

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2009-17764

(P2009-17764A)

(43) 公開日 平成21年1月22日(2009.1.22)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H02K 21/22 (2006.01)	H02K 21/22 M	5H601
H02K 1/14 (2006.01)	H02K 1/14 C	5H621

審査請求 未請求 請求項の数 6 書面 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2007-200035 (P2007-200035)
(22) 出願日 平成19年7月3日(2007.7.3)

(71) 出願人 000167451
向川 政志
神奈川県横浜市瀬谷区瀬谷2-20-4
(72) 発明者 向川 政志
神奈川県横浜市瀬谷区瀬谷2-20-4
Fターム(参考) 5H601 AA09 CC01 CC15 CC20 DD01
DD02 DD09 DD11 EE03 EE12
GA11 GB05 GB48 GD02 GD09
5H621 BB01 GA07 PP08

(54) 【発明の名称】 電動機

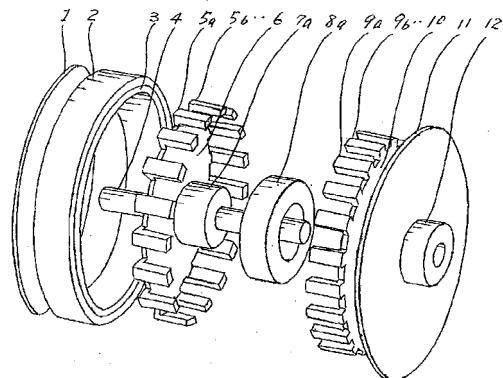
(57) 【要約】

【課題】 従来技術による直接駆動方式の電動機では、その巻き線磁極数が非常に多くなり、機械的構造および電気回路の複雑化を齎し、製造の困難化と価格の上昇を結果していた。

【解決手段】 本発明では、一個または少数の巻き線構造により、多数の巻き線磁極を磁化する事を可能とし、機械的構造、電気回路および製造工程の簡単化を可能とした。

また、永久磁石磁極と巻き線磁極の構成、組み合わせ、配置等に多様な方式を導入し、価格の低減を可能とすると共に、用途の多様化を図った。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

装置のほぼ中心に位置し、装置筐体に固定された中心軸を備え、
前記中心軸上に、軸に平行して設けられた一对の巻き線磁芯と巻き線を備え、
前記巻き線磁芯と巻き線の両端に固定され、巻き線磁極構造の磁路を構成すると共に、
その円周上に複数の巻き線磁極が配置された巻き線磁極支持側板を備え、
前記 2 枚の巻き線磁極支持側板の円周上に配置された巻き線磁極が交互に組み合わせられ
円筒形を構成しており、その外周を適当な距離を隔てて、前記巻き線磁極の極数と同じ極
数を持つ、永久磁石磁極が回転自在に配置されている事の特徴とする電動機。

【請求項 2】

装置のほぼ中心に位置し、装置筐体に固定された中心軸を備え、
前記中心軸に固定された 1 対の巻き線磁極支持側板を備え、
前記 1 対の巻き線磁極側板間の適当な位置に、中心軸に平行に一对以上の巻き線磁芯及
び巻き線を備え、

〔請求項 1〕と同様な巻き線磁極構造と、永久磁石磁極構造を備えている事の特徴とする
電動機。

【請求項 3】

装置のほぼ中心に位置し、装置筐体に固定された中心軸を備え。
前記中心軸上に配置され、その前後に配置された、1 対の巻き線磁極支持側板の中心端
を固定すると共に、巻き線磁極構造の磁気回路の一部を構成する支持材を備え、

前記 1 対の巻き線磁極支持側板上に、夫々 1 個以上の巻き線が直接配置されており、
〔請求項 1〕と同様な巻き線磁極構造と、永久磁石磁極構造を備えている事の特徴とする
電動機。

【請求項 4】

前記〔請求項 1〕、〔請求項 2〕および〔請求項 3〕に係る電動機において、複数の巻
き線磁極構造が、中心軸方向に重ねて設置され、その複数の巻き線磁極構造に対応した形
状寸法の永久磁石磁極構造を備えている事の特徴とする電動機。

【請求項 5】

前記〔請求項 1〕、〔請求項 2〕、〔請求項 3〕および〔請求項 4〕に係る電動機にお
いて、個々の永久磁石磁極および巻き線磁極の形状寸法が、磁極構造の半径方向に形成さ
れる磁気回路の磁気抵抗よりも、円周方向に形成される磁気回路の磁気抵抗が小さいよう
に設定されている事の特徴とする電動機。

【請求項 6】

前記〔請求項 1〕、〔請求項 2〕、〔請求項 3〕および〔請求項 4〕に係る電動機にお
いて、制御電気回路に設置された回転位置センサーを切り替える事により、その回転方向
が変更可能である事の特徴とする電動機。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、各種回転機器に接続され、必要な回転動力を減速装置等を介する事なく直接
供給する直接駆動方式電動機として使用可能な電動機に関する。

【背景技術】

【0002】

従来の電動機は、それ自体は高速で回転し、減速装置等を介して低速回転する被駆動回
転機器に必要な回転速度に変更した回転動力を伝える方式が主体であったが、近年高性能
の永久磁石等が供給可能となり、電動機の回転数を被駆動回転機器の回転速度に合わせた
直接駆動方式の電動機が多く用いられる様になって来た。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

近年多く用いられる様になった直接駆動方式の電動機では、高性能な永久磁石磁極を用いると同時に、巻き線磁極の数を増加する事により、低い回転数でも高い回転モーメントが得られる様に設計されている。

しかし、この方式の課題は、巻き線磁極数の増加等による構造および制御電気回路の複雑化と、それに伴う価格の上昇である。

【課題を解決するための手段】

【0004】

本発明の、電動機では、その円周上に多数の磁極を設け、その中心部分に1個または少数の巻き線磁極を配置した一对の円板状磁気回路を設けた。

そして、前記多数の磁極を交互に配置し、夫々N極およびS極として機能させると共に、制御電気回路により、磁極の極性を変換し、これら巻き線磁極群の周囲に配置した同数の磁極数を持つ永久磁石磁極に回転モーメントを発生させた。

また必要に応じ、これら磁極構造を複数個重ねて配置し、構造部品数の種類の低減と出力増大を図った。

【発明の効果】

【0005】

本発明による電動機では、巻き線磁極は1個または数個であり、極めて簡単な機械的機構と制御電気回路の採用が可能となり、製造の複雑さを低減すると共に、価格の上昇の防ぐ事が可能となった。

【発明を実施するための最良の形態】

【0006】

つぎに、本発明による電動機の実施例を図面を参照して説明する。

〔図1〕は、本発明の第一の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

図において、符号1及び11は永久磁石磁極支持側板を示し、符号2で示す永久磁石保持リングおよび、前記保持リング内面に接着されている符号3で示される永久磁石リングの側面に固定され、永久磁石磁極構造を構成する。

永久磁石磁極構造は、支持側板1および11の中心部に設けられ、その内面にベアリングを装着した符号12で示される保持材により、符号4で示される中心軸上に回転自在に保持される。

また、保持材12は回転動力の出力軸としての機能も果たしている。

永久磁石リング3はその内面に複数の永久磁極が、N極、S極が交互に磁化形成されている。

この実施例では永久磁石リングとして一体構造となっている場合について説明したが、1個ずつ孤立した永久磁石片を接着して構成しても同様に機能させる事が可能である。

符号5a、5b・・・および9a、9b・・・は符号7aで示される磁芯と符号8aで示される巻き線の両端に接続されている符号6および符号10で示される巻き線磁極支持板の円周上に配置された巻き線磁極を示している。

磁極5a、5b・・・および反対極性の磁極9a、9b・・・は適当な距離を隔てて交互に組み合わせられ円筒形を形成している。

また、磁極5a、5b・・・および磁極9a、9b・・・の総数は永久磁石磁極の総数と同一である。

巻き線磁極5a、5b・・・および9a、9b・・・は、巻き線8aに流れる電流の方向が変わるとその磁気極性が変わり、永久磁石磁極との間に、吸引力及び反発力が発生し、永久磁石磁極構造に回転モーメントを発生し、電動機の出力軸に回転動力を伝える。

【0007】

〔図2〕は、本発明の、第二の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

図において、符号7a、7bは夫々独立した2個の巻き線磁芯を示し、符号8aおよび8bは前記巻き線磁芯上に装着される、同様に独立した2個の巻き線を示している。

この構造では、中心軸 4 に強磁性体材料を使うと、磁氣的短絡状態を生ずるので使用する事はできない。

また、この実施例では巻き線磁芯および巻き線が 2 個の場合について説明したが、1 個でも同様に機能させる事が可能であると同時により多数の巻き線構造を用いる事も可能である事は言うまでもない。

手段 1 の実施例では、巻き線磁極構造の磁気回路の経路が長くなり、磁気抵抗増大の可能性はあるが、手段 2 ではこの問題は軽減される。

また、巻き線構造の数を増大する事により、その効果は増大する傾向を持つ。

この第二の手段による電氣的な動作は、手段一と全く同様である。

【0008】

10

〔図 3〕は、本発明による第三の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

〔図 3〕では、簡単の為、巻き線磁極構造のみを図示した。

永久磁石磁極構造等は手段一および二と全く同様である。

図において、符号 7 c、7 d および 7 e は巻き線磁極支持側板 6 および 10 に直接作り込まれた巻き線磁芯を示し、符号 8 c、8 d、8 e および 8 f は前記巻き線磁芯 7 c、7 d および 7 e 上に設けられた巻き線を示している。

巻き線磁気芯は本来 4 個であるが、1 個が符号 13 で示される、巻き線磁極支持側板を中心軸 4 上に固定する固定材に隠れて図示されていない。

保持材 13 は中心軸上に取り付けられ、その周辺部において前記巻き線磁芯 7 c、7 d および 7 e の下部を固定し保持すると共に、巻き線磁極全体を磁氣的に閉回路化する機能を果たしている。

20

この実施例では巻き線磁極が 2 対の場合に付いて説明したが、1 対の場合でも同様に機能させる事が可能であり、3 対以上の場合も同様に機能させる事が可能である事は言うまでも無い。

【0009】

〔図 4〕は、本発明の第四の手段による電動機の一実施例を示す、部分分解斜視図である。

図において、符号 7 a、7 b が巻き線磁芯を示し、符号 8 a、および 8 b が巻き線を示しており、符号 4 が中心軸を示している事はこれまでと同様であるが、第四の手段では、中心軸 4 は固定されず、回転軸として機能する。

30

符号 22 および 23 は巻き線磁極構造固定側板であり、図示されていない固定材により、電動機筐体に固定されている。

符号 12 は前記巻き線磁極構造固定側板 23 の中心部に固定されている保持材を示しており、保持材 12 は内面にベアリングが装着され、中心軸 4 を回転自在に保持している。

巻き線磁極構造固定側板 22 にも同様な保持材が配置されているが、側板 22 の陰になり図示されていない。

符号 2 は永久磁石磁極リングを示し、符号 3 は永久磁石磁極保持材である事はこれまでと同様であるが、この実施例では、永久磁石磁極保持材 3 は中心軸 4 に固定され、永久磁石磁極リング 2 に発生した回転モーメントを中心軸 4 に伝える機能を果たしている。

40

永久磁石磁極はリング構造でなく、保持材 3 の円周上に個別の永久磁石を接着配列しても同様に機能させる事が可能である。

符号 5 a、5 b・・・および符号 9 a、9 b・・・が巻き線磁極を示している事はこれまでと同じであり、夫々符号 18 および 19 で示される巻き線磁極支持側板の内面円周上に配置され、逆磁性を持つ磁極が交互に並んで、永久磁石磁極リングの周辺に適当な距離を隔てて配置される。

符号 7 a 及び 7 b が巻き線磁芯を示し、符号 8 a 及び 8 b が巻き線を示している事はこれまでと同じである。

この実施例では二個の巻き線構造を用いた場合について説明したが、一個でも同様に機能させる事が可能であるが、三個以上の巻き線構造を使用すれば、より高い性能を発揮す

50

る事が可能となる。

また、この実施例では、円柱形の巻き線構造を採用した場合について説明したが、扁平な板状形態とする事により、電動機の内部空間利用率が向上すると共に、磁気回路の磁気抵抗低減にも効果がある。

【0010】

〔図5〕は本発明の第五の手段による電動機の一実施例を示す、部分分解斜視図である。

図では、簡単の為、巻き線構造のみを図示し、永久磁石磁極構造等これまでと同様であり、簡単のため図示は省略してある。

本発明の手段一、二、三および四による電動機の出力を増加する手段としては、その直径方向または中心軸方向の寸法を増大する事が考えられる。

しかし、それらの方法では新しく部品等を設計製作する必要がある、更に巻き線構造の磁気抵抗増大を結果し、効率低下を招く恐れがある。

本発明では、これらの問題を避ける手段として、同一構造の巻き線構造を中心軸方向に複数個重ねる方法を採用した。

〔図5〕において巻き線磁極5a、5b・・・および9a、9b・・・巻き線磁芯7a、巻き線8a巻き線磁極側板6等は〔図1〕と同様であるが、この実施例では、前記巻き線磁極構造と全く同一構造の巻き線磁極構造が追加される。

すなわち、図で明らかな様に、符号14a、14b・・・および符号15a、15b・・・で示される巻き線磁極、符号7bで示される巻き線磁芯、符号8bで示される巻き線および符号16、17で示される巻き線磁極側板で構成される巻き線構造が追加された巻き線構造を示している。

ただし、この機構においては、巻き線8aと巻き線8bに流れる電流の向きを逆にするか、巻き線方向を逆にして、巻き線磁極9a、9b・・・および14a、14b、・・・および巻き線磁極5a、5b・・・9a、9b・・・に発生する磁気極性を同一にする必要がある。

この実施例では2個の巻き線磁極構造を重ねた場合について説明したが、3個以上の巻き線構造を重ねて同様に機能させる事が可能である事は言うまでもない。

この手段によれば、部品等の種類を増加する必要がなく、生産性の向上を齎すことは勿論であるが、部品寸法の増大等による特性の低下も防止する事が可能となる。

この実施例では、手段一の構造に対応した場合について説明したが、手段二、三および四についても適応可能である事は勿論である。

【0011】

本発明の電動機では、同数の永久磁石磁極および巻き線磁極構造を採用しているが、従来の技術では、こうした構造は起動が困難であり、特殊な例を除き、殆ど使用されていない。

永久磁石磁極数と巻き線磁極数が同一である場合、磁極間の磁氣的平衡点と、電氣的平衡点が等しくなる事が難起動性を発生させている。

本発明では、各磁極の縦方向の幅を小さくし、横方向の長さを大きく取る事により、垂直方向の磁気抵抗を比較大きくすると共に、円周方向の磁気抵抗を小さくし、磁極間の磁氣的平衡点と電氣的平衡点が一致しない様にした。

〔図6〕(a)および(b)は、その状態を模写的に示した部分分解図である。

図は、永久磁石電極構造と巻き線磁極構造の一部分を中心軸に直角な平面な面で切断した状態を示している。

〔図6〕(a)において、符号30a、30bおよび30cは永久磁石磁極を示し、符号5a、5bおよび5cは巻き線磁極を示している。

永久磁石磁極は、ここでは理解を容易にする為にリング構造ではなく個別に分離した磁極として示されている。

符号6は巻き線磁極支持側板を示し、符号2が永久磁石磁極支持リングを示している事はこれまでと同じである。

符号 3 1 a、3 1 b、3 1 c および 3 1 d は巻き線磁極支持側板 6 を通る磁束経路を示しており、永久磁石磁極と巻き線磁極が正対している場合、磁極間を流れる磁束は主としてこの経路を流れ、この経路が磁気回路中で最小の磁気抵抗を示す場合は、この状態が磁氣的平衡点となる。

また、巻き線磁極構造に電流が流れている場合の電氣的平衡点も同じくこの点である。

〔図 6〕(b)において、符号 3 2 a、3 2 b、3 2 c および 3 2 d は永久磁石磁極が 2 つの巻き線磁極の中間で静止している場合に磁束が流れる経路を示している。

永久磁石磁極が非通電時にこの点で静止するためには、前記磁束経路の磁気抵抗が最小値を持っていなければならない。

本発明では、各磁極の形状寸法および相互間の間隔等を適切に設定する事により、前記条件を満たす事を可能とした。

〔図 7〕(a)、(b)、(c)、(d)、(e) および (f) は、非通電時の磁氣的平衡点がより確実に電氣的平衡点と異なる様採用した施策を示す部分断面図および部分平面図である。

〔図 7〕(a)では、これまでの永久磁石磁極の隣接する一対の磁極の互いに近接した部分に、強磁性体で形成される、符号 3 3 a および 3 3 b で示される磁極を追加した。

その結果、磁極 3 3 a および 3 3 b と巻き線磁極 5 a の間隔が縮小すると共に永久磁石磁極 3 0 a および 3 0 b の磁束が集中し、巻き線磁極に強力な磁氣的吸引力が働き、巻き線磁極 5 a は永久磁石磁極 3 0 a および 3 0 b の中間位置で静止し、電氣的平衡点を外れる磁氣的平衡点を形成する。

従って、この機構では、電動機の難起動性は発生しない。

〔図 7〕(a) および (b) では、強磁性体磁極 3 3 a および 3 3 b を追加する代わりに、符号 3 4 a、3 4 b および 3 4 c、3 4 d で示される一対の永久磁石磁極の隣接部から離れた部分に切り欠きおよび傾斜部を設け、〔図 7〕(a)と同様な機能を持たせた。

〔図 7〕(d)では、隣接する 3 0 a、3 0 b および 3 0 c、3 0 d 間の間隔を縮小し、相互の横方向磁束経路の磁気抵抗を減少させ、電氣的平衡点と磁氣的平衡点が一致する事を防止した。

同様に、〔図 7〕(e)では符号 3 5 a および 3 5 b で示される一対の永久磁石磁極の反対側面に切り欠けを設け、同様に〔図 7〕(f)では、符号 3 6 a、3 6 b および 3 6 c、3 6 d の同じ側面を斜めに削り取り、3 5 a、3 5 b 間、4 6 a、3 6 b 間および 3 6 c、3 6 d 間の横方向磁束経路の磁気抵抗が比較的になくなる様にした。

【0012】

次に、本発明による電動機の巻き線構造および駆動回路をブロック回路図を参照して説明する。

本発明の電動機においては、二重巻き線または単線巻き線の両方が使用可能である。

〔図 8〕(a)は二重巻き線を用いた場合のブロック電気回路図を示し、〔図 8〕(b)は単線巻き線を採用した場合の電気回路のブロック回路図を示している。

図において、符号 4 0 は正電圧電源入力端子を、符号 4 1 は負電圧電源接続端子を示している。

符号 4 2 は制御回路を示し、符号 4 7 a 及び 4 7 b は 2 個のローサイドスイッチを示している。

制御回路 4 2 は、ローサイドスイッチへ制御パルスを送り、パルス幅および間隔を制御する事により、電動機の動作を制御する。

符号 4 3 は、符号 4 4 a および 4 4 b で示される回転位置センサーを切り替え、電動機の回転方向を決定する切り替えスイッチを示す。

符号 4 5 は巻き線磁芯を示し、符号 4 6 a および 4 6 b は巻き線磁芯 4 5 上に設けられた巻き線を示す。

巻き線 4 6 a の終端と巻き線 4 6 b の始端は結合され、正電圧電源配線に接続され、巻き線 4 6 a の始端はローサイドスイッチ 4 7 a に接続され、巻き線 4 6 b の終端はローサイドスイッチ 4 7 b に接続されている。

10

20

30

40

50

ローサイドスイッチ４７ａに制御回路４２から信号が送られると、スイッチは通電し、巻き線４６ａに電流が流れ、磁芯４５に磁力が発生する。

ローサイドスイッチ４７ｂに制御回路４２からの信号が届くと、スイッチは通電し、巻き線４６ｂに電流が流れ、磁芯４５に逆方向の磁力が発生する。

この実施例では、巻き線が１個の場合について説明したが、巻き線が複数の場合でも、夫々の巻き線が、直列または並列に接続され、１個の場合と全く同じ様に動作する。

符号４８ａおよび４８ｂは、制御回路４２から各ローサイドスイッチに送られる２つの制御パルスの時系列関係を示している。

制御回路４２は、この２のパルスのパルス幅および相互の間隔を制御する事により、電動機の出力および回転数を制御する。

この実施例ではローサイドスイッチを用いた場合について説明したが、ハイサイドスイッチを用いても同様に機能させる事が可能である。

〔図８〕（ｂ）は、単線巻き線を使用した場合のブロック回路図を示す。

図から明らかな様に、磁芯４５上には巻き線４６ａのみが設けられている。

巻き線４６ａの始端は、符号５１ａで示されるハイサイドスイッチとローサイドスイッチ４７ａの中間接続点に接続され、終端は符号５１ｂで示されるハイサイドスイッチとローサイドスイッチ４７ｂの中間接続点に接続されている。

制御回路４２からは、２つのスイッチ対の夫々にハイ信号とロー信号が同時に送られ、夫々ハイおよびロー状態となり、巻き線４６ａの一端は正電圧電源配線に、他端は負電圧電源配線に接続され、巻き線４６ａに電流が流れ、磁芯４５に磁束が発生する。

電動機の回転方向は、切り替えスイッチ４３によって切り替え可能な事は〔図８〕（ａ）の場合と同様である。

また、巻き線が複数の場合でも、電気回路としての動作は巻き線が１個の場合と全く同じである。

【産業上の利用可能性】

【００１３】

現在、産業界では従来の減速機付き電動機に変わり、直接駆動方式電動機の採用が急速に進みつつあるが、従来技術による直接駆動方式電動機の最大の欠点である、高価格の解消を望む声が業界に広がっている。

本発明は、そうした要望に答えるものであり、広く利用される可能性は極めて高いと考える。

【図面の簡単な説明】

【００１４】

【図１】は、本発明による電動機の第一手段による一実施例を示す部分分解斜視図である。

【図２】は、本発明の第二の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

【図３】は、本発明の第三の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

【図４】は、本発明の第四の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

【図５】は、本発明の第五の手段による電動機の一実施例を示す部分分解斜視図である。

【図６】（ａ）および（ｂ）は、本発明による電動機の静止時の磁極間磁束経路を示す部分断面図である。

【図７】（ａ）、（ｂ）、（ｃ）、（ｄ）、（ｅ）および（ｆ）は本発明による、永久磁石磁極の構造を示す部分断面図および部分平面図である。

【図８】（ａ）および（ｂ）は本発明による電動機の巻き線回路及び制御回路を示すブロック回路図である。

【符号の説明】

【００１４】

- １、１１、・・・・・・・・・・永久磁石支持側板
- ２、・・・・・・・・・・永久磁石保持リング
- ３、・・・・・・・・・・永久磁石リング

10

20

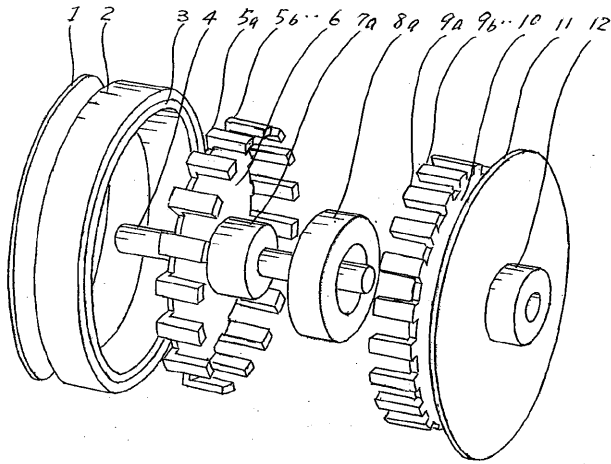
30

40

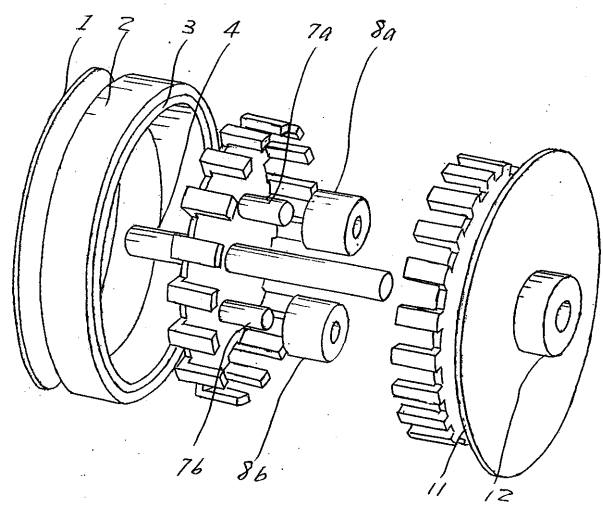
50

4,	中心軸	
5 a、5 b、5 c、. . .、9 a、9 b、. . .、		
14 a、14 b、. . .、15 a、15 b、. . . .	巻き線磁極	
6、16、17、19、.	巻き線磁極支持板	
7 a、7 b、7 c、7 d、7 e、.	巻き線磁芯	
8 a、8 b、8 c、8 d、8 e、8 f、.	巻き線	
13、.	巻き線磁極支持板	
12、.	保持材	
18、19、.	巻き線磁極支持側板	
22、23、.	巻き線磁極構造固定側板	10
30 a、30 b、30 c、30 d、34 a、		
34 b、34 c、34 d、35 a、35 b、		
35 c、36 a、36 b、36 c、36 d、. . . .	永久磁石磁極	
31 a、31 b、31 c、31 d、32 a、		
32 b、32 c、32 d、.	磁束経路	
33 a、33 b、.	追加磁極	
40、.	正電圧電源端子	
41、.	負電圧電源端子	
42、.	制御回路	
43、.	切り替えスイッチ	20
44 a、44 b、.	回転位置センサー	
45、.	巻き線磁芯	
46 a、46 b、.	巻き線	
47 a、47 b、.	ローサイドスイッチ	
48 a、48 b、.	制御回路信号波形	
51 a、51 b、.	ハイサイドスイッチ	

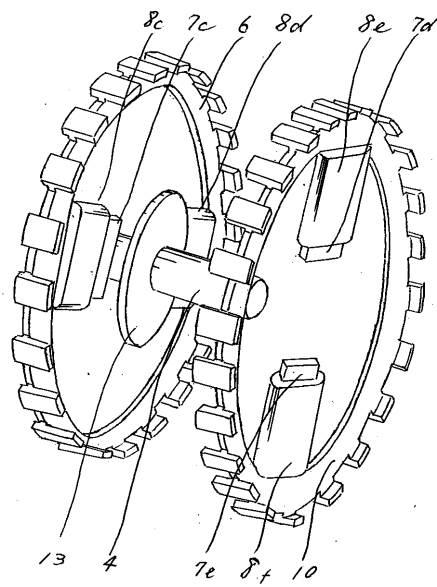
【図 1】



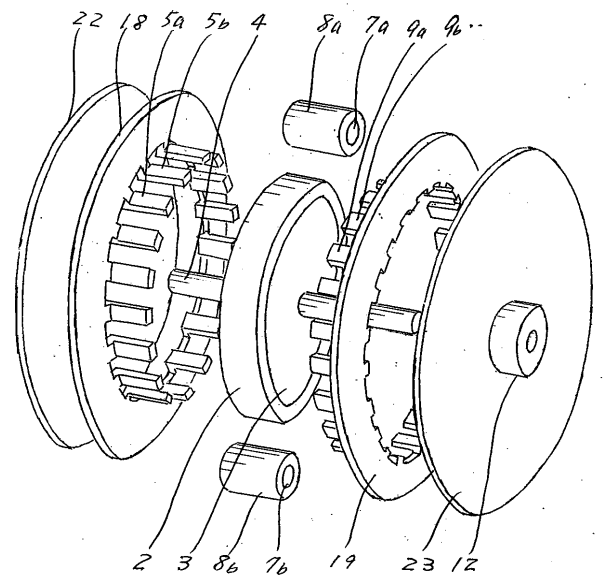
【図 2】



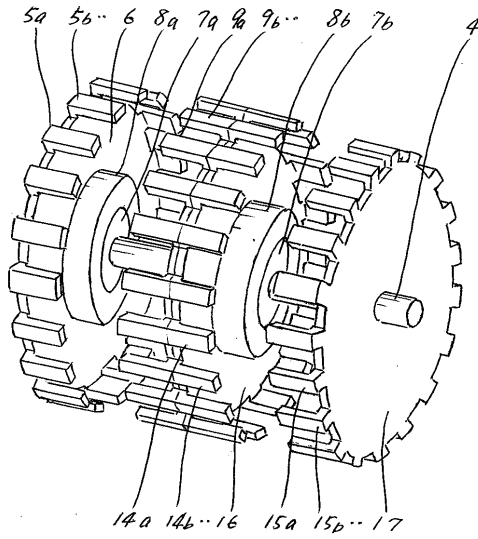
【図 3】



【図 4】

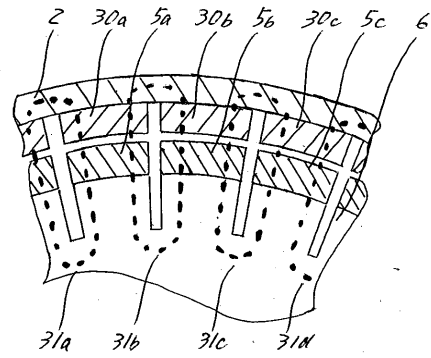


【図 5】

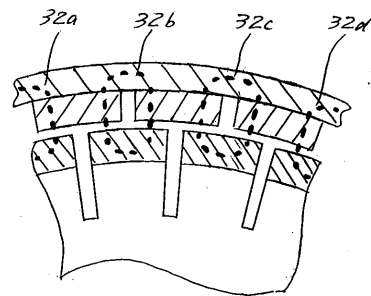


【図 6】

(a)

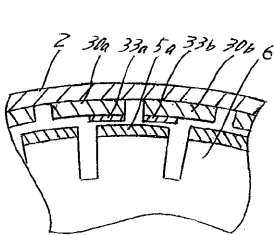


(b)

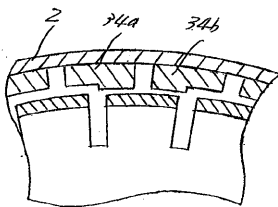


【図 7】

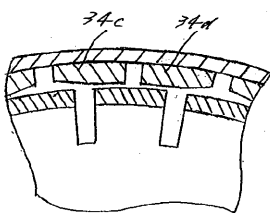
(a)



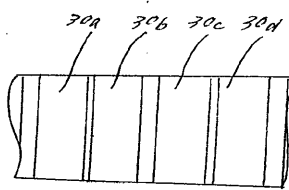
(b)



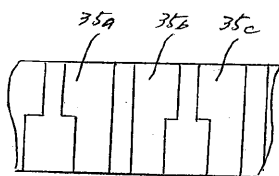
(c)



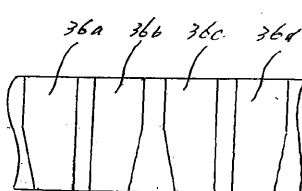
(d)



(e)

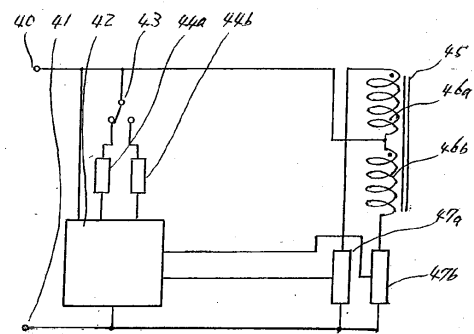


(f)



【図 8】

(a)



(b)

