) for winding a winding (25) is provided between a tooth (23) and the tooth (23) next to said tooth (23), a plurality of auxiliary grooves (26) respectively extending in the stacking direction are arranged on surfaces of tooth distal-end sections 23a of the teeth (23) facing the rotor (4), and  $S/P \geq 3$  is satisfied assuming that the number of magnetic poles in the rotor (4) is P and the number of winding slots (24) is S.

(57) 要約: 回転電機 (100) は、複数の永久磁石 (43) の磁極を有するロータ (4) と、円環状のコアバック (22) と、ロータ (4) の周面と対向する複数のティース (23) を有するステータコア (21) をロータ (4) の軸方向に積層してなるステータ (2) を備え、ティース (23) とその隣のティース (23) との間には、巻線 (25) を巻装するための巻線スロット (24) が設けられ、ティース (23) のティース先端部 23a のロータ (4) と対向する面には、それぞれ積層方向に延在する補助溝 (26) が複数配置されており、ロータ (4) の磁極数を P、巻線スロット (24) の数を S とすると、 $S/P \geq 3$  を満たす。

## 明 細 書

発明の名称：

回転電機、その回転電機と電力駆動装置とを組み合わせた回転電機システム、およびその回転電機システムを搭載した電動車

### 技術分野

[0001] 本願は、回転電機、その回転電機と電力駆動装置とを組み合わせた回転電機システム、およびその回転電機システムを搭載した電動車両に関するものである。

### 背景技術

[0002] 近年の電動車両用モータには、高効率化・高出力密度化に加えて、低振動であることが要求されており、振動の原因となるトルクリプルを低減する方法が提案されている。電動車両用モータでは、トルクリプル低減のために分布巻モータが採用されるが、さらなる低トルクリプル化への要求が高まっている。

電動車両用モータで採用されることの多い埋込磁石型ロータでは、ロータ内部の磁石配置を工夫することで、トルクおよびトルクリプルを調整可能であることが広く知られている。しかし、トルクが最大になる磁石配置と、トルクリプルが最小になる磁石配置は異なるため、モータ制御でも逆位相のトルクリプルを発生させる電流を重畳することで、トルクリプル抑制を行い、モータ全体のトルクリプルを低くしている。

モータの制御でトルクリプルを抑制する場合には、制御周波数によって、抑制できるトルクリプルの高調波次数は制限される。従って、トルクリプルの高調波次数に着目し、制御で低減できない次数成分については、モータ構造によって予め低減しておくことが重要である。

埋込磁石型分布巻モータにおいて、ステータコアのティース先端部に1個の補助溝を配置することでトルクリプルを低減する埋込磁石モータが開示されている。

## 先行技術文献

### 特許文献

[0003] 特許文献1：特開2006-149167号公報

[0004] しかし、ティース先端部に1個の補助溝を配置した場合、モータ全体のトルクリプルは低減できるが、スロット高調波の2倍次数のトルクリプルが増大するため、この次数成分が原因の振動および磁気騒音が問題となる可能性がある。

### 発明の概要

#### 発明が解決しようとする課題

[0005] 本願は、上記のような課題を解決するための技術を開示するものであり、モータ制御で抑制することが困難とされることが多い、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減できる回転電機、回転電機システム、および電動車両を提供することを目的とする。

#### 課題を解決するための手段

[0006] 本願に開示される回転電機は、複数の永久磁石の磁極を有するロータと、円環状のコアバックと、前記ロータの周面と対向する複数のティースを有するステータコアを前記ロータの軸方向に積層してなるステータを備え、前記ティースとその隣のティースとの間には、巻線を巻装するための巻線スロットが設けられ、前記ティースのティース先端部の前記ロータと対向する面には、それぞれ積層方向に延在する補助溝が複数配置されており、前記ロータの磁極数を $P$ 、前記巻線スロットの数を $S$ とすると、 $S/P \geq 3$ を満たすようにしたものである。

本願に開示される回転電機システムは、上記の回転電機と、前記回転電機の回転制御を行い前記回転電機のトルクリプルを抑制する電力駆動装置とを組み合わせたものである。

本願に開示される電動車両は、上記の回転電機システムを搭載したものである。

## 発明の効果

[0007] 本願に開示される回転電機によれば、モータ制御で抑制することが困難とされることが多い、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減できる回転電機が得られる。

本願に開示される回転電機システムによれば、モータ制御で抑制することが困難とされることが多い、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減できる回転電機システムが得られる。

本願に開示される電動車両によれば、モータ制御で抑制することが困難とされることが多い、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減できる回転電機システムを搭載した電動車両が得られる。

## 図面の簡単な説明

- [0008] [図1]実施の形態1による回転電機の周方向8分の1の軸方向断面図である。  
[図2]実施の形態1による回転電機のステータコアのティース拡大図である。  
[図3]実施の形態1による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。  
[図4]実施の形態1による回転電機のロータの周方向8分の1の軸方向断面図である。  
[図5]実施の形態1による回転電機のステータコア（ティース先端部補助溝なし）の周方向8分の1の軸方向断面図である。  
[図6]実施の形態1による回転電機の補助溝位置に対する24次トルクリプルの解析結果である。  
[図7]実施の形態1による回転電機の変形例（補助溝形状四角）のステータコアのティース拡大図である。  
[図8]実施の形態1による回転電機の変形例（補助溝形状三角）のステータコアのティース拡大図である。  
[図9]実施の形態1による回転電機の変形例（8極96スロット、2重V字型埋込磁石ロータ）の周方向8分の1の軸方向断面図である。  
[図10]実施の形態1による回転電機の変形例（6極54スロット、2重V字

型埋込磁石ロータ)の周方向6分の1の軸方向断面図である。

[図11]実施の形態1による回転電機の変形例(8極48スロット、1重V字型埋込磁石ロータ)の周方向8分の1の軸方向断面図である。

[図12]実施の形態1による回転電機の変形例(8極48スロット、3重V字型埋込磁石ロータ)の周方向8分の1の軸方向断面図である。

[図13]実施の形態2による回転電機のステータコアのティース拡大図である。

[図14]実施の形態2による回転電機のステータコアのティース拡大図である。

[図15]実施の形態2による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図16]実施の形態2による回転電機の補助溝位置に対する24次トルクリプルの位相差の説明図である。

[図17]実施の形態2による回転電機の変形例(ステータコアの比率変更)のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図18]実施の形態3による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図19]実施の形態4による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図20]実施の形態4による回転電機のステータコアのティースの先端部の拡大図である。

[図21]実施の形態4による回転電機の変形例であるステータコアのティースの先端部の拡大図である。

[図22]実施の形態5による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図23]実施の形態6による回転電機の周方向8分の1の軸方向断面図である。

[図24]実施の形態6による回転電機の周方向8分の1の軸方向断面図である。

。

[図25]実施の形態6による回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である。

[図26]実施の形態6による回転電機のロータの周方向8分の1の軸方向断面図である。

[図27]実施の形態6による回転電機の周方向8分の1の軸方向断面図である。

。

[図28]実施の形態6による回転電機の6次～24次トルクリプル振幅の解析結果である。

[図29]実施の形態6による回転電機の補助溝の位置に対する18次トルクリプルの振幅の解析結果である。

[図30]実施の形態6による回転電機の位相差の説明図である。

[図31]実施の形態6による回転電機の補助溝の位置に対する24次トルクリプルの振幅の解析結果である。

[図32]実施の形態6による回転電機の位相差の説明図である。

[図33]実施の形態1から実施の形態6による回転電機を搭載した電動車両の概念図である。

## 発明を実施するための形態

### [0009] 実施の形態1.

実施の形態1は、複数の永久磁石の磁極を有するロータと、円環状のコアバックと、ロータの周面と対向する複数のティースを有するステータコアをロータの軸方向に積層してなるステータを備え、ティースとその隣のティースとの間には、巻線を巻装するための巻線スロットが設けられ、ティースのティース先端部の前記ロータと対向する面には、それぞれ積層方向に延在する補助溝が複数配置されており、ロータの磁極数を $P$ 、巻線スロットの数を $S$ とすると、 $S/P \geq 3$ を満たすようにしたものである。

[0010] 以下、実施の形態1に係る回転電機について、回転電機の周方向8分の1の軸方向断面図である図1、回転電機のステータコアのティース拡大図であ

る図2、回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図3、回転電機のロータの周方向8分の1の軸方向断面図である図4、回転電機のステータコア（ティース先端部補助溝なし）の周方向8分の1の軸方向断面図である図5、回転電機の補助溝位置に対する24次トルクリプルの解析結果である図6、回転電機の変形例（補助溝形状四角）のステータコアのティース拡大図である図7、回転電機の変形例（補助溝形状三角）のステータコアのティース拡大図である図8、回転電機の変形例（8極96スロット、2重V字型埋込磁石ロータ）の周方向8分の1の軸方向断面図である図9、回転電機の変形例（6極54スロット2重V字型埋込磁石ロータ、8極48スロット1重V字型埋込磁石ロータ、8極48スロット3重V字型埋込磁石ロータ）の周方向8分の1の軸方向断面図である図10～図12に基づいて説明する。

なお、各図において、同一部分もしくは相当部分は、同一符号で示し、重複する説明は、省略する。

また、以下の説明において、軸（方向）、径（方向）、内径（側、方向）、外径（側、方向）、周（方向）と記載した場合、特に明記しない限り、ロータの回転軸を中心とした円筒座標系における回転軸（方向）、半径（方向）、相対的に径方向中心に向かう（側、方向）、相対的に径方向外側に向かう（側、方向）、回転軸の周（方向）を示すものとする。

[0011] まず、実施の形態1の回転電機100の基本的構成を図1～図4に基づいて説明する。

図1に示すように、実施の形態1に係る回転電機は、ステータ2と、エアギャップ3を介して、ステータ2の径方向内側に同軸に配置されたロータ4で構成される。

ステータ2は、電磁鋼板で成るステータコア21を有し、ステータコア21は円環状のコアバック22と、コアバック22から径方向内側に延伸されたティース23によって構成される。そして、ステータコア21には、隣り合うティース23とコアバック22によって囲まれた領域である巻線スロッ

ト 24 にコイル 25 が配置される。

巻線スロット 24 は、コイル 25 に平角線を使用するために、略長方形形状となっている。なお、本実施の形態 1 のステータコア 21 のティース 23 は周方向に均等に 48 個配置され、巻線スロット 24 が 48 個設けられる。つまり、巻線スロット 24 の数を S とすると、 $S = 48$  となる。

そして、本実施の形態 1 のコイル 25 は分布巻構造となるようにステータ 2 に巻装され、周方向に 6 個隣りの巻線スロット 24 に配置されたコイル 25 と直列に接続され、3 相交流電流が通電される。

なお、図 1 において、先に説明した方向を明確にするため、回転軸中心方向（図 1 における上下方向）を径方向（R）、回転軸を中心とした回転方向に沿う方向を周方向（P）と記載している。以下の図面も同様である。

[0012] 図 2 に示すように、実施の形態 1 に係る回転電機 100 のステータコア 21 のティース 23 は、コアバック 22 から径方向内側に行くにつれて細くなるように延伸されたティース延伸部 23b と、ティース先端部 23a から周方向に対称に突出したシュー 27 によって構成される。そして、ティース先端部 23a には、径方向内側の面において、ロータ 4 の回転軸からティース先端部 23a の周方向中央点を通るティース中央軸 23c に対して、寸法公差の範囲でおおよそ対称な位置に半円型の補助溝 26 が 1 つずつ配置される。ここで、ティース中央軸 23c と、ロータ 4 の回転軸と補助溝 26 の半円の中心とを結ぶ直線のなす角度の電気角である補助溝位置を  $\alpha$  とすると、本実施の形態 1 においては  $\alpha = 9.0$  度に配置されている。

[0013] 図 3 に示すように、実施の形態 1 に係る回転電機 100 のステータ 2 は、前述した電磁鋼板を軸方向に L だけ積層したステータコア 21 を備える。

なお、図 3 において、先に説明した方向を明確にするため、ロータ 4 の回転軸方向（図 3 における上下方向）を軸方向（X）、回転軸を中心とした回転方向に沿う方向を周方向（P）と記載している。以下の図面も同様である。

[0014] 図 4 に示すように、実施の形態 1 に係る回転電機 100 のロータ 4 は、円

環状のロータコア41と、磁極がつくる磁束の主方向であるロータコアのd軸を中心として径方向内側にいくにしたがって距離が狭くなる（すなわち、径方向内側の距離が径方向外側よりも狭い）ように対向して設けられた1対の1層目磁石スロット42f、および2層目磁石スロット42sを備える。それぞれの磁石スロットには、1層目永久磁石43fおよび2層目永久磁石43sが挿入されている。

なお、1層目磁石スロット42f、および2層目磁石スロット42sをまとめて記載する場合は磁石スロット42と、また1層目永久磁石43f、および2層目永久磁石43sをまとめて記載する場合は永久磁石43と記載する。

以降、このようなロータ構造を、2重V字型埋込磁石ロータと呼称する。永久磁石43は、平板状の形状をしており、短辺方向に並行着磁され径方向にすべて同じ方向を向くように着磁されている。これら4個で1組の永久磁石43が周方向に8組、周方向に隣り合うものの着磁方向が径方向外側・内側に交互に向くように同様に配置されている。

[0015] 従って、ロータ4の磁極数をPとすると、 $P=8$ となる。ここで、ロータ4の回転中心と磁石スロット42のロータ表面側のd軸側角部とを結ぶ2本の直線が、ロータ4の回転方向になす角度の電気角である極弧角を $\beta$ とすると、1層目磁石スロット42fの極弧角は $\beta_1$ 、2層目磁石スロット42sの極弧角は $\beta_2$ となる。

本実施の形態1において、それぞれの極弧角は $\beta_1=65$ 度、 $\beta_2=135$ 度に配置されている。

このようにして、 $S/P=6$ である3相モータ、つまり毎極毎相が2である、8極48スロット分布巻モータが構成される。

[0016] 次に本実施の形態1の効果について説明する。なお、8極48スロット分布巻モータの場合、モータ制御では抑制することが難しいされる24次トルクリプルに着目して説明する。

[0017] 図5は、ティース先端部に補助溝のない第3のティース23Cを備えた第

3のステータコア21Cの周方向8分の1の軸方向断面図である。

[0018] ここで、本願の回転電機の特徴を明確にするために、ティース先端部の補助溝の位置の相異および補助溝の有無でティース、ステータコア、およびステータを区別する場合の原則を説明する。

本願の基本である図1～図4で説明したティース23 ( $\alpha = 9.0$ 度)を第1のティース23Aとし、これを備えるステータコア、ステータを第1のステータコア21A、第1のステータ2Aと適宜記載する。

また、図13で説明する補助溝がティース中心軸近傍にあるティースを第2のティース23Bとし、これを備えるステータコア、ステータを第2のステータコア21B、第2のステータ2Bと適宜記載する。

また、図5のように補助溝がないティースを第3のティース23Cとし、これを備えるステータコア、ステータを第3のステータコア21C、第3のステータ2Cと適宜記載する。

[0019] 図6は、実施の形態1に係る回転電機の補助溝26の位置に対する24次トルクリプルの振幅の変化を示す2D-FEM解析結果である。

図5に示した補助溝26のない第3のティース23Cを備えた第3のステータコア21Cを用いた時に発生するトルクリプルを基準にして、補助溝26を配置した時のトルクリプルの変化を説明する。

[0020] 図6に示すように、図2で説明した補助溝位置 $\alpha$ を変化させたときの、24次トルクリプルの振幅は変化し、補助溝26のない第3のステータコア21Cよりも24次トルクリプルが小さくなる $\alpha$ が存在することがわかる。そして、実施の形態1の補助溝位置である $\alpha = 9.0$ 度のとき、補助溝26のない第3のステータコア21Cよりも、24次トルクリプルは約33%低減される。

従って、実施の形態1の回転電機100は、 $S/P = 6$ の3相モータであり、スロット高調波次数は12次であることから、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減することができている。

[0021] このことから、ティース先端部23aに補助溝26を配置することで、ス

ロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。

[0022] また、本実施の形態1では、24次トルクリプルについて説明したが、スロット高調波よりも大きな次数であれば、補助溝26によるトルクリプル低減の効果を得ることができる。

[0023] また、ティース先端部23aに、ティース中央軸23cに対して対称な位置に1個ずつ補助溝26を配置することで、補助溝26の数を最小にでき、上記説明のトルクリプル低減効果を得ながら、高トルク化できる。そして、本実施の形態1のように、分布巻コイルが巻装される回転電機においては、ティース23が密に配置され、ティース先端部23aの幅が小さくなるため、補助溝26の加工難易度、補助溝近傍の強度および耐久性などを比較的無理のない範囲としつつ、本実施の形態1のトルクリプルを低減する効果を得ることができる。

[0024] また、ティース先端部23aに補助溝26を複数配置する場合には、本実施の形態1で示している通り、ティース中央軸23cについて対称配置すると、トルクリプル低減にはより効果的である。しかし、本実施の形態の様態としては厳密に対称配置とした構成とする場合に限らない。複数配置する補助溝26について、ティース23の先端の周方向において特に偏りなく概ね均等に分散されるよう配置されていれば、ある程度のレベルで本実施の形態1のトルクリプルを低減する効果が得られる。

[0025] また、補助溝形状を半円形状とすることで、補助溝26の角部を無くし、金型寿命を向上でき、製造コストを低減できる。

[0026] また、本実施の形態1のロータ4は埋込磁石型であるが、極弧角 $\beta$ は本実施の形態1で示す値でなくても、本実施の形態1のトルクリプルを低減する効果を得ることができる。

そして、本実施の形態1のロータ4は埋込磁石型であるが、極弧角 $\beta$ を変えることで、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルをも低減でき、各次数のトルクリプルをバランスよく抑制できる。

[0027] 次に実施の形態 1 の変形例について説明する。

図 7 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である補助溝形状が四角であるステータコア 21 のティース 23 の拡大図である。図では、四角形状の補助溝を補助溝 26 s と記載している。

図 8 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である補助溝形状が三角であるステータコア 21 のティース 23 の拡大図である。図では、三角形形状の補助溝を補助溝 26 t と記載している。

[0028] 図 9 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である 8 極 96 スロット、2 重 V 字型埋込磁石ロータの回転電機の周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である。なお、図 9 では、回転電機 101 としている。

図 10 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である 6 極 54 スロット、2 重 V 字型埋込磁石ロータの回転電機の周方向 6 分の 1 の軸方向断面図である。なお、図 10 では、回転電機 102 としている。

図 11 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である 8 極 48 スロット、1 重 V 字型埋込磁石ロータの周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である。なお、図 11 では、回転電機 104 としている。

図 12 は、実施の形態 1 に係る回転電機の変形例である 8 極 48 スロット、3 重 V 字型埋込磁石ロータの周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である。なお、図 12 では、回転電機 103 としている。また、図 12 では 3 層目磁石スロット 42 t、および 3 層目永久磁石 43 t を記載している。

[0029] 図 7 および図 8 に示すように、実施の形態 1 に係る回転電機の補助溝形状は半円形であったが、四角形および三角形のように、形状に関わらず、ティース先端部 23 a から外周側に切削された構造であれば、上記のトルクリプル低減効果を得ることができる。

[0030] 図 9 および図 10 に示すように、磁極数およびスロット数の組み合わせが異なる場合においても、 $S/P \geq 3$  を満たしていれば、本実施の形態 1 のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

[0031] 図 11 および図 12 に示すように、ロータ構造が異なる埋込磁石型であっ

ても、 $S/P \geq 3$ を満たしていれば、本実施の形態1のトルクリプル低減の効果を得ることができる。また、極弧角を変えることができるため、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルについても低減できる。

[0032] また、図12の3重V字構造では、磁石配置の自由度がさらに高く、エアギャップ3中の磁束密度分布を正弦波に近づけることがより容易になる。

[0033] また、実施の形態1では、平角線を使用することを想定して、巻線スロット24を略長方形形状にしているが、巻線スロット24が略長方形形状ではなく、丸線を使用してもよい。

[0034] 以上説明のように、実施の形態1の回転電機は、ティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。

[0035] 実施の形態2.

実施の形態2は、補助溝位置の異なる2種類のステータコアを軸方向に組み合わせた構成としたものである。

[0036] 実施の形態2の回転電機について、回転電機のステータコアのティース拡大図である図13、回転電機のステータコアのティース拡大図である図14、回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図15、回転電機の補助溝位置に対する24次トルクリプルの位相差の説明図である図16、および回転電機の変形例（ステータコアの比率変更）のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図17に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態2の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するため、実施の形態2では、回転電機200、201としている。

[0037] まず、実施の形態2の回転電機200の構成について、ティースとステータコアを中心に図13～図15に基づいて説明する。

実施の形態2に係る回転電機200は、補助溝位置の異なる第1のステー

タコア 2 1 A と第 2 のステータコア 2 1 B の 2 種類を軸方向に組み合わせた構成である。ロータ 4 の構成は、実施の形態 1 と同じである。

図 1 3 に示すように、第 1 のステータコア 2 1 A の第 1 のティース 2 3 A の補助溝 2 6 は、補助溝位置が  $\alpha 1 = 9.0$  度になるように配置されている。

図 1 4 に示すように、第 2 のステータコア 2 1 B の第 2 のティース 2 3 B の補助溝 2 6 は、補助溝位置が  $\alpha 2 = 2.0$  度になるように配置されている。

[0038] 図 1 5 に示すように、実施の形態 2 に係る回転電機 1 0 0 のステータコア 2 1 A B は、第 1 のステータコア 2 1 A の積厚を  $L 1$ 、第 2 のステータコア 2 1 B の積厚を  $L 2$  とし、第 1 のステータコア 2 1 A で発生する 2 4 次トルクリプル振幅を  $\tau 1$ 、第 2 のステータコア 2 1 B で発生する 2 4 次トルクリプル振幅を  $\tau 2$  とすると、 $L 1 : L 2 = \tau 2 : \tau 1$  の比率で軸方向に順番に積み上げられて構成されている。

なお、第 1 のステータコア 2 1 A と第 2 のステータコア 2 1 B とを積み上げたステータコアをステータコア 2 1 A B と記載している。

このように、実施の形態 2 の回転電機 2 0 0 の  $S/P = 6$  である 3 相モータ、つまり毎極毎相が 2 である 8 極 4 8 スロット分布巻モータが構成される。

[0039] 次に実施の形態 2 の回転電機 2 0 0 の効果について説明する。

図 1 6 は、実施の形態 2 に係る回転電機 2 0 0 の補助溝 2 6 の位置に対する 2 4 次トルクリプルの補助溝 2 6 のない第 3 のステータコア 2 1 C で発生する 2 4 次トルクリプルの位相を基準とした位相差である。

[0040] 実施の形態 2 のように、補助溝位置の異なるステータコアを組み合わせるときには、トルクリプルの振幅に加えて、位相も考慮する必要がある。

実施の形態 2 のステータコア 2 1 A B は、実施の形態 1 のステータコア 2 1 の補助溝 2 6 が異なる場合であるため、ティース先端部 2 3 a の補助溝位置を変化させたときの 2 4 次トルクリプルの振幅は図 6 と同じである。そし

て、図16に示すように、ティース先端部23aの補助溝位置を変化させると、24次トルクリプルの位相も変化する。

そして、図16からわかるように、第1のステータコア21Aと第2のステータコア21Bで発生する24次トルクリプルの位相差は約180度である。従って、第1のステータコア21Aで発生する24次トルクリプル振幅を $\tau_1$ 、第2のステータコア21Bで発生する24次トルクリプル振幅を $\tau_2$ とすると、モータ全体で発生する24次トルクリプル振幅 $\tau_{ALL}$ は、

$$\tau_{ALL} = (\tau_2 \cdot L_2 - \tau_1 \cdot L_1) / (L_1 + L_2)$$

で求められる。

本実施の形態2においては、 $L_1 : L_2 = \tau_2 : \tau_1$ で組み合わせられているため、24次トルクリプルをほぼ完全に低減することができる。

[0041] 以上のように、補助溝26の位置の異なる2種類のステータコアを軸方向に組み合わせることで、逆位相のトルクリプルを重畳することができ、24次トルクリプルをより効果的に抑制することができる。

また、本実施の形態2では、24次トルクリプルについて説明したが、スロット高調波よりも大きな次数であれば、補助溝26によるトルクリプル低減の効果を得ることができる。

[0042] また、ティース先端部23aにティース中央軸23cに対して対称な位置に1個ずつ補助溝26を配置することで、補助溝26の数を最小にでき、上記説明のトルクリプル低減効果を得ながら、高トルク化できる。

そして、本実施の形態のように、分布巻コイルが巻装される回転電機においては、ティース23が密に配置され、ティース先端部23aの幅が小さくなるため、補助溝26の加工難易度、補助溝近傍の強度および耐久性などを比較的無理のない範囲としつつ、本実施の形態2のトルクリプルを低減する効果を得ることができる。

[0043] また、第1のステータコア21Aと第2のステータコア21Bの積厚を $L_1 : L_2 = \tau_2 : \tau_1$ の割合で組み合わせられており、単位積厚あたりの24次トルクリプルが大きい方である第2のステータコア21Bよりも、24次

トルクリプルを小さくすることができる。

そして、本実施の形態のように、2種類のステータコアで発生するトルクリプルの位相差が180度のときには、それぞれのトルクリプル振幅の比率で組みわせることで、ほぼ完全に低減できる。

[0044] また、ティース先端部23aに補助溝26を複数配置する場合には、本実施の形態2で示した通り、ティース中央軸23cに対して対称配置すると、トルクリプル低減にはより効果的である。

しかし、本実施の形態2の態様としては厳密に対称配置とした構成とする場合に限らず、複数配置する補助溝26について、ティース先端部23aの周方向において特に偏りなく概ね均等に分散されるよう配置されていれば、ある程度のレベルで本実施の形態2のトルクリプルを低減する効果が得られる。

[0045] また、補助溝26の形状を半円形状とすることで、補助溝26の角部を無くし、金型寿命を向上でき、製造コストを低減できる。

[0046] また、本実施の形態のロータ4は埋込磁石型であるが、極弧角 $\beta$ は本実施の形態で示す値でなくても、本実施の形態のトルクリプルを低減する効果を得ることができる。

そして、本実施の形態のロータ4は埋込磁石型であるが、極弧角 $\beta$ を変えることで、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルをも低減でき、各次数のトルクリプルをバランスよく抑制できる。

そして、本実施の形態のロータ4は2重V字構造であるため、磁石配置の自由度が高く、エアギャップ3の中の磁束密度分布を正弦波に近づけることが容易になる。

[0047] 次に実施の形態2の変形例について説明する。

図17は、実施の形態2に係る回転電機200の第1のステータコア21Aと第2のステータコア21Bの比率を変えたときのステータコア21ABの周方向8分の1の斜視図である。

図17に示すように、2種類のステータコアを $L1 : L2 = 4 : 1$ となる

ように組み合わせれば、補助溝 26 のないステータコア 21 で発生するトルクリプル振幅よりも小さくなる。

実施の形態 2 においては、24 次トルクリプルを完全に抑制する比率で 2 種類のステータコアを組み合わせたが、補助溝 26 のないステータコア 21 C で発生するトルクリプル振幅よりも小さくなる比率で組み合わせれば、24 次トルクリプルを低減する効果が得られる。

[0048] また、本実施の形態では 2 種類のステータコアを組み合わせた形態について例示したが、補助溝位置の異なる 3 種類以上のステータコアを組み合わせるときであっても、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、補助溝位置の異なる 3 種類のステータコアを組み合わせ、それらの位相差が 120 度ずつであれば、本実施の形態と同様にトルクリプルをほぼ完全に抑制できる。

また、実施の形態 2 では、第 1 のステータコア 21 A と第 2 のステータコア 21 B の積厚を  $L1 : L2 = \tau 2 : \tau 1$  の割合で組み合わせているが、それぞれのステータコアの単位積厚あたりの 24 次トルクリプルよりも、小さくなる比率で組み合わせれば、24 次トルクリプルを低減できる。

[0049] また、図示していないが、実施の形態 2 の補助溝 26 の形状は半円形であったが、四角形または三角形のように、形状に関わらず、ティース先端部 23 a から外周側に切削された構造であれば、上記のトルクリプル低減効果を得ることができる。

また、図示していないが、磁極数およびスロット数の組み合わせが異なる場合においても、 $S/P \geq 3$  を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、図示していないが、ロータ構造が異なる埋込磁石型であっても、 $S/P \geq 3$  を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、極弧角を変えることができるため、スロット高調波次数およびそれ

以下の次数のトルクリプルについても低減できる。

また、実施の形態2では、平角線を使用することを想定しているが、丸線を使用し、巻線スロット24が略長方形形状でなくてもよい。

[0050] 以上説明のように、実施の形態2の回転電機はティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。さらにトルクリプルの位相差を利用して、トルクリプルを低減することができる。

[0051] 実施の形態3.

実施の形態3は、補助溝位置の異なる2種類のステータコアを片方で挟み込むように軸方向に組み合わせた構成としたものである。

[0052] 実施の形態3の回転電機について、回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図18に基づいて、実施の形態1、2との差異を中心に説明する。

実施の形態3の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するため、実施の形態3では、回転電機300としている。

[0053] まず、実施の形態3の回転電機300の構成について、図18に基づいて説明する。

実施の形態3の回転電機300の基本的な構成は、実施の形態2と同じである。ただし、図18に示すように、ステータコアを軸方向に積み上げる際には、第2のステータコア21Bを、寸法公差の範囲でおおよそ軸方向2分割された第1のステータコア21Aで挟み込むようにして構成されている。

[0054] このように構成することで、軸方向に対称な構造となるため、実施の形態2の効果に加えて、軸方向に位置に関わらずロータ4に加わる電磁力を平衡化し、振動を抑制し、ベアリングの損傷を防ぐことができる。

また、第1のステータコア21Aと第2のステータコア21Bの位置関係は逆であっても、同様の効果を奏する。

[0055] 以上説明のように、実施の形態3の回転電機はティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。さらにロータに加わる電磁力を平衡化できる。

[0056] 実施の形態4.

実施の形態4は、補助溝のあるステータコアと補助溝26のないステータコアとを組み合わせた構成としたものである。

[0057] 実施の形態4の回転電機について、回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図19、回転電機のステータコアのティースの先端部の拡大図である図20、および回転電機の変形例であるステータコアのティースの先端部の拡大図である図21に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態4の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するため、実施の形態4では、回転電機400としている。

[0058] まず、実施の形態4の回転電機400の構成について、図19～図21に基づいて説明する。

実施の形態4の回転電機400は、図1の補助溝26のある第1のステータコア21Aと、図5の補助溝26のない第3のステータコア21Cを組み合わせた構成である。そして、図19に示すように、第1のステータコア21Aの積厚をLA、第3のステータコア21Cの積厚をLCとすると、 $LA : LC = 1 : 9$ になるように軸方向に順番に積み上げられている。

なお、第1のステータコア21Aと第3のステータコア21Cとを積み上げたステータコアをステータコア21ACと記載している。

[0059] また、図20に示すように、ティース先端部23aの補助溝26を境にしてティース中央軸23c側（すなわち、ティース先端部23aの周方向中央点側）のティース先端角度の電気角を $\delta 1$ 、周方向端部側の2つのティース

先端角度の電気角をそれぞれ $\delta 2$ とする。そして、ティース先端部23aの周方向に延伸したシュー27の最も狭い部分であるシュー幅を $Wshu$ とする。

実施の形態4では、 $\delta 1 \geq 2 \cdot \delta 2$ となるように補助溝26が配置されている。さらに、実施の形態4では、シュー幅 $Wshu$ が第1のステータコア21Aを構成する電磁鋼板の板厚の2倍以上となっている。

[0060] 次に実施の形態4の回転電機400の効果について説明する。

図6に示すように、第1のステータコア21Aで発生する24次トルクリプル振幅は、第3のステータコア21Cの約15%である。従って、実施の形態1のように、第1のステータコア21Aのみで構成すると、最も24次トルクリプル振幅を小さくできる。しかし、ティース先端部23aに補助溝26を配置することで、補助溝26がない場合と比較してトルクが低下してしまう。

[0061] 一方で、第1のステータコア21Aと第3のステータコア21Cで発生する24次トルクリプルの位相差を $\theta$ とし、第1のステータコア21Aで発生する24次トルクリプル振幅を $\tau A$ 、第3のステータコア21Cで発生する24次トルクリプル振幅を $\tau C$ とすると、モータ全体で発生する24次トルクリプル振幅 $\tau ALL$ は、

$$\tau ALL = [\sqrt{(\tau A \cdot LA + \tau C \cdot LC \cdot \cos \theta)^2 + (\tau C \cdot LC \cdot \sin \theta)^2}] / (LA + LC)$$

で求められる。

そして図16によると、 $\theta$ は約150度であり、90度よりも大きい。従って、24次トルクリプルの位相差が90度よりも大きいため、より効果的に24次トルクリプル振幅を低減できる。

[0062] また、本実施の形態で例示したロータ4の磁石スロット42の極弧角は $\beta 1 = 65$ 度、 $\beta 2 = 135$ 度であるが、 $50 \leq \beta 1 \leq 70$ 、 $130 \leq \beta 2 \leq 140$ の範囲であれば、本実施の形態のトルクリプルの低減の効果をより高めることができる。

また、組み合わせるステータコアを2種類とすることで、ステータコアの種類を最小にし、製造コストを低減できる。

また、補助溝26のない第3のステータコア21Cを用いることで、補助溝26のある第1のステータコア21Aのみで構成したときよりも、高トルク化できる。

また、補助溝26が配置された第1のステータコア21Aと、補助溝26のない第3のステータコア21Cとを $LA : LC = 1 : 9$ となるように組み合わせることで、単位積厚あたりの24次トルクリプルが大きい方である補助溝26のない第3のステータコア21Cのみで構成したときよりも24次トルクリプルを低減することができる。

[0063] また、シュー幅 $Wshu$ が第1のステータコア21Aを構成する電磁鋼板の板厚の2倍以上であるため、一般的に金型による打ち抜き加工が可能であり、量産性が向上し、製造コストを低減できる。

そして、本実施の形態のように、 $\delta 1 \geq 2 \cdot \delta 2$ となるように補助溝26を配置すると、図16からわかるようにトルクリプルの位相差を大きくすることができるため、より効果的にトルクリプルを低減できる。

また、補助溝26の形状を半円形とすることで、補助溝26の角部を無くし、金型寿命を向上でき、製造コストを低減できる。

[0064] 本実施の形態のロータ4は埋込磁石型であるが、極弧角 $\beta$ を変えることで、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルをも低減でき、各次数のトルクリプルをバランスよく抑制できる。

そして、本実施の形態のロータ4は2重V字構造であるため、磁石配置の自由度が高く、エアギャップ3における磁束密度分布を正弦波に近づけることが容易になる。

[0065] 次に実施の形態4の回転電機400の変形例について説明する。

図21は、実施の形態4に係る回転電機の変形例である第1のステータコア21Aのティース先端部23aの拡大図である。なお、図21において、図20で説明した補助溝26の電気角 $\delta 1$ 、 $\delta 2$ の関係は同じである。

図21に示すように、径方向(R)外周側にシュー27を厚くして、 $W_{shu}$ を第1のステータコア21Aを構成する電磁鋼板の板厚の2倍以上にすれば、トルクリプル低減および高トルク化の効果を得ながら、製造コストを低減できる。

また、実施の形態4では、 $LA : LC = 1 : 9$ となる形態を例示したが、LAの割合を大きくすることで、さらに24次トルクリプルを低減できる。このとき、トルクは実施の形態4よりも小さくなるが、第1のステータコア21Aのみで構成した実施の形態1よりも高トルク化できる。

[0066] また、実施の形態4では、トルクリプルの位相差が90度より大きかったが、振幅が第3のステータコア21Cよりも小さければ、トルクリプルの位相差が90度以下であっても、本実施の形態4のトルクリプル低減効果のある程度得ることができる。

また、実施の形態4では2種類のステータコアを組み合わせた形態について例示したが、補助溝26のない第3のステータコア21Cと、補助溝位置の異なる2種類以上の第1のステータコア21Aを組み合わせたときであっても、本実施の形態4のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、補助溝26のない第3のステータコア21Cと、補助溝位置の異なる2種類の第1のステータコア21Aを組み合わせ、それらの位相差が120度ずつであれば、トルクリプルをほぼ完全に抑制できる。

また、実施の形態4では、 $\delta 1 \geq 2 \cdot \delta 2$ となるように補助溝26を配置したが、この関係を満たしていないときであっても、補助溝26のある第1のステータコア21Aのトルクリプルの振幅が小さい、または位相差が十分に大きいときには、本実施の形態の効果であるトルクリプルを低減できる。

[0067] また、図示していないが、実施の形態4の補助溝26の形状は半円形であったが、四角形または三角形のように、形状に関わらず、ティース先端部23aから外周側に切削された構造であれば、本実施の形態4のトルクリプル低減効果を得ることができる。

また、図示していないが、磁極数およびスロット数の組み合わせが異なる

場合においても、 $S/P \geq 3$ を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、図示していないが、ロータ構造が異なる埋込磁石型であっても、 $S/P \geq 3$ を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、極弧角を変えることができるため、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルについても低減できる。

[0068] また、実施の形態3のように、第3のステータコア21Cを軸方向に2分割した第1のステータコア21Aで挟み込むようにする（この逆でもよい）ことで、軸方向に対称な構造となるように軸方向に積み上げると、軸方向位置に関わらず、ロータ4に加わる電磁力を平衡化でき、振動およびベアリングの損傷を低減できる。

また、実施の形態4では、平角線を使用することを想定しているが、丸線を使用し、巻線スロット24が略長方形形状でなくてもよい。

[0069] 以上説明のように、実施の形態4の回転電機はティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。さらに高トルク化することができる。

[0070] 実施の形態5.

実施の形態5は、実施の形態4の積み上げ方を変更したものである。

[0071] 実施の形態5の回転電機について、回転電機のステータコアの周方向8分の1の斜視図である図22に基づいて、実施の形態1、4との差異を中心に説明する。

実施の形態5の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するため、実施の形態5では、回転電機500としている。

[0072] 実施の形態5に係る回転電機の基本的な構成は、実施の形態4と同じであ

る。ただし、図 22 に示すように、ステータコア 21AC を軸方向に積み上げる際には、第 1 のステータコア 21A を、寸法公差の範囲でおおよそ軸方向 2 分割された第 3 のステータコア 21C で挟み込むようにして構成されている。

[0073] 図 22 のように軸方向に対称構造になるように積み上げることで、ロータ 4 に加わる電磁力を、軸方向の位置に関わらず平衡化でき、振動とベアリングの損傷を低減できる。

さらに、軸方向端部に補助溝のない第 3 のステータコア 21C を配置することで、ステータコア 21AC のシュー 27 での磁気飽和が、補助溝 26 のある第 1 のステータコア 21A のシュー 27 よりも比較的緩和されているため、巻線スロット 24 に漏れる磁束を少なくし、コイル 25 で発生する渦電流損失を低減できる。

[0074] 以上説明のように、実施の形態 5 の回転電機はティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。さらにロータに加わる電磁力を平衡化できる。

[0075] 実施の形態 6.

実施の形態 6 は、補助溝がある第 1 のステータコア 21A を 2 分割して補助溝がない第 3 のステータコア 21C で挟み込み、ロータに切り欠きを設けたものである。

[0076] 実施の形態 6 の回転電機について、回転電機の周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である図 23、図 24、回転電機のステータコアの周方向 8 分の 1 の斜視図である図 25、回転電機のロータの周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である図 26、回転電機の周方向 8 分の 1 の軸方向断面図である図 27、回転電機の 6 次～24 次トルクリプル振幅の解析結果である図 28、回転電機の補助溝の位置に対する 18 次トルクリプルの振幅の解析結果である図 29、回転電機の位相差の説明図である図 30、回転電機の補助溝の位置に対する 24 次トルクリプルの振幅の解析結果である図 31、および回転電機の位相差

の説明図である図32に基づいて、実施の形態1との差異を中心に説明する。

実施の形態6の構成図において、実施の形態1と同一あるいは相当部分は、同一の符号を付している。

なお、実施の形態1と区別するため、実施の形態6では、回転電機600、601、602としている。

[0077] 実施の形態6の回転電機600の構成を図23～図26に基づいて説明する。

図23は回転電機600の周方向8分の1の軸方向断面図であり、回転電機600の第1のステータコア21Aの基本的な構成は、実施の形態1の図1と同じである。ただし、補助溝26は、補助溝位置は $\alpha = 7.0$ 度になるように配置されている。また、ロータ4Bには、後で詳細を図26で説明する切り欠き45が設けられている。

図24は回転電機600の周方向8分の1の軸方向断面図であり、回転電機600の第3のステータコア21Cの基本的な構成は、実施の形態1で説明した図5と同じである。ただし、ロータ4Bには、切り欠き45が配置されている。

図25は回転電機600のステータコアの周方向8分の1の斜視図であり、回転電機600のステータコア21ACは、第1のステータコア21Aを軸方向に2分割された第3のステータコア21Cによって挟み込むようにして積み上げられ、軸方向に対称な構造となるように構成されている。

そして、第1のステータコア21Aの積厚をLA、第3のステータコア21Cの積厚をLCとすると、 $LA : LC = 3 : 2$ になるようにして構成されている。

[0078] 図26は回転電機600のロータ4Bの周方向8分の1の軸方向断面図であり、回転電機600のロータ4Bの基本的な構成は、実施の形態1の図4と同じである。ただし、ロータ4の外周部には、d軸44に対して対称な位置に切り欠き45が配置されている。

切り欠き45は、ロータ4Bの回転軸と、切り欠き45のおおよそ中心とを結ぶ2本の直線のなす角度である切り欠き角度を $\gamma$ とする。切り欠き角度の小さい方を $\gamma 1$ 、大きい方が $\gamma 2$ とすると、極弧角 $\beta 1$ 、 $\beta 2$ との関係が $\gamma 1 < \beta 1 < \gamma 2 < \beta 2$ になるように配置されている。本実施の形態では、 $\beta 1 = 65$ 度、 $\beta 2 = 135$ 度、 $\gamma 1 = 40$ 度、 $\gamma 2 = 105$ 度である。

このように、 $S/P = 6$ である3相モータ、つまり毎極毎相が2である、8極48スロット分布巻モータが構成される。

[0079] 次に、実施の形態6の回転電機600の効果について説明する。

図27は、ステータコア21のティース先端部23aに補助溝がなく、ロータコア外周部に切り欠きがない回転電機601の周方向8分の1の軸方向断面図である。すなわち、回転電機601はステータコアに補助溝がなく、ロータコアに切り欠きがない。

[0080] 図28は、実施の形態6の回転電機600、図24のみの回転電機602および図27のみの回転電機601で発生する6次～24次トルクリプル振幅の2D-FEM解析結果である。ただし、実施の形態6で発生する24次トルクリプル振幅で正規化している。

なお、比較をわかりやすくするために図24のみのステータコア、ロータで構成された回転電機を回転電機602としている。すなわち、回転電機602はステータコアに補助溝がなく、ロータコアに切り欠きがある。

なお、実施の形態6の回転電機600はステータコアに補助溝があり、ロータコアに切り欠きがある。

[0081] 図29は、実施の形態6の回転電機600の補助溝26の位置に対する18次トルクリプルの振幅の変化を示す2D-FEM解析結果である。ただし、図24の第3のステータコア21Cで発生する18次トルクリプルで正規化している。

図30は、実施の形態6の回転電機600の補助溝26のない第3のステータコア21Cで発生する18次トルクリプルの位相を基準とした位相差である。

図31は、実施の形態6の回転電機600の補助溝26の位置に対する24次トルクリプルの振幅の変化を示す2D-FEM解析結果である。ただし、図24の第3のステータコア21Cで発生する24次トルクリプルで正規化している。

図32は、実施の形態6の回転電機600の補助溝26のない第3のステータコア21Cで発生する24次トルクリプルの位相を基準とした位相差である。

[0082] 実施の形態6の回転電機600の効果の説明のために、実施の形態6に係る回転電機600のステータコア21ACから補助溝26を除き、ロータ4Bから切り欠きを除いたときの図27に示す回転電機601を用いる。

8極48スロットモータでは、スロット高調波次数が12次であるため、12次トルクリプル振幅が大きくなる。そこで、図26のように、ロータ外周部に切り欠き45を配置することによって、スロット高調波成分を抑制する。

そして、図28に示すように、ロータ外周部に切り欠き45が配置された図24の回転電機602では、12次トルクリプル振幅を約1/3まで低減できている。一方で、スロット高調波よりも大きな次数である18次、24次トルクリプルについては増大している。

[0083] 図29および図30に示すように、図24の第3のステータコア21Cに補助溝26を配置すると、18次トルクリプル振幅と位相が変化することが分かる。振幅は補助溝26がない第3のステータコア21Cよりも小さくなる補助溝位置は存在するが、位相については90度よりも大きく変化する補助溝位置はない。つまり、振幅の組み合わせによるトルクリプル低減効果のみを得ることができると予想される。

[0084] 図31および図32に示すように、図24の第3のステータコア21Cに補助溝26を配置すると、24次トルクリプル振幅と位相が変化することが分かる。位相が90度よりも大きく変化しており、補助溝位置が7.0度では、位相差が約180度となっていることから、より効果的にトルクリプル

を低減できると予想される。

[0085] 以上のことを踏まえて、実施の形態6の回転電機600の構成にすることで、図28に示すように、図24の補助溝26のない第3のステータコア21Cのみの回転電機よりも、18次トルクリプルを約20.1%、24次トルクリプルを約88.2%抑制することができる。

[0086] このことから、補助溝がある第1のステータコア21Aと補助溝がない第3のステータコア21Cとを軸方向に組み合わせることで、位相差が90度よりも大きいトルクリプルを重畳することができ、スロット高調波よりも高い次数のトルクリプルを効果的に抑制することができる。

また、組み合わせるステータコア21を2種類とすることで、ステータコア21の種類を最小にし、製造コストを低減できる。

また、補助溝26のない第3のステータコア21Cを用いることで、補助溝26のある第1のステータコア21Aのみで構成したときよりも、高トルク化できる。

[0087] また、補助溝26が配置された第1のステータコア21Aと、補助溝26のない第3のステータコア21Cとを、 $LA:LC=3:2$ となるように組み合わせることで、単位積厚あたりのトルクリプルが大きい方である補助溝26のないステータコア21Bのみで構成したときよりも、18次および24次トルクリプルを低減することができる。

また、例えば補助溝26が配置された第1のステータコア21Aを、軸方向に2分割した補助溝26のない第3のステータコア21Cで挟み込むようにすることで、軸方向に対称な構造となり、軸方向位置に関わらず、ロータ4に加わる電磁力を平衡化でき、振動およびベアリングの損傷を低減できる。

また、補助溝26のない第3のステータコア21Cを、軸方向端部に配置することで、ステータコア21ACのシュー27での磁気飽和が、補助溝26のある第1のステータコア21Aのシュー27よりも比較的緩和されているため、巻線スロット24に漏れる磁束を少なくし、コイル25で発生する

渦電流損失を低減できる。

[0088] また、補助溝 26 の形状を半円形とすることで、補助溝 26 の角部を無くし、金型寿命を向上でき、製造コストを低減できる。

[0089] 実施の形態 6 では、24 次トルクリプルの位相差が 90 度より大きかったが、振幅が第 3 のステータコア 21C よりも小さければ、トルクリプルの位相差が 90 度以下であっても、本実施の形態 6 のトルクリプル低減の効果がある程度得ることができる。

また、実施の形態 6 では補助溝 26 があるステータコアと補助溝 26 がないステータコアの 2 種類のステータコアを組み合わせた形態について例示したが、補助溝のない第 3 のステータコア 21C と、補助溝位置の異なる 2 種類以上の第 1 のステータコア 21A を組み合わせたときであっても、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

また、補助溝 26 のない第 3 のステータコア 21C と、補助溝 26 の位置の異なる 2 種類の第 1 のステータコア 21A を組み合わせ、それらの位相差が 120 度ずつであれば、本実施の形態と同様にトルクリプルをほぼ完全に抑制できる。

[0090] また、図示していないが、実施の形態 6 の補助溝 26 形状は半円形であったが、四角形または三角形のように、形状に関わらず、ティース先端部 23a から外周側に切削された構造であれば、本実施の形態のトルクリプル低減効果を得ることができる。

また、図示していないが、磁極数およびスロット数の組み合わせが異なる場合においても、 $S/P \geq 3$  を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。

[0091] また、図示していないが、ロータ構造が異なる埋込磁石型であっても、 $S/P \geq 3$  を満たしていれば、本実施の形態のトルクリプル低減の効果を得ることができる。また、極弧角を変えることができるため、スロット高調波次数およびそれ以下の次数のトルクリプルについても低減できる。

また、実施の形態 6 で例示したロータ 4 の極弧角は  $\beta 1 = 65$  度、 $\beta 2 =$

135度であるが、 $50 \leq \beta 1 \leq 70$ 、 $130 \leq \beta 2 \leq 140$ の範囲であれば、本実施の形態のトルクリプルの低減の効果をより高めることができる。

また、実施の形態6では、平角線を使用することを想定しているが、丸線を使用し、巻線スロット24が略長方形形状でなくてもよい。

[0092] 以上説明のように、実施の形態6の回転電機はティース先端部に補助溝を配置することで、スロット高調波よりも大きなトルクリプルの振幅を変化させ、これらのトルクリプルを低減することができる。さらに、ロータに切り欠きを設けることで、スロット高調波成分およびスロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減することができる。

[0093] 実施の形態7.

実施の形態7は、実施の形態1～実施の形態6で説明した回転電機と、回転電機を制御する電力駆動装置とを組み合わせる回転電機システムを構成し、この回転電機システムを電動車両に搭載したものである。電力駆動装置に要求される機能についても合わせて説明する。

[0094] 実施の形態7の回転電機システム703および電動車両700について、図33に基づいて説明する。図33では、回転電機701、電力駆動装置702としている。

[0095] まず、実施の形態1～実施の形態6で説明した回転電機100～600を制御する電力駆動装置702に要求される機能についても説明する。なお、回転電機100～600をまとめて回転電機701として説明する。

[0096] 実施の形態1～実施の形態6で説明した回転電機701である分布巻モータに対して、モータの回転制御を行う制御手段として電力駆動装置702（インバータとも呼ぶ）を組み合わせる。この場合、分布巻モータ単体においては、主に高次側のトルクリプルを低減するのに好適であるため、トルクリプルの低減作用を補完するように主に低次側のトルクリプルを低減する回転制御を行う電力駆動装置を適用することが望ましい。

[0097] このような電力駆動装置としては、種々の公知のトルクリプルを低減する回転制御を行う電力駆動装置および駆動制御方法を用いれば良い。例えば、

モータの出力トルクに発生するトルクリプルを打ち消すトルク補償信号を予め算定して準備した補正信号発生テーブルを用いて制御するために、このテーブルのデータを記憶する記憶装置を備える電力駆動装置を用いることができる。

また、トルク補償信号および補正信号発生テーブルについては、モータのトルクリプルを演算で求め、これと逆位相のトルクを生じさせる正弦波状の電流指令値を演算することで準備することが可能である。

また、予め算定して準備した補正信号発生テーブルを備える代わりにモータ動作を検知する検知手段およびモータのトルクリプルを測定する測定手段を備え、検出結果である検出信号と指令信号の差分値および測定結果であるトルクリプルを基にフィードバックして、所望の次数のトルクリプルをキャンセルし低減する制御信号を算定するようにしても良い。

[0098] 上記で例示した手段に限らず、公知のトルクリプルを低減する回転制御を行う電力駆動装置および駆動制御方法の範囲であれば何れを適用しても良い。

特に望ましくは、上記説明の分布巻モータと電力駆動装置、および駆動制御方法との組み合わせとして、分布巻モータで打ち消される次数とは異なる次数を補完して打ち消すことができることが望ましい。具体的には、実施の形態1～実施の形態6の分布巻モータでは、主に24次のトルクリプルを低減するのに有効であることから、低次側の6次および12次くらいまでのトルクリプルを低減させる電力駆動装置および駆動制御方法を組み合わせると良い。

さらに、より低次の18次および12次のトルクリプルまで低減可能な分布巻モータと組み合わせる場合には、これらと異なる次数を補完して消すことができる電力駆動装置および駆動制御方法と組み合わせれば良い。

[0099] 実施の形態1～実施の形態6の分布巻モータに対して、その回転制御を行う制御手段として、主に低次側のトルクリプルを抑制する電力駆動装置および駆動制御方法を備えることで、分布巻モータの単体で得られるスロット高

調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減する効果が得られる。さらに、低次側から高次側までの比較的広い帯域でのトルクリプルを低減することが可能となる。

[0100] 特に分布巻モータで打ち消される次数とは異なる次数のトルクリプルを補完して打ち消すことができる電力駆動装置および駆動制御方法を組み合わせることにより、各次数のトルクリプルを全体的にバランス良く低減することが可能となる。

そして、実施の形態1～実施の形態6の回転電機701と電力駆動装置702とを組み合わせるとして回転電機システム703を構成し、この回転電機システム703を電動車両に搭載した場合、モータ制御で低減が難しい次数のトルクリプルが予め低減されているため、モータ制御と組み合わせることによって振動および磁気騒音を極めて小さくすることができ、静粛性の高い電動車両700を得ることができる。

[0101] 以上説明のように、実施の形態7によれば、モータ制御で抑制することが困難とされることが多い、スロット高調波よりも大きな次数のトルクリプルを低減できる回転電機システム、および回転電機システムを搭載した電動車両が得られる。

[0102] 本願は、様々な例示的な実施の形態及び実施例が記載されているが、1つ、または複数の実施の形態に記載された様々な特徴、態様、及び機能は特定の実施の形態の適用に限られるのではなく、単独で、または様々な組み合わせで実施の形態に適用可能である。

従って、例示されていない無数の変形例が、本願に開示される技術の範囲内において想定される。例えば、少なくとも1つの構成要素を変形する場合、追加する場合または省略する場合、さらには、少なくとも1つの構成要素を抽出し、他の実施の形態の構成要素と組み合わせる場合が含まれるものとする。

## 符号の説明

[0103] 2 ステータ、2A 第1のステータ、2B 第2のステータ、2C 第3

のステータ、3 エアギャップ、4, 4B ロータ、21, 21AB, 21AC ステータコア、21A 第1のステータコア、21B 第2のステータコア、21C 第3のステータコア、22 コアバック、23 ティース、23A 第1のティース、23B 第2のティース、23C 第3のティース、23a ティース先端部、23b ティース延伸部、23c ティース中央軸、24 巻線スロット、25 コイル、26, 26s, 26t 補助溝、27 シュー、41 ロータコア、42 磁石スロット、42f 1層目磁石スロット、42s 2層目磁石スロット、42t 3層目磁石スロット、43 永久磁石、43f 1層目永久磁石、43s 2層目永久磁石、43t 3層目永久磁石、45 切り欠き、100, 101, 102, 103, 104, 200, 201, 300, 400, 500, 600, 601, 602, 701 回転電機、700 電動車両、702 電力駆動装置、703 回転電機システム。

## 請求の範囲

- [請求項1] 複数の永久磁石の磁極を有するロータと、  
円環状のコアバックと、前記ロータの周面と対向する複数のティースを有するステータコアを前記ロータの軸方向に積層してなるステータを備え、  
前記ティースとその隣のティースとの間には、巻線を巻装するための巻線スロットが設けられ、  
前記ティースのティース先端部の前記ロータと対向する面には、それぞれ積層方向に延在する補助溝が複数配置されており、  
前記ロータの磁極数を $P$ 、前記巻線スロットの数を $S$ とすると、 $S/P \geq 3$ を満たす回転電機。
- [請求項2] 前記ティース先端部に、前記ティース先端部の周方向中央点に対して、対称な位置に1個ずつ補助溝が配置された請求項1に記載の回転電機。
- [請求項3] 前記ステータは、前記ティース先端部の前記補助溝の位置が異なる複数種類の前記ステータコアを、軸方向に積み上げて構成された請求項1または請求項2に記載の回転電機。
- [請求項4] 前記ステータは、前記ティースの先端部の前記補助溝の位置が異なる2種類の前記ステータコアを、軸方向に積み上げて構成された請求項3に記載の回転電機。
- [請求項5] 前記ステータは、前記ティースの先端部の前記補助溝の位置が異なる複数種類のステータコアが、軸方向に対称となる構造で積み上げられて構成された請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の回転電機。
- [請求項6] 前記回転電機を駆動する電流周波数の基本波成分を1次として、 $n$ は自然数として低減するトルクリプルの次数を $6n$ 次とすると、 $6n > 2S/P$ を満たし、  
単位積厚あたりの $6n$ 次トルクリプルが最大の前記ステータコアの1

種類のみで前記ステータを構成した場合の $6n$ 次トルクリプルよりも前記ティース先端部の前記補助溝の位置が異なる複数の前記ステータコアを組み合わせて構成した場合の $6n$ 次トルクリプルが小さい前記ステータコアの積厚の割合で、軸方向に組み合わせられて構成された請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項7] さらに、前記補助溝のないティースを有するステータコアを積層してなるステータを備える請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項8] 前記ステータの軸方向端部に、前記補助溝のないステータコアが配置された請求項7に記載の回転電機。

[請求項9] さらに、前記補助溝のないティースを有するステータコアを積層してなるステータを備え、

前記回転電機を駆動する電流周波数の基本波成分を1次として、 $n$ は自然数として低減するトルクリプルの次数を $6n$ 次とすると、 $6n > 2S/P$ を満たし、

単位積厚あたりの $6n$ 次トルクリプルが最大の前記ステータコアの1種類のみで前記ステータを構成した場合の $6n$ 次トルクリプルよりも、

前記ティース先端部に前記補助溝が配置された前記ステータコアと、前記ティース先端部に前記補助溝がない前記ステータコアとを組み合わせられて構成した場合の $6n$ 次トルクリプルが小さい前記ステータコアの積厚の割合で、軸方向に組み合わせられて構成された請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項10] 前記ティース先端部の周方向に延伸した部分であるシューの最も狭い部分の幅が、前記ステータコアを構成する電磁鋼板の板厚の2倍以上である請求項1から請求項6のいずれか1項に記載の回転電機。

[請求項11] 前記ティースの先端部を、前記補助溝を境にして、前記ティース先端部の周方向中央点側の先端角度の電気角を $\delta 1$ とし、周方向端部側の

それぞれの先端角度の電気角を  $\delta 2$  とすると、 $\delta 2 \geq 2 \delta 1$  を満たす請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項12] 前記補助溝の形状が半円形である請求項 1 から請求項 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項13] 前記ロータの外周部に前記ロータの軸方向に延在する切り欠きが配置された請求項 8 に記載の回転電機。

[請求項14] 前記ロータは、埋込磁石構造である請求項 1 から請求項 1 3 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項15] 前記ロータは、磁極がつくる磁束の主方向であるロータコアの d 軸を中心として、径方向内側の距離が径方向外側よりも狭い V 字状に配置された 1 対の 1 層目磁石スロット、および 1 対の 2 層目磁石スロットがそれぞれ設けられており、  
各磁石スロットには、短辺方向に並行着磁された永久磁石が挿入されている請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

[請求項16] 前記ロータは、磁極がつくる磁束の主方向であるロータコアの d 軸を中心として、径方向内側の距離が径方向外側よりも狭い V 字状に配置された 1 対の 1 層目磁石スロット、1 対の 2 層目磁石スロットおよび 1 対の 3 層目磁石スロットがそれぞれ設けられており、  
各磁石スロットには、短辺方向に並行着磁された永久磁石が挿入されている請求項 1 から請求項 1 4 のいずれか 1 項に記載の回転電機。

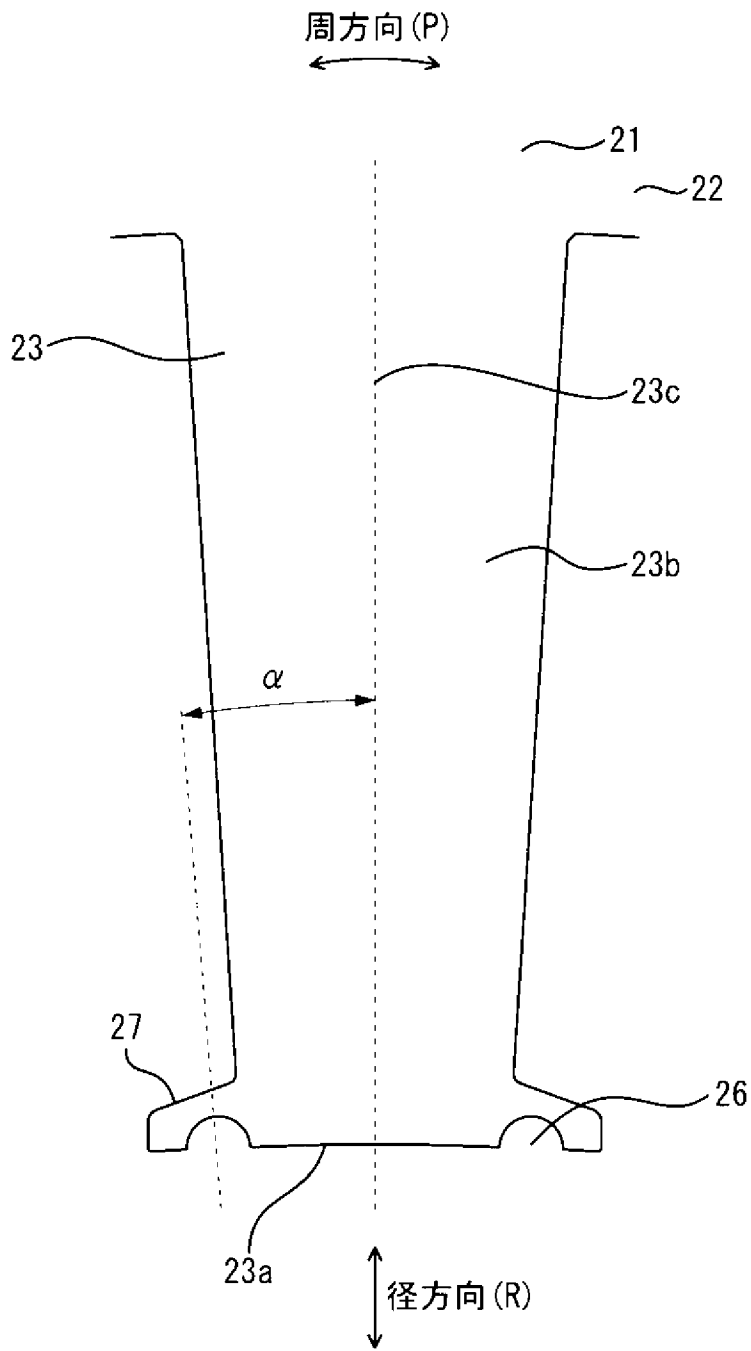
[請求項17] 請求項 1 から請求項 1 6 のいずれか 1 項に記載の回転電機と、前記回転電機の回転制御を行い前記回転電機のトルクリプルを抑制する電力駆動装置とを組み合わせた回転電機システム。

[請求項18] 請求項 1 7 の回転電機システムを搭載した電動車両。



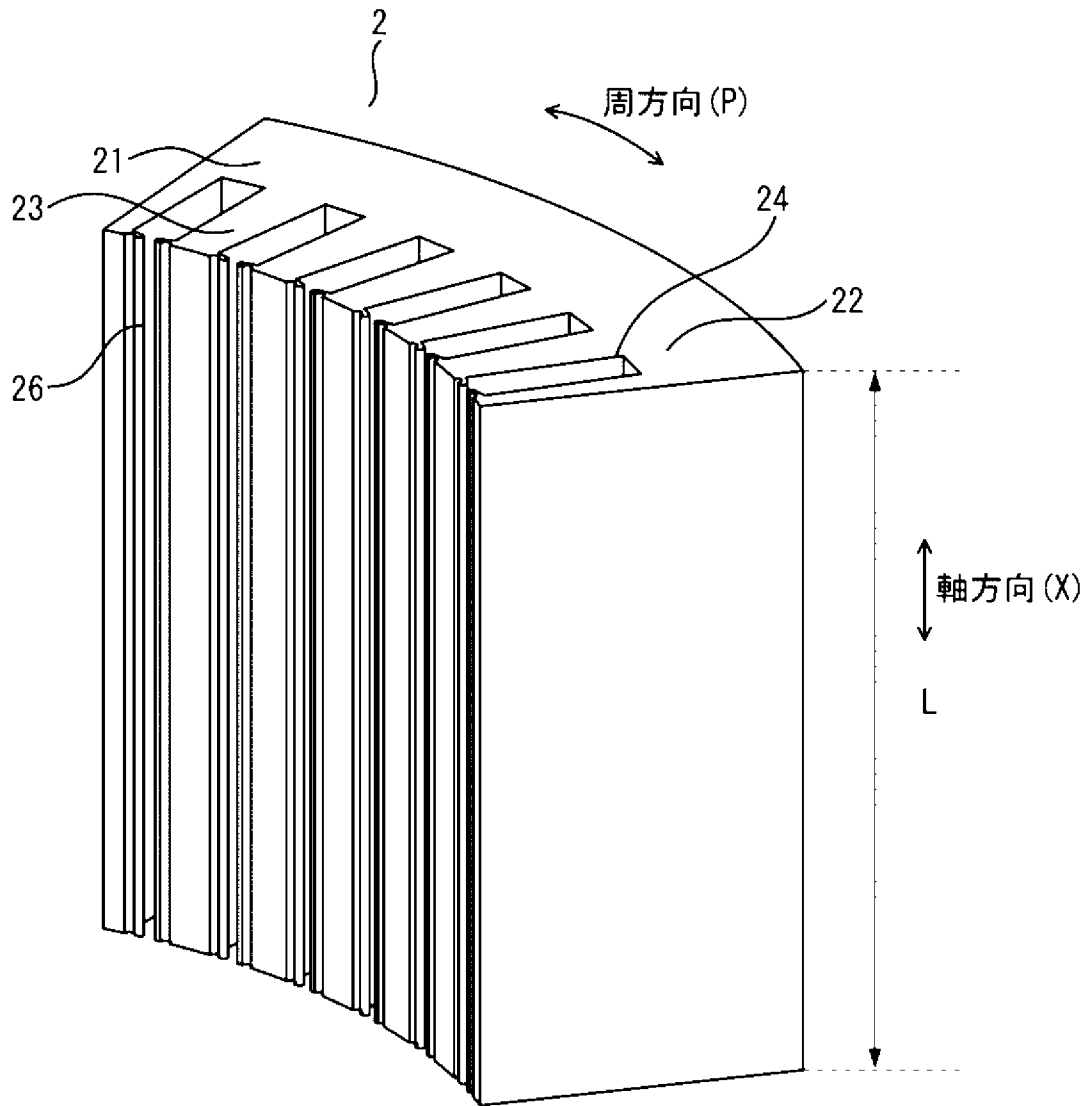
[図2]

図2



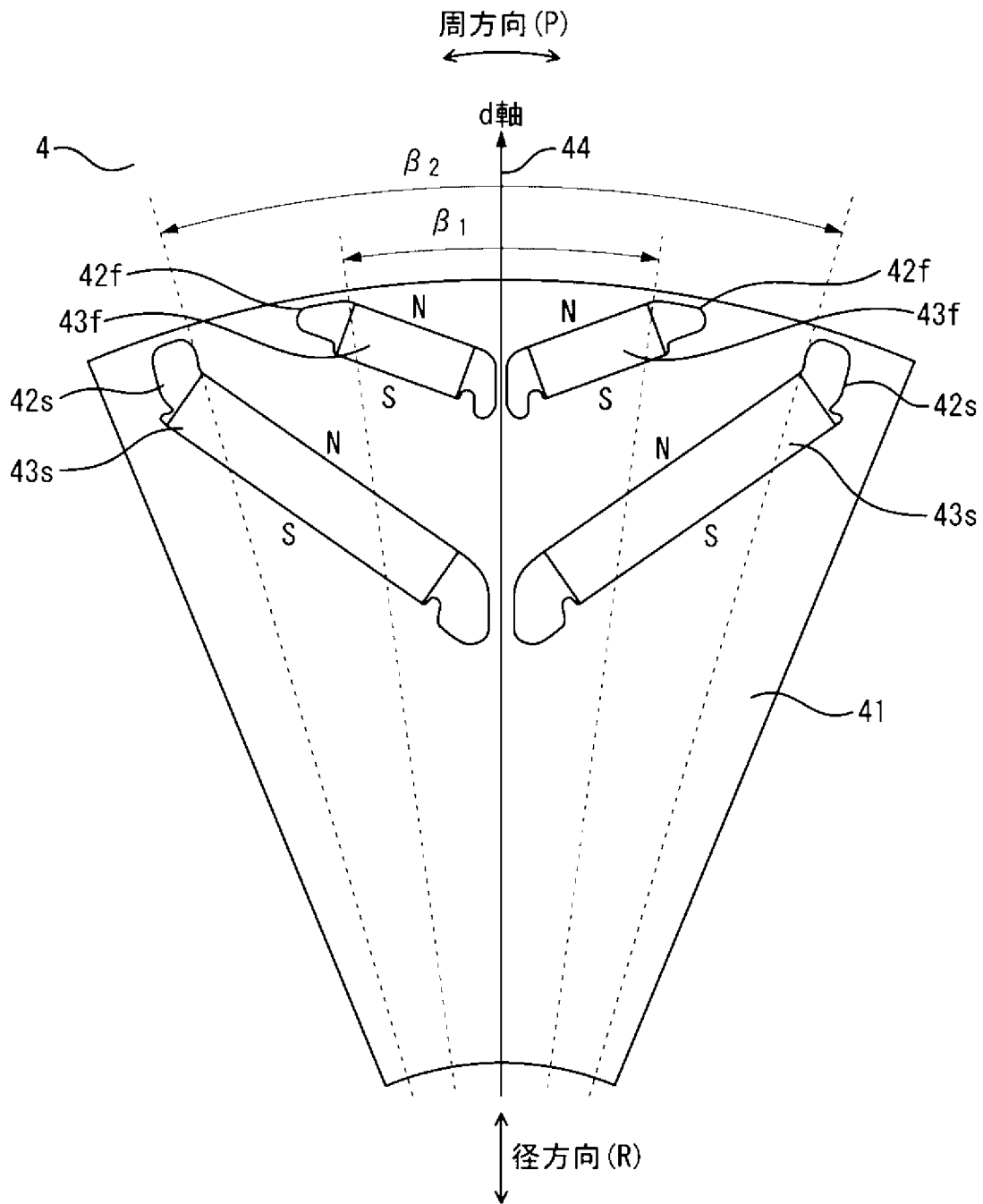
[図3]

図3



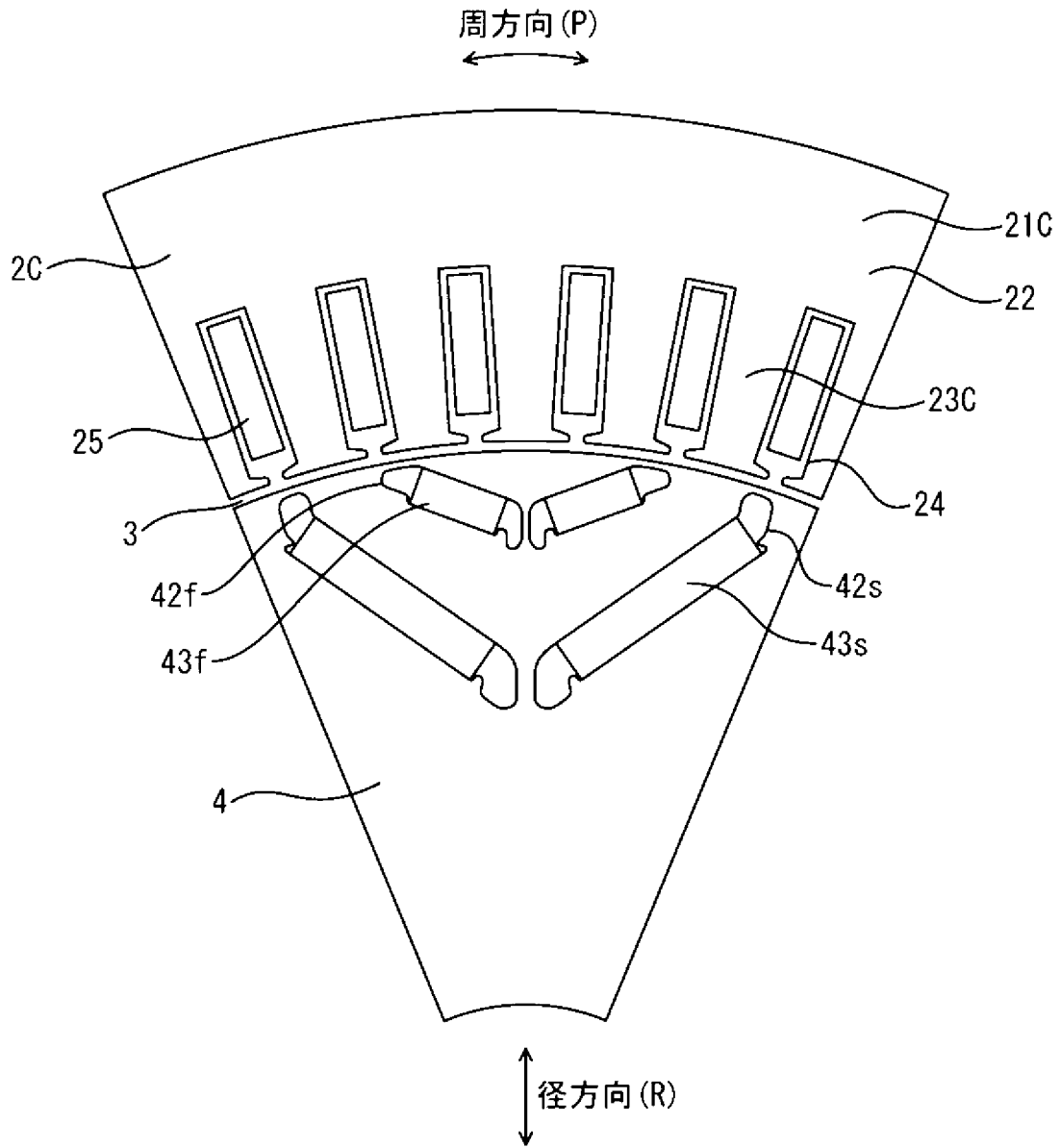
[図4]

図4



[図5]

図5



[図6]

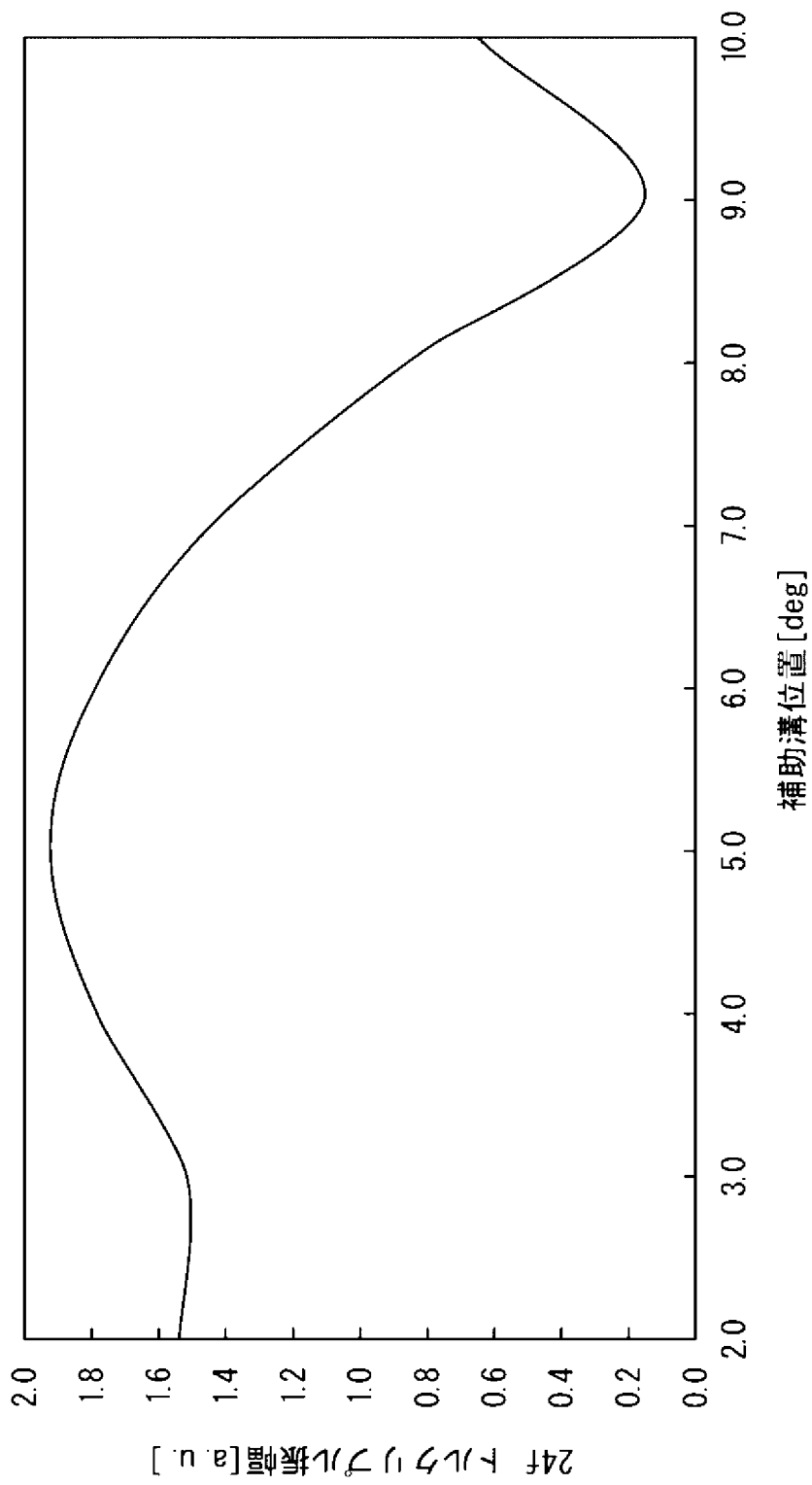
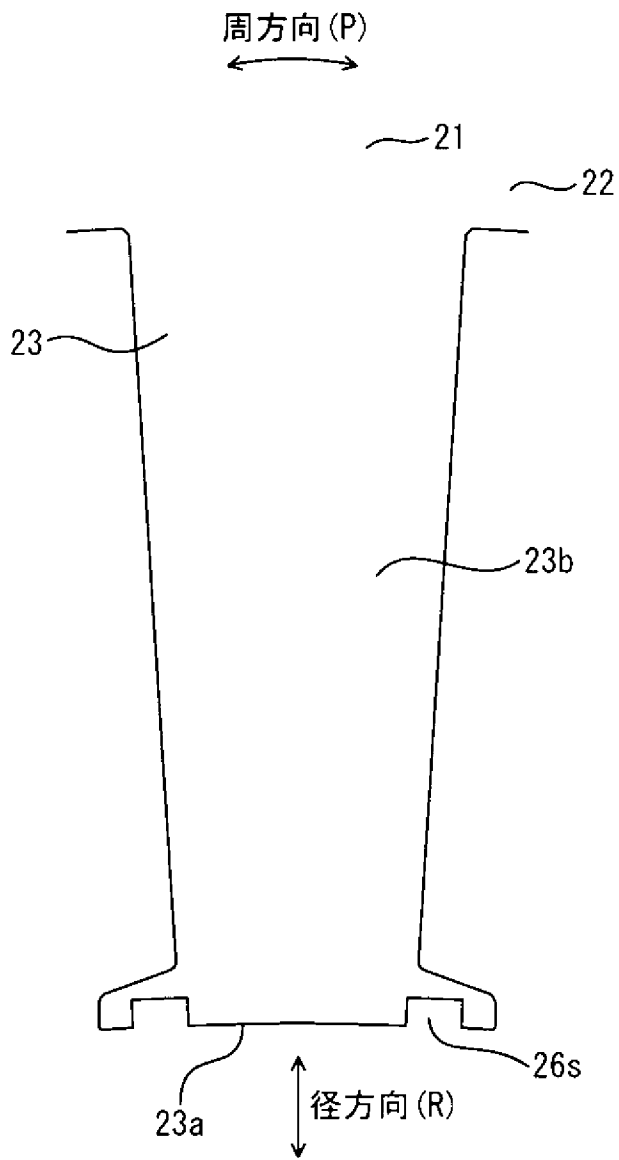


図6

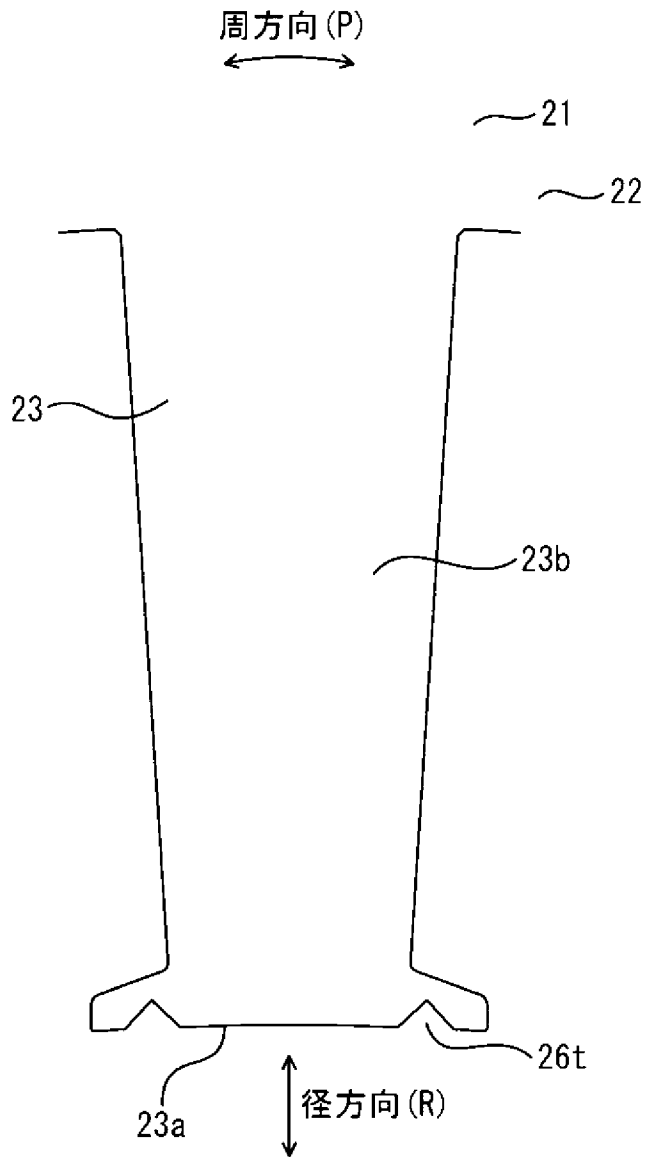
[図7]

図7



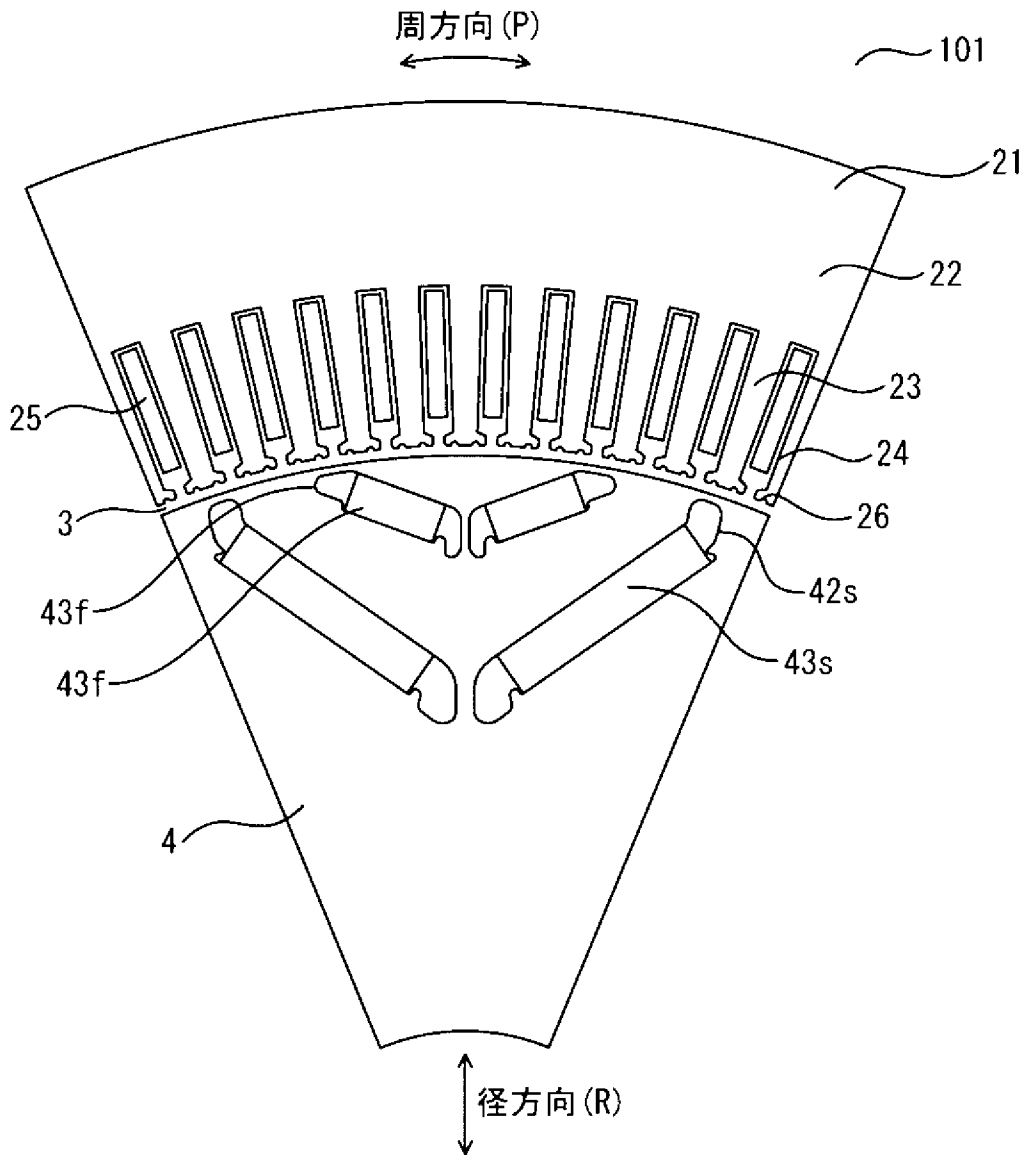
[図8]

図8



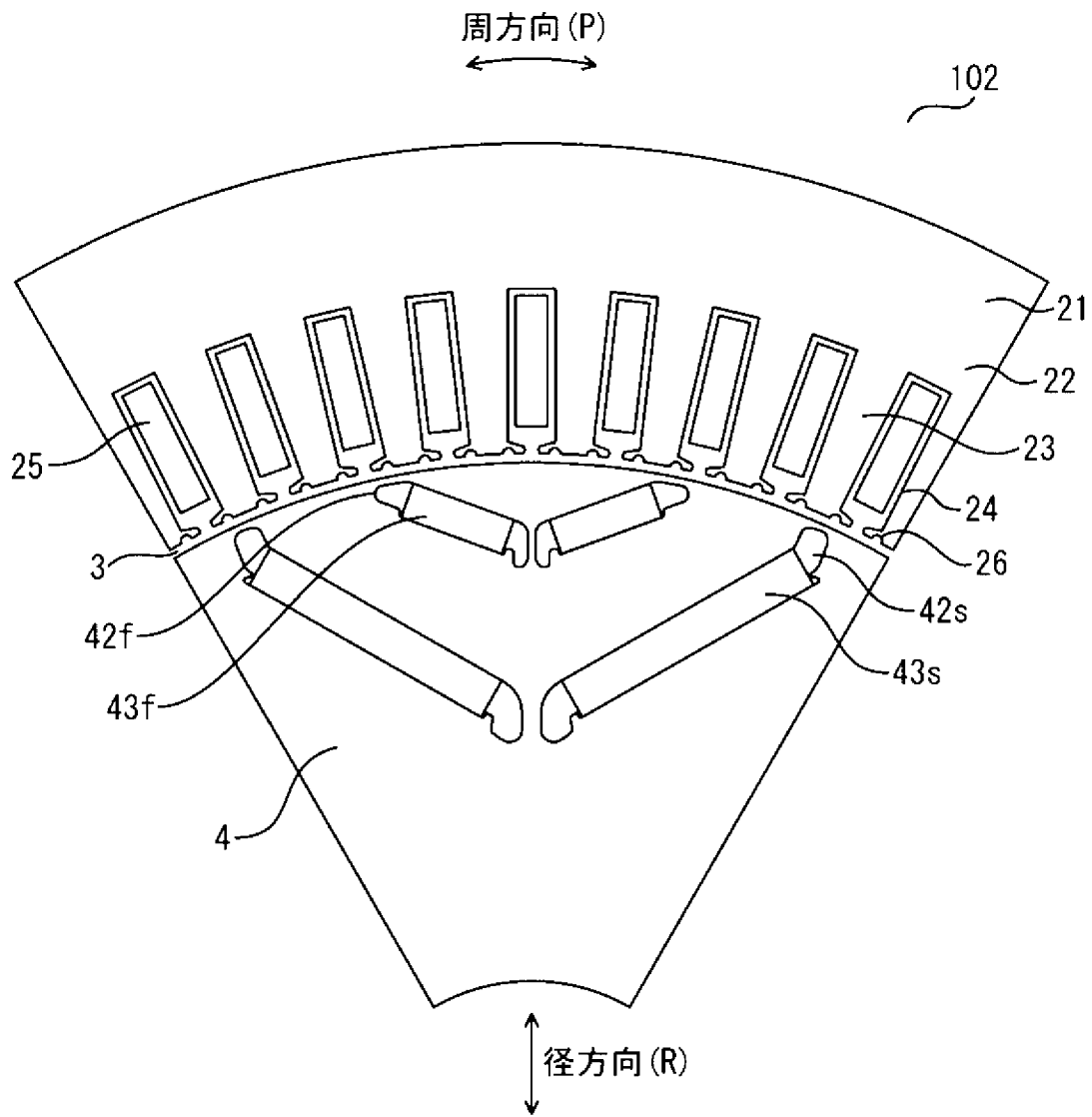
[図9]

図9



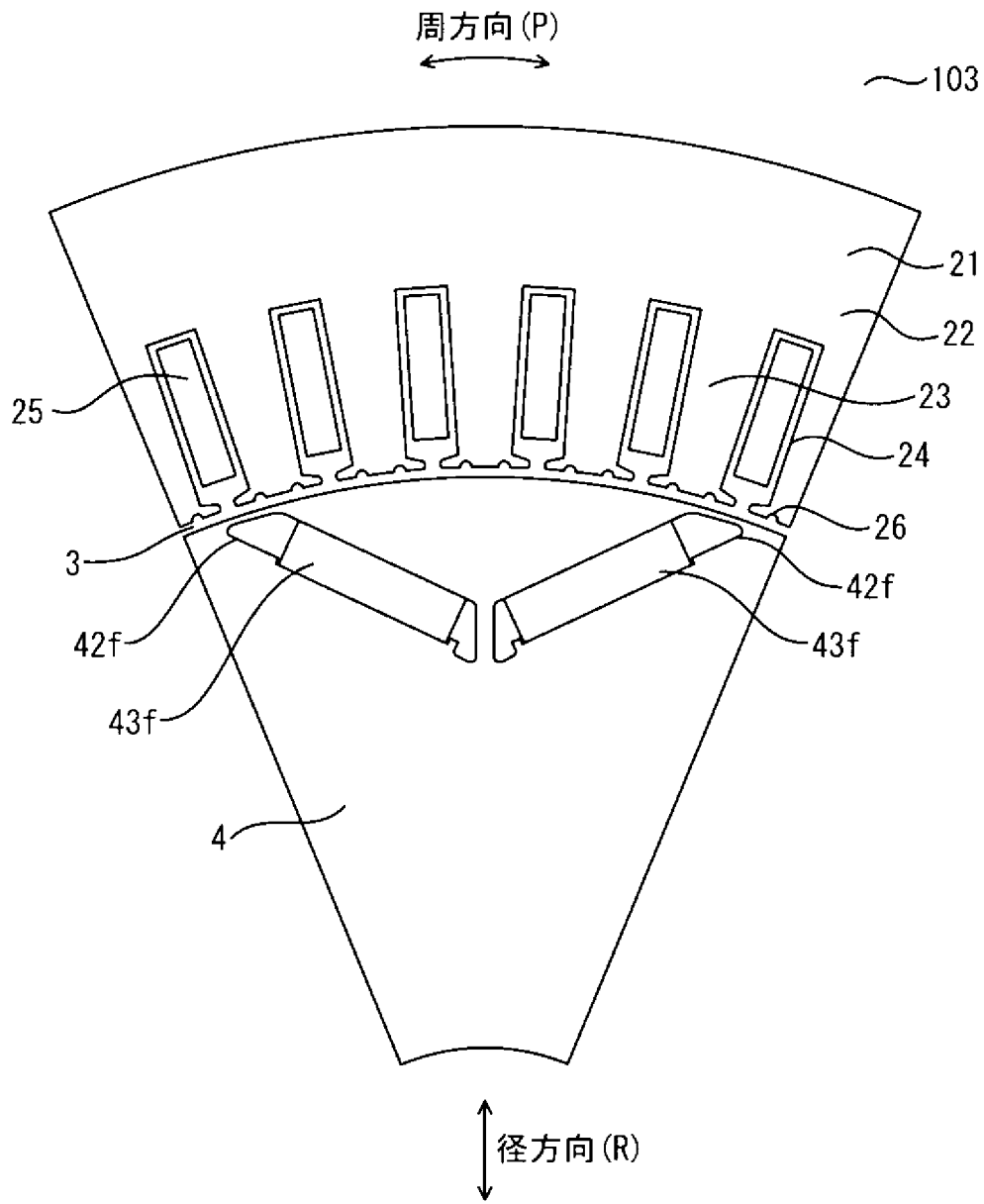
[図10]

図10



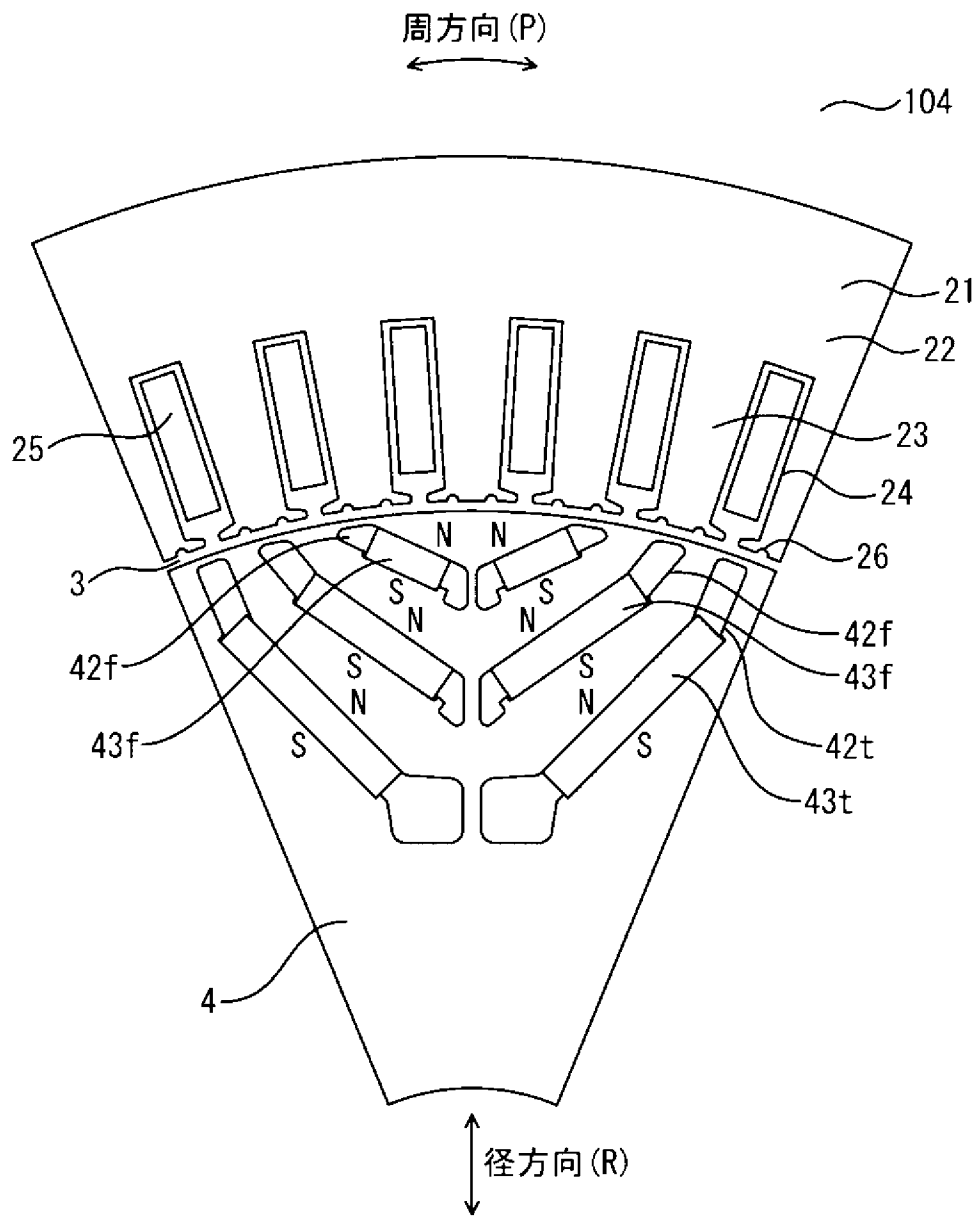
[图11]

图11



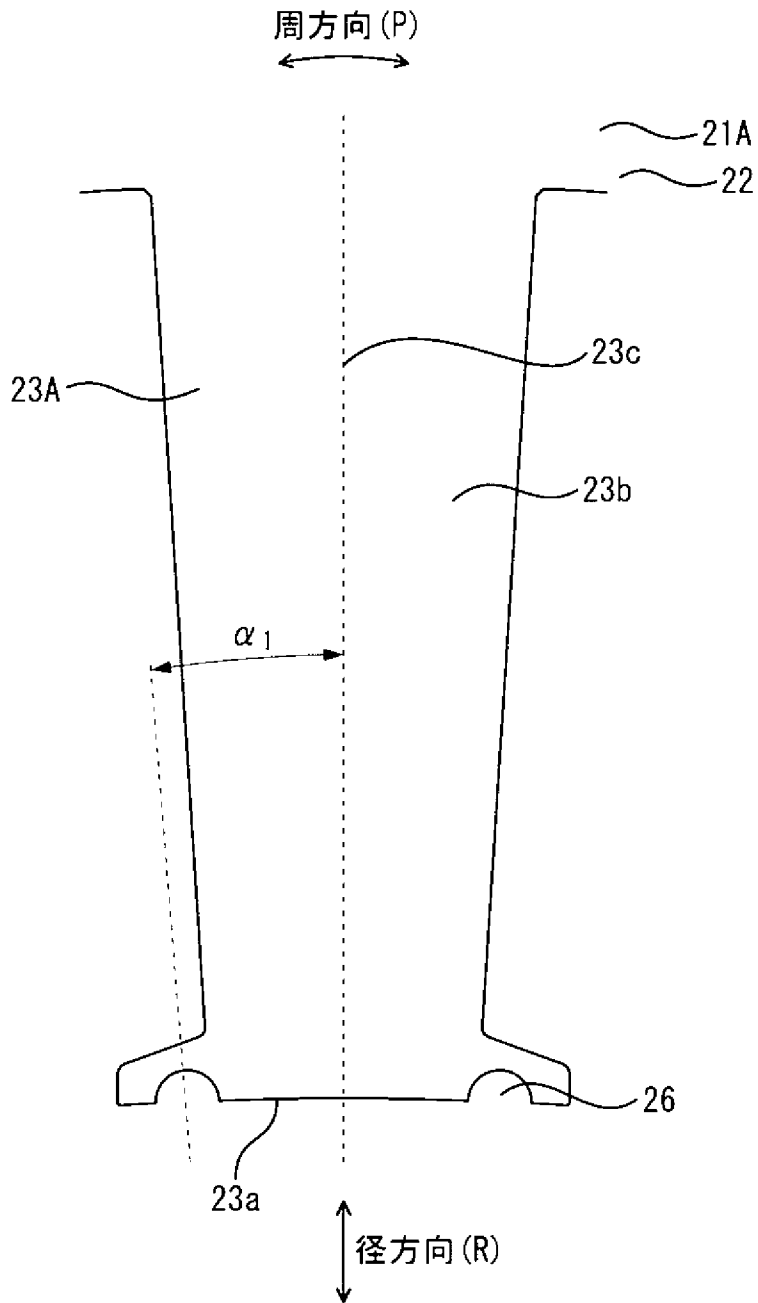
[図12]

図12



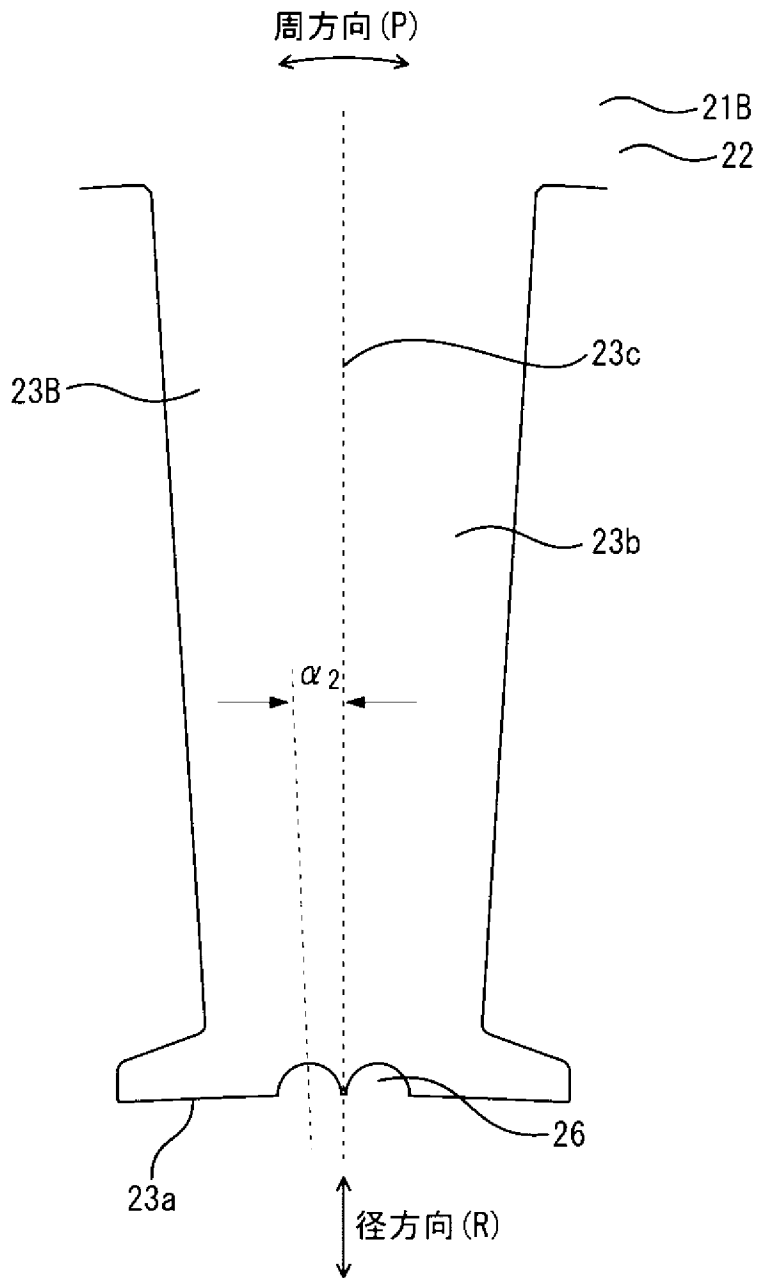
[図13]

図13



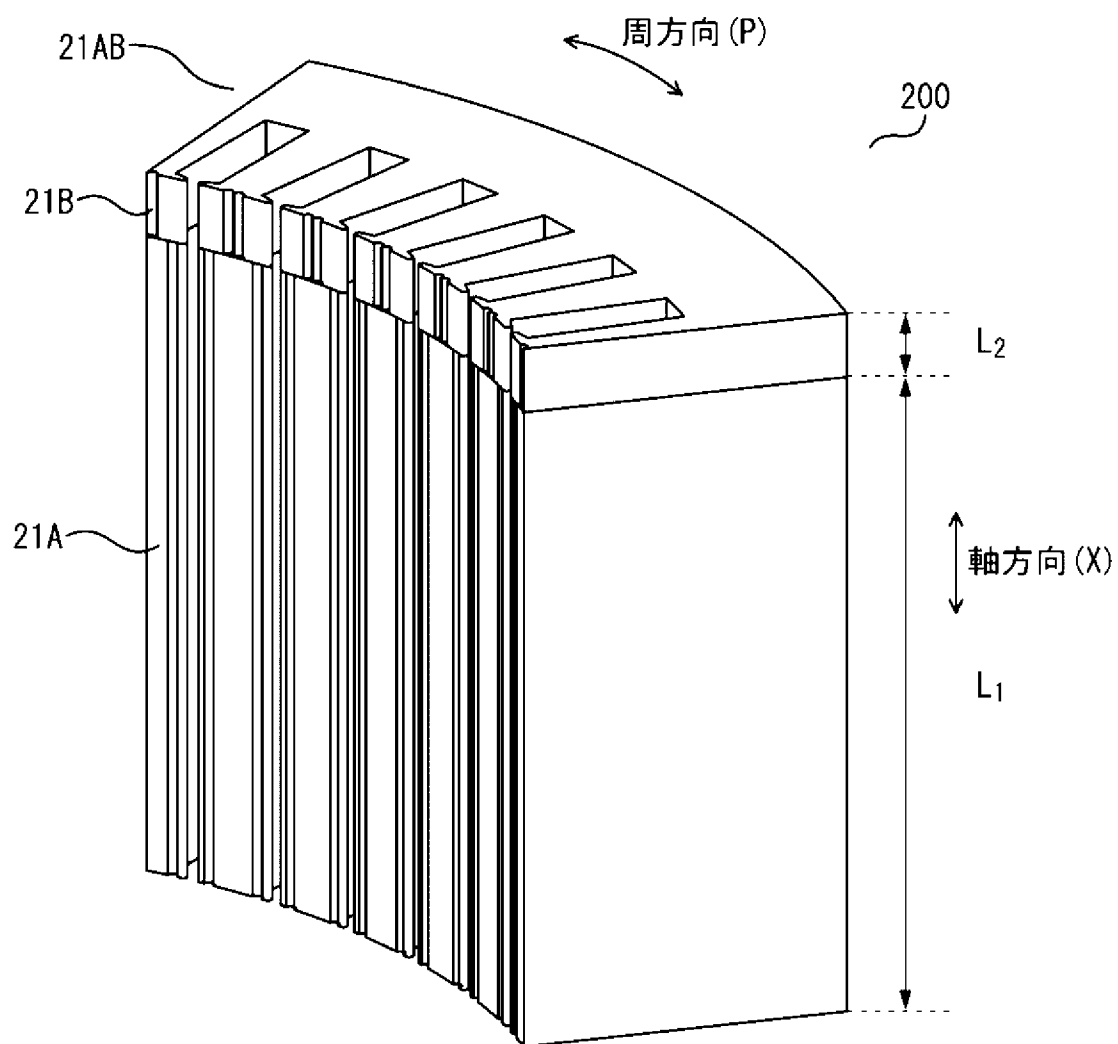
[図14]

図14



[図15]

図15



[図16]

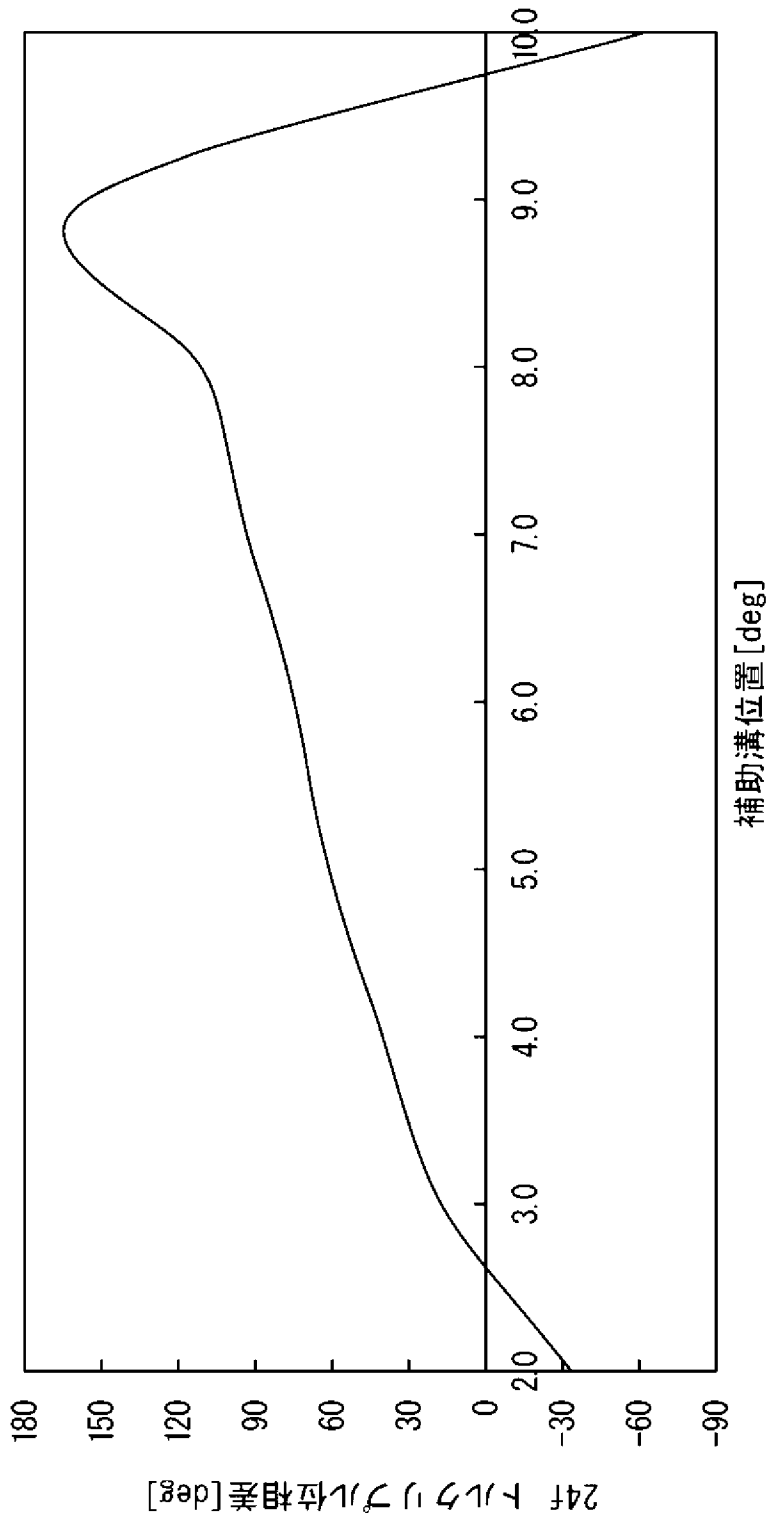
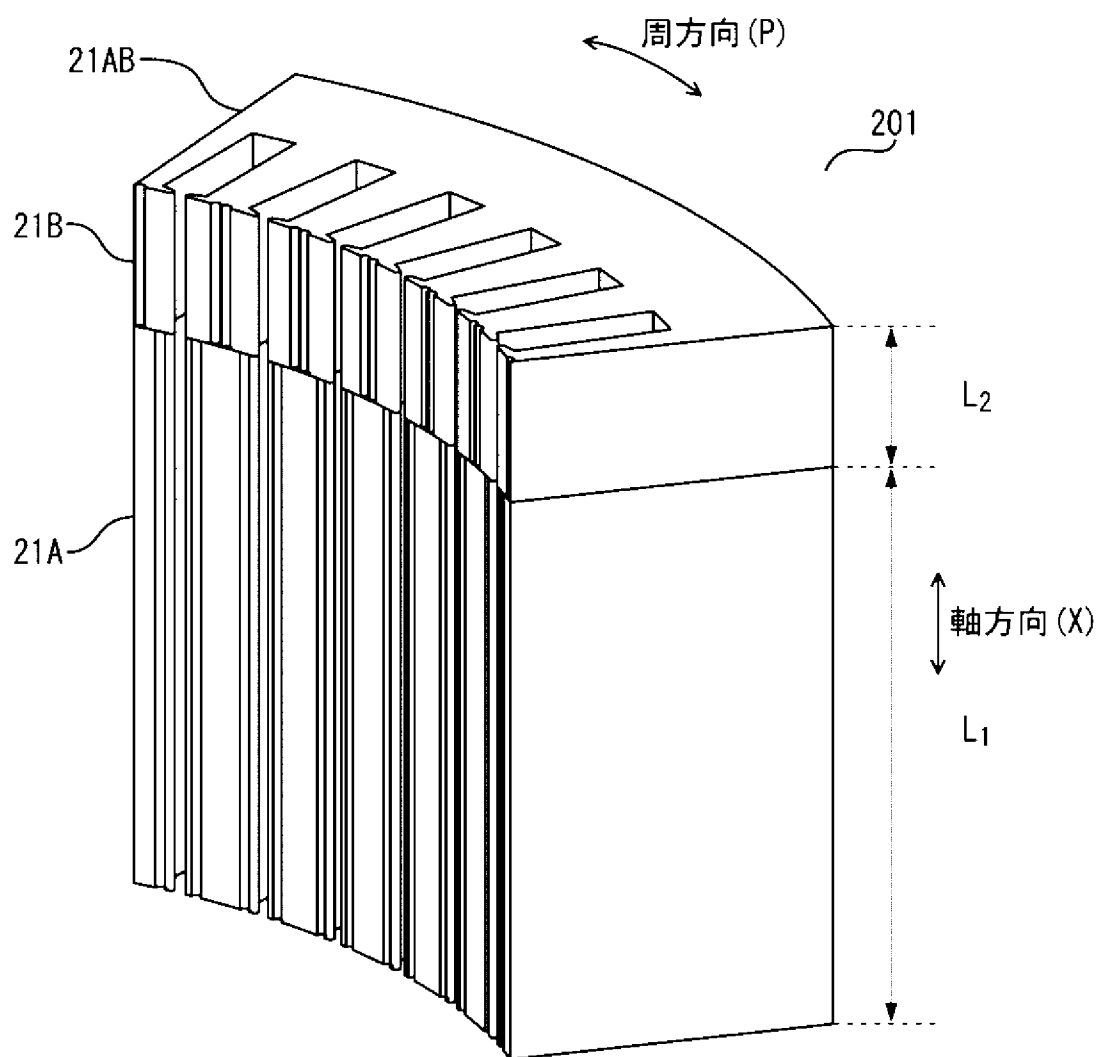


図16

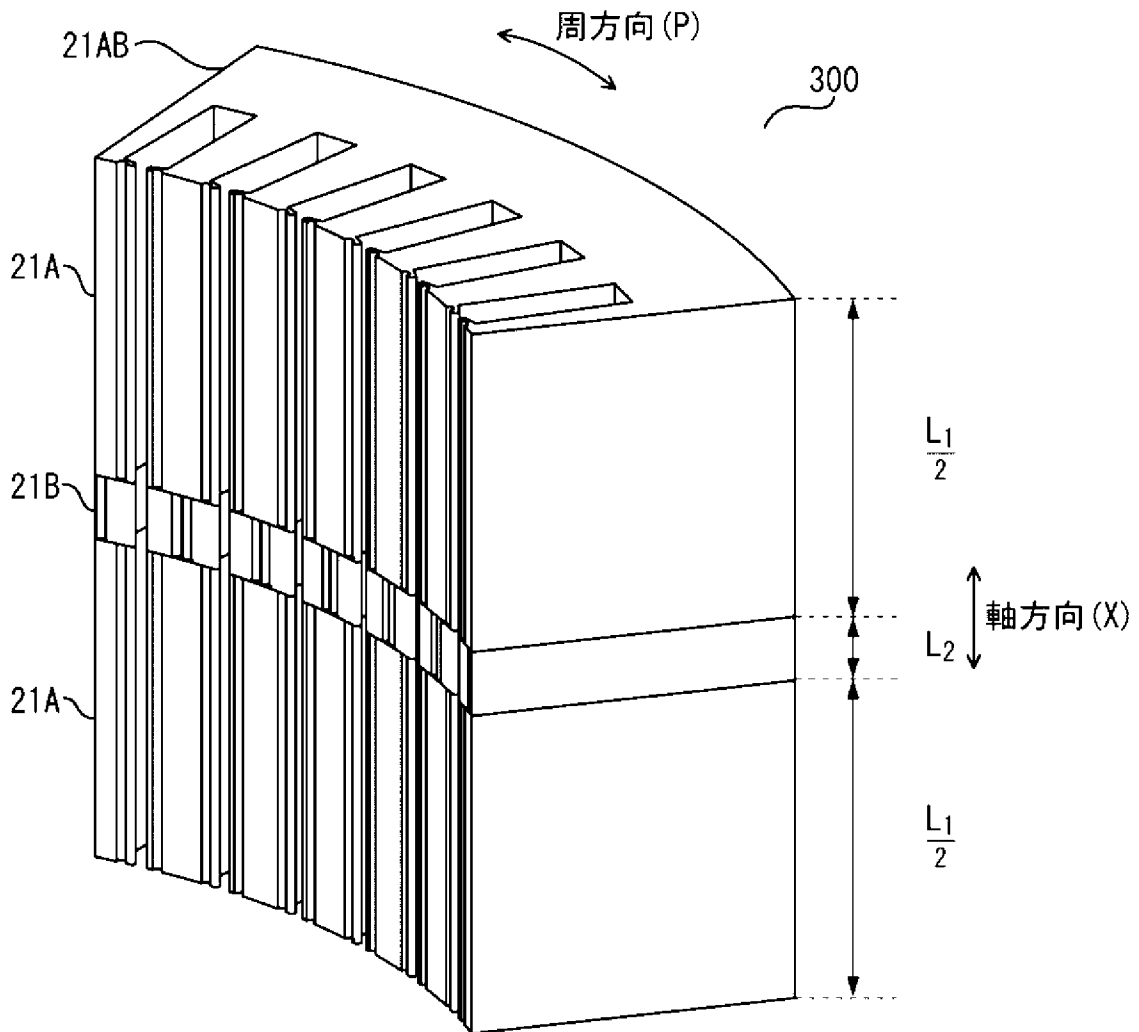
[図17]

図17



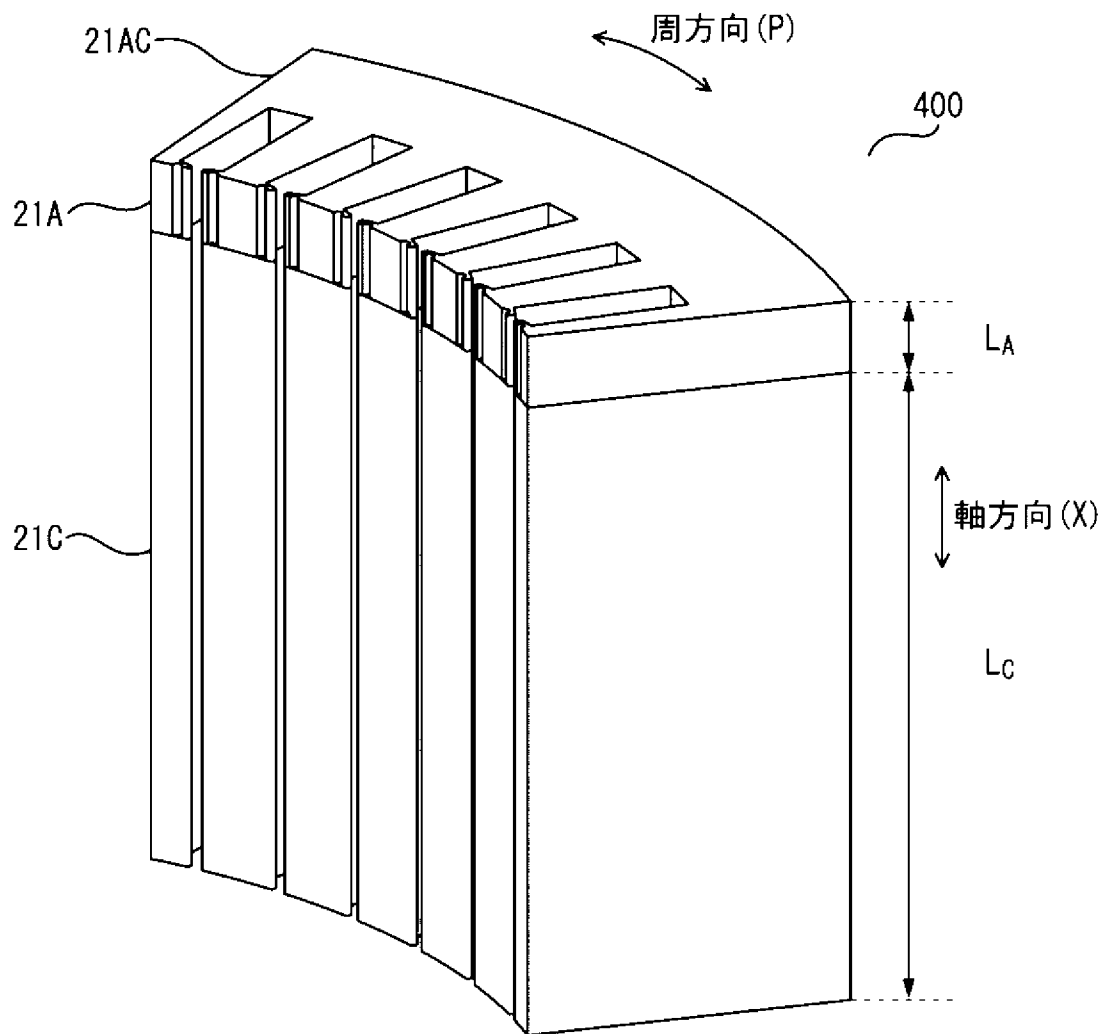
[図18]

図18



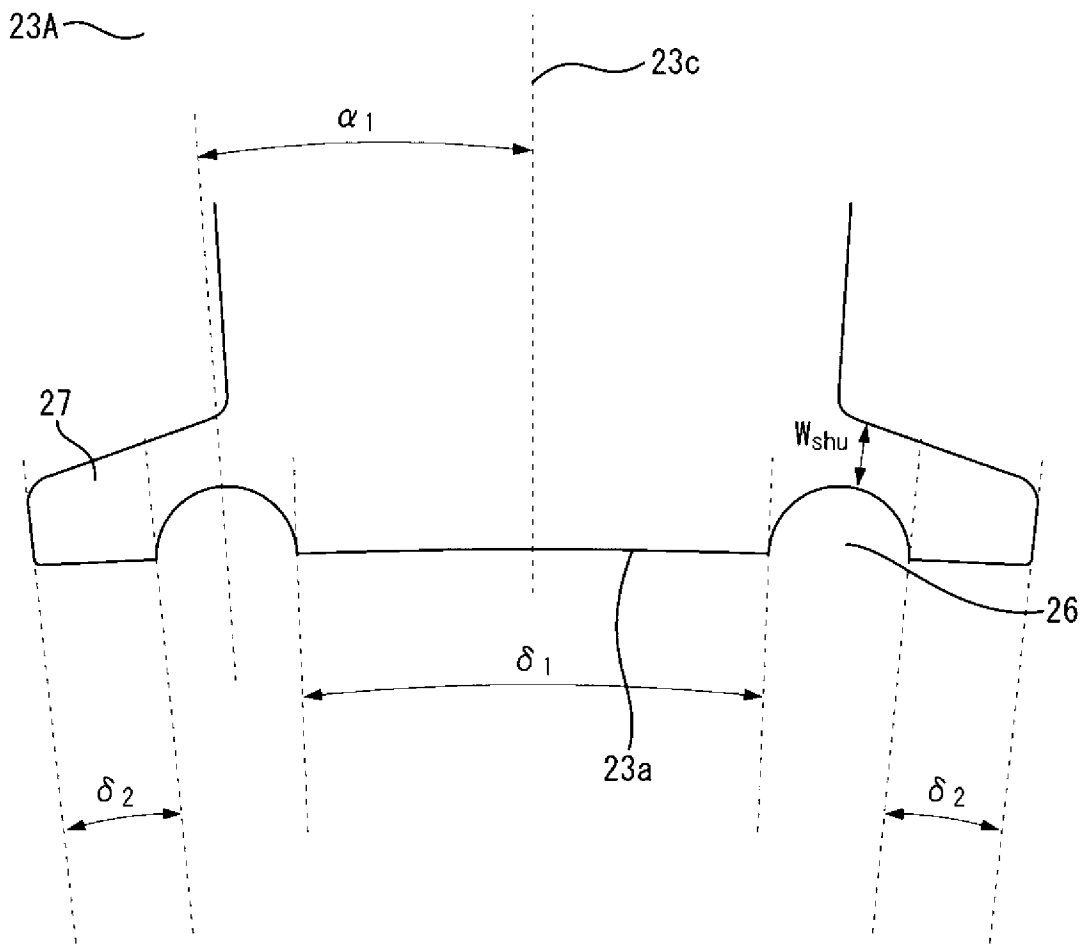
[図19]

図19



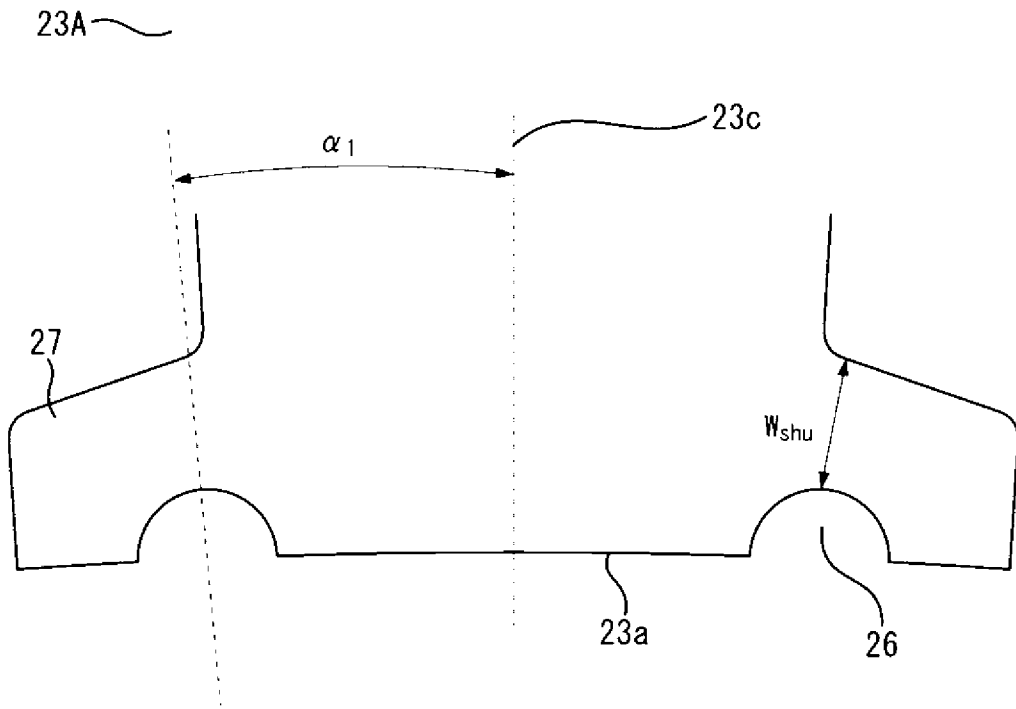
[図20]

図20



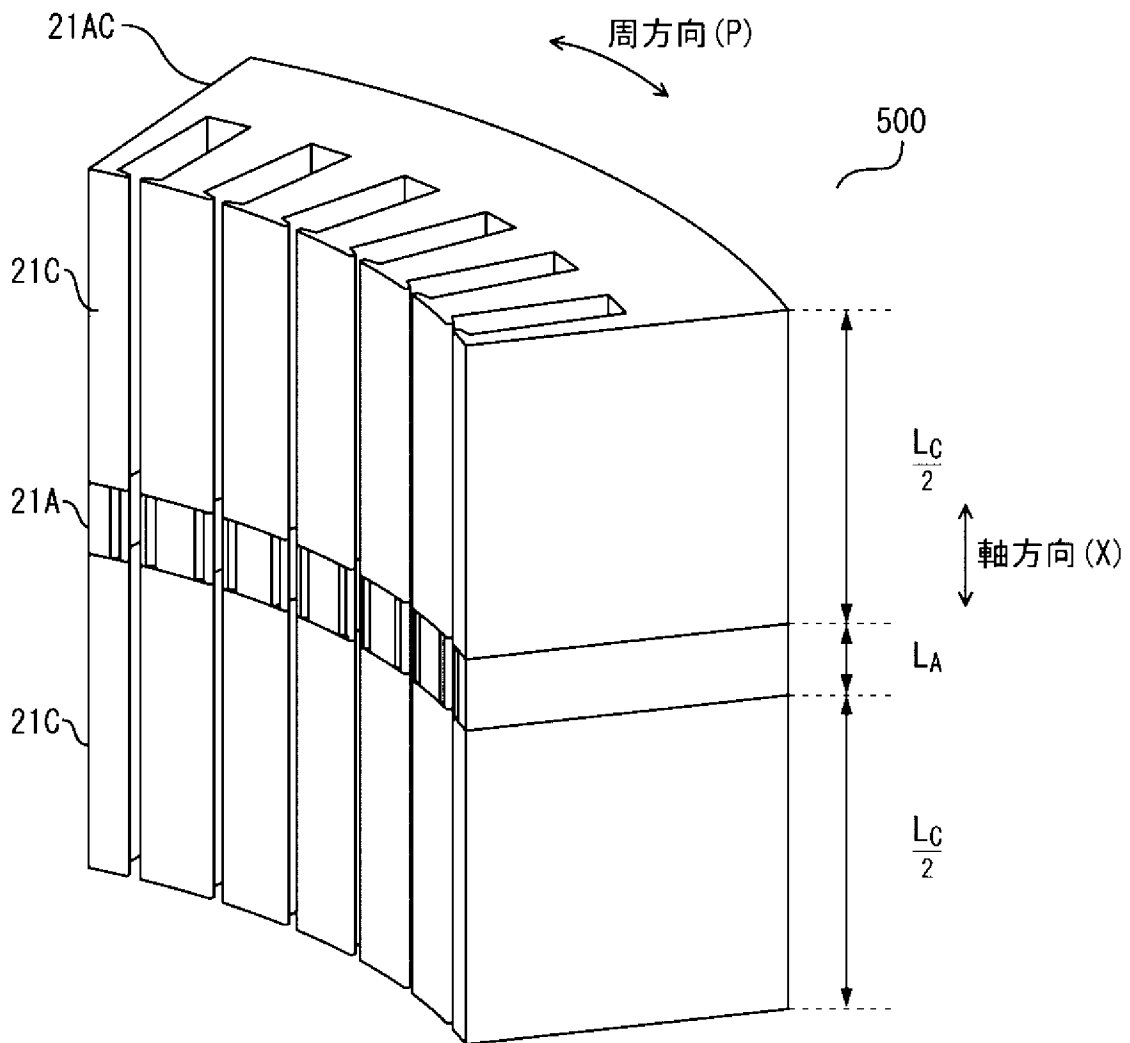
[図21]

図21



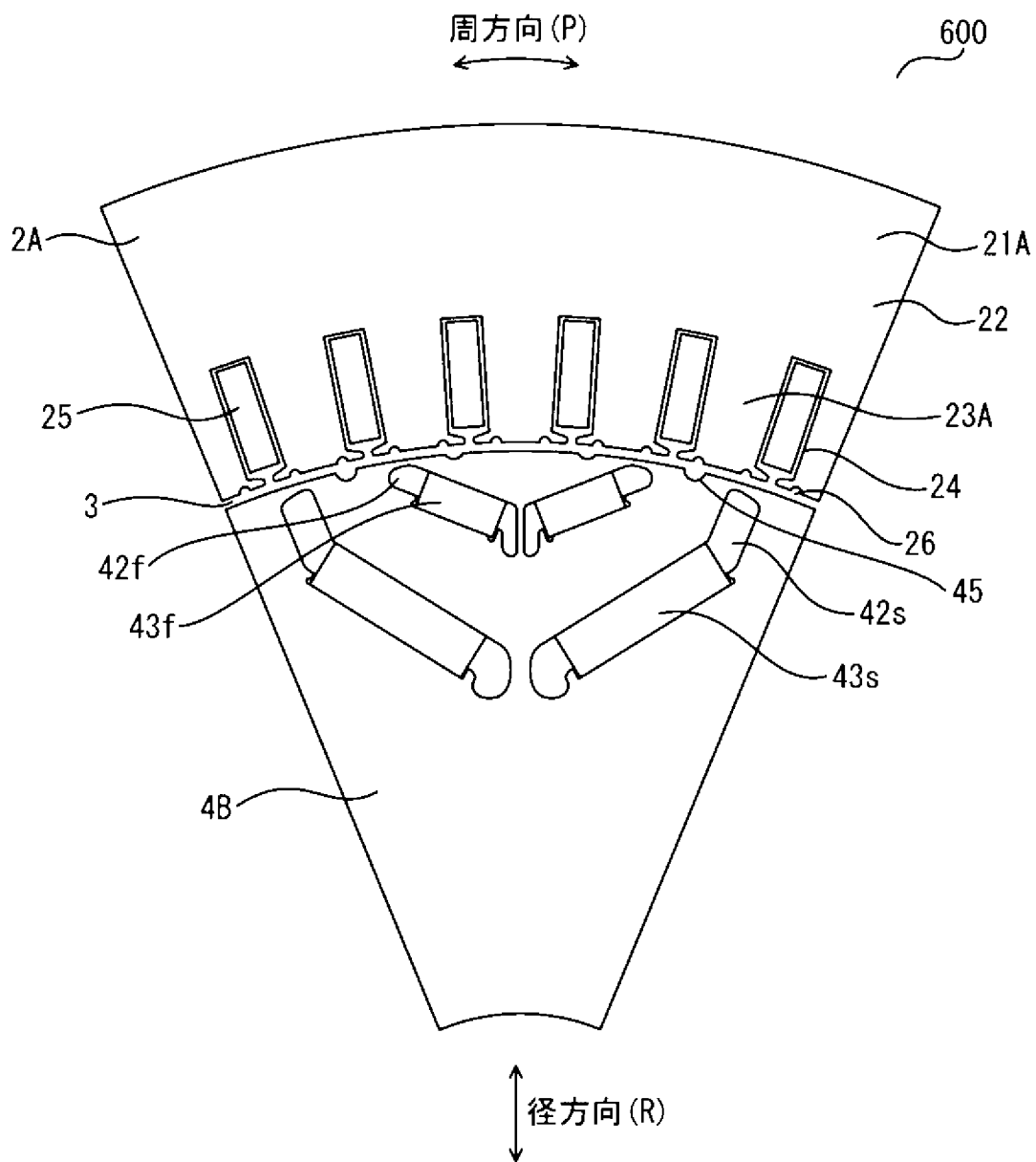
[図22]

図22



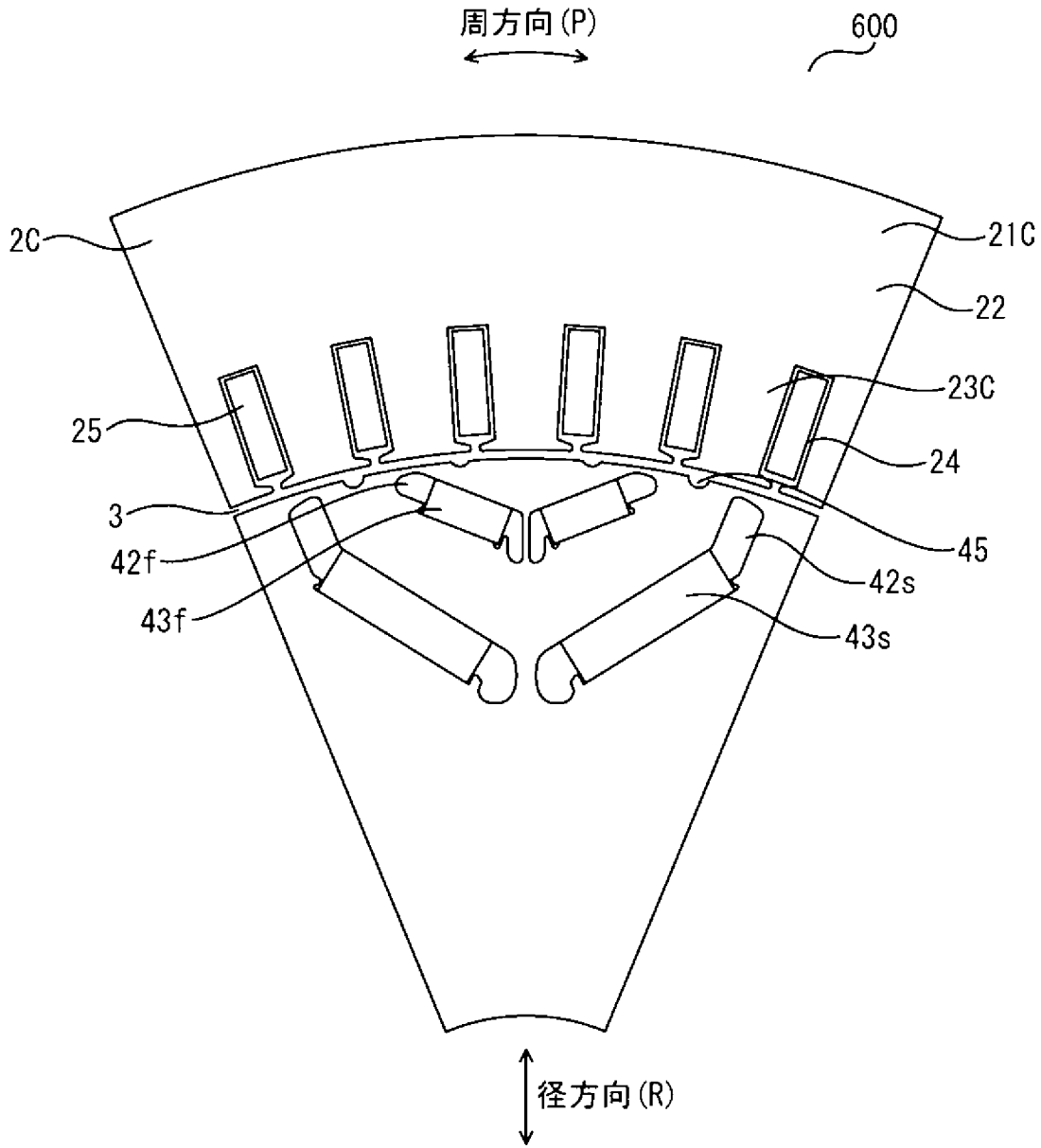
[図23]

図23



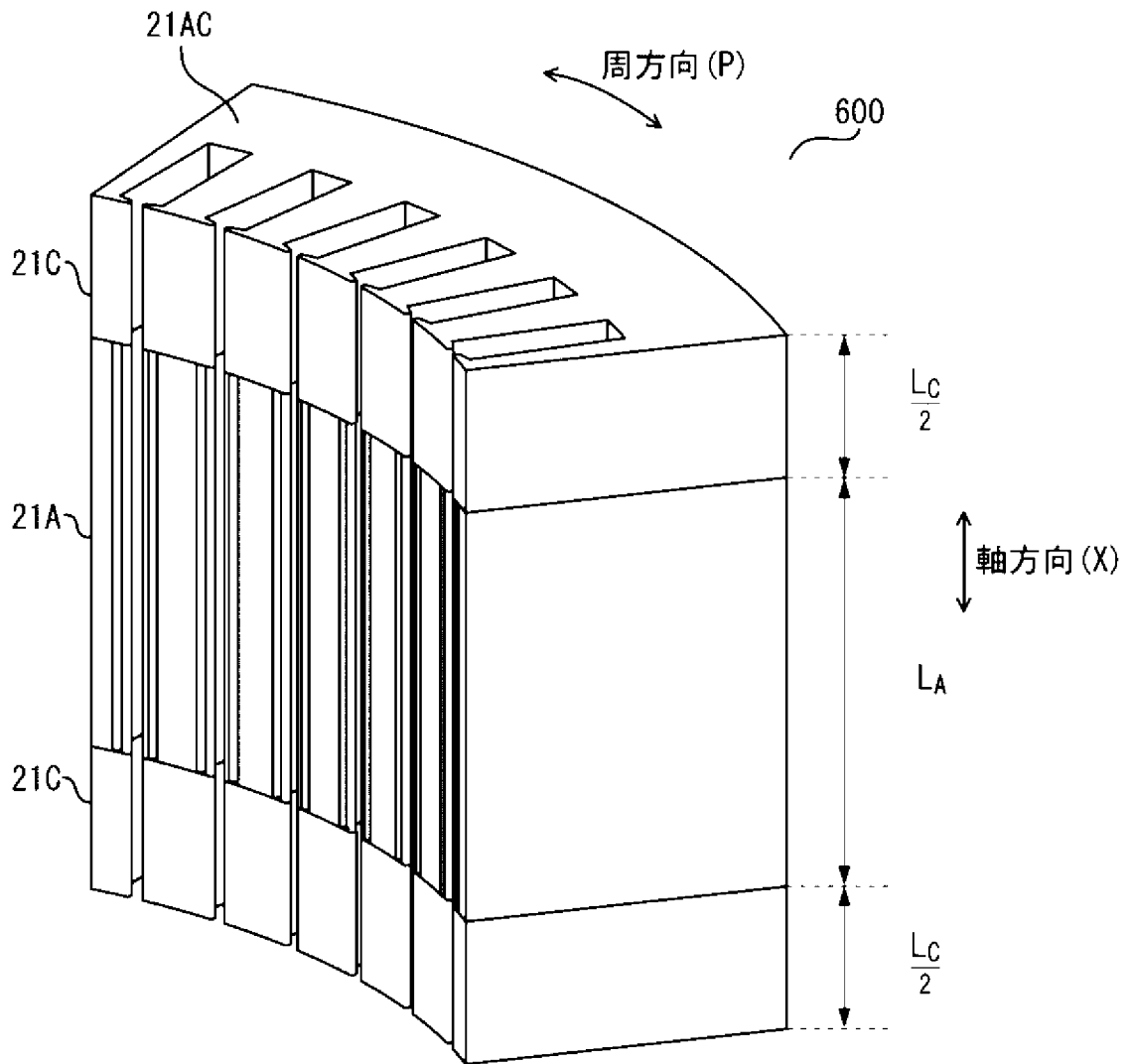
[図24]

図24



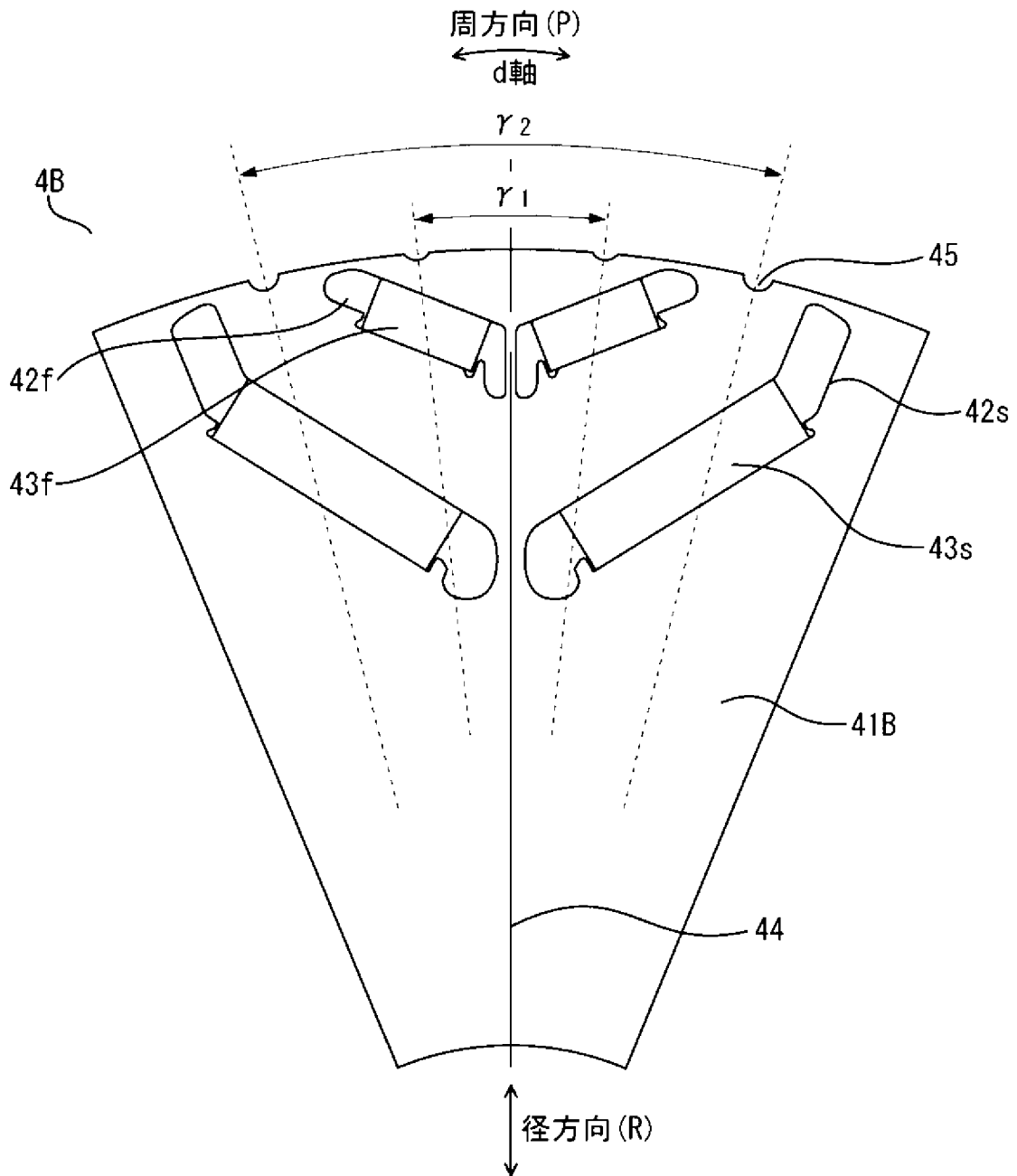
[図25]

図25



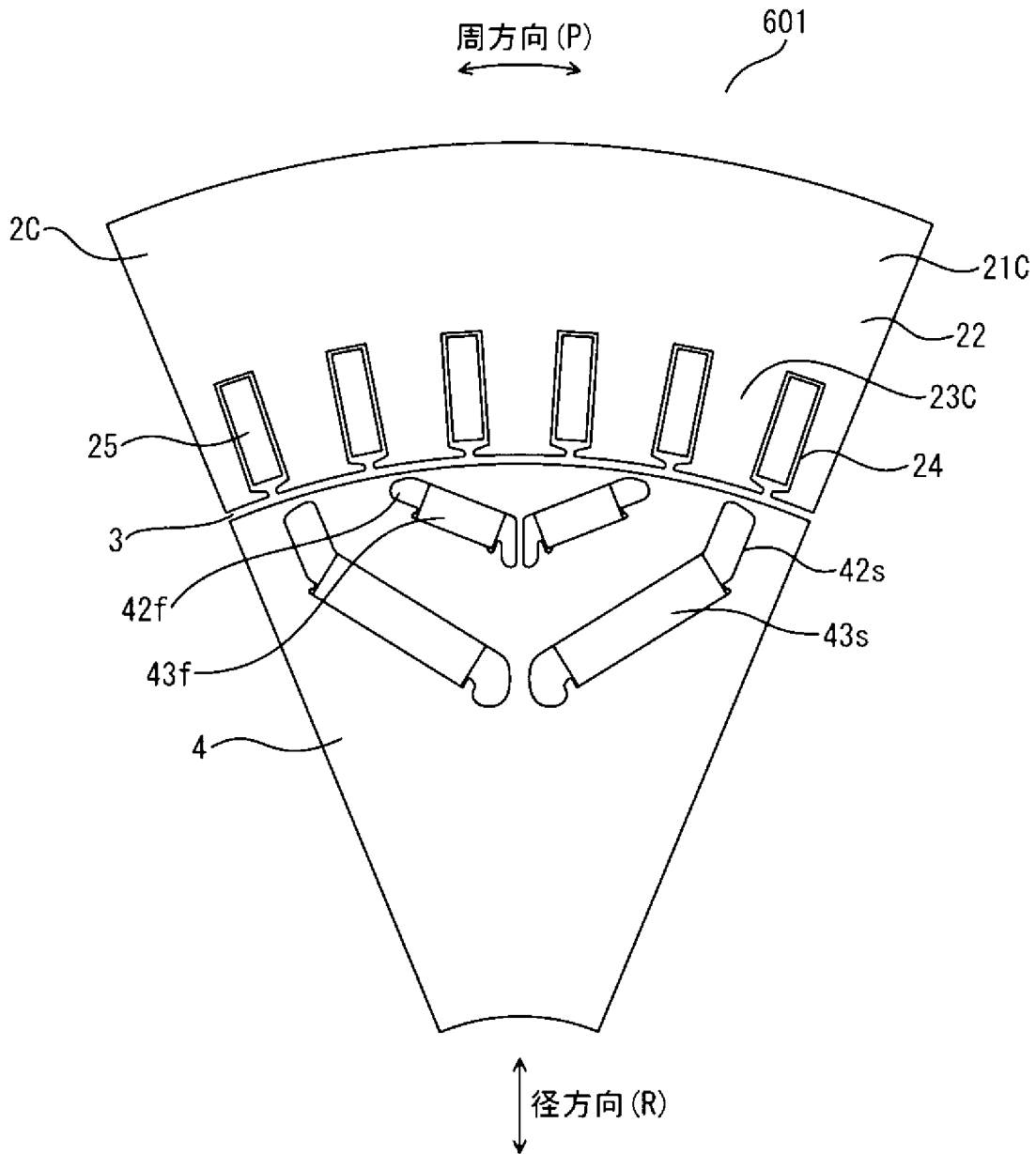
[図26]

図26



[図27]

図27



[図28]

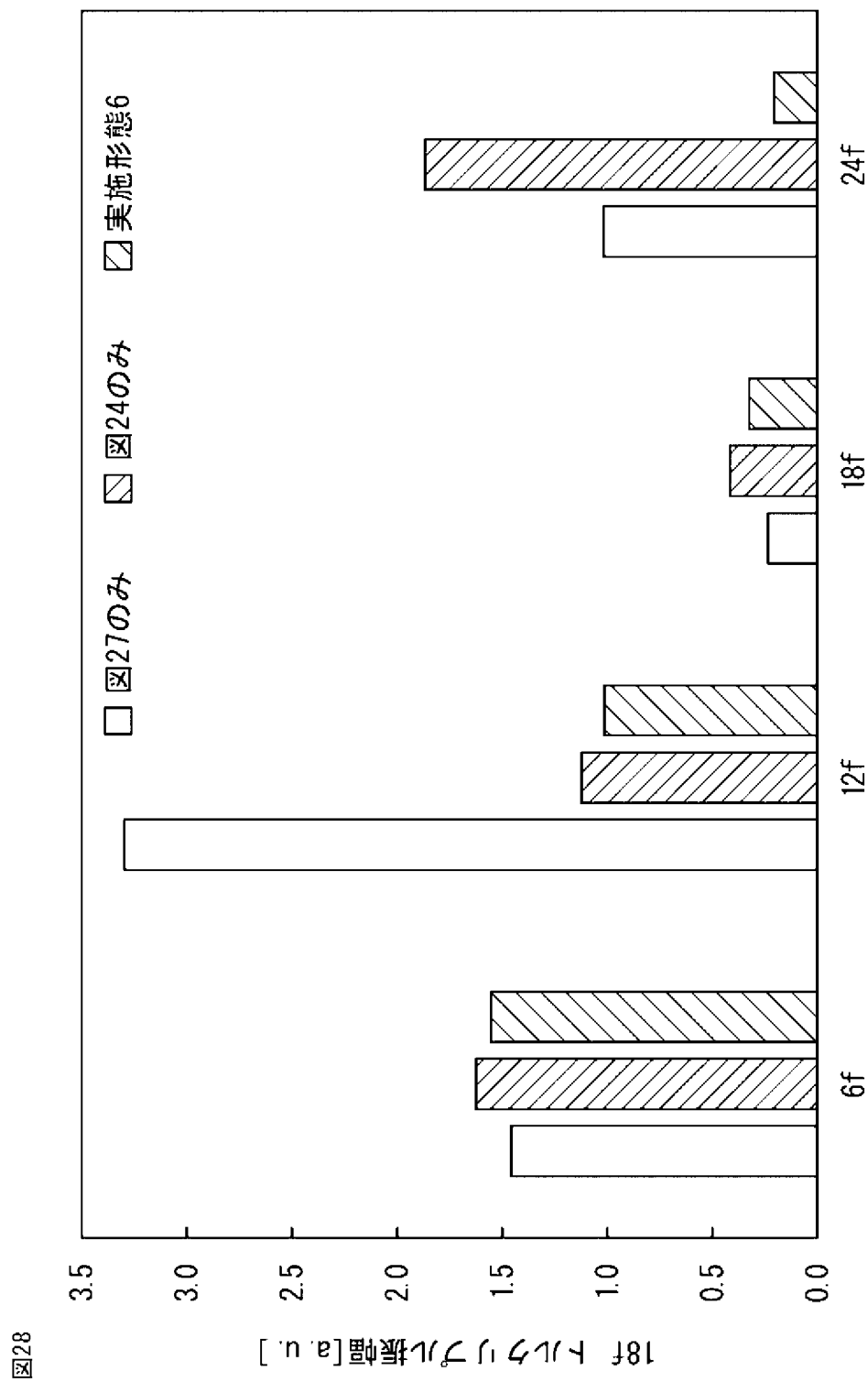


図28

[図29]

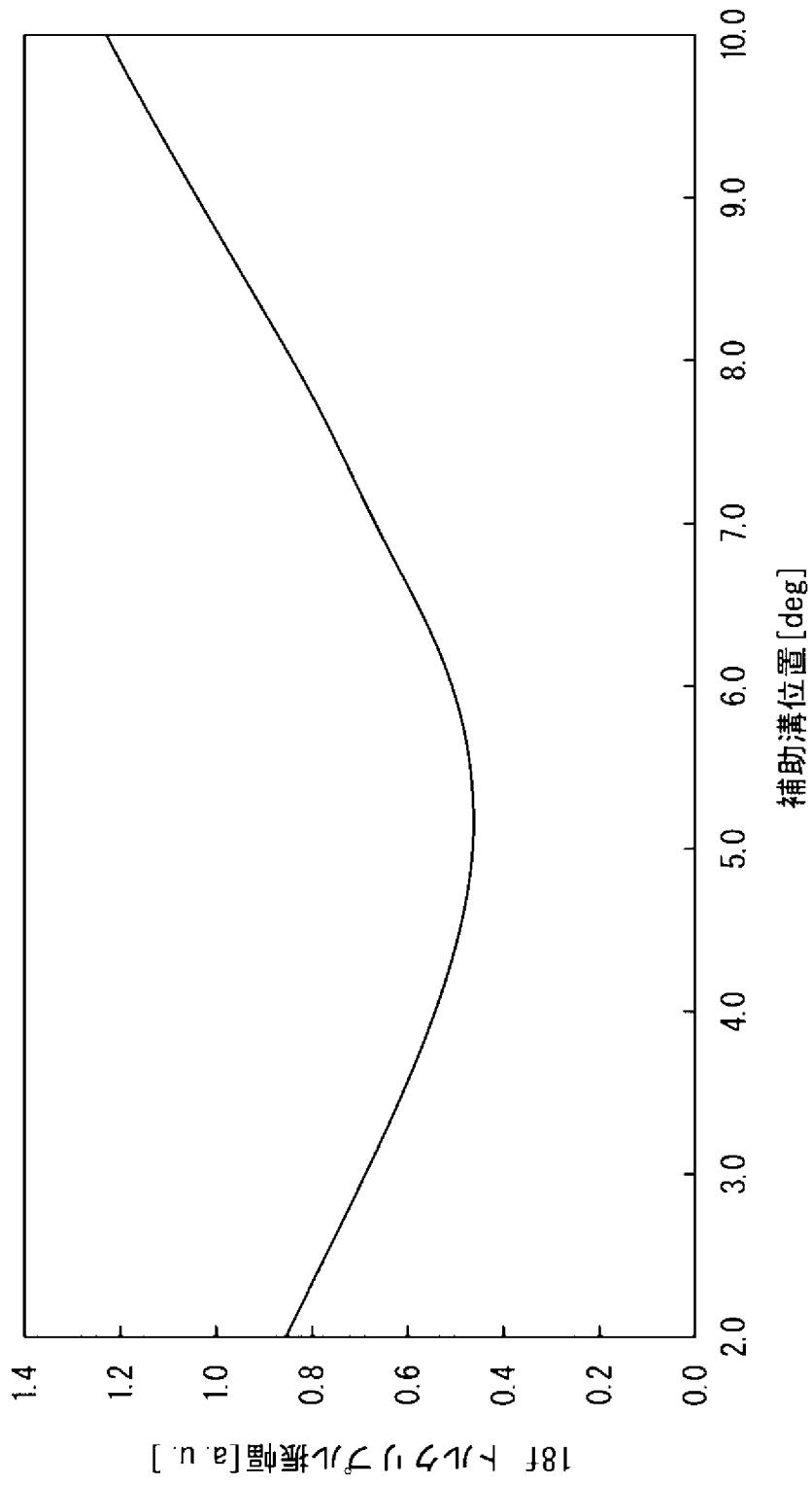


図29

[図30]

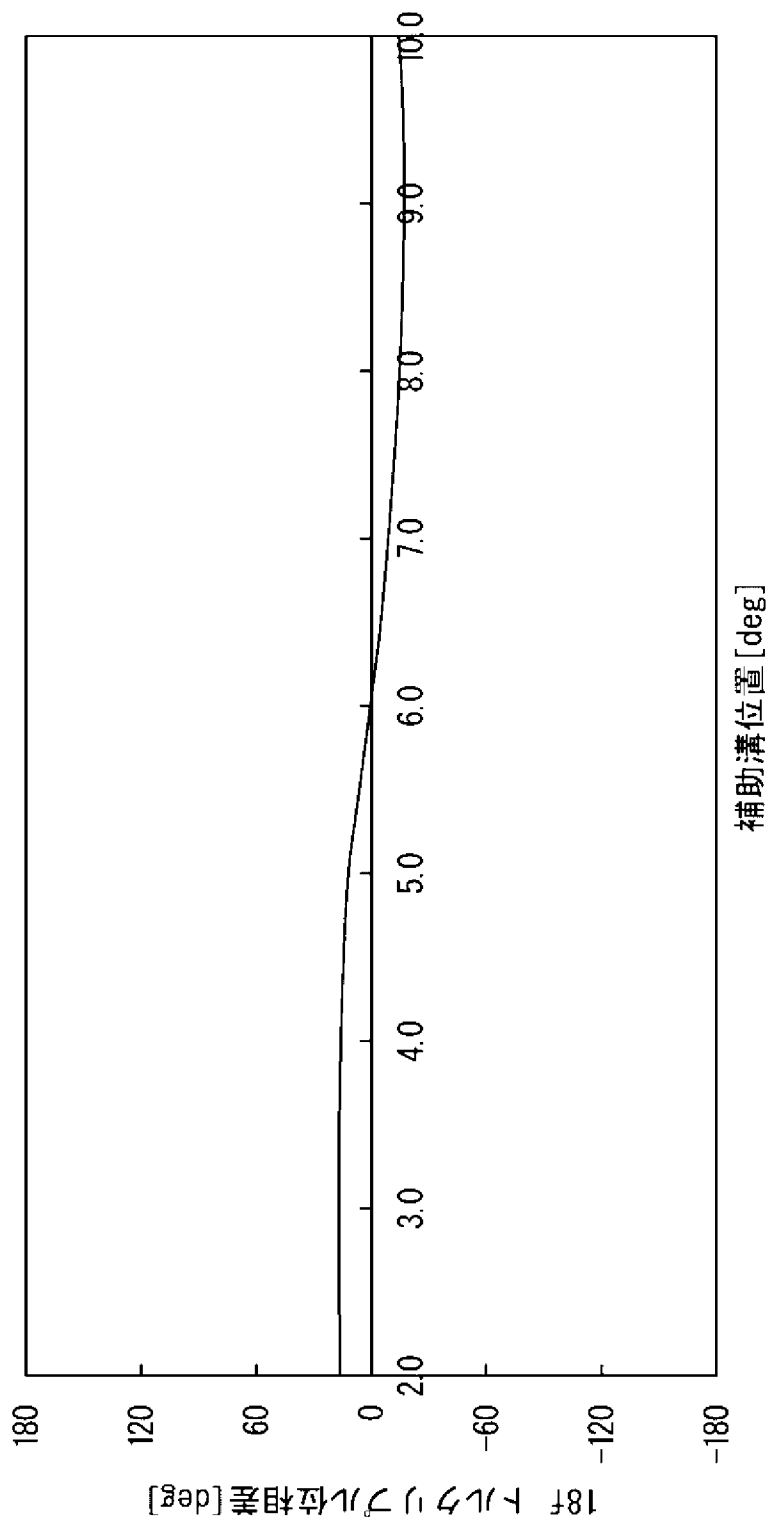


図30

[図31]

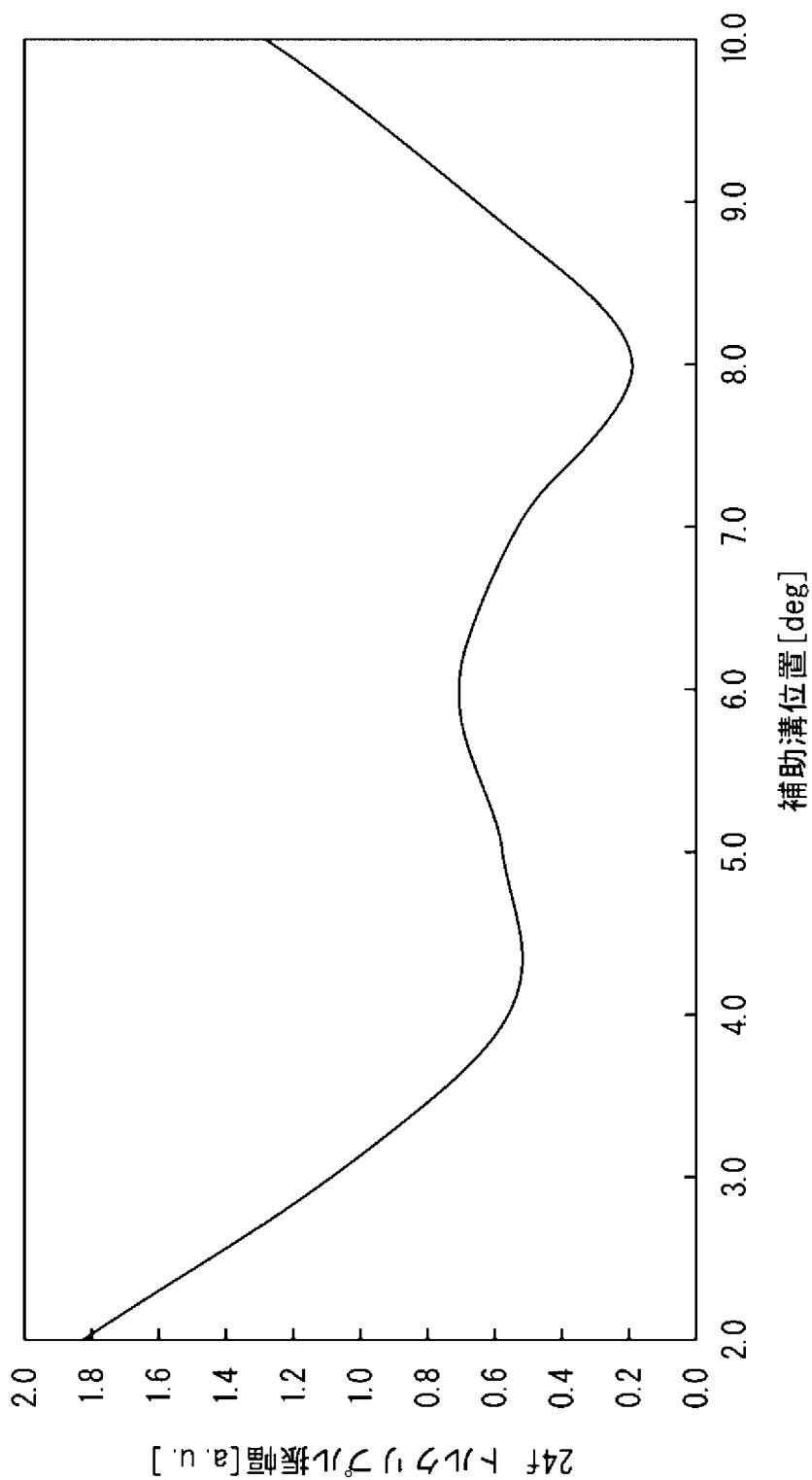


図31

[図32]

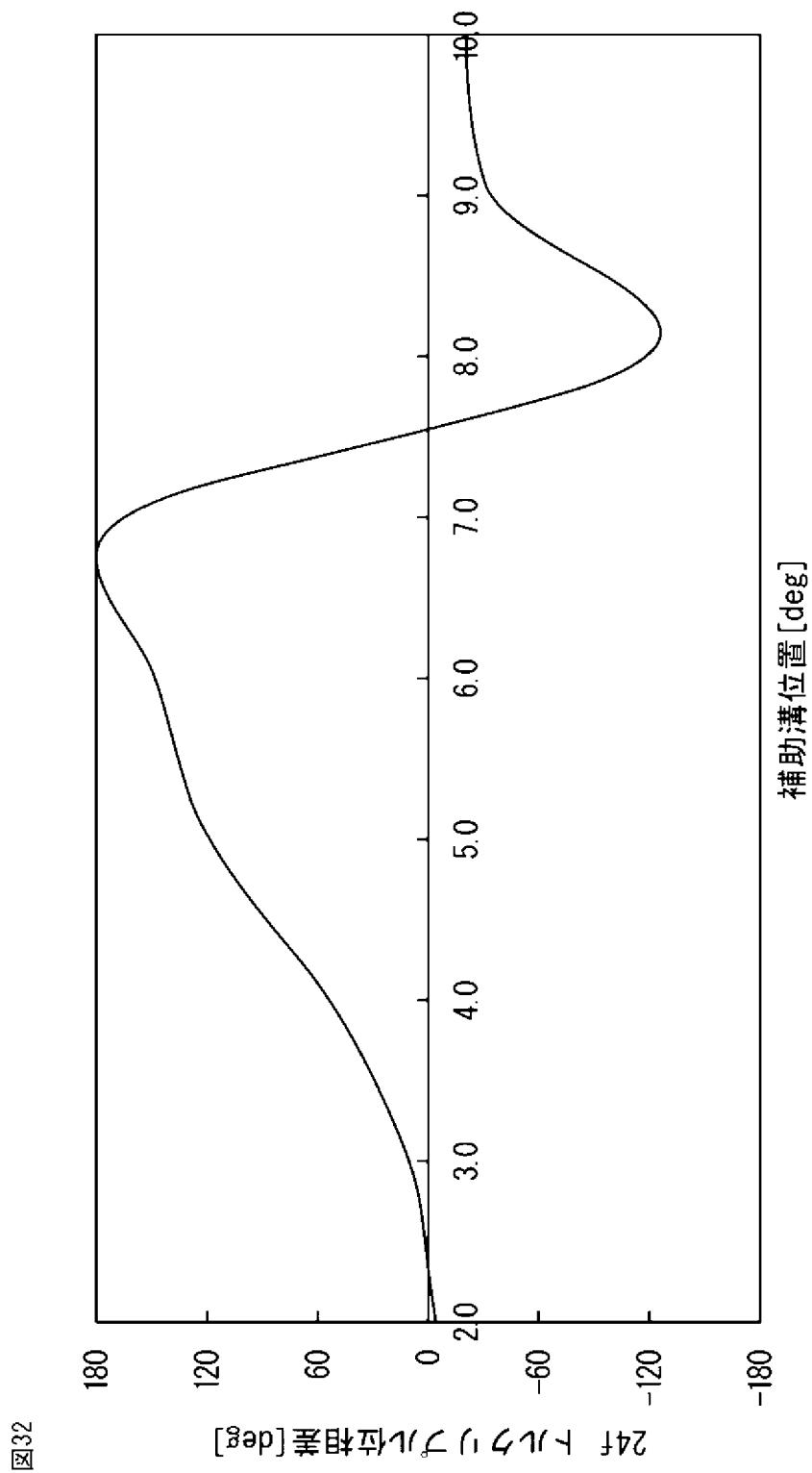
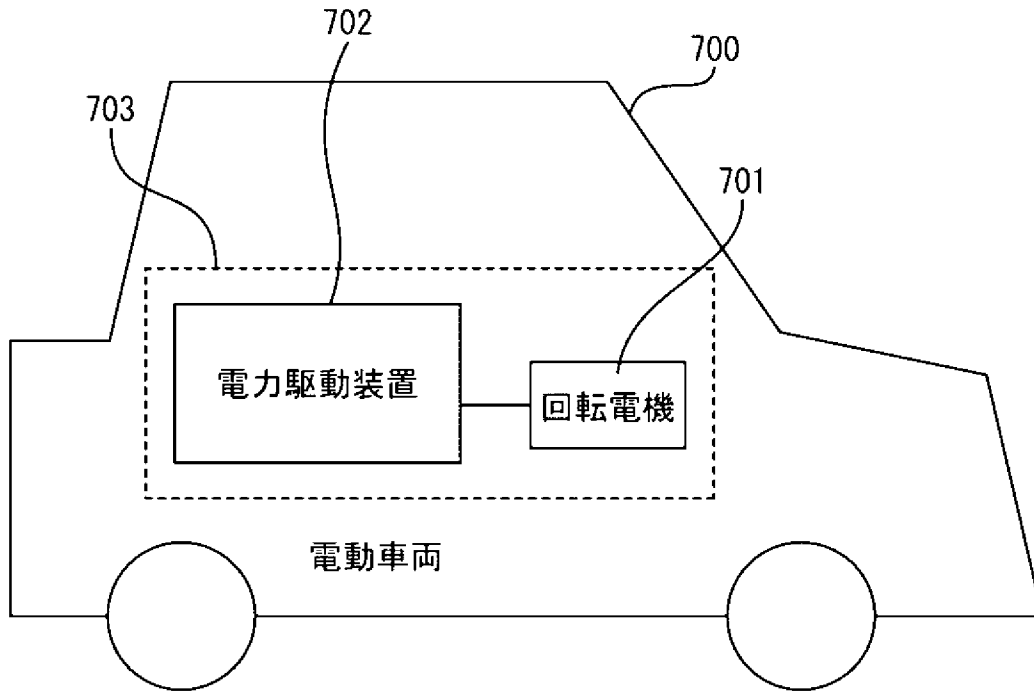


図32

[図33]

図33



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2023/014826

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H02K 1/16</b> (2006.01)i; <b>H02K 21/16</b> (2006.01)i FI: H02K1/16 C; H02K21/16 M		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H02K1/16; H02K21/16		
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 1971-2023 Registered utility model specifications of Japan 1996-2023 Published registered utility model applications of Japan 1994-2023		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2-219453 A (GENERAL ELECTRIC CO.) 03 September 1990 (1990-09-03) page 12, lower left column, line 19 to page 14, lower right column, line 17, fig. 1-4	1-2, 10-12
Y	page 12, lower left column, line 19 to page 14, lower right column, line 17, fig. 1-4	3-5, 7-8, 13-18
A	page 12, lower left column, line 19 to page 14, lower right column, line 17, fig. 1-4	6, 9
Y	JP 2001-25182 A (MATSUSHITA ELECTRIC INDUSTRIAL CO., LTD.) 26 January 2001 (2001-01-26) paragraphs [0010]-[0011], fig. 1-2	3-5, 7-8, 10-18
Y	JP 2006-230116 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 31 August 2006 (2006-08-31) paragraphs [0012]-[0075], fig. 1-18	5, 10-12, 14-18
Y	JP 2011-188685 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 22 September 2011 (2011-09-22) paragraphs [0009]-[0060], fig. 1-30	5, 7-8, 10-18
Y	US 2020/0212740 A1 (HYUNDAI MOTOR COMPANY) 02 July 2020 (2020-07-02) paragraphs [0028]-[0096], fig. 1-3	13-18
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 <b>20 June 2023</b>		Date of mailing of the international search report <b>04 July 2023</b>
Name and mailing address of the ISA/JP <b>Japan Patent Office (ISA/JP) 3-4-3 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915 Japan</b>		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/JP2023/014826**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2015-73417 A (KABUSHIKI KAISHA TOYOTA JIDOSHOKKI) 16 April 2015 (2015-04-16) paragraphs [0014]-[0046], fig. 1-7	15-18
Y	JP 2018-191433 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORPORATION) 29 November 2018 (2018-11-29) paragraphs [0009]-[0062], fig. 1-12	17-18

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No.

**PCT/JP2023/014826**

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2-219453 A	03 September 1990	US 4933584 A column 6, line 27 to column 9, line 10, fig. 1-4 EP 375228 A1	
JP 2001-25182 A	26 January 2001	(Family: none)	
JP 2006-230116 A	31 August 2006	(Family: none)	
JP 2011-188685 A	22 September 2011	(Family: none)	
US 2020/0212740 A1	02 July 2020	DE 102019214055 A1 KR 10-2020-0081029 A CN 111384799 A	
JP 2015-73417 A	16 April 2015	(Family: none)	
JP 2018-191433 A	29 November 2018	(Family: none)	

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） H02K 1/16(2006.01)i; H02K 21/16(2006.01)i FI: H02K1/16 C; H02K21/16 M		
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）） H02K1/16; H02K21/16 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 1922 - 1996年 日本国公開実用新案公報 1971 - 2023年 日本国実用新案登録公報 1996 - 2023年 日本国登録実用新案公報 1994 - 2023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 2-219453 A (ゼネラル・エレクトリック・カンパニー) 03.09.1990 (1990 - 09 - 03) 第12ページ左下欄第19行-第14ページ右下欄第17行、第1-4図	1-2, 10-12
Y	第12ページ左下欄第19行-第14ページ右下欄第17行、第1-4図	3-5, 7-8, 13-18
A	第12ページ左下欄第19行-第14ページ右下欄第17行、第1-4図	6, 9
Y	JP 2001-25182 A (松下電器産業株式会社) 26.01.2001 (2001 - 01 - 26) 段落 [0010] - [0011]、図1-2	3-5, 7-8, 10-18
Y	JP 2006-230116 A (三菱電機株式会社) 31.08.2006 (2006 - 08 - 31) 段落 [0012] - [0075]、図1-18	5, 10-12, 14-18
Y	JP 2011-188685 A (三菱電機株式会社) 22.09.2011 (2011 - 09 - 22) 段落 [0009] - [0060]、図1-30	5, 7-8, 10-18
Y	US 2020/0212740 A1 (HYUNDAI MOTOR COMPANY) 02.07.2020 (2020 - 07 - 02) 段落 [0028] - [0096]、図1-3	13-18
Y	JP 2015-73417 A (株式会社豊田自動織機) 16.04.2015 (2015 - 04 - 16) 段落 [0014] - [0046]、図1-7	15-18
<input checked="" type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> 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、一般的な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 20.06.2023		国際調査報告の発送日 04.07.2023
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） 中島 亮 3V 8373 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/JP2023/014826

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2-219453 A	03.09.1990	US 4933584 A column 6, line 27 to column 9, line 10, figures 1 to 4 EP 375228 A1	
JP 2001-25182 A	26.01.2001	(ファミリーなし)	
JP 2006-230116 A	31.08.2006	(ファミリーなし)	
JP 2011-188685 A	22.09.2011	(ファミリーなし)	
US 2020/0212740 A1	02.07.2020	DE 102019214055 A1 KR 10-2020-0081029 A CN 111384799 A	
JP 2015-73417 A	16.04.2015	(ファミリーなし)	
JP 2018-191433 A	29.11.2018	(ファミリーなし)	