

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4452488号  
(P4452488)

(45) 発行日 平成22年4月21日(2010.4.21)

(24) 登録日 平成22年2月5日(2010.2.5)

(51) Int. Cl.		F I			
<b>HO2K</b>	<b>1/22</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	1/22	A
<b>HO2K</b>	<b>1/27</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	1/27	501A
<b>HO2K</b>	<b>21/16</b>	<b>(2006.01)</b>	HO2K	1/27	501K
			HO2K	1/27	501M
			HO2K	21/16	M

請求項の数 3 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2003-403953 (P2003-403953)  
 (22) 出願日 平成15年12月3日(2003.12.3)  
 (65) 公開番号 特開2005-168183 (P2005-168183A)  
 (43) 公開日 平成17年6月23日(2005.6.23)  
 審査請求日 平成18年11月1日(2006.11.1)

(73) 特許権者 000100872  
 アイチエレクトリック株式会社  
 愛知県春日井市愛知町2番地  
 (72) 発明者 真野 鐘治  
 愛知県春日井市愛知町2番地アイチエレクトリック株式会社内  
 審査官 河村 勝也

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 永久磁石型電動機

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数のスロットを有する固定子と、前記固定子と間隙を隔てて対向配置された回転子内部には永久磁石を挿入するための磁石収容孔が設けられ、前記回転子の外周部が、主磁極部のd軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第1の曲線部分と、補助磁極部のq軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第2の曲線部分とが交互に接続され、

主磁極部の第1の曲線部分の半径の中心は回転子の軸孔を中心とし、主磁極部の第1の曲線部分の半径より補助磁極部の第2の曲線部分の半径を大きく形成した永久磁石型電動機において、

前記回転子の軸孔を中心として、前記第1の曲線部分の開角を 1、前記第2の曲線部分の開角を 2、前記固定子の歯端部の開角を 3とした場合、 1 2、且つ、 1 3を満足するように構成されたことを特徴とする永久磁石型電動機。

【請求項2】

前記回転子の軸孔を中心として、前記第1の曲線部分の開角を 1、前記第2の曲線部分の開角を 2、前記固定子の歯端部の開角を 3とした場合、 1 3 2を満足するように構成されたことを特徴とする請求項1項記載の永久磁石型電動機。

【請求項3】

前記固定子は、固定子歯部に直接巻線を巻き付けた集中巻き方式としたことを特徴とする請求項1項又は請求項2項記載の永久磁石型電動機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、固定子と間隙を隔てて対向配置した回転子内部に永久磁石を挿入するための磁石収容孔を備えた永久磁石埋め込み型電動機に関し、特に、車両用途や空調用、冷蔵庫用圧縮装置等の駆動装置として用いられる永久磁石型電動機に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

従来、車両用途や空調用、冷蔵庫用圧縮装置等の駆動装置として用いられる永久磁石型電動機には、小型、高効率の要求により、永久磁石を回転子の内部の磁石収容孔に埋め込んだ永久磁石埋め込み型電動機が多く採用されている。回転子内部の磁石収容孔に永久磁石を埋め込んだ構造とすることにより、永久磁石の磁束によるマグネットトルクと回転子の逆突極性によるリラクタンストルクを有効に利用したものである。

10

## 【0003】

これらの永久磁石型電動機には、例えば、図9に示すような永久磁石型電動機がある。

図9には、固定子1eと間隙を隔てて対向配置している回転子2eの内部に磁石収容孔7eを備え、磁石収容孔7eには回転子2eの軸方向に直角な断面において永久磁石6eを収容している。回転子2eの外周部は、図9のd軸と交差した凸部側を主磁極部とし、q軸と交差した凹部側を補助磁極部としている。この主磁極部と補助磁極部が回転子2eの周方向に交互に配置されている（特許文献1参照）。

20

## 【0004】

図9では、回転子2eの軸孔9eを中心として、固定子1eの歯端部5eまでの開角（以降、開角は機械角とする）を4とし、回転子2eの外周部のq軸と交差した凹部側の補助磁極部の開角を5とした場合、4 5となるよう構成された永久磁石型電動機を示している。

尚、回転子2eの軸孔9eの中心と、凸部側の主磁極部の磁気中心とを結ぶ線をd軸とし、また回転子2eの軸孔9eの中心と、凹部側の補助磁極部の磁気中心とを結ぶ線をq軸としている。

## 【特許文献1】特開2003-284275号公報

## 【発明の開示】

30

## 【発明が解決しようとする課題】

## 【0005】

これらの永久磁石型電動機の多くは、通常、周波数変換装置あるいは周波数・電圧変換装置などのインバータ装置を介して駆動用の電源が供給されている。この場合のインバータ回路は、所定の周波数（キャリア周波数）でスイッチング（PWM制御）することによって供給されている。尚、スイッチングに用いられる周波数としては、3000Hz～4000Hzの周波数が用いられている。

## 【0006】

特に、これらの永久磁石型電動機では、小型、高効率等の要求に対して高磁束密度の希土類系の永久磁石を使用する機会が多く、永久磁石型電動機の固定子や回転子内における磁束密度は非常に高いものとなっている。従って、固定子1eの歯部4eの特定個所への磁束の集中が発生し易く、磁束が大きく変化し鉄損が増加して効率を低下させている。また、固定子1eの鉄心強度の弱い歯端部5eにおいては、大きな磁気吸引力の影響を受けるため固定子1eの歯端部5eにおいてキャリア周波数に起因する音、振動（キャリア騒音）も発生し易くなっている。

40

## 【0007】

先に示した図9の永久磁石型電動機では、固定子1eの歯端部5eまでの開角を4とし、回転子2eの外周部のq軸と交差した凹部側の補助磁極部の開角を5とし、4 5とすることにより、固定子1eの歯部4eの特定個所への磁束の集中をなくし、固定子1eの歯端部5eにおいてキャリア周波数に起因する音、振動（キャリア騒音）を解決

50

しようとしたものであるが、本発明では更によりよい効果を追求したものであり、回転子 2 e の外周部分の主磁極部と補助磁極部の凹凸部の境界部と、固定子 1 e の歯端部 5 e との間に流れる磁束の急激な変化を改善するものである。

【課題を解決するための手段】

【0008】

複数のスロットを有する固定子と、前記固定子と間隙を隔てて対向配置された回転子内部には永久磁石を挿入するための磁石収容孔が設けられ、

前記回転子の外周部が、主磁極部の d 軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第 1 の曲線部分と、補助磁極部の q 軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第 2 の曲線部分とが交互に接続され、

主磁極部の第 1 の曲線部分の半径の中心は回転子の軸孔を中心とし、

主磁極部の第 1 の曲線部分の半径より補助磁極部の第 2 の曲線部分の半径を大きく形成した永久磁石型電動機において、

前記回転子の軸孔を中心として、前記第 1 の曲線部分の開角を  $\alpha_1$ 、前記第 2 の曲線部分の開角を  $\alpha_2$ 、前記固定子の歯端部の開角を  $\alpha_3$  とした場合、 $\alpha_1 > \alpha_2$ 、且つ、 $\alpha_1 > \alpha_3$  の条件を満たすことにより、効率を維持し、キャリア周波数に起因した音、振動を低減した永久磁石型電動機とすることができる。また、特に  $\alpha_1 > \alpha_3 > \alpha_2$  の条件が満足するように構成することにより、よりよい効果を得ることができる。

【0009】

尚、固定子の歯部に直接巻線を巻き付けた集中巻き方式の永久磁石型電動機においては、固定子歯部に磁束が集中し易いため、前記条件を満たすことにより固定子歯部への磁束の集中を緩和した永久磁石型電動機とすることができる。

【発明の効果】

【0010】

回転子の外周部を、主磁極部の d 軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第 1 の曲線部分と、補助磁極部の q 軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第 2 の曲線部分とが交互に接続され、

主磁極部の第 1 の曲線部分の半径の中心は回転子の軸孔を中心とし、

主磁極部の第 1 の曲線部分の半径より補助磁極部の第 2 の曲線部分の半径を大きく形成した永久磁石型電動機とすることによって、主磁極部分と補助磁極部分との境における磁束の急激な変化を無くすことができ、また、前記第 1 の曲線部分の開角を  $\alpha_1$ 、前記第 2 の曲線部分の開角を  $\alpha_2$ 、前記固定子の歯端部の開角を  $\alpha_3$  とした場合、固定子の歯端部における磁束集中等により発生するキャリア周波数に起因した音、振動を低減するために補助磁極の開角  $\alpha_2$  より主磁極部分の開角  $\alpha_1$  を小さくすることによって、永久磁石型電動機の効率を低下させることなくキャリア騒音を低減することができる。

【0011】

また、固定子歯部と回転子の主磁極部である第 1 の曲線部分の開角  $\alpha_1$  に流れる磁束は、固定子側の歯部に流れる磁束の通路幅によってほぼ支配されているため開角  $\alpha_1$  は開角  $\alpha_3$  と同じか、開角  $\alpha_3$  より小さくすることにより、固定子の歯部と回転子の主磁極間における磁束の流入を支障がなく流すことができる。従って、 $\alpha_1 > \alpha_2$ 、且つ、 $\alpha_1 > \alpha_3$  の条件を満たすことにより、永久磁石型電動機の効率を維持しながらキャリア周波数に起因した音、振動を低減することができる。

【0012】

また、第 2 の曲線部である補助磁極部の開角  $\alpha_2$  は、固定子の歯端部の開角  $\alpha_3$  より大きな開角とすることにより、固定子の歯端部を介し隣り合う主磁極部分同士が短絡して、漏れ磁束が発生するのを防ぐことができる。従って、第 1 の曲線部である主磁極の開角  $\alpha_1$  と、第 2 の曲線部分の開角を  $\alpha_2$  と、固定子の歯端部の開角を  $\alpha_3$  との関係は、 $\alpha_1 > \alpha_3 > \alpha_2$  の条件とすることによってキャリア周波数に起因した音、振動を低減し、効率の低下を防いだ永久磁石型電動機とすることができる。

【0013】

10

20

30

40

50

特に、固定子の歯部に直接巻線を巻き付けた集中巻き方式の永久磁石型電動機においては、固定子歯部に磁束が集中し易いため、前記条件を満たすことにより固定子歯部への磁束の集中が緩和でき、性能を維持しながらキャリア周波数に起因した音、振動を低減した永久磁石型電動機とすることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0014】

本発明の実施例について図面を用いて説明する。図1の固定子1には複数のスロット3を有し、巻線が直接固定子1の歯部4に巻き付けられた集中巻き方式の電動機である。尚、本実施形態における固定子は説明を簡略にするため巻線を図示していない。固定子1の歯部4と、空隙を隔てて回転子2が対向配置されている。回転子2には永久磁石6を埋め込むための磁石収容孔7が設けられている。回転子2に埋め込まれた永久磁石6は、回転子2の外周側表面の隣り合う磁極が異極となるように着磁されている。

10

【0015】

本実施の形態では、凸部側が回転子2の中心方向を向いたV字形状の磁石収容孔7によって4極を形成している。また、隣り合う磁極と磁極との間には、補助磁極が形成されている。これによりV字形状の磁石収容孔7の主磁極側では、大きなマグネットトルクを得ることができ、また磁極間に設けた補助磁極側においても大きなリラクタンストルクを得ることができる。この結果、永久磁石型電動機の総合トルクを向上させ、電動機の効率を向上させることができる。尚、図1の磁極を形成するV字の磁石収容孔7には、平板の永久磁石6を磁極中央で向かい合うように2枚埋め込んでいるが、V字形状の永久磁石1枚で構成してもよい。

20

【0016】

また、永久磁石6の両端部と磁石収容孔7との間には端部空隙8を設けている。この端部空隙8があることにより、主磁極部分と補助磁極部分との間の漏れ磁束を低減することができる。また、磁石収容孔7内に永久磁石6を固定する方法としては、磁石収容孔7の内部の側壁の一部12を膨らませ、永久磁石6を挟み込むように固定している。その結果、永久磁石6は磁石収容孔7に確実に固定されている。

【0017】

図1の回転子2の外周は、回転子2の軸孔9を中心として主磁極部の磁気中心とを結んだd軸と交差し凸部側が回転子2の外周方向を向いた第1の曲線部分と、補助磁極部の磁気中心とを結んだq軸と交差し凸部側が回転子2の外周方向を向いた第2の曲線部分とが交合に形成されている。別の表現をすれば、永久磁石6がV字に埋め込まれた磁石収容孔7の回転子2の外周部分を主磁極部分の第1の曲線とし、主磁極と主磁極との間の補助磁極部分を第2曲線で滑らかに結んでいる。

30

【0018】

これにより、第1の曲線部分の主磁極部分と第2の曲線部分の補助磁極部分との境における磁束の急激な変化を無くすことができる。この場合、補助磁極部分を逆に回転子の内側に切り欠いた凹形状とした場合、主磁極部分と補助磁極部分との境界において急激な磁束の変化が発生し好ましくない。

【0019】

また、図2には図1に示した回転子2の主磁極部分と補助磁極部分の部分拡大図を示している。主磁極部分の第1の曲線部分の半径R1とし、補助磁極部分の第2の曲線部分の半径R2とした場合、主磁極部分の第1の曲線部分の半径R1より補助磁極部分の第2の曲線部分の半径R2を大きく形成している。これにより、主磁極部分から極性が異なる隣の主磁極部分へ切り替わる際に、固定子1の歯部4と回転子2の外周との間隙を徐々に広げたり、或いは、徐々に狭くすることにより急激な磁束の流出入がなくなり、磁束を支障がなく流すことができる。尚、本実施の形態においては、主磁極部分の第1の曲線部分の半径R1の中心を回転子2の軸孔9を中心とし、補助磁極部分の第2の曲線部分の半径R2の中心を任意の点としている。

40

【0020】

50

また、回転子2の軸孔9を中心として、前記第1の曲線部分の開角を $\theta_1$ とし、前記第2の曲線部分の開角を $\theta_2$ とした場合、固定子1の歯端部5における磁束集中等により発生するキャリア周波数に起因する音、振動を低減するために補助磁極の開角 $\theta_2$ より主磁極部分の開角 $\theta_1$ を小さくしている。これにより永久磁石型電動機の効率を維持しながらキャリア騒音を低減することができる。この場合の関係式としては、 $\theta_1 > \theta_2$ の条件を満足すればよい。

【0021】

また、図3には図1に示した固定子1の歯部4と回転子2の主磁極部分の磁束10の流れを示した図である。図3よりわかるように第1曲線部分の主磁極の開角 $\theta_1$ の大きさは、固定子1と回転子2間に流れる磁束が支障がなく流れる通路幅を確保すればよい。この場合、固定子1の歯部4の歯幅が磁束の流出入量を決定することになるため、磁束の流出入口である固定子1の歯端部5の開角と同じか、それ以下とすればよい。尚、固定子1の歯端部5の開角以上に回転子2の主磁束部分の第1の曲線部分の開角 $\theta_1$ を大きくしても、固定子1の歯端部5の開角が磁束通路幅となっているため、それ以上磁束の流出入を緩和させることはできない。この場合の関係式としては、 $\theta_1 > \theta_3$ の条件を満足すればよい。(歯端部5は、磁束が集中し磁気飽和し易いが、若干磁束が流れるため通路幅に含めている。)

【0022】

従って、第1の曲線部分の主磁極部分と第2の曲線部分の補助磁極部分との境における急激な磁束の変化を無くすことができ、且つ、回転子2の主磁極部分と固定子1の歯部4との磁束通路を確保するための関係式としては、 $\theta_1 > \theta_2$ 、且つ、 $\theta_1 > \theta_3$ の条件を満たすことにより、永久磁石型電動機の効率を維持しながらキャリア周波数に起因した音、振動を低減することができる。

【0023】

また、より好ましくは、図4に示した様に第2の曲線部である補助磁極部の開角 $\theta_2$ を、固定子1の歯端部5の開角 $\theta_3$ より大きくすることにより、固定子1の歯端部5を介し隣り合う主磁極同士が短絡して磁束が漏れるのを防ぐことができる。これにより第1の曲線部である主磁極の開角 $\theta_1$ 、第2の曲線部分の開角 $\theta_2$ 、固定子1の歯端部5の開角 $\theta_3$ との関係は、 $\theta_1 > \theta_3 > \theta_2$ となり、この条件を満たすことにより漏れ磁束が少なく効率の低下を防ぐことができ、更にキャリア周波数に起因した音、振動を低減した永久磁石型電動機とすることができる。

【0024】

また、固定子1の歯部4に直接巻線を巻き付けた集中巻き方式の永久磁石型電動機においては、分布巻方式の固定子1の歯部4と比べた場合、1つの固定子1の歯部4に磁束が集中し易いため、前記した漏れ磁束や効率の低下、及びキャリア周波数に起因した音、振動を発生し易い。

従って、本発明の前記条件を満たすことにより固定子1の歯部4への磁束の集中が緩和でき、性能を維持しながらキャリア周波数に起因した音、振動を低減した永久磁石型電動機とすることができる。

【0025】

尚、本発明の実施形態では、回転子2の外周に対して主磁極部のd軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第1の曲線部分と、補助磁極部のq軸と交差し凸部側が外周方向を向いた第2の曲線部分とが交互に接続され、主磁極部分の第1の曲線部分にV字形状の磁石収容孔7の凸部側が回転子2の中心方向を向いた4極の永久磁石6を埋め込んだ回転子2で説明したが、主磁極部分の第1の曲線部分に埋め込む永久磁石6の形状としては、平板形状、凹形状、逆円弧形状等でもよく、極数を限定するものでもない。また、回転子2の強度を維持するために磁石収容孔7の中央部をブリッジで繋いだ構造にも適用することもできる。

【0026】

以下、別の実施形態について図を用いて説明する。図5には、回転子2aの主磁極部分

10

20

30

40

50

の外周に対して弦状に磁石収容孔 7 a が設けられている。この磁石収容孔 7 a には、永久磁石 6 a が埋め込まれている。永久磁石 6 a の両端部と磁石収容孔 7 a との間には端部空隙 8 a が設けられている。この端部空隙 8 a により、主磁極部分と補助磁極部分の間に発生する漏れ磁束を防いでいる。

【 0 0 2 7 】

また、図 6 には、回転子 2 b の主磁極部分において凹状の磁石収容孔 7 b が設けられている。この磁石収容孔 7 b の凹状の底部が回転子 2 b の軸孔 9 b 側に位置し、凹状の側孔部の端部が回転子 2 b の外周側に位置している。この凹状の磁石収容孔 7 b には底部及び側孔部に各々平板の永久磁石 6 b ( 3 枚 ) が埋め込まれている。このように磁石収容孔 7 b を凹形状とすることにより主磁極部分のマグネットトルクや、リラクタンストルクを増大させることができる。また、図 5 と同様に凹状の磁石収容孔 7 b の側孔部の端部には、端部空隙 8 b があり、これは、先に説明した様に主磁極部分と補助磁極部分の間に発生する漏れ磁束を防いでいる。

【 0 0 2 8 】

図 7 には、回転子 2 c の主磁極部分において逆円弧状の磁石収容孔 7 c が設けられている。図 5 または図 6 と同様に磁石収容孔 7 c の逆円弧状の凸部側が回転子 2 c の軸孔 9 c 側に位置し、逆円弧の磁石収容孔 7 c の端部が回転子 2 c の外周側に位置することにより、主磁極部分のマグネットトルクや、リラクタンストルクを増大させることができる。尚、この場合、磁石収容孔 7 c の端部空隙を図示していないが、端部空隙を設けてもよい。

【 0 0 2 9 】

図 8 には、回転子 2 d の主磁極部分において V 字状の磁石収容孔 7 d が設けられている。図 1 の実施形態と同様であるが、回転子 2 d の強度を維持するために磁石収容孔 7 d の中央部をブリッジで繋いだ構造としている。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 3 0 】

【 図 1 】 本発明の実施形態における永久磁石型電動機の断面図。

【 図 2 】 図 1 の実施形態における永久磁石型回転子の部分拡大図。

【 図 3 】 図 1 の主磁極部分と固定子歯部における磁束の流れを示した図。

【 図 4 】 図 1 の補助磁極部分と固定子歯部の関係を示した図。

【 図 5 】 別の実施形態を示した永久磁石型回転子の断面図。

【 図 6 】 別の実施形態を示した永久磁石型回転子の断面図。

【 図 7 】 別の実施形態を示した永久磁石型回転子の断面図。

【 図 8 】 別の実施形態を示した永久磁石型回転子の断面図。

【 図 9 】 従来例を示した永久磁石型回転子の断面図。

【 符号の説明 】

【 0 0 3 1 】

1、1 e . . . 固定子、2、2 a ~ 2 e . . . 回転子、3、3 e . . . スロット、4、4 e . . . 歯部、5、5 e . . . 歯端部、6、6 a ~ 6 e . . . 永久磁石、7、7 a ~ 7 e . . . 磁石収容孔、8、8 a ~ 8 e . . . 端部空隙、9、9 a ~ 9 e . . . 軸孔、1 0 . . . 磁束の流れ、1 1 . . . ブリッジ、1 2 . . . 永久磁石固定部。

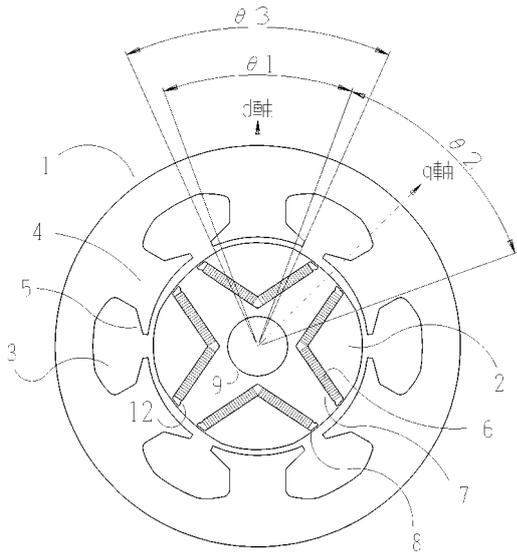
10

20

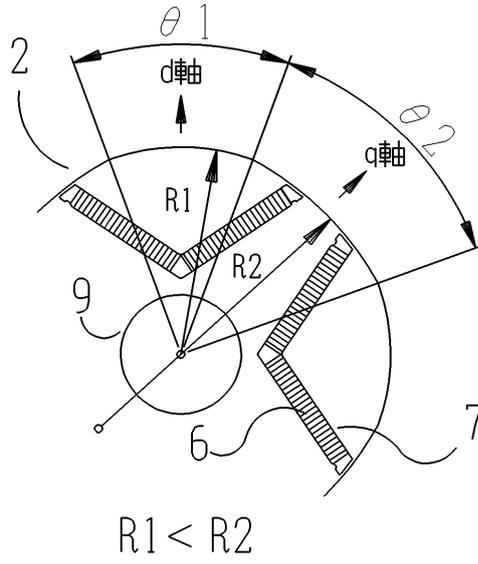
30

40

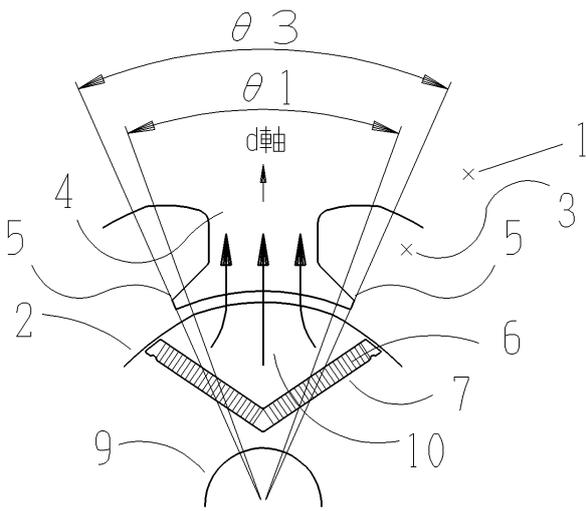
【図1】



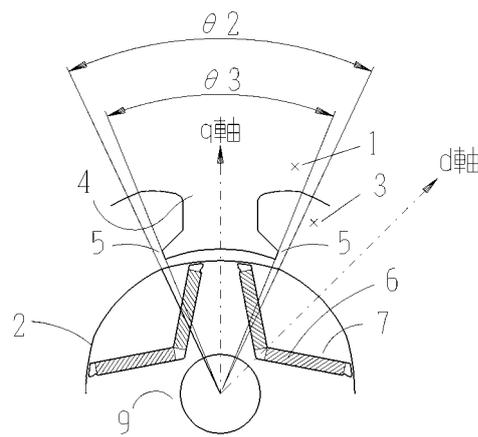
【図2】



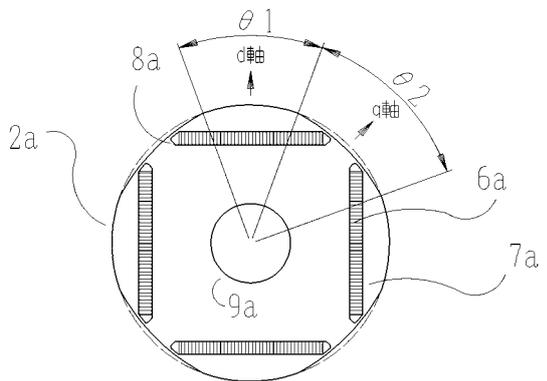
【図3】



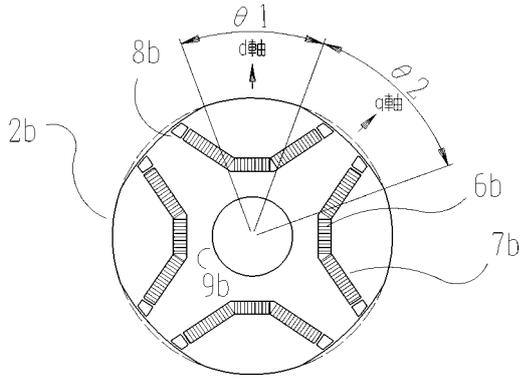
【図4】



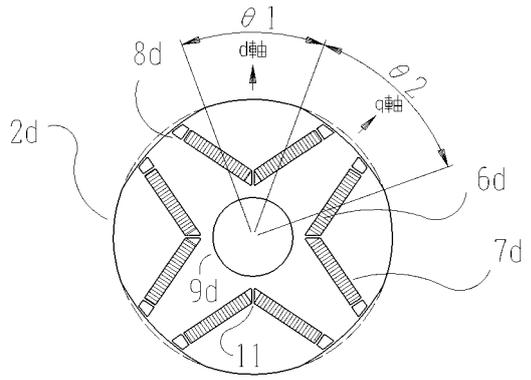
【図5】



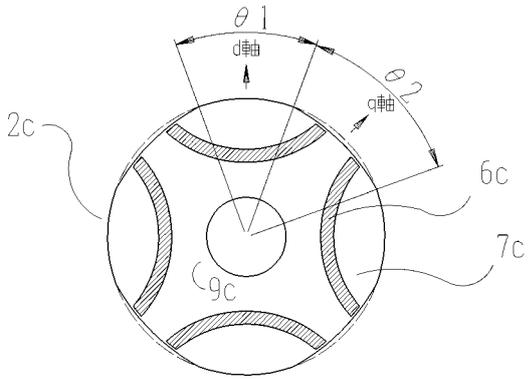
【図6】



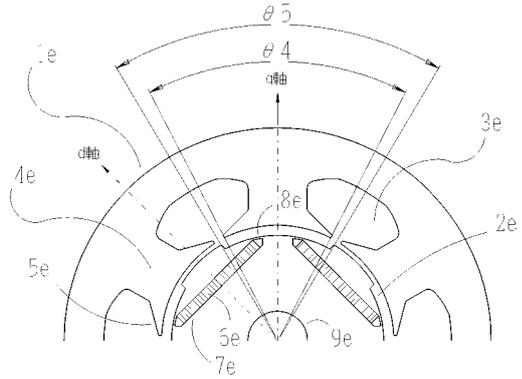
【図8】



【図7】



【図9】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2003-284275(JP,A)  
特開2002-027690(JP,A)  
特開平07-222384(JP,A)  
特開2000-350393(JP,A)  
特開2002-238193(JP,A)  
特開2001-327130(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 1/22  
H02K 1/27  
H02K 21/16