

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第3833254号
(P3833254)

(45) 発行日 平成18年10月11日(2006.10.11)

(24) 登録日 平成18年7月28日(2006.7.28)

(51) Int.C1.

F 1

HO2K 19/06 (2006.01)
HO2K 37/04 (2006.01)HO2K 19/06 Z
HO2K 37/04 502

請求項の数 16 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願平8-536408
(86) (22) 出願日	平成8年5月30日(1996.5.30)
(65) 公表番号	特表平11-506299
(43) 公表日	平成11年6月2日(1999.6.2)
(86) 國際出願番号	PCT/SE1996/000704
(87) 國際公開番号	W01996/038903
(87) 國際公開日	平成8年12月5日(1996.12.5)
審査請求日	平成15年5月29日(2003.5.29)
(31) 優先権主張番号	9501981-6
(32) 優先日	平成7年5月30日(1995.5.30)
(33) 優先権主張国	スウェーデン(SE)
(31) 優先権主張番号	19520052.7
(32) 優先日	平成7年5月31日(1995.5.31)
(33) 優先権主張国	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	トーレク、ビルモス イタリア、チ・アッカ - 6911 カンピ オーネ・ディイタリア、コルソ・フジナ、2
(74) 代理人	弁理士 深見 久郎
(74) 代理人	弁理士 森田 俊雄
(74) 代理人	弁理士 伊藤 英彦
(74) 代理人	弁理士 堀井 豊
(72) 発明者	トーレク、ビルモス スウェーデン、エス-181 34 リデ ィングエー、カール・ミレス・ペーグ、7 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】自己始動ブラシレス電気モータ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

自己始動ブラシレス電気モータであって、

第1の極の列(S)に間隔をおかれた関係で配置される複数の極群を有する強磁性の第1のモータ部分(11)を含み、各極群は複数の極を含み、前記自己始動ブラシレス電気モータはさらに、

第2の極の列(R)に間隔をおかれた関係で配置される複数の極を有する強磁性の第2のモータ部分(12)と、

エアギャップ(17)を通して第2の極の列に対面する第1の極の列との相対運動のための第1のモータ部分および第2のモータ部分を支持する軸受手段と、

各極群と関連づけて配置され、かつ各極群に巻きつけられたコイルにエネルギーが供給された際に極群の極を通して第1および第2の極の列(S、R)の極を接合する磁界を生成する巻線コイルを有する第1のモータ部分(11)の巻線システム(15)とを含み、

第1および第2の極の列(S、R)は、リラクタンス極とエアギャップを横切るように分極される永久磁石極とを含む極システムを構成し、極システムは、巻線システムにエネルギーが供給された際および巻線システムへのエネルギーが断たれた際双方において、モータ部分の運動の同一の優先的相対方向を与える磁気非対称を示し、

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群および第2の極の列(R)双方とも、主極部分と、主極部分からそれぞれのモータ部分(11、12)の運動の優先的相対方向に突出する補助極部分(13'、16'、14'、18')とを有する極(13A、16A、1

4 A、14 A N、14 A S、18 A N、18 A S)を含み、モータ部分(11、12)の相対運動の間、第1の極の列(S)の補助極部分は第2の極の列(R)の補助極部分と相互作用し、

極群の中にリラクタンス極および永久磁石極双方を含むものがなければ、第1の極の列(S)はリラクタンス極のみまたは永久磁石極のみを含むことを特徴とする、自己始動ブラシレス電気モータ。

【請求項2】

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群は、少なくとも1つの対称のリラクタンス極(13 S)と、前記主および補助極部分を含む少なくとも1つの永久磁石極(14 A)とを有することを特徴とする、請求項1に記載のモータ。 10

【請求項3】

第2の極の列(R)は、前記主および補助極部分を含む少なくとも1つのリラクタンス極(16 A)または前記主および補助極部分を含む少なくとも1つの永久磁石極(14 A)を有することを特徴とする、請求項2に記載のモータ。

【請求項4】

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群は、1つの対称のリラクタンス極(13 S)と、前記主および補助極部分を含む1つのリラクタンス極(13 A)と、前記主および補助極部分を含みリラクタンス極の間に位置決めされた1つの永久磁石極(14 A)とを有し、第2の極の列(R)は、前記主および補助極部分を含み実質的に均等に間隔があなれた複数のリラクタンス極(16 A)を含むことを特徴とする、請求項2に記載のモータ。 20

【請求項5】

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群は、2つの対称のリラクタンス極(13 S)と、前記主および補助極部分を含みリラクタンス極間に位置決めされた1つの永久磁石極(14 A)とを有し、第2の極の列(R)は、前記主および補助極部分を含み実質的に均等に間隔があなれた複数のリラクタンス極(16 A)を含むことを特徴とする、請求項2に記載のモータ。

【請求項6】

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群は、少なくとも1つの対称のリラクタンス極(13 S)および1つの対称の永久磁石極(14 S)を有することを特徴とする、請求項1に記載のモータ。 30

【請求項7】

第2の極の列(R)は、前記主および補助極部分を含み実質的に均等に間隔があなれた複数のリラクタンス極(16 A)ならびに前記主および補助極部分を含み実質的に均等に間隔があなれた複数の永久磁石極(18 A S、18 A N)のうちいずれかを有することを特徴とする、請求項6に記載のモータ(図6)。

【請求項8】

第1の極の列(S)の前記極群は前記主および補助極部分を含む少なくとも1つのリラクタンス極(13 A)をまた有し、前記極群の永久磁石極(14 S)はリラクタンス極(13 A、13 S)間に位置決めされることを特徴とする、請求項6または7に記載のモータ。 40

【請求項9】

第1の極の列(S)はリラクタンス極(13 A)のみを含み、第2の極の列(R)は交流極性の複数の永久磁石極(18 A N、18 A S)を含み、同様の極性の極は実質的に均等に間隔があなれていることを特徴とする、請求項1に記載のモータ。

【請求項10】

第1の極の列(S)の少なくとも1つの極群は前記主および補助極部分を含む1対のリラクタンス極(13 A)を含むことを特徴とする、請求項9に記載のモータ。

【請求項11】

第1の極の列(S)は永久磁石極(14 A N、14 A S)のみを含み、第1の極の列の少なくとも1つの極群は反対方向に分極された1対の永久磁石極(14 A N、14 A S)を

含み、第2の極の列(R)は前記主および補助極部分を含み実質的に均等に間隔がおかれた複数のリラクタンス極(16A)を含むことを特徴とする、請求項1に記載のモータ。

【請求項12】

前記極群は近接する1つまたは複数の極に関して反対方向に分極された少なくとも1つのさらなる永久磁石極を含むことを特徴とする、請求項11に記載のモータ。

【請求項13】

補助極部分(13'、16'、14'、18')は極の列(S、R)に沿い測定される長さを有し、2つのモータ部分(11、12)のいずれか2つの極が互いに磁気的に整列したときに、前記主および補助極部分を含むモータ部分の一方の極のうち少なくとも1つの補助極部分は、他方のモータ部分の近接する極の少なくとも近傍に延在することを特徴とする、上記請求項のいずれか1つに記載のモータ。

10

【請求項14】

補助極部分(13'、16'、14'、18')は極の列に沿い測定される長さを有し、2つのモータ部分(11、12)のいずれか2つの極が巻線システム(15)にエネルギーが供給された結果として互いに磁気的に整列したときに、前記主および補助極部分を含むモータ部分の一方の極のうち少なくとも1つの補助極部分は、他方のモータ部分の近接する極に重なる、上記請求項のいずれか1つに記載のモータ。

【請求項15】

第1の極の列の極群は同一であることを特徴とする、上記請求項のいずれか1つに記載のモータ。

20

【請求項16】

モータは回転モータであり、第1の極の列(S)は少なくとも1対の直径方向に対向する極群を含むことを特徴とする、上記請求項のいずれか1つに記載のモータ。

【発明の詳細な説明】

この発明は、極システムにおいて、2つの相対的に移動するモータ部の少なくとも一方におけるリラクタンスの極(強磁性突極)、および1つ以上の永久磁石の極を含むタイプの、自己始動ブラシレス電気モータに関する。

自己始動ブラシレス電気モータは、単一極性の直流パルスまたは交流の極性の供給を受けることができる。適度の軸動を備えるモータが電子的に供給を受けるとき、直流パルスの供給では、最小数の電子スイッチが用いられるためモータおよび供給エレクトロニクスについてのシステムコストは最低となる。他方、より大きな動力に対しては、モータの供給エレクトロニクスにおける電子スイッチの数をとにかく増加させねばならないときには、モータに交流極性を与えて両半周期中電力がモータに供給されるようにし、より均一的なトルクの成長を可能にし、かつ巻線における導電損失を減じることが有利であろう。

30

単一ストランドのブラシレスモータは、単一の外部電流源からの供給を受け、互いに遡り回転可能さもなければ移動可能な2つ以上の部分のうち一方に設けられた巻線を1つのみ有する。このようなモータは自己始動であることが可能であり、すなわち、停止時に予め定められた方向、優先始動方向に、もしこの始動方向がモータの設計において固有のものであるならば、駆動トルクを成長させることができる。優先方向における自己始動は、たとえば非対称の突極および/または非対称の永久磁石極により軟磁性鉄心に非対称を設けることにより、またはたとえば既知のくま取りコイル形モータにおける短絡電流経路といったように、補助巻線に外部電流源への接続を与えないことにより、モータに組込むことが可能である。こうした電流経路は、こうした電流経路に接続された変化する磁界の影響下でのみ電流を伝えることができる。モータの静止時に電流がこのような電流経路を流れるために、外部電流源に接続された巻線にパルス電流または交流を供給しなければならない。

40

理論上は、補助巻線は設けられていないがモータの巻線にエネルギーが供給されていないときでさえいかなる回転位置においてもトルクを発することができるモータは常に、永久磁石極を含まねばならないことを示すことが可能である。

以下における記載は、巻線を備え以下で固定子と呼ばれる第1の部分と、固定子内部に配

50

置され固定子に関連して回転可能な、以下で回転子と呼ばれる第2の部分とを有する、回転運動のためのモータに限定される。しかしながら、これら2つの部分の場所を交換することが可能であり、固定子を回転子から分離するエアギャップは円柱形である必要はなく均等に平坦であるかまたは円錐形でもよく、モータの上記部分間の相対運動は回転である必要はなく、均等に線形的であるかまたは回転および線形の組合せでもよく、すなわち回転軸に関し回転軸に沿い同時に発生するものである。

モータの機能は、各回転ごとに所与の回数繰返されるワークサイクルを含むものとして説明できる。非常に速度が小さいとき、たとえば停止からの始動時には、1つの極性のDCパルスの供給を受けるように設計されたモータに対するワークサイクルは、巻線が電流を搬送するときの1つの部分と、巻線に電流がないときの別の部分とからなる。交流極性の電流パルスの供給を受けるように設計されたモータに対しては、ワークサイクルは、巻線が1つの極性の電流の供給を受けているときの1つの部分、続く電流のない部分、その後の巻線が反対の極性の電流の供給を受けているときの部分、およびその後のワークサイクルの別の電流のない部分からなる。10

電流のない状態では、回転子は始動位置、すなわち巻線が電流の供給を受けているならば駆動トルクを生じさせる、すなわちモータにおいておよび/またはモータにより駆動される物体における何らかの摩擦トルクなどを克服するに十分高い、モータの優先方向におけるトルクを生じさせる位置に達しなければならない。永久磁石の力によりモータにおいて発生したトルクは、巻線に対するエネルギー供給が可能な位置に回転子が到達するまでその方向を維持しつつ十分な強度を備えなければならない。電流のない状態においてトルクを成長させることに対する要求は、モータが少なくとも1つの永久磁石の極を含まねばならないことを意味することが理解されるだろう。20

上記の原理に従い動作し極システムにおいて磁気の非対称を示すモータは、WO 90/02437およびWO 92/12567より既知である。本発明の目的は、上記の刊行物におけるモータにより示されるタイプのモータにおける改良点を得ることである。

この目的は、添付の請求項に規定される、磁気的に活性な固定子および回転子素子(極)の配置により達成される。

構造上の代替実施例を実現する機会に加え、本発明はまた、モータが発生させる力、回転するモータにおけるトルクおよび線形的なモータにおける線形的に作用する力または「牽引力」を、以下のように1つ以上の点について増大させる機会を提供する。30

電流のないモータの回転子を最も近い始動位置に引寄せる、永久磁石極により発生されるトルクを増大させる。このような改良点は、たとえばシャフトシールにおいて大きな摩擦トルクが駆動される物体に現れ得るような応用例においては有利である。

回転子が始動位置で静止しており巻線に利用可能な最大の電流が供給されているモータに現れるトルクを増大させる。このような改良点はまた、前パラグラフで述べたような状況において有利である。

少なくともある実施例において、所与の熱損失に対するモータのエアギャップの力を増大させ、所与の目的に対しより小さくかつコスト上より好ましいモータを提供する。これは、たとえば手で支える道具または他の手で支える物体といったあるタイプの応用例においてモータの重量が小さいことが重要である場合には非常に有利となるだろうが、供給エレクトロニクスにおける避けられないコストの増大が効果を相殺しないとすれば一般的にコスト的にも有利である。40

本発明に関連するモータにおける磁気的に活性な素子は以下のとおりである。

固定子におけるコイル

原則的にはコイルは単一電流回路を形成し直列および/または並列に接続可能である。供給エレクトロニクスが並列に動作するいくつかのユニットからなる場合、これらは各自が自身のコイルにまたはコイル群にあたかも単一の電気回路を形成するように接続可能である。巻線に交流極性を供給する代わりに、2つの部分の巻線を用いることができ、巻線の2つの半分の部分には単一電流極性が与えられるが、巻線の半分の部分は磁気的に反対の方向を有する。50

強磁性突極（リラクタンス極）

本発明に従い示される多くのモータでは、以下ではまたリラクタンス極とも呼ばれる強磁性突極はまた、単独でまたは永久磁石の極とともに固定子で見うけられることになる。回転子にもリラクタンス極が存在する可能性があるが、好ましくは永久磁石の極とは混在しない。回転子におけるこうした極のタイプの混在は予測可能だが通常は意味のないものである。

固定子および回転子双方におけるリラクタンス極は磁気的に非対称でもよい。磁気的に非対称の固定子極については、非対称はモータの運動の優先方向に反対の方向に向けられるべきであるが、回転子では非対称は運動の優先方向と同じ方向であるべきものである。

その代わりとしてまたは加えて、固定子および回転子双方のリラクタンス極は、上記の方向と反対方向の何らかの磁気的な非対称を示してもよく、これによりモータが動作不能になることはない。

永久磁石極

回転子のリラクタンス極のみを備えるモータは常に固定子に永久磁石極を備えていなければならぬ。固定子の永久磁石極は好ましくは磁気的に平衡がとれている、すなわち両極性の数および大きさが等しい。

永久磁石極が非対称であることが有利である場合がある。

単一極性の電流パルスの供給を受けるように設計された永久磁石回転子極を備えるモータは、固定子に永久磁石極を常に備えていなければならない。このような永久磁石極の形状が非対称であり、主極部分および補助極部分を有する場合、有利には、主極部分は補助極部分の方向と反対方向に、たとえば主極部分のみからなる、極が対称であるならば存在するであろう位置から、ずらされてもよい。

永久磁石回転子極を備えるモータには、固定子に永久磁石極がないかもしれない。このようなモータは、交流極性の電流パルスの供給を受けるときのみ自己始動である。こうしたモータは、単一極性の電流パルスの供給を受けるモータよりも均一的なトルクの成長、および所与の巻線の損失に対しより大きな平均トルクを有することになるであろう。

対称の永久磁石極および非対称の永久磁石極双方は、斜めの端部またはエッジ、すなわち回転子の軸の方向に対しある角度で延びるエッジを有し得る。永久磁石の極のエッジがこのように斜めになっていることがモータの機能に非常に有利である場合がある。このような斜めにされたエッジは幾何学的形状において実施される必要はない。エッジが、（たとえば永久磁石極において）インプリントされた磁気分極に関する境界線（境界ゾーン）からなる、すなわち永久磁石極が磁化されるときにインプリントされることで十分である。同じ磁気分極のこうした境界線またはゾーンは、線形的以外にのびていてもよく、その場合モータの機能に大きな影響を与えることはない。

磁気の非対称は、本発明および添付の請求項の範囲内でいくつかの方法で達成することができ、それらのいくつかについて以下で説明する。

先行技術によるモータのように、磁気非対称は、モータに優先的始動方向を組入れることを目的とするが、本発明に従うモータにおける磁気非対称はまた他の目的にも役立つものである。

基本的に、本発明において用いられるような磁気非対称のさらなる目的は、本明細書において引寄せ距離と名付けられるものを延長させることである。この距離は、モータ部分の一方における永久磁石極または磁化されたリラクタンス極が、他方のモータ部分における極を十分に引付けて、2つの極が引込み位置のような第1の安定位置から始動位置のような次の安定位置へと互いに引寄せられるようにできる距離である。この場合、2つの極は磁気的に互いに整列しており、そのため、相対運動の方向において引く力は極間に存在しない（その方向を横切る方向における磁気的な引きのみ）。

この引寄せ運動中、2つの極間のパーミアンスまたは言い換えればこれらの間を通過する磁束（起磁力が一定であると仮定する）が、極が磁気的に整列しているときに発生する最大値まで着実に増大する。引寄せ距離の延長はこのように、引寄せ距離にわたる磁束変化の率の平均値の低減を必要とする。

10

20

30

40

50

このような低減は、磁気非対称により、たとえば極の少なくとも一方に相対的に優先的な始動方向に延在するさらなる極部分を設けて、極が主極部分および優先始動方向を定める補助極部分を有するようにすることにより可能である。

始動位置および引込み位置において、補助極部分は少なくとも、他方のモータ部分の次の極（相対的な優先始動方向において見られる）の近傍における点まで延在し、わずかにその極と重なり合っていてもよい。しかしながら、補助極部分の重なり合う部分は、主極部分の重なり合う部分のように重なり合いの単位長さ（円周方向に測定される）あたりの磁束の量ほどの磁束を搬送してはならない。

例として選択した回転子モータにおいて、固定子極および回転子極双方の前端部および後端部双方が軸方向に延在すると仮定すると、固定子極の磁気非対称は多くの場合原則的には以下のようにして観察される。モータの回転子は、回転子と直径が同じである均質な強磁性の円柱と置換えられ、エアギャップにおける磁束密度は円柱が回転し極を通過して回転の優先方向におけるラインを移動させるとときに円柱の表面で軸方向に延在するラインに沿って測定される。極に関するラインの角度的位置に対する測定された磁束密度（ラインの長さにわたり平均化されたもの）を示すグラフは、極の前端部での0に近いポイントから、極の主要部分下のおよそ一定の値までいくぶん徐々にまたはいくぶんはっきりした段階を経て上昇し、次に後端後で急激に減少する。もし極がその代わりに磁気的に対称であれば、グラフは対称でガウス曲線に似たものとなるであろう。

適切な変形を加えると、上記の原則はまた他の場合にも適用可能であり、たとえば、回転子極、またはその前端部および後端部が軸方向に延在しない極の磁気非対称を観察するときのような場合である。例として、極の端部が斜めにされて螺旋に沿って延在する場合、対応する斜めのラインに沿い発生する磁束密度の測定により観測可能である。

均一的な放射方向の大きさおよび均一的な放射方向の磁気分極を有する永久磁石極の場合、磁極の非対称は極の形状の結果として生じる可能性がある。たとえば、極の前端部および後端部は、モータの軸方向において異なる長さを有してもよい。同様の効果を、厚みが均一である永久磁石材料のリングにおける、対応の形状を有する磁気的にインプリントする極によって得ることができる。この場合、永久磁石リングの形状は、磁気パターンまたは「磁気形状」と何の関係もない。

磁極非対称はまた、前端部および後端部それぞれにおいて放射方向の大きさが異なる永久磁石極を与えることにより（すなわち極でのエアギャップの幅をモータ部分の相対運動の方向において変化することにより）、しかし全体の体積にわたり均一的に強い磁化を与えることにより達成できる。

永久磁石極に対し磁気非対称を可能にするために、いくつかの方法を同時に用いることはもちろん可能である。

強磁性突極、リラクタンス極に対し磁気非対称を実現するいくつかの方法がまたある。1つの方法は、エアギャップに面するこのような極の表面を、モータの軸方向における延在に関し非対称に配置することである。この場合、全体の極の表面は、回転軸から同じ放射方向の距離に位置する。

別のある方法は、リラクタンス極の突出する面（エアギャップに面する面）を対称にするが、回転軸からの放射方向の距離を変化させる、すなわち極表面に沿うエアギャップの幅を段階的にまたは絶え間なく、他方のモータ部分の架空の（円筒形の）表面に関し変化させることである。

第3の方法は、極表面に沿い飽和磁束密度を変化させることである。これは、突極の異なる部分に対し異なる磁気材料を用いることにより、または成層強磁性極の充填要素を変化させることにより、またはたとえば実際の極の表面の下方に（実際の極の表面が均質に見えるように）打抜いた窪みにより、または鳥の湾曲した嘴の輪郭に似た形状を有するよう補助極部分の放射方向の大きさを変化させることにより、達成可能である。

もちろん磁気非対称を達成するいくつかの方法を同時に用いることができる。非対称実現方法の選択は、通常、実際のモータの製造コストおよび供給エレクトロニクスのコスト間のバランスに依存する。なぜなら、非対称のタイプの選択は、供給エレクトロニクスに含

10

20

30

40

50

まれるパワー電子スイッチ要素の大きさに影響し得るからである。

後に明らかにされるように、本発明を実施するモータでは、共通の巻線コイルに関連する極群の個々の極のみを、群のすべての極が、コイルにエネルギーを供給する際に発生する磁界の影響を受けるように特徴づけるだけではない。本発明を実施するモータはまた、1つ以上の個々の極の磁気非対称によるのみでなく、極群内または回転子の個々の極の非対称の位置決めにより、極群を特徴づけ得る。

固定子の極群の極は、回転子極が、固定子極と磁気的に整列されている位置と、回転子の何らかの極が極タイプの異なる固定子極と、または永久磁石のみを有する固定子の場合は極性の異なる極と磁気的に整列している次の隣接する位置との間で移動しているときの、回転子極ピッチの2分の1よりも長いまたは短い距離を通して運動するならば、非対称に位置決めされる。

言い換えれば、たとえば固定子の永久磁石は、回転子が回転子極が永久磁石極と磁気的に整列している位置すなわち始動位置と、回転子極 - いかなる回転子極でもよい - が引込み位置にある次の後続のまたは次の先行する位置との間で移動しているとき、回転子極が回転子極ピッチの2分の1よりも長いまたは短い距離を横切るならば、同じまたは異なる極群におけるリラクタンス極に関して非対称に位置決めされる。

対応する様で、極の非対称の位置決めの結果発生する磁気非対称はまた回転子にも存在し得る。たとえば、交流極性の永久磁石極を含む回転子における極の列において、北極永久磁石極は南極永久磁石極間の中心位置からいずれの方向にも、すべての同様の極間に実質的に等しい間隔をおいて配置可能である。

なお、本発明の文脈では、極群（極ユニット）は、磁化コイルと関連する1つの極または複数の極を含み得る。

本発明について、添付の図面において概略的に示される多数の実施例に関連づけてより詳細に説明する。

図1Aは、回転モータの第1の実施例の端面図を示す。その固定子は、磁化巻線を備え、2つの同一の直径方向に対向する極群を有し、各々は2つの対称のリラクタンス極およびその間に配置された非対称の永久磁石極からなる。完全に引込まれた回転位置で示される回転子は、4つの非対称のリラクタンス極を有する。

図1Bは、エアギャップ内部から見た、動作位置から軸方向にずらされた、しかしさもなく図1Aでとる互いに関連する位置にある、モータにおける極の列の一部の展開図である。

図1Cは、図1Aと同じ方法でモータを示し、固定子および回転子における永久磁石の磁界ラインが挿入される。

図1Dは、図1のモータの縦方向の断面図である。

図1Eは、図1Bと同様の図であるが、同じ軸方向の位置にあるが異なる相対位置にずらされている固定子および回転子の極を示しており、さらに、固定子の永久磁石極と回転子のリラクタンス極との間に作用する磁気の引寄せの力を表わすグラフを含む。

図2A、2Bおよび2Cは、図1A、1Bおよび1Cに対応する様で第2の実施例を示す。

図3A、3Bから12A、12Bは、図1Aおよび1Bに対応する様でさらなる実施例を示す。

図13Aから13Dは、固定子における永久磁石極の形状および配置について互いに異なる極の組合せの、図1Bに類似する展開図である。

図14A、および14Bは、図1Aおよび1Bに示されるモータの固定子リラクタンス極の変形を示す部分図断片図である。

図面を通して、放射方向に磁化される永久磁石極の極性は、磁石の北極側を指し示す矢尻により示される。

さらに、図面に示されるすべての実施例において、固定子および/または回転子極の非対称は、回転子の優先的始動方向が反時計回りとなるように方向づけられている。

図1A-1Cに示されるモータは回転モータであり、他のモータと同様、成層強磁性固定

10

20

30

40

50

子 1 1 の形式の第 1 のモータ部分と、図 1 D に示されるような適切な軸受により固定子において回転運動のために回動支持される成層強磁性回転子 1 2 の形式の第 2 のモータ部分とを備える。回転子の回転軸は 1 2 A と示される小さな円によって示されており、回転の優先方向は矢印（すべての図示の実施例では反時計回り）により示されている。

固定子 1 1 は、直径方向に対向する 2 つの極群を有する。各極群は、2 つの強磁性の突極 1 3 S を含み、これはまたリラクタンス極とも呼ばれ、円周方向に互いに間隔がおかれ、永久磁石極 1 4 A が間に配置される。回転子に面するこの極 1 4 A の表面は、回転子の回転軸 1 2 A と同心の円柱形表面に位置する。

各極群に対し、固定子 1 1 はまた、極群に巻付けられ共通の磁化巻線の部分を形成するコイル 1 5 を備える。

回転子 1 2 の外側にその周囲に均一的に配置されるのは、4 つの強磁性突極 1 6 A でありこれはまたリラクタンス極とも呼ばれる。固定子に面するこれら極の表面は、固定子の極表面を含む円柱から短距離のところに、回転軸 1 2 A と同心である円柱に位置し、固定子の極表面および回転子の極表面はその間にエアギャップ 1 7 を形成する。回転子 1 2 の極ピッチは、固定子 1 1 の各極群内のリラクタンス極 1 3 S の間隔に相当する。

図 1 A から 1 D に示される実施例では、固定子 1 1 のすべての極 1 3 S および 1 4 A ならびに回転子 1 2 の極 1 6 A は、回転の軸に垂直な同じ面に位置しているため、回転中回転子のすべての極は固定子のすべての極を通過しそれらと相互作用する。モータはもちろんこの態様で配置された軸方向に分離された極群のいくつかの組を含み得る。さらに、回転子のまわりで延びる閉じられた経路または列に配置される代わりに、各モータ部分の極がたとえば螺旋経路で配置されてもよい。

固定子のリラクタンス極 1 3 S の極表面は、この応用例で意図される意味において磁気的に対称である。その重要性は、もし回転子 1 2 を均質の強磁性の円柱に置換える場合、そのエンベロープ表面が、そうでなければ回転子極 1 6 A が位置する円柱表面と一致し、磁界が、電流が巻線 1 5 に供給されたときにエアギャップ 1 7 を通して固定子極の極表面の下方およびそのまわりを流れ、磁界がそのように分布するので、固定子に関するこの円柱の角度位置の関数として引かれる上記強磁性の円柱表面の母線に沿う磁束密度の平均値の図が、たとえばガウス曲線と同じタイプの対称性を示し、すなわち横座標に垂直な線に関する鏡像対称であることである。

他方、永久磁石極 1 4 A は磁気的に非対称である。なぜなら、永久磁石極は回転子の回転方向に対向する面側に突出部 1 4 A を有するからである。この突出部は、幅すなわち回転軸 1 2 A に並列する大きさが、極の主部分にわたる大きさよりも小さなこの側の極 1 4 A により生じる。全幅を有する永久磁石極 1 4 A の部分は、主極部分を構成することができ、一方より狭い突出部は、図で 1 4 A により示される補助極部分を構成することができる。

回転子 1 2 のリラクタンス極 1 6 A もまた、対応する態様で非対称である。なぜなら、リラクタンス極はその先頭または反時計回り側に、極の主部分（主極部分）よりも幅の小さな突出部 1 6 A （補助極部分）が設けられているからであり、この側は、回転方向に向いている。

上記から明らかなように、極における非対称は、前述の方法以外の方法で達成できる。代替方法の一例が、図 1 A および 1 B の一点鎖線で示されている。この代替例では、各極は軸および円周全体の大きさにわたり同じ幅を有するが、一方の側では、極の面は内部に向かい放射方向にオフセットされているため、エアギャップ 1 7 はこの側では極の主部分にわたってよりも大きい。

図 1 B は、エアギャップ 1 7 内部から見た、図 1 A の固定子および回転子の極群の 1 つの展開図を示し、回転子極は固定子極群に関し軸方向にずらされている。並列する一点鎖線 R および S は、回転子および固定子間の相対運動の方向を示し、これらに垂直な一点鎖線 L は、固定子極間の中心線を表わす。固定子および回転子極の互いに関する位置は、図 1 A に示される相対位置に対応し、電流が巻線 1 5 に供給されるときに固定子に関して回転子がとる安定した位置であり、そのため、リラクタンス極 1 3 S はリラクタンス極に対向

10

20

30

40

50

する主極部分に対し引付けられたまたは引込まれた位置に回転子極 16 A を保つ傾向がある。

この回転位置で巻線に電流がもはや供給されないとき、永久磁石極 14 A からの永久磁石の磁束のみが回転子に作用しこれを始動位置の方向にさらに引寄せる。図 1 C は、この位置における永久磁石極の磁束パターンを示す。

図 1 A - 1 D に示されるように、引込み位置では 2 つの回転子極 16 A の補助極部分 16 、右上および左下の回転子極は、永久磁石極 14 の補助極部分 14 まで延在し、好ましくはさらに補助極部分にわずかに重なる。回転子極の永久磁石極および補助極部分との相対的な位置は、永久磁石極 14 がこれら回転子極に及ぼす磁気的に引付ける力、すなわち永久磁石極 14 A により回転子 12 に与えられる反時計回りのトルクが、巻線に電流がないとして、その最大または最大に近い位置である。
10

同時に、他方の 2 つの回転子極 16 すなわち左上および右下の回転子極の、永久磁石極 14 A からの間隔は十分であり、そのため、永久磁石極はわずかな時計回りのトルクを回転子に与えるのみである。

したがって、永久磁石極 14 A により回転子に与えられる正味の反時計回りのトルクは、引込み位置から反時計回りに回転子 12 を力強く押し、回転子極ピッチの 2 分の 1 に対応する角度にターンさせ、回転子極 16 A を始動位置にすることができる（引寄せ運動）。引込み位置から始動位置への回転子の引寄せ運動を通し、重なり合い相互作用する各永久磁石極 14 A および回転子極間の磁束は、極の重なりが増大するに従い徐々に増加するため、反時計回りのトルクが、始動位置に到達するまで回転子 12 に対して与えられる。
20

始動位置では、2 つの初めに述べた回転子極 16 A の各々は、それぞれ上側および下側の永久磁石極 14 A と磁気的に整列し、回転子極 16 A の前端部の補助極部分 16 の部分は、永久磁石極を超えて反時計回り方向に延在し、回転子極の後端部は永久磁石極の補助極部分 14 に対向して位置決めされる。これは図 1 E に示されている。

図 1 E はまた、引込み位置から始動位置への引寄せ運動中の、回転子リラクタンス極 16 の前端部 16 の重なり合う位置 d に対する、永久磁石極 14 および回転子リラクタンス極 16 間に作用する引寄せ力 F を示す、図 1 A から 1 D に示されるモータの実施例を表わすグラフを含む。図 1 E の右側部分では、回転子リラクタンス極 16 A の引込み位置が一点鎖線で示される。

このグラフは、引込み位置における、永久磁石極 14 A の補助極部分 14 と回転子リラクタンス極 16 A の補助極部分 16 の間の重なり（正および負）の異なる量に対する、回転子リラクタンス極 16 に作用する引寄せ力を示す。
30

図 1 E から、引込み位置における重なりが -1 mm 、すなわちリラクタンス極 16 の前端部 16 が永久磁石極から負または時計回り方向に 1 mm 間隔がおかれば、引寄せ力は非常に小さいことが明らかである。前端部 16 が補助極部分 14 の端部に対向していれば（0 の重なり）、引寄せ力は実質的に大きくなり、約 1 mm という正の重なりでは、補助極部分 16 に対する引寄せ力は、最大または最大に近く、この場合、約 1 mm の負の重なりに対する引寄せ力の 3 から 4 倍である。回転子リラクタンス極 16 の非対称に関連する固定子永久磁石極 14 の非対称はこのようにして、回転子のリラクタンス極のみが WO 92 / 12567 で開示されているモータにおけるような非対称である場合と比較して、引寄せ力の初期値の大幅な増大をもたらす。この引寄せ力の増大が、本発明に従うモータの応用分野を拡大する。
40

図 1 E より、引寄せ運動中重なりが徐々に増大するにつれて、引寄せ運動の第 1 の部分の間すなわち主極部分が重なり合い始めるまで引寄せ力はおよそ一定のままである。継続される引寄せ運動中、引寄せ力は最初に増大し次に徐々に減少しリラクタンス極 16 A が始動位置に到達する際には 0 になる。

さらに、図 1 E は、引込み位置から始動位置への回転子リラクタンス極 16 A の反時計回りの引寄せ運動中、永久磁石極 14 A は、永久磁石極 14 A の円周方向の大きさよりも大きな円周方向の距離を通して、回転子リラクタンス極に十分な引付け力を与えることを示している。上記距離は、前端部 16 が永久磁石極 14 A の補助極部分 14 の端部 14
50

に対向するかまたは端部 1 4 から時計回り方向にほんのわずかに間隔がおかれている位置から、前端部 1 6 が永久磁石極を十分に過ぎるポイントまでである。

回転子極が始動位置にあり、巻線コイル 1 5 に再びエネルギーが供給されるとき、すべての 4 つの回転子極 1 6 A の補助極部分 1 6 はしたがって、回転子の回転方向において見られるようにその前方の固定子リラクタンス極 1 3 S の近くにある。他方、各回転子極の後端部のその後ろの固定子リラクタンス極からの間隔は十分なものである。固定子リラクタンス極 1 3 S およびその後ろの回転子リラクタンス極 1 6 A の前端部 1 6 間の反時計回り方向における磁気の引付けはこのように、次の固定子リラクタンス極（すなわち回転子極の後ろのリラクタンス極）により同じ回転子極の後端部に与えられる時計回り方向における磁気の引付けを優に上回るであろう。

したがって、固定子リラクタンス極 1 3 S により回転子に与えられる正味トルクは、反時計回り方向に作用し、大きいものであるので、モータは考え得る負荷に対向して始動することができるだろう。再び、巻線コイルのエネルギー供給の結果として発生する磁束は、永久磁石極 1 4 A により発生する磁束に対向するため、永久磁石極は始動位置からの運動に実質的に反作用するものではない。

他の図面に示された実施例は、図 1 A - 1 D において示された実施例と異なる場合のみ説明される。すべての実施例に対し同じ表記が使用され、末尾につけられる文字 A または S は非対称または対称を示している。特に述べられていなければ、極に関する「対称」および「非対称」は、幾何学上の対称または非対称（これは磁気的対称または非対称に対応しても対応していないともよい）よりもむしろ磁気的な対称または非対称に関する。

図 2 A - 2 C におけるモータは、固定子極に関してのみ図 1 A - 1 C と異なる。より具体的には、各固定子極群における一方の固定子リラクタンス極 1 3 A は、回転子極 1 6 A の補助極 1 6 と同じタイプの補助極 1 3 に対し磁気的に非対称であり、一方、他方のリラクタンス極 1 3 S および永久磁石極 1 4 S は磁気的に対称である。補助極部分 1 3 は、回転子極が始動位置にあり巻線コイルにエネルギーが供給されたとき補助回転子極部分 1 6 の上記の効果を增幅させる。

図 3 A および 3 B におけるモータもまた、固定子極に関してのみ図 1 A - 1 C のモータと異なる。この場合、各固定子極群における固定子リラクタンス極 1 3 A および 1 3 S は、図 2 A および 2 B におけるものと同様である、すなわち一方が非対称であり他方が対称である。しかしながら、永久磁石極 1 4 A は回転子補助極 1 6 と同じタイプの補助極 1 4

に対して非対称であり、その非対称は固定子リラクタンス極 1 3 A の非対称と同じ方向に向けられている。結果として、非対称はこのモータにおけるすべての 3 つの極のタイプにおいて存在する。

図 2 A、2 B、3 A、3 B、および以下のいくつかの図は、極群におけるリラクタンス極であれ永久磁石極であれ何らかのタイプのすべての極が、必ずしも対称または非対称という点において同種のものである必要はないことを示している。これはすべての実施例について当てはまることがある。

図 4 A、4 B のモータは、各極群において 2 つの対称固定子リラクタンス極 1 3 S および 1 つの非対称固定子永久磁石極 1 4 A を、固定子 1 1 に関する限りは有しており、したがって、図 1 A - 1 C におけるモータと一致する。しかしながらこの場合、回転子 1 2 C は前述の実施例における回転子 1 2 と異なった設計のものであり、これは一部は、同じように対向する補助極 1 8 と非対称な永久磁石極 1 8 A N および 1 8 A S のみを有するからであり、一部はこれら永久磁石極が回転子本体の周辺に間隔を設げずに配置されており、隣接する極がそれぞれ N および S という反対の極性を有するためである。

図 5 A および 5 B におけるモータでは、各固定子極群は 2 つのみのリラクタンス極すなわち対称リラクタンス極 1 3 S のみを有し、固定子 1 1 には従って永久磁石極はない。回転子 1 2 C は図 4 A および 4 B における回転子と同様であるが、永久磁石極 1 8 A N および 1 8 A S はわずかに異なるように成形されている点のみが異なる。

図 6 A、6 B におけるモータでは、図 2 A - 2 B におけるモータのように、固定子極群は 1 つの非対称および 1 つの対称のリラクタンス極 1 3 A および 1 3 S をそれぞれ有し、こ

れは対称永久磁石極 1 4 S と組合され、一方回転子 1 2 C は図 4 A および 4 B における回転子と同様である。

図 7 A および 7 B におけるモータは、図 3 A および 3 B におけるモータと同じタイプの固定子極群を有する。すなわち、1 つの非対称のおよび 1 つの対称のリラクタンス極 1 3 A および 1 3 S をそれぞれ備え、さらに非対称永久磁石極 1 4 A ならびに図 4 A、4 B、6 A、および 6 B と同じ設計の回転子 1 2 C を備える。

図 8 A および 8 B におけるモータの固定子極群は非対称のリラクタンス極 1 3 A しか備えず、したがって永久磁石極はなく、回転子は図 4 A、4 B、6 A および 6 B における回転子と非常に似ている。

図 9 A および 9 B におけるモータでは、固定子極群は、図 7 A および 7 B におけるモータの極の組合せに対応する極の組合せ、すなわち回転子の交流極性の対称の永久磁石 1 8 S N および 1 8 S S とともに非対称のリラクタンス極 1 3 A、対称のリラクタンス極 1 3 S および非対称の永久磁石極 1 4 A を有するものが使用される。

図 8 A および 8 B におけるモータと同様、図 10 A および 10 B におけるモータは、リラクタンス極のみを備える固定子極群を有する、すなわち、比較的長い補助極 1 3 とともに非対称のリラクタンス極 1 3 A を有する。図 9 A および 9 B におけるモータのように、回転子 1 2 C は磁気的に対称な永久磁石極 1 8 S N および 1 8 S S のみを有し、この場合はしかしながら部分的に斜めにされた端部を備えている。

図 11 A および 11 B は、回転子 1 2 D が図 1 A から 1 D における回転子 1 2 C に類似するモータを示しているが、異なる点は、3 つの非対称のリラクタンス極 1 6 A を備えることである。この場合、固定子 1 1 D は円形であり、永久磁石極のみが与えられている、すなわち、2 つの直径方向に対向する群である非対称の永久磁石極 1 4 A N および 1 4 A S であり、各群は交流極性の 2 つの間隔がおかれた極 N および S を含み、極のピッチは回転子極ピッチの 2 分の 1 である。さらに、このモータにおいては、巻線コイル 1 5 には交流極性の電流パルスが供給される。巻線コイル 1 5 D は前述の実施例の巻線コイルと、固定子 1 1 D のまわりに部分的にトロイド状（環状）に巻付けられている点のみが異なっている。

固定子および回転子の極の他の組合せもまた、本発明の範囲内で可能である。上記に示し説明した極の配置に加え、以下のリストは本発明の範囲内の極の配置の例を含む。

I . 固定子における対称リラクタンス極

A . 固定子における非対称永久磁石極

（対称または非対称配置）

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

図 1

b . 対称リラクタンス極

- - -

2 . 回転子における永久磁石極

a . 非対称永久磁石極

（対称または非対称の極の列に配置される。）

図 4

b . 対称永久磁石極

（対称または非対称の極の列に配置される。）

40

B . 対称永久磁石極

（固定子における非対称配置）

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

図 1 2

b . 対称リラクタンス極

C . 固定子における永久磁石極の欠如

1 . 回転子における永久磁石極

a . 非対称永久磁石極

図 5

b . 非対称の極の列に配置された対称永久磁石極

II . 固定子における非対称リラクタンス極

50

A . 固定子における対称永久磁石極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

b . 対称リラクタンス極

2 . 回転子における永久磁石極

a . 非対称永久磁石極

B . 固定子における非対称永久磁石極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

b . 対称リラクタンス極

2 . 回転子における永久磁石極

a . 非対称永久磁石極

b . 対称永久磁石極

C . 固定子における永久磁石極の欠如

1 . 回転子における永久磁石極

a . 非対称永久磁石極
(対称または非対称の極の列に配置される。)b . 対称永久磁石極
(対称または非対称の極の列に配置される。)

III . 固定子のみにおける対称永久磁石極

A . 対称の極の列に配置される固定子極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

B . 非対称の極の列に配置される固定子極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

b . 対称リラクタンス極

IV . 固定子における非対称永久磁石極

A . 対称の極の列に配置された固定子極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

b . 対称リラクタンス極

B . 非対称の極の列に配置された固定子極

1 . 回転子におけるリラクタンス極

a . 非対称リラクタンス極

b . 対称リラクタンス極

図12Aおよび12Bは、これもまた本発明の範囲内であるモータを示す。すべての個々の極は固定子におけるものおよび回転子におけるもの双方、磁気的に対称である。このモータにおいて、本発明の目的は、その代わりに、固定子における極群内の磁気非対称により、すなわち、極群の1対の対称のリラクタンス極間の対称の永久磁石極の非対称の位置決めにより達成される。回転子にもまた対称のリラクタンス極が設けられているため、図12Aおよび12Bに示されるモータはまた上記のカテゴリ化したもののカテゴリI . B . 1 . b . に属するものと見なし得る。

より具体的には、図12Aおよび12Bに示されるモータは、図1Aから1Dに示されるリラクタンス極と同様のリラクタンス極13Sを有する固定子11を含む。回転子12はまた図1Aから1Dの回転子に類似するが、その極16には、前端部および後端部双方に補助極部分16が設けられており、これら補助極部分の円周方向の大きさがより小さいことのみが異なっている。

各極群は、2つのリラクタンス極13Sの一方に隣接して非対称または中心をはずれた位置に配置される矩形の磁気的に対称の永久磁石極14を含む。2つの永久磁石極14はレ

図2

図6

図3

10

図7

図9

図8

図10

20

図11

30

40

50

バー 2 1 を含む共通のアクチュエート（駆動）メカニズム 2 0 に接続される。モータの動作において、永久磁石極 1 4 は選択された中心をはずれた位置において静止しているが、図 1 2 A における実線で示される位置から下方向にレバー 2 1 をシフトさせることにより、永久磁石極 1 4 を図示された中心をはずれた位置から他方の固定子リラクタンス極 1 3 S に隣接する対応の中心をはずれた位置（図 1 2 A および 1 2 B における一点鎖線で示される）へと円周方向に移動させ、回転子の回転の優先方向を反対にすることができる。

回転子 1 2 は、引込められたまたは引付けられた位置の極 1 6 とともに示される。この位置では、2 つの回転子極すなわち左上の極および右下の極の後端部（回転子の反時計回りの回転を仮定する）での補助極部分 1 6 は、各永久磁石極 1 4 の一方の端部に非常に近接しており、好ましくは、各永久磁石極および回転子極の隣接するものの一方の間にわずかに重なりがある。各永久磁石極 1 4 および他方の隣接する回転子極の対向する側の間隔は十分にある。

したがって、図示の引込められた回転子位置では、各永久磁石極 1 4 およびその前方の回転子極 1 6 間の磁気的な引付けは、回転子の回転方向においてみられるように、永久磁石極およびその後方の回転子極間の磁気的な引付けを大幅に上回るであろう。回転子が図示の位置にあり巻線コイル 1 5 における電流が遮断されるとき、永久磁石極 1 4 はしたがって、回転子を時計回り方向に始動位置へと引くであろう。

始動位置では、回転子極 1 6 の前端部の補助極部分 1 6 は、その前方の2つの固定子リラクタンス極 1 3 S に非常に近接しており好ましくはわずかに重なっている。巻線コイル 1 5 に再びエネルギーが供給されると、これらリラクタンス極はしたがって強制的に回転子を、図 1 A から 1 E について先に述べたように、始動位置から離れるように反時計回り方向に押すことができる。

図 1 3 A から 1 3 D は、図 1 B、2 B、3 B などに相当する図であり、固定子における1 対のリラクタンス極間の永久磁石極の磁気的に対称および非対称の位置決めの概念をさらに解説するのに役立つ。この4つの図面は、永久磁石極の4つの異なる形状を、すべての図面において同じであり図 1 A および 1 B と同様の固定子および回転子リラクタンス極の組合せとともに示す。すべての4つの図面は、始動位置における回転子リラクタンス極 1 6 A を示し、これは永久磁石極 1 4 S（図 1 3 A）または 1 4 A（図 1 3 B から 1 3 D）と磁気的に整列しており、固定子極群に関連づけられる巻線には電流がない。

始動位置では、永久磁石極 1 4 S および 1 4 A により回転子リラクタンス極 1 6 に与えられる力は、円周方向においては 0 であるが、整列した位置からの回転子極の何らかのいずれに応答して、永久磁石極および回転子極間の引付け力は、回転子極を始動位置に戻す円周方向の成分を増大させるであろう。

比較のために含まれ、WO 92 / 1 2 5 6 7 に示されるものに対応する対称極構造を示す図 1 3 A においては、永久磁石極 1 3 S は完全に回転子リラクタンス極 1 6 の主極部分 1 6 A に重なる。図 1 3 B - 1 3 D は、永久磁石極（図 1 3 B - D）の非対称の形状により、および／またはその非対称の位置決め（図 1 3 D）により非対称である、本発明に従う異なる固定子極構成を示す。

図 1 3 D では、極 1 3 S および 1 4 A からなる固定子極群は、永久磁石極 1 4 の極の非対称により、かつその極のわずかに非対称の位置決めにより（左側の固定子リラクタンス極 1 3 S に向かっている）、非対称であり、その結果、2 つの固定子リラクタンス極 1 3 S 間の回転子リラクタンス極 1 6 A のわずかに非対称に整列する位置がもたらされる。結果として、回転子極 1 6 A が右側の回転子リラクタンス極と磁気的に整列する位置から、永久磁石極 1 4 A と磁気的に整列する位置まで運動するときに横切る距離は、最後に述べた位置から、左側のリラクタンス極 1 3 S と磁気的に整列する位置までの横切る距離よりもわずかに長い。

極の非対称の位置決めの結果発生する回転子の磁気的な非対称は図面には示されていないが、個々の極の非対称単独または組合せで、固定子・回転子極システムにおけるこのような非対称もまた可能である。たとえば、図 4 A、4 B から図 1 0 A、1 0 B に示されたような種類の回転子では、一方の極性の永久磁石極が他方の極性の永久磁石極と交互にされ

10

20

30

40

50

、一方の極性の永久磁石極は、他方の極性の近接する永久磁石極間に中心位置からいずれかの円周方向にまとめてずらすことが可能であり、同様の極性の極の各組における極はなお十分に均一的に間隔をあけられている。

図面に示されたすべての実施例において、固定子および回転子は、図1Dに示されるように、薄い電気的な鋼板の積層からなる（この場合板の厚みは図を明確にするために非常に強調されている）。

固定子リラクタンス極13Sまたは13Aを形成する板の部分では、2つおきの固定子板11Aはわずかに減じられているため、エアギャップ17に面する湾曲した板のエッジ11Bは、近傍の板に関し外向きに放射方向にオフセットされている。図1Aおよび図1Dの下部を参照されたい。言い換えれば、2つおきの板11Cのみが、エアギャップ17まで延在し、一方介在する板11Aの端部はエアギャップ17に達しない。同様のリラクタンス極設計は、固定子および回転子双方にリラクタンス極が設けられる。すべてのモータの固定子および／または回転子において与えられるまたは与えられ得る。

リラクタンス極の極の面での板の積み重ねをこのように薄くすることは、回転子リラクタンス極が固定子リラクタンス極を通過して運動する際に生じる固定子および回転子リラクタンス極間のエアギャップの磁束の変化が、極の重なり合う領域の変化に比例することを確実にするのに役立つ。言い換えれば、極の重なり合う領域における磁束密度が実質的に、磁束変化が磁気回路の異なる領域における磁気飽和により制限されない限りは実質的に一定であることを確実にするのに役立ち、そのため、極の相互作用により成長するトルクはできるかぎり均一となる。

磁気的には、2つおきの板のリラクタンス極部分の低減または短縮の効果は、極の面を横切る飽和磁束密度の平均値を50%低減することであり、鉄損の大部分が生じる積層の大部分における磁気誘導の揺れ（磁束密度がモータの動作サイクルにわたり変化する間隔）を減じる目的に役立つ。

図14Aおよび14Bは、極の面においてリラクタンス極を薄くするための変形技術を示す。この変形技術は、増大した動作周波数で運転するモータに適切なものであり、上記の単一層のモータに限定されるものではなく、固定子および回転子双方にリラクタンス極を有するすべてのモータに一般には応用可能である。たとえば、WO90/02437およびWO92/12567に開示された種類のモータは、この変形技術に従い設計される固定子および／または固定子のリラクタンス極を有することが可能である。

増大されたモータ速度には、モータのための電流源の増大された動作周波数が必要である。しかしながら、増大された動作周波数には、増大した鉄損が伴われる。鉄損の増大を回避するためのある技術は、成層についてより薄い板を使用することにあるが、板の厚みを減じれば、自動製造設備を使用することが困難または不可能になるであろう。他の技術は、3つのうち2つを低減または短縮することにあるが、この技術は多くの場合満足を得られるものではない。

本発明のさらなる目的は、増大された周波数で動作するモータに適応可能なりラクタンス極設計を提供することでもあり、これがなければ上記の技術のいずれかに頼らなければならない。

本発明のこの局面に従うと、増大された動作周波数での誘導の揺れの所望の低減は、図1A - 1Dに示されるタイプのリラクタンス極において、エアギャップにまで延在する板にリセス（窪み）を設けることにより達成され、この窪みは、極における磁束に与えられる板の断面領域を収縮し、したがって、極が極の面で磁気的に飽和する原因である磁束密度の低減に貢献する。

窪み（リセス）は、板の断面にわたり実質的に均一に分布しているべきものである。窪みは穴の形式をとってもよい。すなわち、エアギャップに対して開放していない開口でもよく、または、好ましくは狭い通路を介してエアギャップと連通する開口の形式をとってもよい。幅広い通路は望ましくない、というのも、広い通路は他のモータ部分のリラクタンス極の面に渦電流を生じさせるからである。

図14Aおよび14Bでは、図1A - 1Dに示されるモータの固定子のリラクタンス極、

10

20

30

40

50

すなわち上側の固定子極群において右の方にある固定子リラクタンス極 13S についての変形例が示される。図 14A は、1つの板 11A の短縮されたリラクタンス極部分を示し、図 14B は、近隣の板 11C の全長リラクタンス極部分を示す。エアギャップ 17 近くの領域では、この部分には、閉じられた輪郭を有したがってエアギャップ 17 に面する湾曲したエッジ 11E と接続しない細長い開口の形の 3 つの窪み 11D が設けられる。この 3 つの窪みは湾曲したエッジの長さに沿い均一に分布している。

板の窪みを設けられた部分を設計するときには、以下の実験式が役立つ。

$$B_2 = B_1 \left(f_1 / f_2 \right)^{1/1.2}$$

この等式では、 B および f はそれぞれ、誘導の揺れおよび動作周波数を示し、指数 1 および 2 は、2 つの異なる動作条件を示す。等式から明らかになるように、鉄損を変化させずに動作周波数を増大するには、動作周波数の増大に対する正比例未満の誘導の揺れの減少が必要である。たとえば、動作周波数を 2 倍にするには、鉄損を変化させないためには、誘導の揺れをもとの値の 56% に減じることが必要である。動作周波数が引上げられると、鉄および銅の損失を調整しておよそ等しくし、トルク発生に最適なものとすることができます。したがって、磁束密度は変化しない鉄損に対応する磁束密度よりも大きいものとして選択できる。

上記のように鉄の板の窪みを設けることは、リラクタンス極の面での飽和磁束密度を低減するが、同じモータの大きさに対するエアギャップパワーの実質的な増大は、達成できるだろう。なぜなら、モータ速度を、必要とされるモータトルクの減少よりも増大できるからである。

当然、上記の原則に従う板のリラクタンス極部分に窪みを設けることは、すべての板のリラクタンス極部分が図 1D および 14D における板 11C について示されたようなエアギャップまで延在するモータに適用できる。所望であれば、窪みは近隣の板について異なるものとすることができる。

代替実施例

以下の代替モータは、巻線を備える極群から組立てられ、回転または線形運動のために成形され得る。

回転モータは以下を有し得る。

1. 円柱形、円錐形、ディスク形状などのエアギャップ表面。原則的には、静止した軸に関する母線回転を描くことが可能な何らかの形状の表面。

2. 外部回転子

3. 固定子および回転子における極の数の差。それぞれ、たとえば部分化された固定子の場合任意的なものでもよい。

4. 円柱形のエアギャップ表面および内部回転子を備えるモータでは、いくつかの極群を配置して同じ面における電気的な鉄の積層により接続されるものでもよい（図面に示された実施例と同様）。モータは、共通の回転軸に沿ういくつかのこのような「モータディスク」からなるものでもよい。

こうしたディスクはその代わりとして、個々に閉じられた磁束経路なしで設計されてもよく、その代わりに軸方向に導かれた磁束経路により接続される。このような配置の例は、WO 90/02437 に見うけられる。「モータディスク」は、たとえば 2 つの「モータディスク」について共通のコイルにより磁化可能である。

5. 「モータディスク」間に軸方向の磁束接続を備えるモータについては、巻線は、回転軸を囲む円柱のコイルからなるものでもよい（このような配置の例は WO 92/02437 に示される）。この場合、たとえば、回転部分は、そうでなければ静止している極のタイプを含み得る。その逆でもよい。

6. 固定子がリラクタンス極も永久磁石極も有さず、したがって 1 つのタイプの極のみを有するモータは、固定子極の場所を回転子極の場所と交換することにより、本発明の範囲内で変形できる。このようなケースの例は、図 5A、5B、8A、8B、10A および 10B のモータである。こうしたモータではしたがって、固定子のリラクタンス極は、回転子のリラクタンス極に対応する永久磁石極と交換でき、回転子の永久磁石極は固定子の永

10

20

30

40

50

久磁石極に対応するリラクタンス極と交換できる。図 11 A および 11 B は、図 8 A および 8 B におけるモータのこのような変形例を示す。

7. モータにおける極、たとえば、リラクタンス極の形状および／または分布は、固定子および回転子間の磁気力を変化させることにより生じる雑音および振動ができるかぎり減じられるように選択できる。このタイプの既知の方策の例は、斜めにされた極のエッジ、または回転子の周囲に沿う極のわずかに不均等な分布、または固定子における極群における極のピッチおよび回転子における極のピッチ間の何らかの相違である。種々の方策を組合せることも可能である。

8. 固定子における各群の 2 つまたは他の偶数のリラクタンス極を備え、固定子に永久磁石極を備えないモータでは、図示の実施例では極群の中央部に延びている軟磁性の固定子ヨーク部分を除去することができ、除去してもモータの磁気機能には影響を及ぼさない。スペーサとしての上記固定子のヨーク部分の機械的機能は、非磁性スペーサ手段のものと置換えることができる。

9. 極群を磁化するための図 1 から 12 に示されたコイルはまた異なる配置にすることができる事が理解されるであろう。たとえば、極群間のヨークを囲む変圧器タイプのコイル、または図 11 A に示されるようなものである。固定子ヨークはまた、分割可能であり、そうすることにより予め巻かれたコイルの使用が可能になる。たとえば小さなモータでは、2つの極群を接続する 2 つのヨークを、2 倍の断面を有する单一のヨークと置換え、ヨークを囲む単一のコイルを備えることがコスト上有利であろう。このような配置は、小さなくま取りコイル形モータおよび DC モータにおいては既知である。

10. WO 90 / 02437 で述べられるように、単一の極性の電流パルスの供給を受けるモータにおいてただ一つの電子スイッチ素子を使用することを可能にするには、磁界エネルギーを、動作巻線と並列に巻かれるフィードバック巻線により DC 源に戻すことができる。

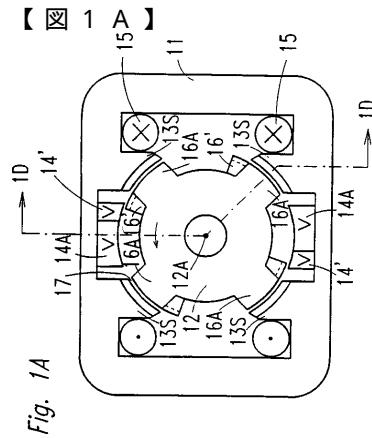


Fig. 1A

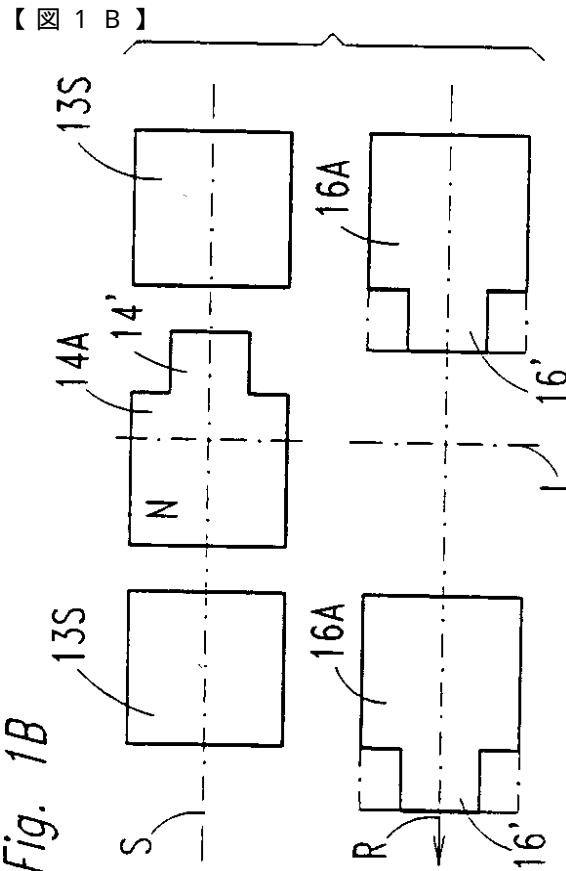


Fig. 1B

10

20

20

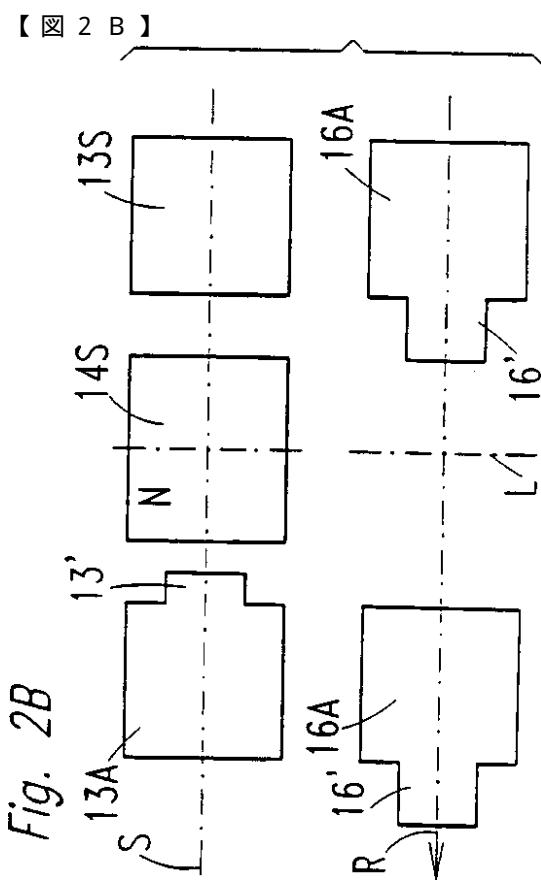
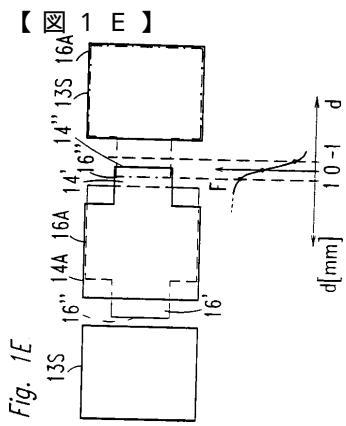
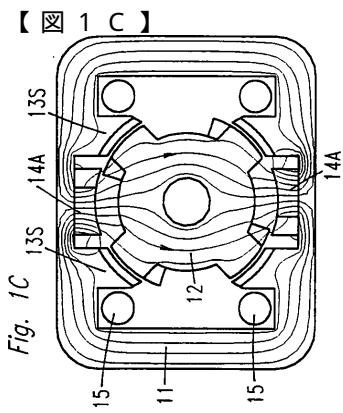
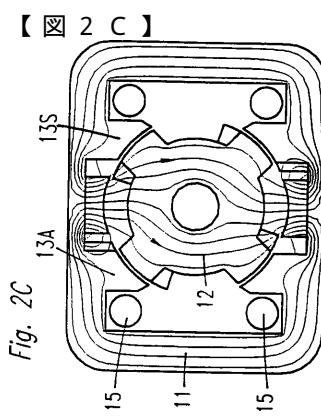
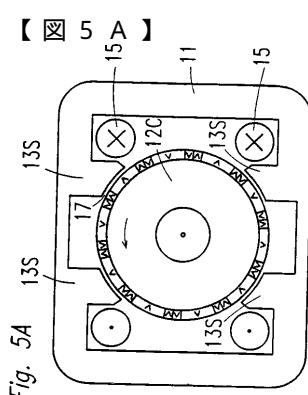
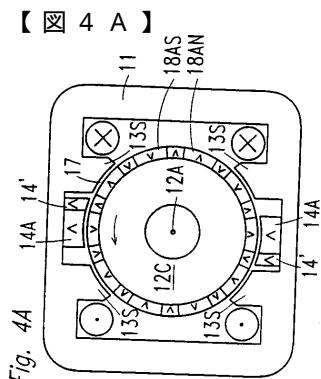
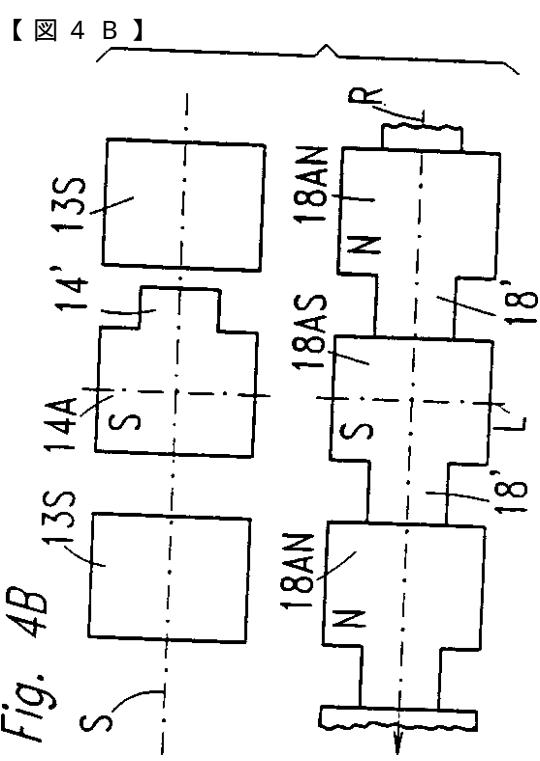
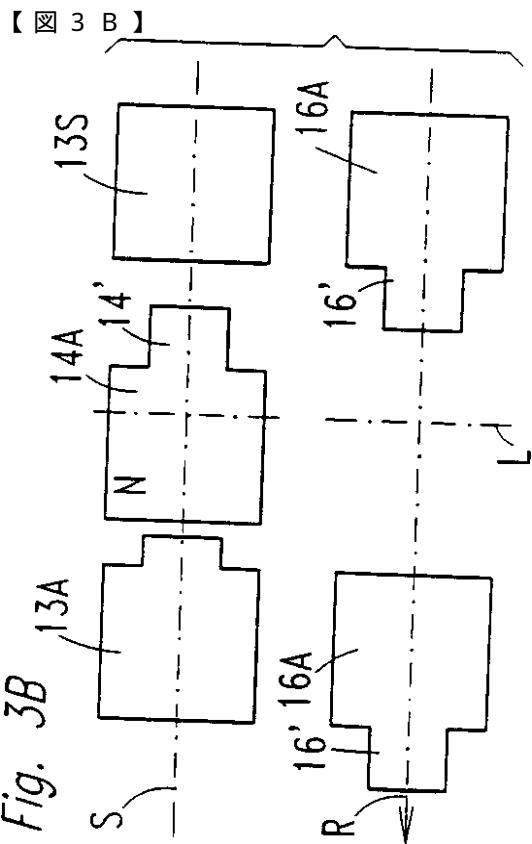
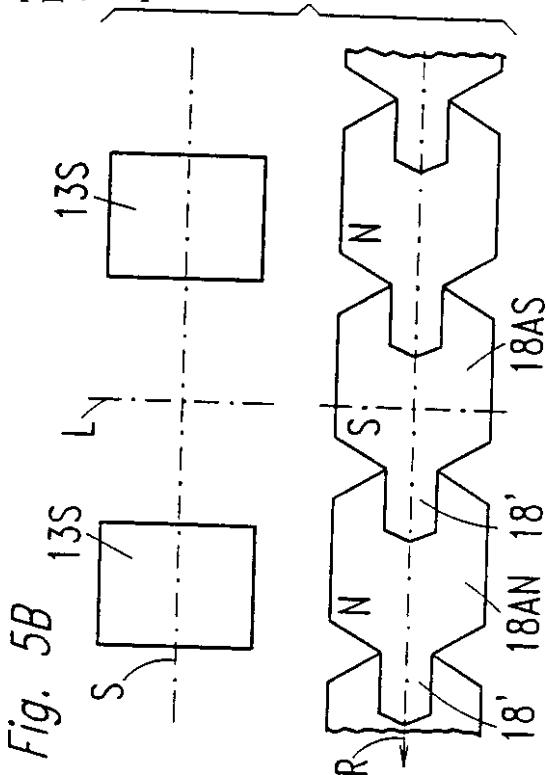


Fig. 2B

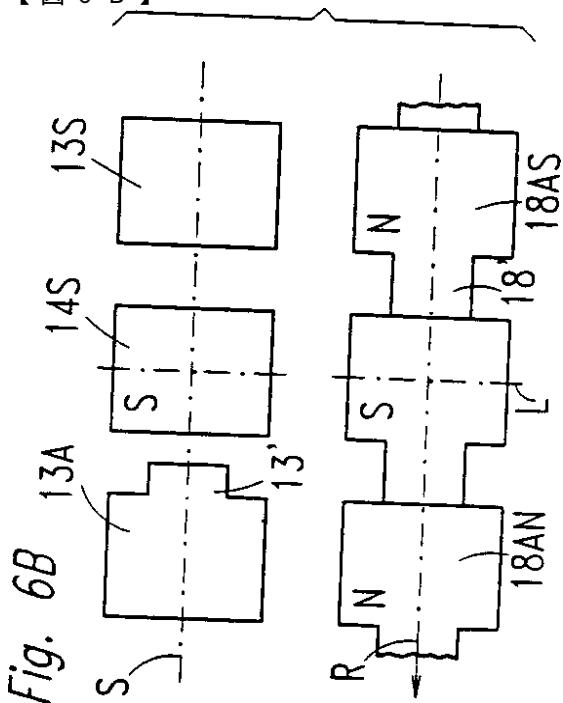




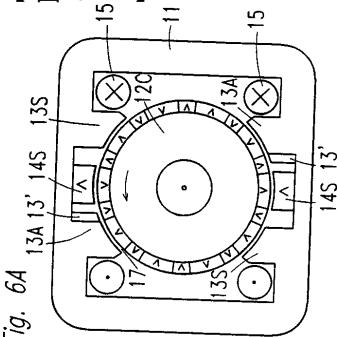
【図5B】



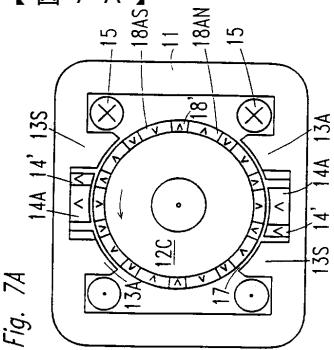
【図6B】

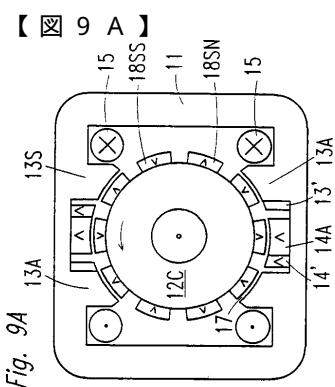
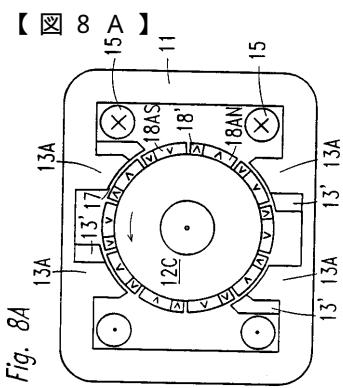
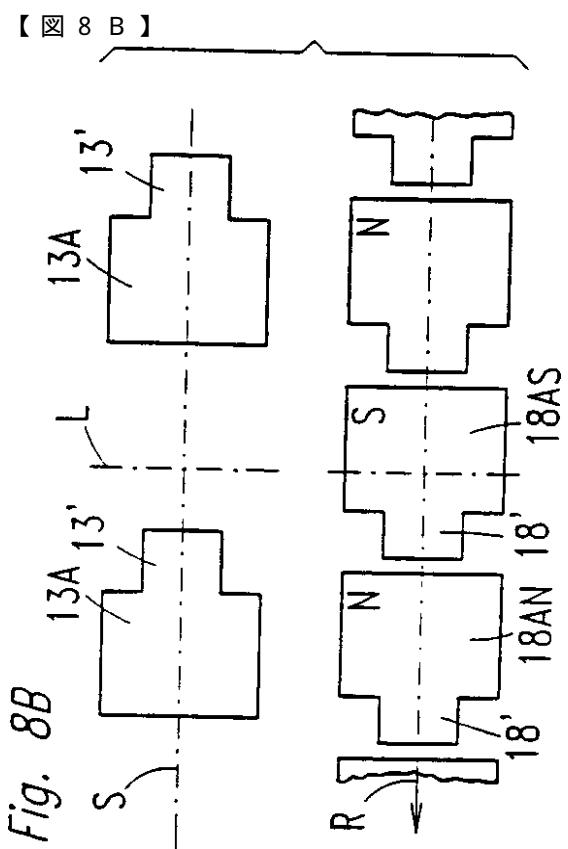
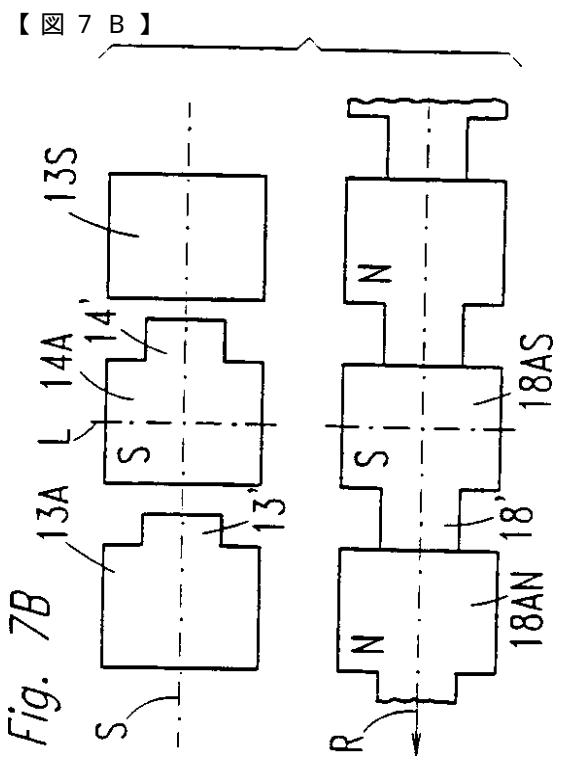


【 図 6 A 】

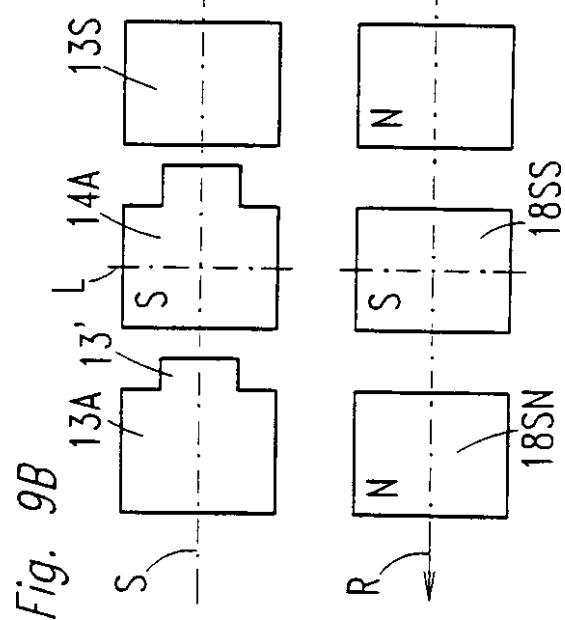


【図7A】

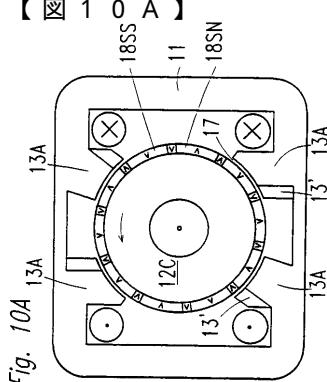




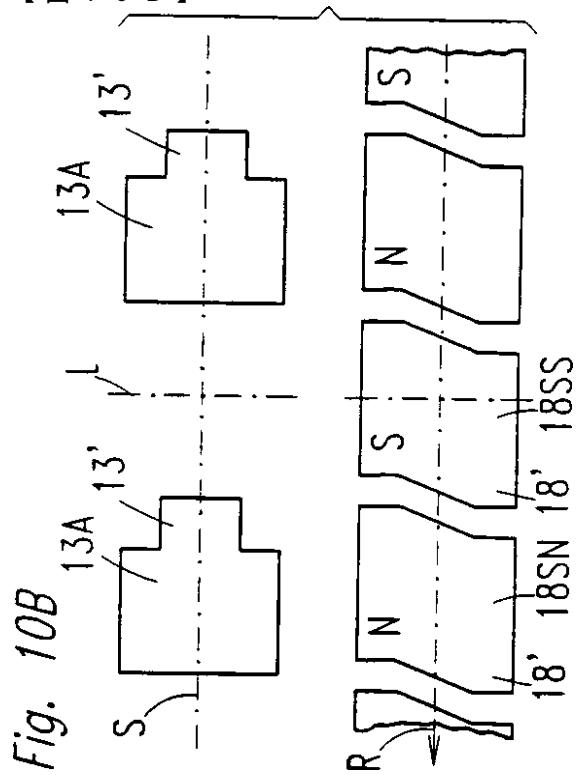
【図 9 B】



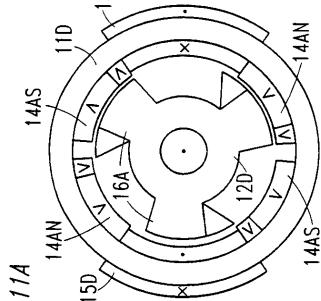
【図 10 A】

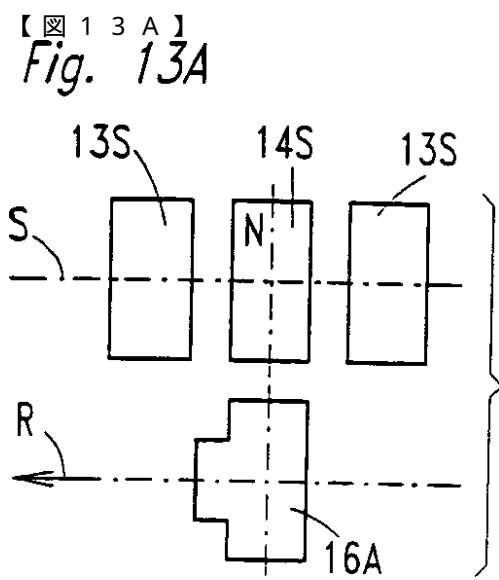
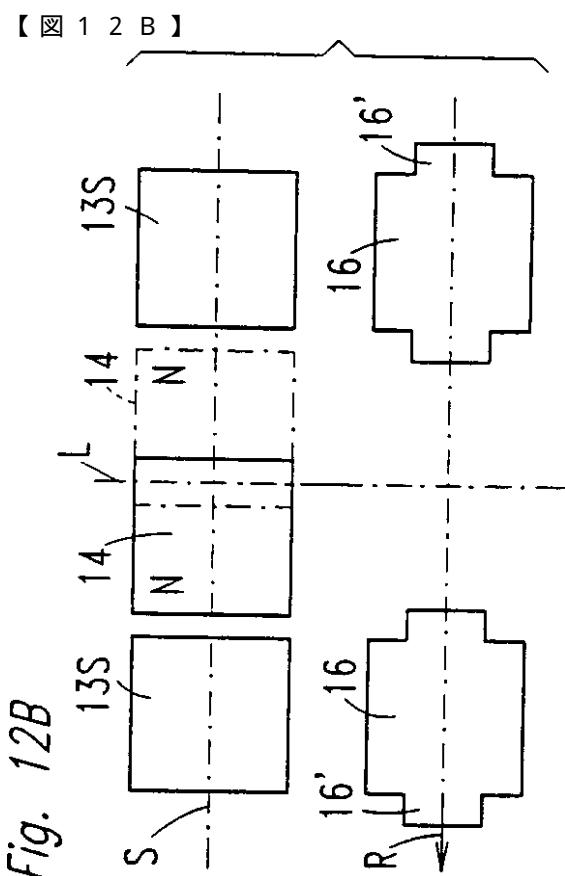
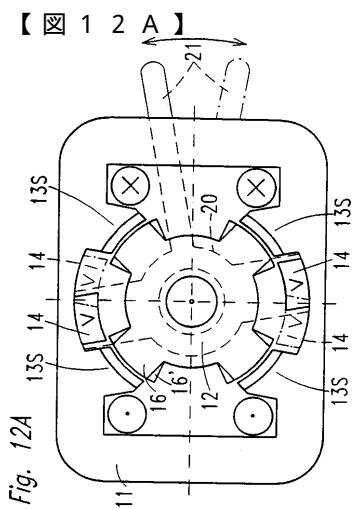
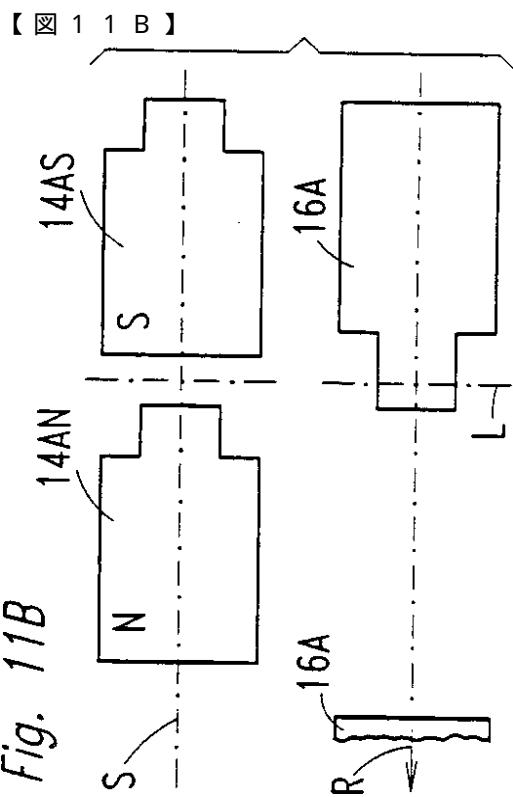


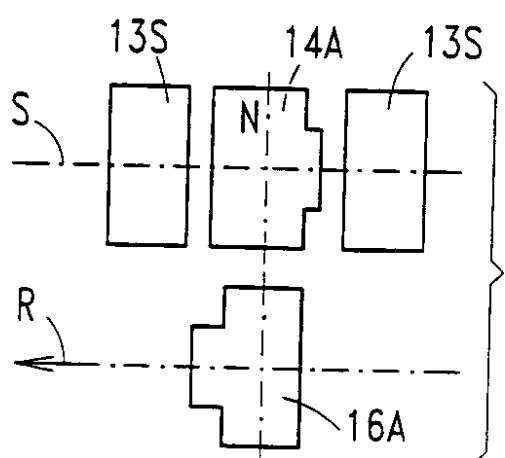
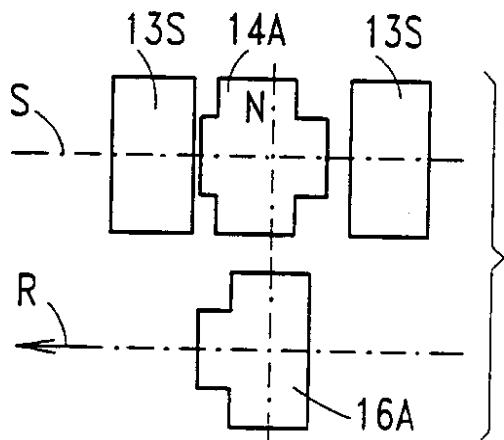
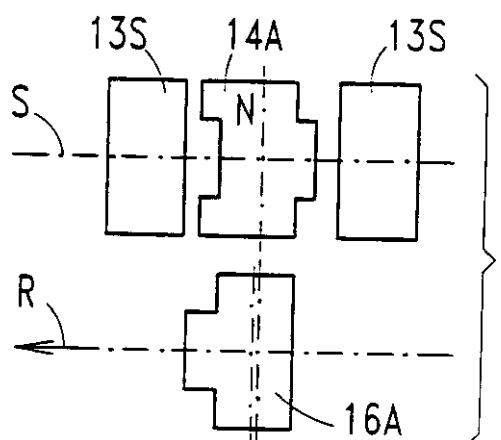
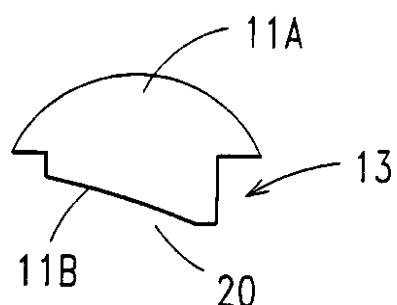
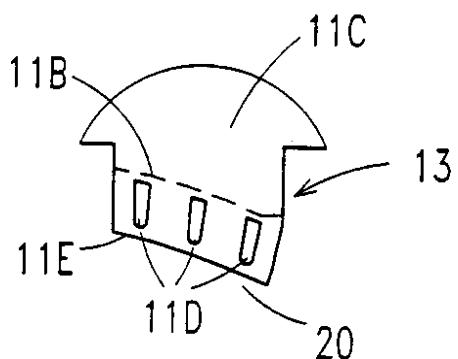
【図 10 B】



【図 11 A】





【図 13B】
Fig. 13B【図 13C】
Fig. 13C【図 13D】
Fig. 13D【図 14A】
Fig. 14A【図 14B】
Fig. 14B

フロントページの続き

(31) 優先権主張番号 19520054.3

(32) 優先日 平成7年5月31日(1995.5.31)

(33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(72) 発明者 ビスマッハ, バルター

ドイツ連邦共和国、デー - 8 0 6 3 7 ミュンヘン、ボワトゥシュトラーセ、3

(72) 発明者 シャエル, ローラント

スイス、ツェー・ハー - 9 4 7 2 グラーブス、リーリエンベーク、5

審査官 天坂 康種

(56) 参考文献 特開平06-205571(JP, A)

特表平3-501679(JP, A)

特表平4-500299(JP, A)

国際公開第92/12567(WO, A1)

(58) 調査した分野(Int.Cl., DB名)

H02K 19/06

H02K 37/04